



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Proyecto de Investigación
Previo a la Obtención del Título
de Ingeniero Agrónomo

TEMA:

“Relación entre los parámetros hídricos, morfológicos y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao L.*) como criterio de selección para la tolerancia al déficit hídrico”

AUTOR:

Luigy Antonio Barragán Rosado

DIRECTOR:

Ing. Agr. Freddy Marcelo Amores Puyutaxi M.Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Luigy Antonio Barragán Rosado**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Atentamente;

Luigy Antonio Barragán Rosado

Autor

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito **Ing. Agr. Freddy Marcelo Amores Puyutaxi M.Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Luigy Antonio Barragán Rosado**, realizó el Proyecto de Investigación titulado “**Relación entre los parámetros hídricos, morfológicos y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao L.*) como criterio de selección para la tolerancia al déficit hídrico**”, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Atentamente;

Ing. Agr. Freddy Marcelo Amores Puyutaxi M.Sc.

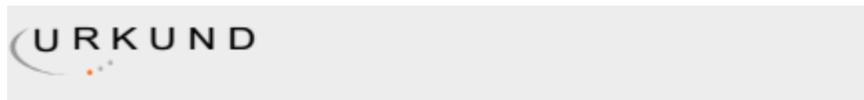
Director del Proyecto de Investigación

REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Documento	LUIGY BARRAGAN PRO. INV..docx (D32980362)
Presentado	2017-11-27 17:21 (-05:00)
Presentado por	luigybarragan@gmail.com
Recibido	famores.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	LUIGY BARRAGAN PRO. INV. Mostrar el mensaje completo

7% de estas 28 páginas, se componen de texto presente en 14 fuentes.



Urkund Analysis Result

Analysed Document:	LUIGY BARRAGAN PRO. INV..docx (D32980362)
Submitted:	11/27/2017 11:21:00 PM
Submitted By:	luigybarragan@gmail.com
Significance:	7 %

Ing. Agr. Freddy Marcelo Amores Puyutaxi M.Sc..

Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Relación entre los parámetros hídricos, morfológicos y rendimiento de cacao (*Theobroma cacao L.*) como criterio de selección para la tolerancia al déficit hídrico”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de:

Ingeniero Agrónomo

Autor:

Luigy Antonio Barragán Rosado

Aprobado por:

Ing. Agr. Cesar Varas Maenza M. Sc.
Presidente de Tribunal

Dr. PhD Hayron Canchignia Martínez
Miembro de Tribunal

Ing. Agr. David Campi Ortiz M. Sc.
Miembro de Tribunal

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mi agradecimiento y gratitud a las siguientes instituciones y personas por la colaboración prestada en la realización de este trabajo de investigación.

Facultad de Ciencias Agrarias, Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, que me brindó las herramientas para convertirme en un profesional.

Al Ing. Ignacio Sotomayor Cantos, miembro del Programa de cacao y café de la de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, por brindarme su apoyo en la realización de este estudio

Al Ing. Ramón Jaimez Arellano, quien compartió sin medida sus conocimientos en el área de fisiología e influyó en toda la realización del trabajo de investigación.

Al Ing. Freddy Amores Puyutaxi, Director del Proyecto de Investigación, ya que gracias a su orientación y supervisión se logró culminar este trabajo

Gracias Totales....

Luigy Barragán

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a toda mi familia; a mis padres Antonio Barragán y Sabina Rosado, a mi esposa Carmen Rosero, pero sobre todo a mi hijo Greed Barragán, que se ha convertido en el pilar de mi vida y la razón para dar lo mejor de mí siempre.

Luigy Barragán

Resumen

El agua juega un papel fundamental en los procesos de desarrollo y crecimiento de las plantas, por lo tanto el déficit hídrico provocado por largos periodos de sequía es una de la principales problemáticas de los cultivares de cacao. Además de la sensibilidad al estrés hídrico, también hay una escasez de datos publicados confiables, de campo, de las respuestas del comportamiento hídrico y su influencia en el de rendimiento del cacao. Con la amenaza del cambio climático que lleva a menos lluvia, o más errática, en los trópicos, la incertidumbre en el pronóstico del rendimiento como resultado del estrés hídrico incrementa. Por tal motivo se llevó a cabo la presente investigación con la finalidad de determinar las relaciones del comportamiento hídrico y los caracteres morfo-anatómicos de doce genotipos de *Theobroma cacao* en búsqueda de parentales para procesos de mejoramiento genético, realizado en la Finca Experimental “La Represa”, cuyas coordenadas geográficas son 79°30’23’’ L.O y 01°00’35’’ L.S. Se registraron las variables: comportamiento hídrico (potencial hídrico foliar, potencial osmótico a máximo y mínimo turgor, ajuste osmótico y módulo de elasticidad) durante la época lluviosa y seca del 2017, morfo-anatómico (N foliar, densidad estomática, área foliar específica) y rendimiento. Utilizando un diseño completamente al azar y análisis de *T student* para la diferenciación entre épocas. Se observó diferencias significativas entre épocas ($p < 0,05$). Existieron diferencias en la respuesta de los distintos genotipos para el ajuste osmótico, módulo de elasticidad, N foliar, densidad estomática y rendimiento. Se registraron dependencias positivas entre la respuesta del potencial hídrico con el N foliar y el rendimiento y dependencias inversas de la respuesta del potencial hídrico de la época seca con la densidad estomática. Los genotipos L12H27 y ETT-103, al combinar características y relaciones con otras variables los presentan como los que expresaron mayor tolerancia al déficit hídrico con respecto a los demás clones estudiados.

Palabras claves: estrés hídrico, cambio climático. Ajuste osmótico, módulo de elasticidad.

Abstract

Water plays a fundamental role in the processes of development and growth of plants, therefore the water deficit caused by long periods of drought is one of the main problems of cocoa cultivars. In addition to sensitivity to water stress, there is also a dearth of reliable, field-based, published data on water behavior responses and their influence on cocoa performance. With the threat of climate change leading to less, or more erratic, rain, in the tropics, uncertainty in the forecast of yield as a result of water stress increases. For this reason the present investigation was carried out in order to determine the relationships of water behavior and the morpho-anatomical characteristics of twelve genotypes of *Theobroma cacao* in search of parents for genetic improvement processes, carried out in the Experimental Farm "La Represa" ", Whose geographical coordinates are 79 ° 30'23 " LO and 01 ° 00'35 " LS .The hydric behavior variables (leaf water potential, maximum and minimum turgor osmotic potential, osmotic adjustment and modulus of elasticity) during the rainy and dry season of 2017, morpho-anatomical (leaf N, stomatal density, specific leaf area) were measured. and Performance. Using a completely randomized design and T student analysis for the differentiation between epochs. Significant differences were observed between seasons ($p < 0.05$). There were differences in the response of the different genotypes for osmotic adjustment, modulus of elasticity, leaf N, stomatal density and yield. Positive dependencies were registered between the response of the water potential with the leaf N and the yield and inverse dependencies of the response of the hydric potential of the dry season with the stomatal density. The genotypes L12H27 and ETT-103, when combining characteristics and relationships with other variables, present them as those that expressed greater tolerance to water deficit with respect to the other clones studied.

Keys words: water stress, climate change. osmotic adjustment, modulus of elasticity.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	Página
Declaración de autoría y cesión de derechos _____	ii
Certificación de culminación del proyecto de investigación _____	iii
Reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico _____	iv
Agradecimiento _____	vi
Dedicatoria _____	vii
Tabla de contenido _____	x
Índice de tablas _____	xiv
Índice de figuras _____	xv
Índice de anexos _____	xvi
Código Dublín _____	xix
INTRODUCCIÓN _____	1
CAPÍTULO I _____	3
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN _____	3
1.1 Problema de Investigación _____	4
1.1.1 Planteamiento del Problema _____	4
1.1.2 Formulación del Problema _____	5
1.1.3 Sistematización del Problema _____	5
1.2 Objetivos _____	6
1.2.1 Objetivo General _____	6
1.2.2 Objetivos Específicos _____	6
1.3 Justificación _____	7
CAPÍTULO II _____	8

FUNDAMENTACIÓN TEORICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1 Marco conceptual	9
2.1.1 El cultivo de cacao en el contexto mundial.	9
2.1.2 El cultivo de cacao en el Ecuador	12
2.1.3 Requerimientos ecofisiológicos del cacao	12
2.1.3.1 Temperatura.	13
2.1.3.2 Precipitación	13
2.1.3.3 Viento	13
2.1.3.4 Luminosidad.	14
2.1.4 Interacción luz –agua –nutrientes	14
2.1.5 Caracterización morfo-anatómica de cacao	15
2.1.5.2 Área foliar específica	16
2.1.6 Parámetros hídricos	16
2.1.6.1 Potencial hídrico Ψ	16
2.1.6.2 Potencial de presión	17
2.1.6.3 Potencial osmótico	17
2.1.6.4 Potencial mátrico.	18
2.1.6.5 Potencial gravitacional	18
2.1.7 Balance y requerimientos hídricos en el cultivo de cacao	18
2.1.8 Influencia del estrés hídrico en el crecimiento de las plantas.	20
2.1.9 Mecanismos de tolerancia a la sequía	21
2.1.9.1 Ajuste osmótico ($\Delta\sigma$)	22
2.1.9.2 Módulo de elasticidad (ϵ)	23
CAPÍTULO III	24
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	24

3.1	Ubicación	25
3.2	Material experimental	25
3.3	Tratamientos y análisis de datos	26
3.4	Variables registradas	28
3.4.1	Datos meteorológicos	28
3.4.2	Comportamiento hídrico	28
3.4.2.1	Potencial hídrico foliar (Ψ_f)	28
3.4.12	Curvas de presión-volumen (P-V)	29
3.4.3	Nitrógeno foliar (N)	29
3.4.4	Área foliar específica (AEF)	30
3.4.5	Densidad estomática por mm ² (DE)	30
3.4.6	Rendimiento	30
3.5.1	Equipos	31
3.5.2	Materiales	31
CAPÍTULO IV		32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		32
4.1	Resultados	33
4.1.1	Condiciones meteorológicas	33
4.1.2	Comportamiento hídrico	33
4.1.1	Análisis de diferencias de promedios.	33
4.1.1.1	Potencial hídrico foliar (Ψ_f)	34
4.1.1.2	Parámetros hídricos.	35
4.1.1.2.1	Potencial osmótico a máximo turgor ($\Psi\pi^{100}$) y su ajuste osmótico (Δo)	35
4.1.1.2.2	Potencial osmótico a mínimo turgor ($\Psi\pi^0$) y su ajuste osmótico (Δo).	37
4.1.2	Características morfo-anatómicas y rendimiento	40

4.1.3 Correlaciones	42
4.1.4 Regresiones	44
4.2 Discusión	48
CAPÍTULO V	51
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	51
5.1.1 Conclusiones	52
5.1.2 Recomendaciones	53
CAPÍTULO VI	52
BIBLIOGRAFÍA	52
CAPÍTULO VII	62
ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Producción mundial de granos de cacao (miles de toneladas)	10
Tabla 2: Molienda de granos de cacao (miles de toneladas)	11
Tabla 3 Hipótesis estadísticas para el análisis de diferencias de medias (T student) de las variables comportamiento hídrico de doce clones de cacao	26
Tabla 4 Reglas de decisión para el análisis estadístico del T calculada	26
Tabla 5: Clones en estudio	27
Tabla 6 Promedios para los parámetros meteorológicas: humedad relativa %, temperatura °C, heliofania (horas luz) y precipitación (mm) de las épocas lluviosa y época seca del 2017.	33
Tabla 7 Prueba T de student para el efecto de las épocas sobre el comportamiento hídrico de doce genotipos de cacao. Las medias de las épocas están compuestas por los valores de los doce clones \pm el error estándar	34
Tabla 8 Promedios de doce genotipos de cacao para el potencial hídrico foliar (Ψ_f) en la mañana 7h00-8h00 am (Ψ_{fm}) y de la tarde 13h00-14h00 pm (Ψ_{ft}) en la época lluviosa y seca del 2017. Los valores de la media en la época lluviosa corresponden a 6 mediciones mientras para la época seca corresponden a 3 mediciones \pm error estándar.	36
Tabla 9 Promedios del potencial osmótico a máximo turgor $\Psi\pi^{100}$ de doce clones de cacao, durante la época lluviosa y seca del 2017 y su ajuste osmótico Δo . Los valores son la media de tres arboles \pm error estándar	37
Tabla 10 Promedios del potencial osmótico a mínimo turgor $\Psi\pi^0$ de doce clones de cacao, durante la época lluviosa y seca del 2017 y su ajuste osmótico Δo . Los valores son la media de tres arboles \pm error estándar	38
Tabla 11 Promedios del módulo de elasticidad ϵ de doce clones de cacao, durante la época lluviosa y seca del 2017. Los valores son la media de tres arboles \pm el error estándar	39

Tabla 12 Promedios de las características morfo-anatómicas (N foliar, área foliar específica AFE, densidad estomática DE) y Rendimiento de doce genotipos de cacao. Los valores de las características morfo-anatómicas son la media de tres árboles \pm error estándar, el rendimiento es promediado de los años (2009,2010 y 2011).41

Tabla 13 Matriz de Correlación/Probabilidad de las variables; comportamiento hídrico (Potencial hídrico foliar (Ψ_f) y los Parámetros hídricos ajustados), morfo-anatómicas (N foliar, área foliar específica AFE, densidad estomática DE) y Rendimiento de doce genotipos de cacao. Datos tomados en la Finca “La Represa” de la UTEQ durante Enero a Octubre del 2017.....43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del origen de los individuos analizados; los colores indican el grupo genético inferido al que pertenecen.9

Figura 2. Esquema de la matriz de correlación/probabilidad27

Figura 3. Regresión de las variables N foliar (ppm) y rendimiento (Tm de cacao seco/Ha/año), usando como variable de predicción el potencial hídrico foliar Mañana de la época lluviosa (MPa) y entre las mismas variables.....44

Figura 4. Regresión polinomial cuadrática de la variable potencial hídrico foliar de la tarde en la época seca (MPa), usando como variable de predicción la densidad estomática (# estomas/mm²)45

Figura 5. Regresión de las variables potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época lluviosa y potencial osmótico $\Psi\pi^{100}$ de la época seca (MPa), contra el potencial osmótico $\Psi\pi^{100}$ de la época lluviosa (MPa)45

Figura 6. Regresión de las variables potencial osmótico $\Psi\pi^{100}$ de la época seca y potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época seca (MPa), usando como variable independiente el potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época lluviosa (MPa).46

Figura 7. Regresión de las variables potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época seca y módulo de elasticidad de la época seca (MPa), usando como variable independiente el potencial osmótico $\Psi\pi^{100}$ de la época seca (MPa).	47
Figura 8. Regresión de la variable Ajuste osmótico $\Psi\pi^0$ (MPa), usando la variable ajuste osmótico $\Psi\pi^{100}$ (MPa) como independiente.	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Clones escogidos de la colección de 152 clones originarios de la finca “La Buseta” situados en la Finca experimental “La Represa”.	63
Anexo 2. Cámara de presión de Scholander (Modelo SKYE, Powys, R.U.).....	64
Anexo 3. Lector Óptico LI-COR (LI 3100)	64
Anexo 4. Conteo de los poros estomáticos mediante la Cámara Neubauer improved brigh-line.	65
Anexo 5. Valores del mes de Enero de las variables meteorológicas, provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.	66
Anexo 6. Valores del mes de Febrero de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.	67
Anexo 7 Valores del mes de Marzo de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.	68
Anexo 8. Valores del mes de Abril de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.	69
Anexo 9. Valores del mes de Mayo de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.	70
Anexo 10. Valores del mes de Junio de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.	71
Anexo 11. Valores del mes de Julio de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.	72
Anexo 12. Valores del mes de Agosto de las variables meteorológicas provenientes del	

departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.	73
Anexo 13. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 1.	74
Anexo 14. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 2.	74
Anexo 15. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 3.	75
Anexo 16. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 4.	75
Anexo 17. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 5.	76
Anexo 18. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 6.	76
Anexo 19. Datos del potencial hídrico foliar época seca 1.	77
Anexo 20. Datos del potencial hídrico foliar época seca 2.	77
Anexo 21. Datos del potencial hídrico foliar época seca 3.	78
Anexo 22. Modelo de las curvas de Presión-Volumen.	78
Anexo 23. Parámetros hídricos ajustados de los doce genotipos de cacao de la época lluviosa	79
Anexo 24. Parámetros hídricos ajustados de los doce genotipos de cacao de la época seca. ...	79
Anexo 25. Análisis de N total de los doce genotipos de cacao en la época lluviosa.	80
Anexo 26. Análisis de N total de los doce genotipos de cacao en la época lluviosa.	81
Anexo 27. Datos correspondientes al área foliar específica de los doce genotipos de cacao durante la época lluviosa del 2017.	82
Anexo 28. Datos correspondientes a la densidad estomática de los doce genotipos de cacao durante la época lluviosa del 2017.	82
Anexo 29. Hoja de registro del genotipo L12H27, correspondiente al libro de campo del Programa de Mejoramiento Genético de Cacao de UTEQ 2010.	83
Anexo 30. Hoja de registro del genotipo L12H27, correspondiente al libro de campo del Programa de Mejoramiento Genético de Cacao de UTEQ 2011.	84
Anexo 31. Análisis de varianza del Ψ_f m de la época lluviosa.	85

Anexo 32 Análisis de varianza del $\Psi_f t$ de la época lluviosa.....	85
Anexo 33 Análisis de varianza del $\Psi_f m$ de la época seca.....	85
Anexo 34. Análisis de varianza del $\Psi_f t$ de la época seca.....	85
Anexo 35. Análisis de varianza del $\Psi\pi^{100}$ de la época lluviosa.....	85
Anexo 36. Análisis de varianza del $\Psi\pi^0$ de la época lluviosa.....	86
Anexo 37. Análisis de varianza del ϵ de la época lluviosa.....	86
Anexo 38. Análisis de varianza del $\Psi\pi^{100}$ de la época seca.....	86
Anexo 39. Análisis de varianza del $\Psi\pi^0$ de la época seca.....	86
Anexo 40. Análisis de varianza del ϵ de la época seca.....	86
Anexo 41. Análisis de varianza de las concentraciones de N-foliar durante la época lluviosa.	87
Anexo 42. Análisis de varianza del área foliar específica durante la época lluviosa.....	87
Anexo 43. Análisis de varianza de la densidad estomática durante la época lluviosa.....	87
Anexo 44. Análisis de varianza del rendimiento de doce genotipos de cacao.....	87

Código Dublín

Título:	Relación entre los parámetros hídricos, morfológicos y rendimiento de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) como criterio de selección para la tolerancia al déficit hídrico
Autor:	Luigy Antonio Barragán Rosado
Palabras clave:	estrés hídrico, cambio climático. Ajuste osmótico, módulo de elasticidad
Fecha de publicación	
Editorial:	
Resumen:	<p>El agua juega un papel fundamental en los procesos de desarrollo y crecimiento de las plantas, por lo tanto el déficit hídrico provocado por largos periodos de sequía es una de la principales problemáticas de los cultivares de cacao. Además de la sensibilidad al estrés hídrico, también hay una escasez de datos publicados confiables, de campo, de las respuestas del comportamiento hídrico y su influencia en el de rendimiento del cacao. Con la amenaza del cambio climático que lleva a menos lluvia, o más errática, en los trópicos, la incertidumbre en el pronóstico del rendimiento como resultado del estrés hídrico incrementa. Por tal motivo se llevó a cabo la presente investigación con la finalidad de determinar las relaciones del comportamiento hídrico y los caracteres morfo-anatómicos de doce genotipos de <i>Theobroma cacao</i> en búsqueda de parentales para procesos de mejoramiento genético, realizado en la Finca Experimental “La Represa”, cuyas coordenadas geográficas son 79°30'23" L.O y 01°00'35" L.S. Se midieron las variables del comportamiento hídrico (potencial hídrico foliar, potencial osmótico a máximo y mínimo turgor, ajuste osmótico y módulo de elasticidad) durante la época lluviosa y seca del 2017, morfo-anatómico (N foliar, densidad estomática, área foliar específica) y Rendimiento. Utilizando un diseño completamente al azar y análisis de <i>T student</i> para la diferenciación entre épocas. Se observó diferencias significativas entre épocas ($p < 0,05$). Existieron diferencias en la respuesta de los distintos genotipos para el ajuste osmótico, módulo de elasticidad, N foliar, densidad estomática y rendimiento. Se registraron dependencias positivas entre la respuesta del potencial hídrico con el N foliar y el rendimiento y dependencias inversas de la respuesta del potencial hídrico de la época seca con la densidad estomática. Los genotipos L12H27 y ETT-103, al combinar características y relaciones con otras variables los presentan como los que expresaron mayor tolerancia al déficit hídrico con respecto a los demás clones estudiados.</p>
Descripción:	
Url:	

INTRODUCCIÓN

En el año 2016 el cacao en Ecuador alcanzó una producción de 260,000 T.M. anuales, en 491 221 hectáreas cultivadas con un rendimiento promedio de 580 kg/ha, convirtiéndose en el cuarto productor y exportador de cacao en el mundo (MAGAP, 2016). El mismo año las exportaciones de cacao y sus derivados produjeron ingresos por más de 1 billón de dólares, convirtiéndose en el tercer arancel no petrolero con más ingresos (BCE, 2017).

A nivel mundial la producción agrícola se enfrenta continuamente a dos amenazas: problemas sanitarios y cambio climático (Phillips-Mora, 2015). A largo plazo, el cambio climático, en específico el calentamiento global, podría afectar a la agricultura en diversas formas, y casi todas son un riesgo para la seguridad alimentaria (FAO, 1997). Una de estas formas ya se viene expresando como mayor variabilidad de las lluvias y periodos de sequía más prolongados. Los cambios en el régimen de lluvias aumentan las probabilidades de fracaso de las cosechas a corto plazo y de reducción de la producción a largo plazo (Gerald & Rosegrant, 2009).

La variabilidad natural de las lluvias, temperatura y otras condiciones del clima son el principal factor que explica la variabilidad de la producción agrícola (FAO, 1997). El cacao es extremadamente vulnerable por la sensibilidad que tiene a los cambios de su entorno ambiental, lo que influye en su rendimiento, ya que en general se cultiva bajo condiciones de secano (Ávalos et al. 2001).

El cacao muestra alta susceptibilidad al estrés por insuficiencia de agua porque la especie tiene su origen en el trópico húmedo de la Cuenca amazónica (Suarez et al. 1997). El déficit hídrico induce la disminución del área foliar, conductividad estomática y tasas de fotosíntesis, además de inducir la formación de lenticelas y raíces adventicias. (Almeida & Valle, 2009).

Si no se toman medidas para reducir el riesgo de efectos más severos ocasionados por las sequías la producción de cacao puede verse seriamente afectada a mediano plazo (Phillips-Mora, 2015). El estudio de las respuestas fisiológicas de distintos genotipos de cacao con relación a su potencial hídrico (contenido de agua en las células), en la búsqueda de cacaos con tolerancia a la sequía, es

una de estas medidas a tomar (Garcia & Moreno, 2016).

Por tal razón es necesario iniciar trabajos de investigación que contribuyan al entendimiento de la influencia de los parámetros hídricos en los procesos de crecimiento y desarrollo del cultivo de cacao. Es en este contexto es que adquiere significancia la presente investigación que busca explorar el comportamiento de los parámetros hídricos y su relación con el rendimiento para seleccionar parentales de cacao (*Theobroma cacao L.*) con posible tolerancia a la insuficiencia de agua

CAPÍTULO I
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Problema de Investigación

1.1.1 Planteamiento del Problema

Los cambios en la cantidad y distribución de las lluvias a causa del cambio climático se encuentran entre los principales problemas que sufren las plantaciones de cacao ubicadas en la región Costa Ecuatoriana. El incremento en la duración de la época seca afecta los procesos fisiológicos reduciendo la producción del cacao (Rada & Jaimez, 2005).

El déficit de agua que se produce en la época seca no es compensado en aproximadamente el 60% de las plantaciones de cacao ecuatoriano (294,732 ha), debido a que no cuenta con un sistema de riego presurizado (MAGAP, 2013). Además es de precisar que la baja producción de los cultivares de cacao está ligada al potencial genético y la adaptabilidad de sus características fisiológicas a la variabilidad de los factores abióticos (Sáenz & Cabezas, 2006).

Al mismo tiempo no conocemos con certeza las respuestas fisiológicas de los diferentes cultivares al déficit hídrico, lo cual debiera ser integrado a la información de producción. Por ello uno de los caminos es buscar genotipos que presenten tolerancia al déficit de agua. Esto implica realizar evaluaciones fisiológicas y morfológicas que permita identificar las estrategias que puedan presentar los diferentes clones para tolerar las condiciones de sequía.

1.1.2 Formulación del Problema

¿Cómo influye el déficit hídrico en el comportamiento de los parámetros hídricos y morfológicos de genotipos de cacao?

1.1.3 Sistematización del Problema

¿Qué diferencias existen en el comportamiento hídrico (potencial hídrico foliar y ajuste osmótico), contenido de N foliar, área foliar específica y densidad estomática entre los genotipos de cacao?

¿Cómo se relaciona el potencial hídrico y el ajuste osmótico con las características morfológicas y el rendimiento del cacao?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Relacionar el comportamiento de los parámetros hídricos y morfológicos con el rendimiento para seleccionar parentales de cacao con potencial tolerancia al déficit hídrico.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las diferencias en potencial hídrico foliar, ajuste osmótico, contenido de N foliar, área foliar específica y densidad estomática en distintos genotipos de cacao.
- Determinar las relaciones entre los parámetros hídricos, morfológicos y de rendimiento en los genotipos de cacao.

1.3 Justificación

Los resultados de la presente investigación pueden ser utilizados para la selección de genotipos con méritos para convertirse en parentales de procesos de mejoramiento genético para desarrollar variedades productivas y con tolerancia a la sequía. Al identificar genotipos que combinen productividad y tolerancia a la sequía justificaría estudios avanzados para su desarrollo como cultivar comercial. Los resultados se enfocan a contribuir con el desarrollo y crecimiento del sector cacaotero del Ecuador.

La investigación se sustenta en determinados estudios realizados por varios autores. Smulders et al. (2006) manifiesta que cerca de la mitad del incremento total en la producción en el cultivo de cacao logrados durante los últimos 50 años se debe al mejoramiento genético siendo la otra mitad, resultado del avance en las técnicas de cultivo. Se ha indicado que “El primer mecanismo para contrarrestar los problemas del agro es el mejoramiento genético” (INIAP, 2012). Por consiguiente, la caracterización de la biodiversidad de los recursos fitogenéticos está considerada entre las líneas de investigación estratégicas a nivel mundial. Se plantea como la estrategia fundamental para la solución de los problemas actuales de los cultivos el uso del mejoramiento genético para la adaptación a los cambios climáticos y el desarrollo de nuevas alternativas de producción (Virk et al. 1995).

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Marco Conceptual

2.1.1 El cultivo de cacao en el contexto mundial.

El cacao pertenece a la familia Malvacea, es originario de Sudamérica específicamente de la región amazónica de Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela y Brasil, donde existen poblaciones silvestres. Las variedades comerciales provienen de tres grupos conformados por su origen geográfico, composición genética y morfología, denominados Criollo, Forastero y Trinitario (Aranzazu & Martínez, 2009).

Aunque aún se aceptan estos tres tipos de cacaos, Motamayor (2008) han propuesto una nueva clasificación de germoplasma de cacao. Con base en un análisis de más de 1200 árboles individuales de diferentes áreas geográficas dentro de la cuenca del Amazonas, y utilizando marcadores de microsatélites, identificaron 10 grupos genéticos o grupos, en lugar de los tres enumerados anteriormente, que son: Marañón, Curaray, Criollo, Iquitos, Nanay, Contamana, Amelonado, Purus, Nacional y Guayana. Se cree que esta nueva clasificación refleja con mayor precisión la diversidad genética disponible.

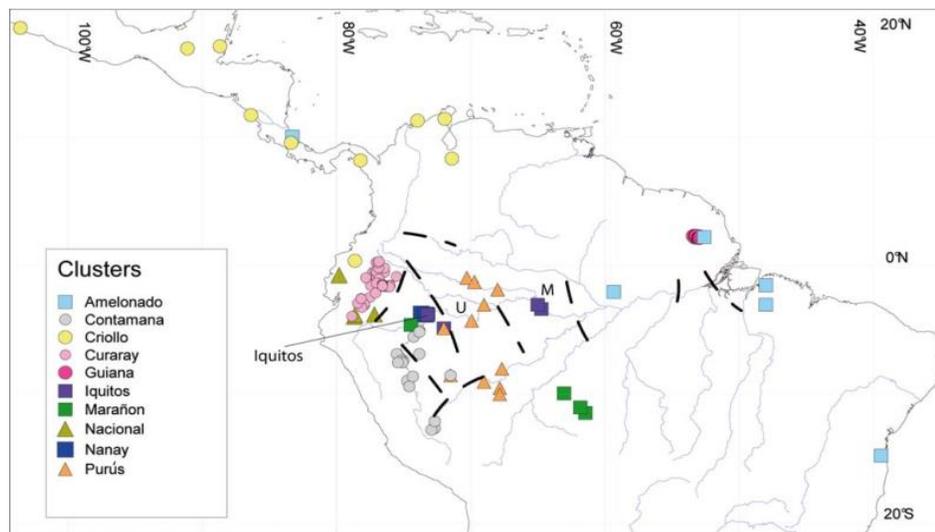


Figura 1. Localización del origen de los individuos analizados; los colores indican el grupo genético inferido al que pertenecen.

Fuente: Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (Theobroma cacao L), 2008.

La producción de cacao se concentra en países en vías de desarrollo, África produce el 70% de la producción mundial, siendo Costa de Marfil el mayor productor mundial de cacao junto a Ghana, Nigeria y Camerún; la región del sudeste asiático también constituye una importante zona productora (12%). Indonesia, Malasia y Papua -Nueva Guinea son los mayores productores; El continente americano cuenta actualmente con un 16% (ICCO, 2015).

Tabla 1:

Producción mundial de granos de cacao (miles de toneladas)

PAÍS	2012/2013	%	2013/2014	%	2014/2015	%
AFRICA	2836	71.9	3199	73.1	3073	72.5
Camerún	225		211		232	
Costa de Marfil	1449		1746		1796	
Ghana	835		897		740	
Nigeria	238		248		195	
Otros	89		97		109	
AMERICA	622	15.8	727	16.6	763	18.0
Brasil	185		228		230	
Ecuador	192		234		250	
Otros	246		265		283	
ASIA & OCEANIA	485	12.3	447	12.3	400	9.4
Indonesia	410		375		325	
Papua New Guinea	41		36		36	
Otros	34		36		39	
TOTAL	3943	100	4373	100	4236	100

Nota: Los totales pueden diferir de la suma de los constituyentes debido al redondeo.

Fuente: ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol.XLII, No. 3, Cocoa Year 2015/2016.

Europa Occidental concentra el mayor mercado de importaciones, especialmente Holanda, Alemania, Reino Unido, Francia y Rusia. En segundo lugar algunos países de Asia como Singapur, Japón, y China. Como tercer importador mundial se destaca Estados Unidos (Enríquez, 2010).

Tabla 2:

Molienda de granos de cacao (miles de toneladas)

PAÍS	2012/2013	%	2013/2014	%	2014/2015	%
EUROPA	1590	38.0	1602	37.0	1552	37.4
Alemania	402		412		415	
Holanda	545		530		508	
Otros	643		660		629	
AFRICA	799	19.1	860	19.8	876	21.1
Costa de Marfil	471		519		558	
Ghana	225		234		234	
Otros	103		106		84	
AMERICA	907	21.7	949	21.9	878	21.1
Brasil	241		240		224	
United States	429		446		430	
Otros	236		263		254	
ASIA & OCEANIA	885	21.2	924	21.3	847	20.4
Indonesia	290		340		335	
Malaysia	293		259		195	
Otros	303		325		316	
TOTAL	4180	100	4335	100.0	4152	100.0

Nota: Los totales pueden diferir de la suma de los constituyentes debido al redondeo.

Fuente: ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol.XLII, No. 3, Cocoa Year 2015/2016.

2.1.2 El cultivo de cacao en el Ecuador

En Ecuador con una superficie cultivada de 491 221 mil Ha se produce alrededor de 260 mil TM con un promedio de 580 Kg/Ha convirtiéndose en el cuarto país con mayor producción mundial de cacao, no obstante en el mercado mundial de cacao fino y de aroma es el primero con más del 70% de la producción global, seguido de Indonesia con un 10% (MAGAP, 2016). Obteniendo una alta importancia socioeconómica ya que se estima que 600 mil personas dependen económicamente del cultivo representando 4% de la Población Económicamente Activa (PEA) y 12.5% de la PEA agrícola (PROECUADOR, 2016).

Hoy en día la mayor parte del cacao ecuatoriano corresponde a una mezcla del cacao Nacional, Trinitario y Forastero. La cantidad de cacao tipo Nacional puro es cada día menor y puede desaparecer poco a poco debido a que las plantaciones existentes son muy viejas, poco productivas y los agricultores podrían preferir producir otros cultivos más remunerativos (FAO, 2007)

De acuerdo a lo expuesto por Espinal (2005), el cacao presenta problemas de competitividad debido a que los productores no utilizan la tecnología para generar mayores rendimientos y buena calidad del grano. Los problemas más comunes son: la deficiencia en la formación técnica en los asistentes técnicos, no hay mejoramiento genético de las plantaciones, baja productividad y el establecimiento de plantaciones en condiciones agroecológicas inadecuadas para el desarrollo del cultivo.

2.1.3 Requerimientos ecofisiológicos del cacao

El cacao en Ecuador se cultiva desde los 100 hasta los 1.400 msnm, con altitudes optimas entre 50 y 300 msnm, con temperaturas promedio entre 23 -28 °C, precipitaciones distribuidas a lo largo del año de 1500 -2500 mm y humedad relativa entre 70 -80%, en paisajes que van desde montaña a planicies aluviales, en ambientes secos hasta pre-húmedos, es decir, en múltiples condiciones edáficas, fisiográficas y climáticas, que originan una amplia gama de ambientes agro ecológicos, que responden de manera diferencial a las recomendaciones tecnológicas y

opciones de manejo del cultivo (Garcia, 2005).

Según Enríquez (2010) para mejorar la productividad, se ha intentado distribuir este cultivo en diferentes condiciones edafoclimáticas, sin embargo se han presentado muchos problemas, principalmente de plagas que no los hacen recomendables.

2.1.3.1 Temperatura

Enríquez (2010) plantea un “límite frío” para la siembra comercial de cacao (20° N y S). El cacao puede desarrollarse en lugares donde la temperatura no baje de 15°C, teniendo un desarrollo óptimo en temperaturas entre 22°C y 28°C. Los 21 °C se consideran como el “límite medio anual de temperatura”, ya que es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una media más baja.

2.1.3.2 Precipitación

En zonas más cálidas y secas, el efecto principal sobre la floración y el crecimiento está ligado a la ocurrencia de los periodos de lluvia, de manera que la alternancia y la duración de los periodos de lluvia y sequía, determina la recurrencia y la duración de los periodos de cosecha (Alvim, 1987). Este cultivo se siembra en áreas húmedas, donde la precipitación se encuentra en rangos de 1.500 y 2.500 mm/año para zonas cálidas y 1.200 a 1.500 mm/año en zonas más frescas y altas (Enríquez, 2010).

2.1.3.3 Viento

La información sobre los efectos del viento es escasa para cacao y está limitada a observaciones sin soporte experimental. Según Enríquez (2010), velocidades de 4 m.s⁻¹ o 14 km.h⁻¹ provocan una rápida evaporación del agua, provocando estrés hídrico porque las raíces no alcanzan a reemplazar el agua con la velocidad requerida, además de una defoliación prematura.

2.1.3.4 Luminosidad

La capacidad de producción de las plantas es función directa del área foliar, por lo que el uso de la luz solar debe ser muy eficiente y para eso la mayor parte de las hojas debe recibir la cantidad adecuada (Zuidema, 2005). El limitante principal dentro de un sistema de manejo tradicional para el cultivo de cacao es el nivel de sombreamiento provocado por el dosel.

Por lo tanto el área foliar (AF) es un importante parámetro morfológico para determinar la cantidad de radiación fotosintéticamente absorbida. Un aumento en el AF proporciona aumento de producción de biomasa; pero, debido al auto-sombreamiento de las hojas, la tasa fotosintética decrece por unidad de área foliar (Camacho & Garrido, 1995).

2.1.4 Interacción luz –agua –nutrientes

Los efectos de la luz, el agua y la nutrición en plantaciones de cacao están íntimamente relacionados, por lo que, el establecimiento de sombra, la disponibilidad de agua y la respuesta a fertilizantes no pueden ser separados (Dias, 2001). Investigaciones de cacao con riego en Ecuador, Venezuela, Malasia, Ghana y Brasil encontraron incrementos en la producción entre 40 y el 100% (Freire, 1994).

Días (2001) manifiesta que los mayores niveles de radiación y temperatura en plantaciones de cacao, aumentan el metabolismo de las plantas y por lo tanto aumenta el requerimiento de agua, nutrientes y manejo cultural.

Existen cacaotales establecidos desde su inicio sin sombra en ambientes con baja luminosidad natural, bajas tasas de evapotranspiración o áreas bien protegidas de viento, pero debe aplicarse riego suplementario para evitar el estrés hídrico, puesto que las plantas a pleno sol al presentar mayores tasas fotosintéticas, pierden más agua y requieren más nutrientes, de esta manera se obtiene mayor producción que plantas cultivadas con sombra (Enríquez, 2010). La sombra no es necesaria cuando no hay disponibilidad de fertilizantes, en estas condiciones, la presencia de

árboles de sombra adecuados, no disminuye competitivamente la producción de biomasa, sino que regulan la entrada de luz y permiten compensar el estado nutricional de los árboles de cacao en condiciones de baja fertilidad (Isaac et al. 2007).

La situación actual del sector plantea la necesidad de revisar estos modelos agrícolas para modernizar la actividad cacaotera, adecuándose a nuevas tecnologías y con eso lograr competitividad y sustentabilidad (Mujica, 2001)

2.1.5 Caracterización morfo-anatómica de cacao

2.1.5.1 Densidad estomática

De todos los órganos de la planta, la hoja es el más sensible en responder a las condiciones del ambiente razón por la cual refleja alteraciones morfológicas como consecuencia de los efectos del estrés, produciendo cambios en la síntesis de proteínas, pared celular, espesor de la cutícula y conductancia estomática (Trewavas, 2004). Por otro lado, se considera que los estomas desempeñan un papel vital en el mantenimiento de la homeostasis de la planta y de ahí la importancia de conocer tanto el número como la forma en que estos poros abren y cierran como también los factores que controlan estos procesos (Pares & Arizaleta, 2004).

La densidad estomática (DE) puede variar dentro de la misma hoja según la parte del limbo que se analice (ápice, media o base), posición de la hoja en la planta y también del ambiente ecológico, el cual puede ejercer cierta influencia sobre este carácter. Del mismo modo parece estar relacionada con ciertas familias, además de existir relación inversa entre la DE y el tamaño de las células oclusivas (células que conforman los estomas), de tal manera que la alta DE se presenta en plantas con células oclusivas pequeñas y viceversa (Carr & Lockwood, 2011).

En un estudio de invernadero en Wisconsin, EE. UU., La densidad promedio de estomas, que se encuentran solo en la superficie abaxial (inferior) de la hoja, fue de aproximadamente 700 estomas/mm². En comparación, en Malasia, las densidades estomáticas en plántulas híbridas

mixtas promediaron 820 estomas/mm² en plántulas irrigadas pero 1110 estomas/mm² en plantas sin irrigación (aumento en la densidad asociado con hojas más pequeñas). A su vez una comparación de ocho genotipos contrastantes en un ambiente de invernadero se registraron densidades estomáticas que van desde 788 a 1081 estomas/mm² (media 960) (Carr & Lockwood, 2011).

2.1.5.2 Área foliar específica

El renovado interés en clasificar las especies en grupos relacionado con la función más que con la taxonomía, esto ha desencadenado la búsqueda de rasgos que expresan diferencias significativas en el comportamiento ecológico entre las especies de plantas. En este contexto, el área foliar específica AFE (razón entre el área y el peso seco de la hoja) refleja un compromiso fundamental en la planta funcionando entre una producción rápida de biomasa (AFE alto) y una conservación eficiente de nutrientes (AFE bajo) (Garnier & Shipley, 2000).

En clones de cacao tipo nacional con el fin de medir la eficiencia de captación y transferencia de energía lumínica en las hojas, se analizó el AFE en plantaciones con y sin sombreado, encontrando que en general los clones sin sombra mostraron mayores AFE lo que podría estar asociado a un mayor grosor foliar como respuesta a una alta exposición lumínica, con un promedio de $135,5 \pm 3 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$. Estas hojas poseen más clorofila por unidad de masa y menores tasas de respiración. (Tezara, 2015).

2.1.6 Parámetros hídricos

2.1.6.1 Potencial hídrico Ψ

El potencial hídrico (Ψ) se define como el potencial químico del agua dividido por el volumen molar del agua, y se expresa en unidades de presión (Pascal, Bar, Atmósferas, etc.). La referencia es el agua pura a temperatura y presión ambiental (INTA, 2010). Según Devlin (1980), el potencial hídrico es el trabajo mecánico realizado por un sistema químico durante cualquier cambio a temperatura constante y es igual a la disminución de su energía libre. Kramer y Duke (1974), ha

considerado al potencial hídrico como un indicador determinante de la condición del agua en la planta, señalando que este es el más relacionado con los procesos fisiológicos y bioquímicos que controlan el crecimiento.

Gradner (2010) indica que Ψ es la suma de un número de fuerzas actuando en el agua de un sistema, mismas que resultan de la presencia de solutos, presión hidrostática, superficies matriciales y otras variables, lo cual se puede expresar con la siguiente ecuación (Gardner & Pearce, 2010).

$$\Psi = \Psi_p + \Psi_o + \Psi_m + \Psi_g + I$$

Dónde: Ψ_p : Potencial de presión. Ψ_o : Potencial osmótico. Ψ_m : Potencial mátrico. Ψ_g : Potencial gravitacional. I: Interacción.

2.1.6.2 Potencial de presión

El Potencial de presión, en las plantas es la presión de turgencia actuando en las paredes celulares y membranas internas, y en el suelo está relacionado con la presión hidrostática bajo condiciones de saturación; su valor generalmente es positivo. Este se considera responsable del crecimiento de la planta. Cuando el potencial de turgencia es igual a cero, el crecimiento prácticamente se suspende (Zamarripa & Trejo, 1997).

2.1.6.3 Potencial osmótico

El Potencial osmótico representa el efecto de sustancias disueltas en la célula y es la suma de efectos individuales por la presencia de solutos en el agua. Los solutos afectan las propiedades termodinámicas y bajan el potencial de energía. Este fenómeno generalmente no afecta al movimiento del agua en el suelo, aunque es sumamente importante donde quiera que se encuentre presente una barrera de difusión. El potencial osmótico, por ejemplo, puede limitar la absorción del agua cuando los solutos se acumulan dentro de los espacios libres en la periferia de la endodermis radical, ya que la energía del agua disminuye y, con ésta, su capacidad de movimiento

hacia el interior de la planta (Zamarripa & Trejo, 1997).

2.1.6.4 Potencial mátrico

El Potencial mátrico, representa la propiedad de una matriz para retener agua por adsorción. En las plantas los efectos de adsorción se deben a las paredes celulares y superficiales coloidales. En la práctica este componente no es significativo hasta que la planta llega a un CRA de 40% (Tello, 1994). Este componente juega un papel importante en el movimiento del agua dentro del suelo. Es una propiedad dinámica íntimamente relacionada con las fuerzas adsorptivas y adsorptivas de cada suelo, las cuales varían con la textura, densidad aparente, materia orgánica, porosidad y cantidad de agua. Así, un suelo arcilloso retiene más agua que un suelo arenoso al mismo potencial de energía (Pedroza, 1995).

2.1.6.5 Potencial gravitacional

El Potencial gravitacional, es debido a las fuerzas gravitacionales que actúan sobre las plantas. Este es independiente de las propiedades del suelo y se determina por la elevación de cada punto del suelo con referencia a un nivel arbitrario (Zamarripa & Trejo, 1997).

2.1.7 Balance y requerimientos hídricos en el cultivo de cacao

El clima está condicionado por los intercambios de energía entre el sol y la tierra. Los factores climáticos que deben ser considerados cuando se calcula la evapotranspiración son: la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento; a nivel de la planta la variedad, la etapa de desarrollo y a nivel del suelo el contenido de agua y adicionalmente la capacidad para conducir el agua (Allen & Pereira, 2006).

La energía para cambiar las moléculas de agua del estado líquido al gaseoso, proviene en primer lugar de la radiación solar directa y en menor grado de la temperatura del aire, a medida que se da

la evaporación, se concentra el contenido de vapor de agua, el aire se satura gradualmente, y el proceso se vuelve cada vez más lento; si el aire húmedo no es retirado la evaporación puede detenerse. El suelo puede mantener humedad por las lluvias, el riego y el ascenso capilar del agua desde el subsuelo. El ascenso capilar se presenta cuando hay recarga interna en el perfil (nivel freático poco profundo) y por la evaporación de agua en el perfil saturado. Si la humedad de la superficie del suelo que se pierde por evaporación no es restituida, la cantidad de agua disponible en los horizontes superficiales disminuye, el suelo se seca, la evapotranspiración disminuye, la planta no puede extraer el agua necesaria para su desarrollo y puede morir (Torrán, 2007).

El cultivo de cacao es considerado como hidroperiódico. Por lo tanto Alvim (1981), consideran a la precipitación como el factor ambiental que más influye en la producción del cacao en condiciones de campo, la periodicidad de las lluvias es el principal factor climático que induce la apertura de brotes vegetativos y estimula la floración en cacao. Joly y Hahn (1989), trabajando con los tipos de cacao Amazónico y Trinitario, han reportado una reducción en las tasas de asimilación y transpiración bastante significativas, cuando el potencial de agua de la hoja alcanza -0.8 MPa.

Según Allen (2006), la luz solar actúa en el balance hídrico (suelo-planta-atmósfera), la temperatura depende de la radiación solar incidente y la humedad relativa (una de las formas de expresar el contenido de vapor de agua en el aire) esta correlacionada de manera inversa con la temperatura. La presión de saturación de vapor depende de la temperatura del aire y esta cambia durante el día según sea el comportamiento de la radiación, por lo que la humedad relativa también cambia de valores mayores en la noche a valores menores al medio día, con relación inversa a la temperatura y la radiación.

En ambientes secos y cálidos se consumen grandes cantidades de agua debido a que hay mayor disponibilidad de energía y poder de extracción por parte de la atmósfera; en ambientes más húmedos y cálidos el consumo es menor, porque al estar el aire cerca de saturación, por la alta humedad del aire no hay gradiente de concentración de vapor de agua entre la planta y la atmósfera, la atmósfera absorbe menos agua y por lo tanto la tasa de evapotranspiración es más baja que en

ambientes secos (Torrán, 2007).

Durante el proceso de transpiración se genera un desequilibrio en el balance hídrico en la planta debido las diferencias entre la toma y salida de moléculas de agua; la planta mantiene este equilibrio absorbiendo agua del suelo. El movimiento del agua desde el suelo a través de la planta hacia la atmósfera, depende del balance de fuerzas entre la capacidad de absorber moléculas de agua por la atmósfera y la capacidad de resistir el movimiento del agua por la planta y desde el suelo. Si el suelo está húmedo los factores meteorológicos priman sobre el movimiento del agua del suelo hacia la atmósfera, ya sea por evaporación o transpiración. La conductividad hidráulica del suelo y el gradiente de potencial hídrico son suficientes para mantener la superficie del suelo húmeda por migración de moléculas de agua, desde las capas inferiores por capilaridad (Allen & Pereira, 2006).

2.1.8 Influencia del estrés hídrico en el crecimiento de las plantas

Las plantas durante su desarrollo están sometidas a condiciones ambientales no “óptimas” para su supervivencia, o factores externos que ejercen efectos desventajosos sobre las plantas, estos inducen cambios en el metabolismo, los cuales pueden ser reversibles o permanentes, esta situación es considerada como “estrés” (Taiz y Zeiger, 2002; García et al., 2014). El estrés abiótico se refiere a las condiciones no óptimas para la planta dadas por limitantes en el entorno físico donde se desarrolla, como es la disponibilidad de agua, exceso de sales, deficiencia de nutrientes o presencia de heladas (Benavides, 2002).

El estrés abiótico más común es el déficit hídrico (Mundree, 2002; García et al., 2014). Los estudios del estrés hídrico sobre el cacao se han dirigido a evaluar las respuestas fisiológicas y morfológicas de los diferentes cultivares en diferentes regiones y conocer las demandas de riego. (Carr & Lockwood, 2011). Eco-fisiológicamente se ha evaluado el papel de los estomas y el efecto del ambiente en la conductancia estomática y como ello afecta la tasa de intercambio de gases (toma y salida de CO₂ y vapor de agua). El estrés por déficit hídrico se produce en las plantas en ambientes donde la tasa de transpiración excede a la toma de agua, estas condiciones disminuyen la disponibilidad de agua en el citoplasma de las células (Benavides, 2002).

Dependiendo del tipo de estrés, de la duración e intensidad, del genotipo de la planta y el estado fenológico en que se presente, las plantas pueden mostrar diversas respuestas, pueden ser rápidas y reversibles (aclimatación) o permanentes (adaptación). La aclimatación está asociado a mecanismos metabólicos de “tolerancia” y puede diferenciarse de la “adaptación” porque esta se refiere a niveles de “resistencia” adquiridos genéticamente por procesos de selección durante muchas generaciones que incluyen modificaciones morfológicas y fisiológicas (Benavides, 2002).

El principal efecto visible de estrés hídrico es la disminución del crecimiento de la parte aérea, principalmente reducción del área foliar y el aumento del crecimiento radicular. La disminución del crecimiento de la parte aérea es causada a su vez por el cierre de estomas, el cual es regulado por ácido abscísico (ABA); pero que al cerrarse los estomas y disminuir la pérdida de agua por transpiración, también se reduce la entrada de CO² y de manera directa afecta a la fotosíntesis (Tezara, 2015). El crecimiento finalmente se ve disminuido por la disminución de la presión de turgencia, que limita la expansión foliar y la proliferación de nuevos brotes (INTA, 2010).

2.1.9 Mecanismos de tolerancia a la sequía

Las plantas tienen la capacidad de realizar ajustes en las variables hídricas para evitar la deshidratación y la pérdida de turgencia. Las principales estrategias usadas por las plantas son el ajuste osmótico y cambios en la elasticidad de la pared celular (Castro & Navarro, 2007). García (2014) indica que para estudiar estos mecanismos de la tolerancia a la sequía se los ha abordado de diferentes formas, la mejor evaluada ha sido en el control de la transpiración estomática bajo estrés hídrico, Autores como Balasimha y Daniel (1988) (citado por García, 2014), identificaron dos híbridos (1-21 × NC42/94; 1-29 × NC23/43) que poseían características de tolerancia a la sequía, sobre la base de sus más altos potenciales hídricos foliares y resistencia estomática durante el periodo de sequía. Otros experimentos en condiciones de invernadero en el sur de Bahía (Brasil) compararon ocho clones sometidos a deshidratación rápida, a partir del ajuste osmótico se seleccionaron tres como resistentes a la sequía, el ajuste osmótico fue asociado con la acumulación de iones de potasio y fósforo en la hoja (Almeida, 2002).

En Venezuela un estudio realizado por Araque (2012), comparó la respuesta de la fotosíntesis, relaciones hídricas y crecimiento, durante las épocas secas y lluviosas, en plántulas de cacao, encontrando que los cultivares con mayor ajuste osmótico coincidieron con las mayores tasas de supervivencia.

Al parecer las condiciones vulnerables a fenómenos extremos de sequía se presentan en las etapas iniciales de establecimiento y afecta negativamente el crecimiento de las plántulas de cacao. Posiblemente, la respuesta de la planta en términos de ajuste osmótico y la disminución en el potencial hídrico de la hoja, afecta a su vez la asimilación de carbono (De Almedia & Valle, 2008). Trabajos por Moser, (2010) (citado por García, 2014) indica que plantas adultas y en producción, expuestas durante varios meses a contenidos de agua del suelo cerca del punto de marchitez, no mostraron disminuciones significativas en la producción de biomasa de hojas, tallo y raíces finas; pero si fueron significativas las reducciones en la producción de grano.

2.1.9.1 Ajuste osmótico ($\Delta\pi$)

Entre los mecanismos que explican la capacidad de las especies vegetales para tolerar el estrés hídrico existe el ajuste osmótico (Munns & Tester, 2008). El ajuste osmótico es el término utilizado para definir la disminución del potencial osmótico celular en las plantas superiores como resultado de la acumulación activa de solutos en respuesta a una situación estresante por déficit hídrico (INTA, 2010).

Cuando se realiza el ajuste osmótico las plantas aseguran la realización de la fotosíntesis y la respiración (Argentel & González, 2010). Cuando la turgencia celular se mantiene en aquellos genotipos que ajustan osmóticamente en comparación con aquellos que no lo hacen, continúa la elongación celular y teóricamente se obtiene una mayor área foliar, mayor crecimiento de raíces, menor resistencia estomática y mejor rendimiento agrícola (Munns R. , 1988).

2.1.9.2 Módulo de elasticidad (ϵ)

La pared celular está formada por un esqueleto cristalino de celulosa y una matriz amorfa altamente hidratada de hemicelulosas, sustancias pécticas, glucoproteínas y lignina, cuyas proporciones producen cambios en el tipo de pared y de la función celular. Por lo cual la elasticidad de la pared celular está dada por el grado de hidratación, la estructura, y modificaciones de la misma mediadas por enzimas. (De Almedia & Valle, 2008).

La elasticidad de la pared puede cuantificarse mediante el “módulo de elasticidad” (ϵ), que puede aumentar, disminuir o permanecer constante en respuesta al estrés hídrico (INTA, 2010). De tal forma que se puede definir al módulo de elasticidad como una medida de la magnitud de la pérdida de turgencia con respecto a la pérdida de un determinado volumen de agua (García & Moreno, 2016). Una pared elástica (con bajo ϵ) disminuye poco potencial hídrico por cada unidad de pérdida de contenido de agua. Contrariamente, un tejido poco elástico, pierde mucha turgencia con una pequeña disminución del contenido de agua (Rada et al. 2005).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Ubicación

El presente estudio se llevó a cabo en el periodo de Enero-Octubre del 2017 en la Finca Experimental “La Represa” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, provincia de Los Ríos, cuyas coordenadas geográficas son 79°30'23" L.O y 01°00'35" L.S. El sitio está ubicado en la parte alta de la cuenca del Río Guayas a una altitud de 90 msnm. El clima en la zona tiene las siguientes características: temperatura promedio anual de 24,9 C°, precipitación promedio anual de 2554,9 mm, humedad relativa promedio de 83.2% y 895.48 horas sol al año, la clasificación ecológica es la de bosque húmedo tropical (INAMHI, 2015). El trabajo de laboratorio se realizó en el Dpto. de Protección Vegetal de la Estación Experimental Tropical Pichilingue de INIAP y en el Laboratorio de Biotecnología de la UTEQ.

3.2 Material experimental

Se evaluaron 12 genotipos de cacao, incluyendo las variedades comerciales EET-103 y CCN-51. Siete están en la “Colección de 152 clones de cacao tipo nacional procedentes de la Finca La Buseta (actualmente Centro de Cacao de Aroma Tenguel). Cinco son parte de la investigación “Comportamiento agronómico de 12 clones de cacao en la zona de Quevedo”. La edad aproximada del cacao en ambos lotes es 10 años.

La densidad de siembra es 1,111 árboles ha⁻¹, con un distanciamiento de 3m x 3m para todos los clones. El grupo de árboles estudiados vienen recibiendo manejo semi-tecnificado (poda y abonamiento semestral) bajo condición de secano (Anexo 1).

Los genotipos se clasificaron en tres categorías en función a su nivel de rendimiento (Tm/Ha/Año) El propósito fue el de explorar el comportamiento de las relaciones hídricas con respecto a la productividad. La Tabla 5 muestra los clones en cada categoría.

3.3 Tratamientos y Análisis de datos

El presente estudio usa el método experimental y exploratorio, en el que los tratamientos están representados por los genotipos de cacao evaluados (Tabla5).

Para la separación de las épocas en las variables de comportamiento hídrico (Potencial hídrico foliar (Ψ_f) y los Parámetros hídricos ajustados), se utilizó el análisis de diferencias de promedios (*T student*). La T calculada se obtuvo mediante la fórmula

$$T_{calculada} = \frac{\bar{d}}{s_{\bar{d}}}$$

Donde:

\bar{d} = Media de la diferencia.

$s_{\bar{d}}$ = Error estándar de las diferencias.

Tabla 3

Hipótesis estadísticas para el análisis de diferencias de promedios (T student) de las variables comportamiento hídrico de doce clones de cacao

Hipótesis estadísticas	
H ₀ :	Comportamiento hídrico Época lluviosa= Comportamiento hídrico Época seca
H ₁ :	Comportamiento hídrico Época lluviosa≠ Comportamiento hídrico Época seca

Tabla 4

Reglas de decisión para el análisis estadístico del T calculada

Regla de decisión
Si T calculada < T _{0,05} : Aceptar H ₀
Si T calculada > T _{0,05} : Rechazar H ₀

El análisis estadístico para las variables: comportamiento hídrico para cada época (Potencial hídrico foliar (Ψ_f) y los Parámetros hídricos ajustados), morfo-anatómicas (N foliar, área foliar específica AFE, densidad estomática DE) y rendimiento se dio por medio del Diseño Completamente Aleatorizado (DCA); utilizando para la separación de promedios la Prueba de Duncan al 5% de probabilidad.

Se construyó una matriz de correlación/probabilidad simple con todas las variables registradas con el fin de identificar aquellas con coeficientes con significación estadística para construir sus respectivas regresiones utilizando el software CurveExpert Professional (2.6).

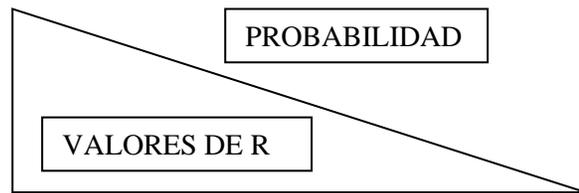


Figura 2. Esquema de la matriz de correlación/probabilidad

Tabla 5:

Clones en estudio

Tratamientos	Clon	Origen	Categoría
1	L12H27	Tenguel	A
2	CCN-51	Naranjal	A
3	L12H8	Tenguel	A
4	L8H12	Tenguel	A
5	L46H88	Tenguel	B
6	EET-103	Pichilingue	B
7	L9H26	Tenguel	B
8	L51H59	Tenguel	B
9	L46H75	Tenguel	C
10	L26H64	Tenguel	C
11	L25H64	Tenguel	C
12	L49H4	Tenguel	C

Nota: El significado de las letras es A “Rendimiento Alto”, B “Rendimiento Medio” y C “Rendimiento Bajo”

3.4 Variables registradas

Cada variable seleccionada se registró en tres árboles por clon. Los árboles habían sido marcados previamente luego de una selección aleatoria de los 10 árboles que conforman cada parcela.

3.4.1 Datos Meteorológicos

Los datos meteorológicos fueron obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) ubicado en la Estación Experimental Tropical Pichilingue de INIAP, de estos informes se tomó la media y suma mensual de: Humedad Relativa (%), Temperatura °C, Horas luz y Precipitación de los meses que duró el estudio (Enero-Octubre) del 2017.

3.4.2 Comportamiento Hídrico

3.4.2.1 Potencial Hídrico Foliar (Ψ_f)

Se realizó determinaciones de Ψ_f entre la 7h00-8h00 am (Ψ_{fm}) y a la 13h00-14h00 pm (Ψ_{ft}) de días seleccionados con un intervalo de 15 días entre cada determinación durante la época lluviosa y seca del 2017. Para este fin se tomó la cuarta hoja madura del tercio medio de la copa del árbol, en el brote terminal. Esta actividad se realizó para tres árboles por clon por cada repetición. La determinación del Ψ_f se realizó mediante la cámara de presión de Scholander (Modelo SKYE, Powys, R.U.).

El equipo funciona usando gas Nitrógeno para ejercer presión y expulsar el agua contenida en las células. Una vez que el agua expulsada es visible se procede a registrar la presión (bares) que ha sido necesaria para producir dicha expulsión en las hojas de cada clon. Si es necesario se utilizará una lupa para observarlas las primeras gotas de agua en el corte del peciolo de la hoja (Rada et al. 2005).

3.4.12 Curvas de presión-volumen (P-V)

Se seleccionaron brotes terminales del tercio medio de la copa del árbol, tres brotes por cada clon, los brotes fueron colocados en envases con agua destilada y cubiertos con bolsas de plástico negro. Los brotes se mantuvieron en esta condición en laboratorio por 15 horas a una temperatura de 16-18°C para lograr la hidratación máxima (Ψ_{sat}). Una vez que el brote llegó a Ψ_{sat} , se cortó la cuarta hoja y se procedió a pesar con ayuda de una balanza analítica (Adventures, sensibilidad 0,0001 g) para preceder a medir su Ψ_f . A partir de este momento, se realizaron mediciones repetidas de peso (P_i) y de su Ψ_f , a medida que la muestra pierde agua por el método de transpiración libre hasta completar un promedio de diez mediciones. Luego se procede a secar las hojas a 72°C por 48 horas (INTA, 2010).

Se utilizó el software Microsoft Excel 2010; K.Tu, University of California Berkeley basado en Schulte y Hinckley (1985) para construir las curvas presión-volumen (1-CRA Vs $1/\Psi_f$). Los cálculos obtenidos de las curvas de presión-volumen corresponden a los parámetros; potencial osmótico a turgor completo (Ψ_{π}^{100}), potencial osmótico en el punto de pérdida de turgor (Ψ_{π}^0), contenido relativo de agua en el punto de pérdida de turgor ($1-CRA\Psi_{\pi}^0$) y el módulo de elasticidad (ϵ) que se refiere al estiramiento máximo de las pared celular. Con la información obtenida se calcula el $\Delta\omega$ como la diferencia del Ψ_{π}^{100} de los clones durante la época seca con el Ψ_{π}^{100} durante la época lluviosa (Araque, 2012).

3.4.3 Nitrógeno foliar (N)

El muestreo foliar se lo realizó en mayo del año 2017 de acuerdo a la metodología de Boyntom (1954): “Se tomó la cuarta hoja de los brotes terminales maduros situados a la altura media de la planta. Se procedió en lo posible a tomar diez hojas por árbol”. De cada tratamiento se tomaron tres muestras foliares conformadas por diez hojas por árbol; una vez colocadas en bolsas de papel debidamente identificadas fueron llevadas al laboratorio de Análisis foliar del Departamento de Suelos de la Estación experimental tropical Pichilingue (EETP) donde se procedió a los análisis químicos. Se utilizó el método de Kjeldahl modificado para el análisis del N (INIAP, 2006).

3.4.4 Área foliar específica (AFE)

Con el fin de medir la AFE se utilizó la metodología propuesta por Tezara (2015). Seleccionado la tercera o cuarta hoja de un brote terminal periférico del tercio medio de la copa del árbol, tres hojas por árbol, completando tres árboles por clon. Se procedió a registrar el Área foliar (AF) con el Lector Óptico LI-COR (LI 3100) que da lecturas en cm^2 . Después de la medición las hojas se colocaron en una estufa a 65°C durante 72 horas antes de obtener el peso seco foliar (Ps) mediante el uso de una balanza analítica (ADVENTURES, sensibilidad 0,0001 g). El AFE es el resultado de la razón entre el AF y el Ps ($AFE=AF/Ps \text{ cm}^2\text{g}^{-1}$).

3.4.5 Densidad estomática por mm^2 (DE)

El conteo estomático se realizó de acuerdo a la metodología de Barrientos-Priego (2003). Consistió en la aplicación de barniz transparente en un área de 50 mm^2 en la parte central del envés entre las venas secundarias de cada hoja. Se dejó secar la capa de barniz por aproximadamente 90 segundos para luego ser removida y montada en la Cámara Neubauer improved brigh-line y se observó un campo visual de $0,04\text{mm}^2$ con un microscopio binocular electrónico con el objetivo a 40X. La DE se calculó multiplicando por 25 el número de estomas de un campo visual ($0,04\text{mm}^2$).

Se utilizó el software ISCapture (Versión 4.0; Tucsen) para visualizar las imágenes producidas por el microscopio. Realizando cuatro observaciones conformadas por 3 tres sub-observaciones cada una por cada repetición, completando tres repeticiones por tratamiento.

3.4.6 Rendimiento

Esta variable proviene de datos de los registros históricos obtenidos del Programa de mejoramiento genético de cacao de la UTEQ (UICYT, 2009, 2010, 2011; Sánchez et al. 2014). Estos registros corresponden a los pesos frescos por parcela mensuales en Kg de cacao para los años 2009, 2010, 2011. Los registros mensales fueron sumados para obtener el peso total anual por parcela. El peso total anual se lo multiplico por la constante 0,4 y se dividido para 1000 para obtener el rendimiento

de cacao seco en Tm/ Ha/ año (Suarez et al. 1997).

3.5 Equipos y Materiales

3.5.1 Equipos

- Cámara de presión de Scholander (Modelo 3000 SKYE, Powys, R.U.).
- Bombona de gas de N (150 bars)
- Balanza analítica (Adventures, sensibilidad 0,0001 g)
- Software Microsoft Excel 2010; K.Tu, University of California Berkeley (Software utilizado para el cálculo de las curvas de Presión/Volumen)
- Estufa de secado y esterilización (Modelos Conterm)
- Lector Óptico LI-COR (LI 3100)
- Cámara Neubauer improved bright-line
- Microscopio binocular electrónico
- Software ISCapture (Versión 4.0; Tucsen) (Software utilizado para capturar las imágenes producidas por el microscopio)

3.5.2 Materiales

- Tijera de podar
- Lupa (Utilizada para observar las primeras gotas de agua en el corte del peciolo de la hoja)
- Agua destilada
- Bolsas plásticas negras
- Bolsas de papel
- Barniz transparente (utilizado para hacer una impresión de los estomas)

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas muestran una Humedad relativa (HR %) constante en las dos épocas con un promedio de 86,6 %, la temperatura media solo muestra 1,5 °C de diferencia de una época a otra. Se muestra una reducción significativa de la cantidad de horas luz en la época seca, alrededor de 205,3 horas luz menos que en la época lluviosa. La suma de la precipitación de los cinco meses correspondiente a la época lluviosa es de 3090,3 mm, en contraste con los 78,8 mm de lluvias registrados en los 5 meses que conformaron la época seca.

Tabla 6

Promedios de humedad relativa %, temperatura °C, heliofania (horas luz) y precipitación (mm) de las épocas lluviosa y época seca del 2017.

Condiciones meteorológicas												
Época lluviosa							Época seca					
Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Media; Suma	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Media; Suma
HR (%)	86,0	86,0	87,0	87,0	87,0	86,6	88,0	87,0	85,0	86,0	87,0	86,6
Temperatura °C	25,3	25,9	25,9	26,1	26,0	25,9	24,8	23,4	23,7	24,5	25,1	24,3
Heliofania	81,9	109,9	120,7	89,1	97,0	498,6	49,0	52,3	64,0	59,8	68,0	293,1
Precipitación (mm)	553,3	577,3	929,8	720,3	309,6	3090,3	52,3	0,30	4,60	7,2	14,40	78,8

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

4.1.2 Comportamiento hídrico

4.1.1 Análisis de diferencias de promedios.

El comportamiento hídrico de los genotipos bajo la influencia de la época lluviosa y seca, mostro que las variables Ψ_{fm} , Ψ_{ft} , $\Psi\pi^{100}$, $\Psi\pi^0$ mostraron significancia estadística ($p < 0.05$), rechazando la H_0 para cada una de estas variables; en cambio la variable ε no mostro significancia aceptando la H_0 .

Tabla 7

Prueba T de student para el efecto de las épocas sobre el comportamiento hídrico de doce genotipos de cacao. Los promedios de las épocas están compuestas por los valores de los doce clones \pm el error estándar.

	Comportamiento hídrico				
	Ψ_{fm}	Ψ_{ft}	$\Psi_{\pi^{100}}$	Ψ_{π^0}	(ϵ)
	MPa				
Época Lluviosa	-0,56 \pm 0,01	-1,46 \pm 0,02	-1,42 \pm 0,07	-1,89 \pm 0,08	50,18 \pm 6,09
Época Seca	-0,65 \pm 0,02	-1,25 \pm 0,03	-1,64 \pm 0,05	-2,15 \pm 0,08	53,69 \pm 3,33
Diferencia	-0,09	0,21	-0,22	-0,26	3,51
T calculada	5,99	5,24	7,05	5,69	0,68
T 0,05	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23
p	0,00001	0,0003	0,00002	0,0001	0,68
Decisión estadística	Rechazar H_0	Rechazar H_0	Rechazar H_0	Rechazar H_0	Aceptar H_0

4.1.1.1 Potencial hídrico foliar (Ψ_f)

Según el análisis de varianza no existe significancia estadística para el factor genotipos, con respecto al Ψ_{fm} época lluviosa, Ψ_{fm} época seca, Ψ_{ft} época lluviosa y Ψ_{ft} época seca; siendo los coeficientes de variación 13,39; 12,86; 9,67; 12,04 respectivamente (Tabla 8).

Sin embargo al aplicar la prueba de Duncan al 5% para la separación de media de la época lluviosa, la variable Ψ_{fm} mostro al grupo de clones conformados por L8H12, L12H8, L9H26, L12H27, CCN-51, ETT-103, L46H88, L25H64, L46H75 y L26H64, como iguales estadísticamente con potenciales entre -0,50 a -0,59 MPa, a su vez superiores al resto de clones con un promedio de -0,62 a -0,63 MPa; para el Ψ_{ft} los clones L8H12, L12H8, L49H4, L51H59, L12H27, CCN-51, L26H64, ETT-103, L46H75, L9H26 y L46H88 son iguales estadísticamente con un rango de -1,35 a -1,52 MPa, superiores al L25H64 con un promedio de -1,60 MPa.

Mientras en la época seca, para la variable Ψ_{fm} se formó un grupo de clones en igualdad estadística conformados por el CCN-51, L46H88, L46H75, L12H8, L26H64, L8H12, L51H59, EET-103, L12H27, L9H26, L25H64, con potenciales entre -0,60 a -0,73 MPa; pero superiores al genotipo L49H4 con un promedio de 0,80 MPa. Por otro lado el Ψ_{ft} todos los genotipos son estadísticamente iguales con un rango de -1,15 a -1,34 MPa; con excepción del genotipo L8H12 con un potencial de -1,54 MPa.

4.1.1.2 Parámetros hídricos.

4.1.1.2.1 Potencial osmótico a máximo turgor ($\Psi\pi^{100}$) y su ajuste osmótico (Δo)

En la tabla 9 se muestran las medias para la variable potencial osmótico a máximo turgor $\Psi\pi^{100}$ y su ajuste Δo . El análisis de varianza del $\Psi\pi^{100}$ durante la época lluviosa y seca y su Δo mostraron alta significancia estadística ($p < 0.01$); siendo su coeficiente de variación 2,9; 5,16 y 9,78% respectivamente.

Según Duncan al 5%, para la variable $\Psi\pi^{100}$ en la época lluviosa los clones ETT-103 y L46H88 mostraron los potenciales más positivos con -1,03 y 1,08 MPa, superiores estadísticamente a los demás clones con promedios de -1,14 a -1,63 MPa; mientras en la época seca el grupo de clones conformados por CCN-51, L46H88, ETT-103 y L26H64 son iguales estadísticamente con potenciales entre -1,34 a -1,47 MPa; superiores al resto de clones con promedios entre -1,59 a -2,00 MPa. En general se encontró un incremento del 15,28% en la acumulación de solutos de una época a otra para el $\Psi\pi^{100}$.

La variable $\Delta o \Psi\pi^{100}$ mostro que los clones ETT-103, L4675, L12H27 y L46H88 obtuvieron los ajustes mayores con 0,40 a 0,32 MPa; superiores estadísticamente a los demás clones con promedios entre 0,18 a 0,06 MPa.

Tabla 8

Promedios de doce genotipos de cacao para el Potencial hídrico foliar (Ψ_f) en la mañana 7h00-8h00 am (Ψ_{fm}) y de la tarde 13h00-14h00 pm (Ψ_{ft}) en la época lluviosa y seca del 2017. Los valores de la media en la Época Lluviosa corresponden a 6 mediciones mientras para la época seca corresponden a 3 mediciones \pm error estándar.

Potencial hídrico foliar (Ψ_f)					
Clon	Época	Ψ_{fm}		Ψ_{ft}	
		MPa			
L12H27	Lluviosa	-0,54 \pm 0,03	a b	-1,44 \pm 0,14	a b
	Seca	-0,70 \pm 0,08	a b	-1,22 \pm 0,08	a
CCN-51	Lluviosa	-0,54 \pm 0,03	a b	-1,46 \pm 0,10	a b
	Seca	-0,63 \pm 0,05	a b	-1,58 \pm 0,07	b
L12H8	Lluviosa	-0,53 \pm 0,03	a b	-1,36 \pm 0,08	a
	Seca	-0,60 \pm 0,01	a	-1,17 \pm 0,03	a
L8H12	Lluviosa	-0,50 \pm 0,02	a	-1,35 \pm 0,09	a
	Seca	-0,63 \pm 0,04	a b	-1,16 \pm 0,01	a
L46H88	Lluviosa	-0,56 \pm 0,05	a b	-1,52 \pm 0,11	a b
	Seca	-0,57 \pm 0,07	a	-1,21 \pm 0,09	a
EET-103	Lluviosa	-0,56 \pm 0,04	a b	-1,48 \pm 0,14	a b
	Seca	-0,65 \pm 0,03	a b	-1,32 \pm 0,12	a b
L9H26	Lluviosa	-0,54 \pm 0,03	a b	-1,52 \pm 0,14	a b
	Seca	-0,70 \pm 0,04	a b	-1,34 \pm 0,04	a b
L51H59	Lluviosa	-0,63 \pm 0,04	b	-1,43 \pm 0,12	a b
	Seca	-0,64 \pm 0,07	a b	-1,29 \pm 0,05	a
L46H75	Lluviosa	-0,57 \pm 0,04	a b	-1,51 \pm 0,13	a b
	Seca	-0,64 \pm 0,05	a b	-1,20 \pm 0,10	a
L26H64	Lluviosa	-0,59 \pm 0,04	a b	-1,48 \pm 0,10	a b
	Seca	-0,62 \pm 0,06	a b	-1,17 \pm 0,09	a
L25H64	Lluviosa	-0,56 \pm 0,03	a b	-1,60 \pm 0,09	b
	Seca	-0,69 \pm 0,04	a b	-1,14 \pm 0,04	a
L49H4	Lluviosa	-0,62 \pm 0,04	b	-1,40 \pm 0,08	a
	Seca	-0,77 \pm 0,06	b	-1,26 \pm 0,04	a
Promedio	Lluviosa	-0,56		-1,46	
	Seca	-0,65		-1,25	
CV %	Lluviosa	13,39		9,67	
	Seca	12,86		12,04	

Nota a, b, c, d Diferencias de promedios según la prueba de Duncan ($p < 0.05$)

Tabla 9

Promedios del Potencial osmótico a máximo turgor ($\Psi\pi^{100}$) de doce clones de cacao, durante la época lluviosa y seca del 2017 y su ajuste osmótico (Δo). Los valores son la media de tres arboles \pm error estándar.

Clon	$\Psi\pi^{100}$				Δo	
	Época Lluviosa		Época Seca			
	MPa					
L12H27	-1,57 \pm 0,01	f	-1,95 \pm 0,04	e	0,38 \pm 0,04	a
CCN-51	-1,40 \pm 0,02	d	-1,59 \pm 0,01	b c	0,18 \pm 0,01	b
L12H8	-1,26 \pm 0,01	c	-1,34 \pm 0,01	a	0,08 \pm 0,01	b
L8H12	-1,63 \pm 0,02	f	-1,76 \pm 0,02	d	0,13 \pm 0,01	b
L46H88	-1,08 \pm 0,04	a b	-1,40 \pm 0,02	a	0,32 \pm 0,04	a
EET-103	-1,03 \pm 0,01	a	-1,43 \pm 0,02	a	0,40 \pm 0,02	a
L9H26	-1,62 \pm 0,01	f	-1,77 \pm 0,06	d	0,15 \pm 0,04	b
L51H59	-1,57 \pm 0,01	f	-1,63 \pm 0,03	c d	0,06 \pm 0,02	b
L46H75	-1,61 \pm 0,03	f	-2,00 \pm 0,09	e	0,39 \pm 0,06	a
L26H64	-1,14 \pm 0,01	b	-1,47 \pm 0,09	a b	0,32 \pm 0,08	a
L25H64	-1,48 \pm 0,05	e	-1,63 \pm 0,08	c d	0,16 \pm 0,03	b
L49H4	-1,62 \pm 0,01	f	-1,70 \pm 0,01	c d	0,08 \pm 0,01	b
Promedio	-1,42		-1,64		0,22	
C.V. %	2,9		5,16		9,78	

Nota a, b, c, d Diferencias de promedios según la prueba de Duncan ($p < 0.05$)

4.1.1.2.2 Potencial osmótico a mínimo turgor ($\Psi\pi^0$) y su ajuste osmótico (Δo).

La tabla 10 muestra los promedios para la variable potencial osmótico a mínimo turgor ($\Psi\pi^0$) y su ajuste osmótico (Δo). El análisis de varianza del $\Psi\pi^0$ durante la época lluviosa y seca mostraron alta significancia estadística ($p < 0.01$), mientras su Δo mostro significancia estadística ($p < 0.01$); siendo su coeficiente de variación 3,81; 5,28 y 10,51% respectivamente.

Aplicada la prueba de Duncan al 5%, el $\Psi\pi^0$ de la época lluviosa mostro a los clones L46H88 y ETT-103 como los que obtuvieron los potenciales más positivos con -1,40 y 1,47 MPa; superiores

estadísticamente a los demás clones con promedios de -1,59 a -2,26 MPa. Para la época seca el grupo de clones conformado por el L46H88, ETT-103 y L26H64, son estadísticamente iguales con potenciales entre -1,74 a -1,93 MPa; a su vez son superiores al resto de clones que poseen promedios entre -1,96 a -2,57 MPa. Como consecuencia se obtuvo un incremento del 14,26% en la acumulación de solutos de una época a otra para el $\Psi\pi^0$.

La variable $\Delta\circ\Psi\pi^0$ mostro que los clones: L46H75, L9H26, L12H27, ETT-103, L46H88, L24H64, L8H12 y CCN-51, conforman un grupo estadísticamente igual con ajustes entre 0,45 a 0,20 MPa; superiores estadísticamente a los demás clones con promedios entre 0,11 a 0,02 MPa.

Tabla 10

Promedios del Potencial osmótico a mínimo turgor ($\Psi\pi^0$) de doce clones de cacao, durante la Época Lluviosa y Seca del 2017 y su ajuste osmótico ($\Delta\circ$). Los valores son la media de tres arboles \pm error estándar.

Clon	$\Psi\pi^0$		$\Delta\circ$
	Época Lluviosa	Época Seca	
	MPa		
L12H27	-2,14 \pm 0,01 g h	-2,57 \pm 0,04 F	0,44 \pm 0,03 a
CCN-51	-2,07 \pm 0,04 e f g	-2,27 \pm 0,14 d e	0,20 \pm 0,14 a b c d
L12H8	-1,80 \pm 0,13 c	-2,09 \pm 0,11 c d	0,29 \pm 0,09 a b c
L8H12	-1,85 \pm 0,03 c d	-1,96 \pm 0,04 b c	0,11 \pm 0,13 b c d
L46H88	-1,40 \pm 0,07 a	-1,74 \pm 0,01 A	0,35 \pm 0,06 a b
EET-103	-1,47 \pm 0,02 a b	-1,85 \pm 0,02 a b	0,38 \pm 0,01 a
L9H26	-1,96 \pm 0,06 d e	-2,40 \pm 0,06 e f	0,44 \pm 0,11 a
L51H59	-2,00 \pm 0,02 e f	-2,02 \pm 0,02 b c	0,02 \pm 0,03 d
L46H75	-2,11 \pm 0,02 f g	-2,57 \pm 0,08 F	0,45 \pm 0,09 a
L26H64	-1,59 \pm 0,01 b	-1,93 \pm 0,04 a b c	0,34 \pm 0,04 a b
L25H64	-2,26 \pm 0,03 h	-2,34 \pm 0,03 e	0,09 \pm 0,01 c d
L49H4	-2,06 \pm 0,03 e f g	-2,12 \pm 0,04 c d	0,06 \pm 0,01 c d
Promedio	-1,89	-2,16	0,26
C.V. %	3,81	5,28	10,51

Nota a, b, c, d Diferencias de promedios según la prueba de Duncan ($p < 0.05$)

4.1.1.2.3 Módulo de elasticidad ϵ

La tabla 11 muestra los promedios de la variable módulo de elasticidad ϵ . Según el análisis de varianza el ϵ para la época lluviosa alcanzo alta significancia estadística ($p < 0.01$), mientras que el ϵ para la época seca solo mostro significancia estadística ($p < 0.05$); siendo su coeficiente de variación 10,27 y 22,29% respectivamente.

El ϵ de la época lluviosa mostró al clon L8H12 como el que obtuvo el promedio mayor con 91,15 MPa; superior estadísticamente a los demás clones con ϵ entre 73,27 y 24,00 MPa. Para el ϵ de la época seca los clones L46H75, L49H4, L51H59, L12H27, ETT-103, L9H26 y L8H12 son iguales estadísticamente con promedios entre 72,20 a 50,73 MPa; superiores estadísticamente a los demás clones con ϵ entre 46,55 a 36,81 MPa.

Tabla 11

Promedios del Módulo de elasticidad ϵ de doce clones de cacao, durante la época lluviosa y seca del 2017. Los valores son la media de tres arboles \pm el error estándar.

Clon	ϵ			
	Época Lluviosa		Época Seca	
	MPa			
L12H27	48,48 \pm 4,48	d	65,16 \pm 3,71	a b c d
CCN-51	35,06 \pm 4,19	e	46,00 \pm 0,90	b c d e
L12H8	28,67 \pm 2,84	e f	36,81 \pm 0,74	e
L8H12	91,15 \pm 0,81	a	50,73 \pm 0,87	a b c d e
L46H88	36,56 \pm 2,27	e	44,44 \pm 6,46	c d e
EET-103	24,00 \pm 0,71	f	52,58 \pm 0,30	a b c d e
L9H26	65,21 \pm 0,15	b c	50,79 \pm 1,35	a b c d e
L51H59	73,37 \pm 8,34	b	67,50 \pm 13,31	a b c
L46H75	56,91 \pm 5,27	c d	72,20 \pm 6,03	a
L26H64	33,62 \pm 0,27	e f	46,55 \pm 12,08	b c d e
L25H64	38,24 \pm 5,37	e	43,71 \pm 6,63	d e
L49H4	70,87 \pm 0,61	b	67,82 \pm 10,51	a b
Promedio	50,18		53,69	
C.V. %	10,97		22,29	

Nota a, b, c, d Diferencias de promedios según la prueba de Duncan ($p < 0.05$)

4.1.2 Características morfo-anatómicas y rendimiento

En la tabla 12 se muestra los promedios de las variables N foliar, AFE, DE y Rendimiento, donde según el análisis de varianza las variables N foliar, DE y Rendimiento presentaron alta significancia estadísticas ($p < 0.01$), caso contrario el AFE no mostro significancia. Siendo los coeficientes de variación 7,96; 13,89; 3,48 y 9,92 % respectivamente.

De acuerdo a la prueba de Duncan al 5% de probabilidad en la variable N foliar el clon L12H8 obtuvo el promedio mayor con 2,20 ppm; sin diferir estadísticamente a los clones L12H27, CCN-51 y L12H8 con un rango de 2,13 y 2,10 ppm, a su vez son superiores a los demás clones con promedios de 1,73 y 1,67 ppm. Por parte del AFE el clon L9H26 posee media mayor con 150,17 $\text{cm}^2 / \text{g}^{-1}$; en igualdad estadística con los demás clones con promedios de 138,68 – 118,71 $\text{cm}^2 / \text{g}^{-1}$, a excepción del clon L46H75 con 109,63 $\text{cm}^2 / \text{g}^{-1}$.

El clon ETTP-103 presento la mayor DE con 877,08 estomas/ mm^2 ; en igualdad estadística con los clones L12H8, L51H59, L9H26 con un rango de 870,83- 850,69 08 estomas/ mm^2 ; Los genotipos nombrados resultaron estadísticamente superiores al resto de clones, que presentaron promedios entre 827,78 y 731,25 estomas/ mm^2 .

Para la variable rendimiento destaco el clon L12H27, con 1,40 Tm/Ha/año de cacao seco, superior estadísticamente a los demás clones con promedios entre 1,01 y 0,11 Tm/Ha/año.

Tabla 12

Promedios del contenido de N-foliar y características morfo-anatómicas (área foliar específica AFE, densidad estomática DE) y Rendimiento de doce genotipos de cacao. Los valores de las características morfo-anatómicas son la media de tres arboles \pm error estándar, el rendimiento es promediado de los años (2009,2010 y 2011).

Clon	N		AFE		DE		Rendimiento	
	ppm		cm ² / g ⁻¹		Nº estomas/mm ²		Tm/Ha/año	
L12H27	2,13±0,18	a	118,71±2,47	a b	827,78±0,71	b c	1,40±0,19	a
CCN-51	2,10±0,06	a	138,68±10,38	a b	820,14±0,33	c	1,01±0,17	b
L12H8	2,20±0,06	a	129,09±4,56	a b	870,83±0,90	a b	0,91±0,15	b
L8H12	2,10±0,12	a	122,50±6,97	a b	767,36±0,74	d	0,78±0,08	b c
L46H88	2,03±0,03	a	124,46±5,47	a b	823,61±0,61	c	0,58±0,07	c d
EET-103	1,67±0,07	b	127,78±3,28	a b	877,08±0,29	a	0,57±0,08	c d
L9H26	1,73±0,03	b	150,17±11,18	a	850,69±0,26	a b c	0,44±0,05	d
L51H59	1,73±0,03	b	125,67±5,67	a b	852,08±0,95	a b c	0,41±0,07	d e
L46H75	1,70±0,06	b	109,63±12,38	b	812,50±0,83	c	0,30±0,06	d e
L26H64	1,73±0,03	b	130,27±0,47	a b	758,33±0,67	d	0,26±0,04	d e
L25H64	1,67±0,09	b	123,90±10,83	a b	731,25±0,76	d	0,11±0,003	e
L49H4	1,67±0,13	b	133,66±6,95	a b	814,58±0,29	c	0,11±0,003	e
Promedio	1,87		127,88		817,19		0,57	
C V. %	7,96		13,89		3,48		9,92	

Nota ^{a, b, c, d} Diferencias de promedios según la prueba de Duncan ($p < 0.05$)

4.1.3 Correlaciones

A continuación se describen los resultados más relevantes de la matriz de coeficientes de correlación (Tabla 13) evaluados con un nivel de probabilidad del 95%. La descripción hace énfasis en los coeficientes estadísticamente significativos.

El Ψ_{fm} de la época lluviosa posee una proporcionalidad estadísticamente significativa y positiva con el N foliar y el rendimiento, mientras que el Ψ_{ft} de la época seca se encuentra estadísticamente asociada con la DE, aunque en forma inversamente proporcional.

Los coeficientes entre la variable Ψ_{π}^{100} de la época lluviosa con el Ψ_{π}^{100} época seca, Ψ_{π^0} época lluviosa y Ψ_{π^0} época seca, son positivos y estadísticamente significativos. Así mismo las correlaciones entre Ψ_{π}^{100} época seca con el Ψ_{π^0} época lluviosa y Ψ_{π^0} época seca, además de la correlación positiva entre Ψ_{π^0} época lluviosa y Ψ_{π^0} época seca también tienen coeficientes significativos. Estos resultados se esperaban debido a la dependencia de una variable sobre otra; aunque destaca el coeficiente de correlación negativo y significativo entre Ψ_{π}^{100} época seca y el ε de la época seca.

El Δ_o a máximo turgor (Ψ_{π}^{100}) posee una proporcionalidad directa con el Δ_o a mínimo turgor (Ψ_{π^0}); mientras tanto el N foliar presenta un coeficiente altamente significativo y positiva sobre el rendimiento.

Tabla 13

Matriz de Correlación/Probabilidad de las variables; comportamiento hídrico (Potencial hídrico foliar (Ψ_f) y los Parámetros hídricos ajustados), morfo-anatómicas (N foliar, área foliar específica AFE, densidad estomática DE) y Rendimiento de doce genotipos de cacao. Datos tomados en la Finca “La Represa” de la UTEQ durante Enero a Octubre del 2017.

	Ψ_{fm} E. Lluviosa	Ψ_{ft} E. Lluviosa	Ψ_{fm} E. Seca	Ψ_{ft} E. Seca	$\Psi_{\pi^{100}}$ E. Lluviosa	$\Psi_{\pi^{100}}$ E. seca	Ψ_{π^0} E. Lluviosa	Ψ_{π^0} E. Seca	Δo $\Psi_{\pi^{100}}$	Δo Ψ_{π^0}	(ϵ) E. Lluviosa	(ϵ) E. Seca	N foliar	AFE	DE	Rend.
Ψ_{fm} E. Lluviosa	1	0,66	0,31	0,96	0,96	0,87	0,87	0,66	0,72	0,27	0,81	0,08	0,02	0,88	0,77	0,04
Ψ_{ft} E. Lluviosa	0,14	1	0,88	0,95	0,6	0,86	0,81	0,46	0,2	0,39	0,22	0,78	0,13	0,74	0,64	0,16
Ψ_{fm} E. Seca	0,32	0,05	1	0,99	0,06	0,11	0,05	0,11	0,51	0,58	0,3	0,11	0,14	0,5	0,85	0,42
Ψ_{ft} E. Seca	0,02	0,02	0,01	1	0,99	0,87	0,78	0,81	0,76	0,94	0,71	1	0,53	0,39	0,01	0,46
$\Psi_{\pi^{100}}$ E. Lluviosa	0,02	-0,17	0,57	-0,005	1	0,001	0,0007	0,02	0,17	0,34	0,002	0,05	0,88	0,8	0,65	0,92
$\Psi_{\pi^{100}}$ E. seca	-0,05	0,06	0,48	-0,05	0,82	1	0,01	0,002	0,61	0,64	0,04	0,01	0,81	0,18	0,71	0,8
Ψ_{π^0} E. Lluviosa	0,05	0,08	0,58	0,09	0,84	0,69	1	0,0008	0,28	0,34	0,23	0,18	0,9	0,62	0,54	0,99
Ψ_{π^0} E. Seca	-0,14	0,24	0,48	0,08	0,67	0,79	0,83	1	0,77	0,38	0,67	0,19	0,99	0,6	0,85	0,59
Δo $\Psi_{\pi^{100}}$	0,12	-0,4	0,21	0,1	0,43	-0,16	0,34	-0,1	1	0,004	0,14	0,62	0,88	0,09	0,87	0,58
Δo Ψ_{π^0}	0,34	-0,27	0,18	0,03	0,3	-0,15	0,3	-0,28	0,76	1	0,18	0,94	0,82	0,98	0,47	0,33
(ϵ) E. Lluviosa	-0,08	0,38	-0,32	0,12	-0,8	-0,59	-0,38	-0,14	-0,45	-0,42	1	0,07	0,81	0,88	0,69	0,65
(ϵ) E. Seca	-0,52	0,09	-0,49	0,002	-0,58	-0,73	-0,41	-0,4	0,16	-0,03	0,53	1	0,25	0,14	0,57	0,67
N foliar	0,65	0,46	0,45	-0,2	0,05	0,08	0,04	0,01	-0,05	0,07	-0,08	-0,36	1	0,83	0,73	0,0002
AFE	0,05	0,11	-0,21	-0,28	0,08	0,41	0,16	0,17	-0,51	-0,01	-0,05	-0,45	-0,07	1	0,41	0,79
DE	-0,10	0,15	0,06	-0,75	0,15	0,12	0,2	0,06	0,05	0,23	-0,13	0,18	0,11	0,26	1	0,32
Rend.	0,60	0,43	0,26	-0,24	0,03	-0,08	-0,0049	-0,17	0,18	0,31	-0,15	-0,14	0,86	-0,09	0,31	1

Nota Los valores en negrita son mayores a 0 con nivel de significancia $\alpha < 0.05$

4.1.4 Regresiones

La figura 3 muestra los análisis de regresión lineal simple de las variables N foliar (ppm) y Rendimiento (Tm de cacao seco/Ha/Año) contra Ψ_{fm} de la época lluviosa (MPa), donde por el incremento de una unidad del Ψ_{fm} causa un aumento de 3,79 en la concentraciones de N foliar y de 6,36 en el rendimiento de cacao seco; con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,65 y 0,61 respectivamente; mientras que la regresión del Rendimiento (Tm de cacao seco/Ha/Año) contra el N foliar (ppm), muestra que por cada unidad de incremento del N foliar existió un aumento de 1,56 en la respuesta del rendimiento, con un R^2 de 0,75.

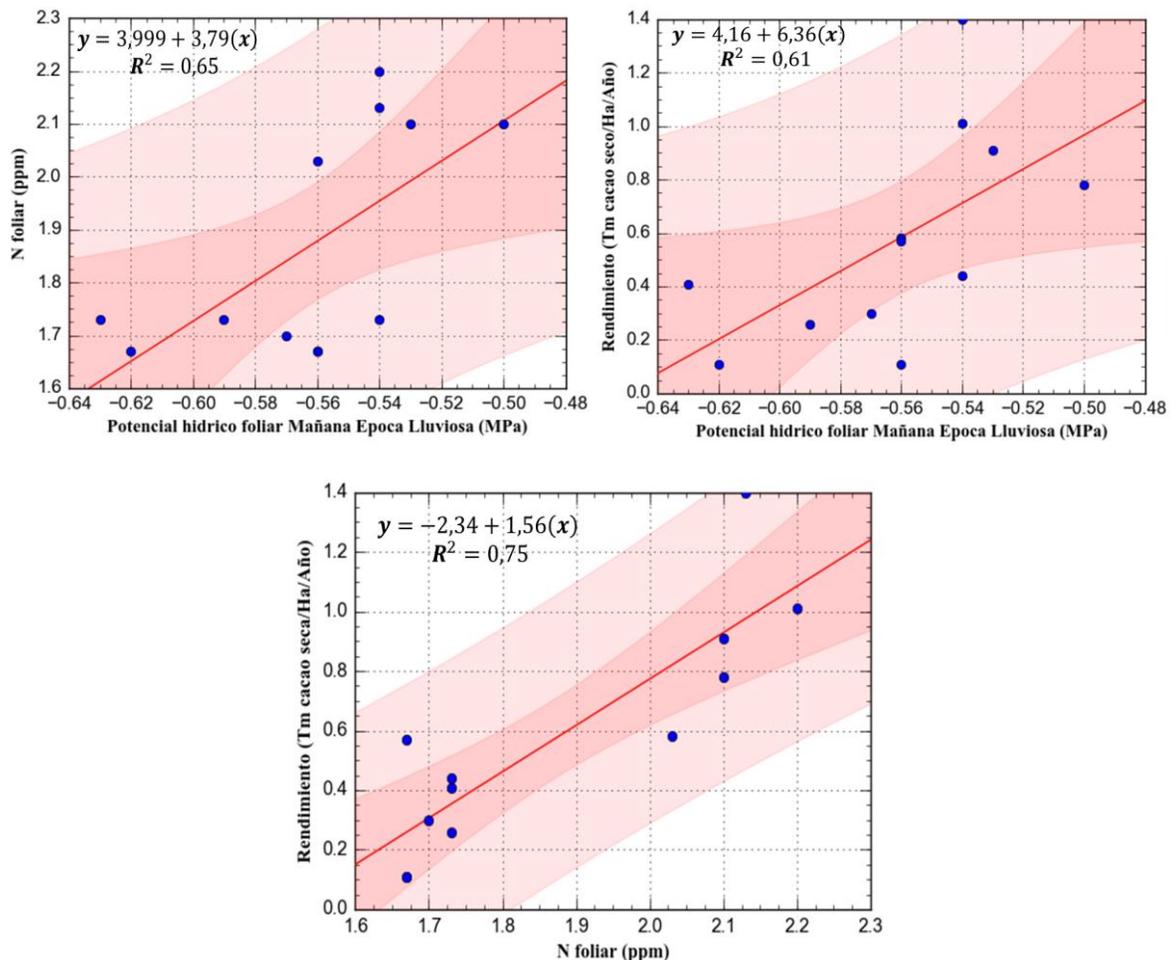


Figura 3. Regresión de las variables N foliar (ppm) y rendimiento (Tm de cacao seco/Ha/año), usando como variable de predicción el potencial hídrico foliar Mañana de la época lluviosa (MPa) y entre las mismas variables.

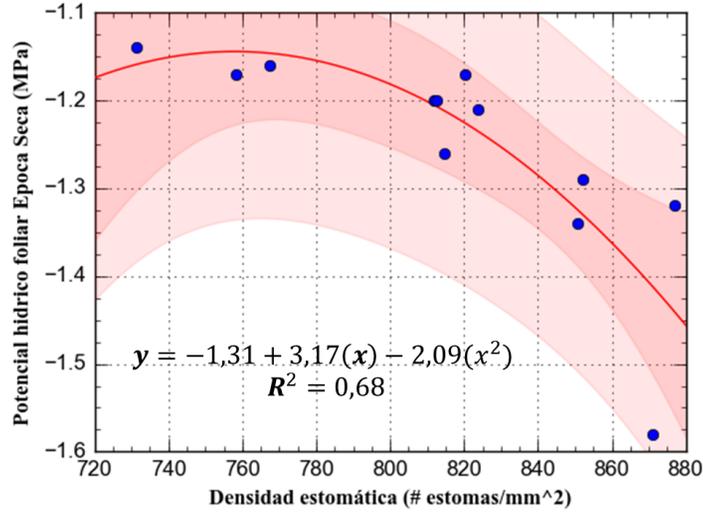


Figura 4. Regresión polinomial cuadrática de la variable potencial hídrico foliar de la tarde en la época seca (MPa), usando como variable de predicción la densidad estomática (# estomas/mm²)

El análisis de regresión polinomial cuadrática de la variable potencial hídrico foliar de la tarde de la época seca (MPa) contra la densidad estomática DE (# estomas/mm²), indica que por cada unidad que aumente la DE existe un aumento del Ψ_{ft} de la época seca de 3,71, ajustándose a una ecuación cuadrática, con un R^2 de 0,68 (Figura 4).

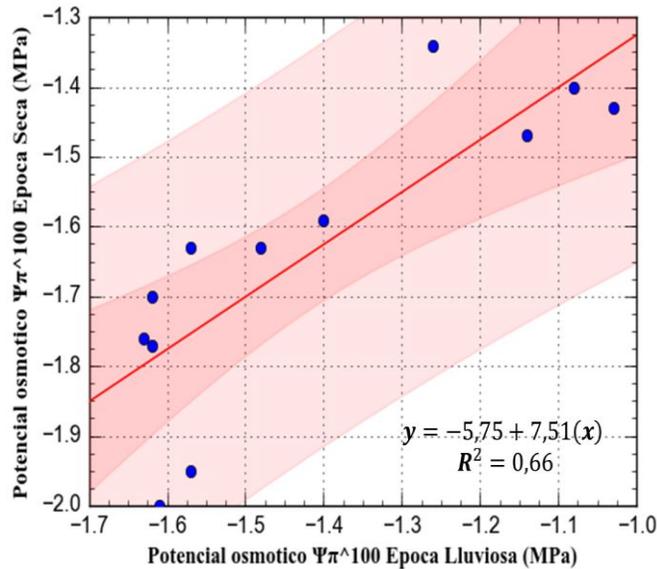


Figura 5. Regresión de las variables potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época lluviosa y potencial osmótico $\Psi\pi^{100}$ de la época seca (MPa), contra el potencial osmótico $\Psi\pi^{100}$ de la época lluviosa (MPa)

La figura 5 muestra la regresión de la variable potencial osmótico $\Psi\pi^{100}$ de la época seca (MPa), usando como variable independiente el potencial osmótico $\Psi\pi^{100}$ de la época lluviosa (MPa), donde por el incremento de una unidad del $\Psi\pi^{100}$ de la época lluviosa causa un aumento en el potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época lluviosa de 7,51; con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,66.

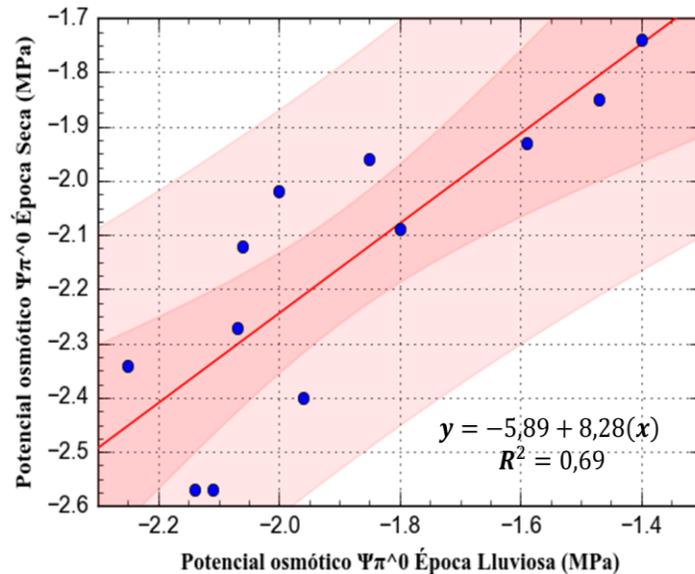


Figura 6. Regresión de las variables potencial osmótico $\Psi\pi^{100}$ de la época seca y potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época seca (MPa), usando como variable independiente el potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época lluviosa (MPa).

La regresión de la variable potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época seca (MPa), usando como variable independiente el potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época lluviosa (MPa), donde por el incremento de una unidad del $\Psi\pi^0$ de la época lluviosa causa un aumento de 8,28 en el potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época seca; con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,69 (Figura 6)

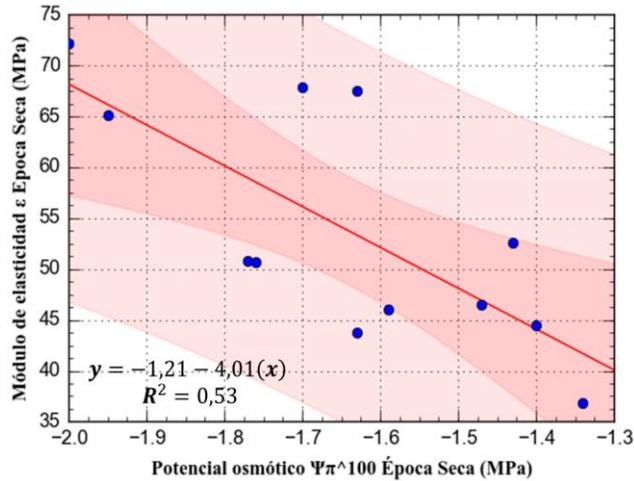


Figura 7. Regresión de las variables potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época seca y módulo de elasticidad de la época seca (MPa), usando como variable independiente el potencial osmótico $\Psi\pi^{100}$ de la época seca (MPa).

La regresión muestra que por cada unidad que aumente el potencial osmótico $\Psi\pi^0$ de la época seca causa una disminución del Módulo de elasticidad ε de la época seca de 4,02; con un R^2 de 0,53 respectivamente (Figura 7).

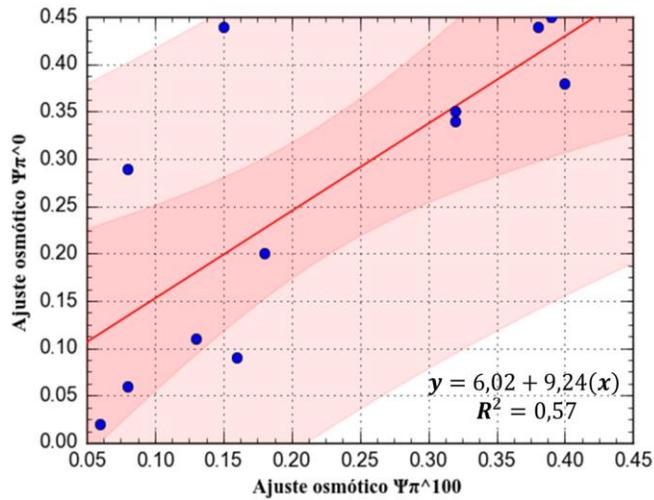


Figura 8. Regresión de la variable Ajuste osmótico $\Psi\pi^0$ (MPa), usando la variable ajuste osmótico $\Psi\pi^{100}$ (MPa) como independiente.

La figura 8 muestra la regresión de la variable $\Delta o \Psi\pi^0$ (MPa), usando como variable independiente al $\Delta o \Psi\pi^{100}$ (MPa), donde por el incremento de una unidad del $\Delta o \Psi\pi^{100}$ causa un aumento en el $\Delta o \Psi\pi^0$ de 9,24; con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,57.

4.2 Discusión

Este trabajo reporta la comparación en el comportamiento hídrico y morfo-anatómicos de distintos genotipos de cacao tipo Nacional, en donde las diferencias encontradas para el comportamiento hídrico entre épocas son debidas a los cambios de la demanda hídrica por parte de la atmosfera y a la disponibilidad de agua en el suelo. Valencia & Serrano (2014) indican que en la época seca, si bien la demanda evaporativa es menor, la disponibilidad en el suelo cae drásticamente por la ausencia de lluvias. Las evaluaciones han sido realizadas en plantas de diez años cuyos sistemas radiculares ya están conformado y ya han tenido el tiempo suficiente para expresa su máximo potencial (Jaimez, 2017). De manera que las diferencias encontradas son expresiones de la potencialidad de respuesta ante el medio ambiente que se da en la provincia de Los Ríos.

Estas condiciones produjeron que los genotipos activen el $\Delta\sigma$ con un promedio de 0,22 MPa, valor que está al límite mínimo de lo que puede considerarse un ajuste osmótico para las plantas (Taiz & Zeiger, 2006). Podemos inferir que el periodo seco ha conllevado que la mayoría de los cultivares presenten un mínimo de ajuste osmótico. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre cultivares, lo que nos permite seleccionar cultivares con una mejor capacidad de tolerancia al déficit hídrico. Por otra parte se encontró Esto que los Ψ_{ft} de los cultivares nunca fueron menores al $\Psi\pi^0$, lo que sugiere que las plantas no perdieron completamente su turgencia durante el día. Cuando la planta pierde completamente la turgencia de sus células no tienen la capacidad de seguir con los procesos como la fotosíntesis y la elongación celular (Almeida & Valle, 2009).

El Ψ_f es sensible a pequeños cambios en las condiciones climáticas del día a día que aumenta su variación enmascarando posibles diferencias entre genotipos (García, 2014). Esto pudo haber sucedido al no encontrar diferencias significativas entre genotipos para los Ψ_f . Anteriores estudios realizados (De Almeida (2002); Rada (2005); García (2014)), se han llevado a cabo en condiciones semi-controladas y controladas, lo que ha ayudado a identificar diferencias en la respuesta de genotipos.

Las diferencias en la concentración de N entre genotipos en mismas condiciones indica un posible control genético en la absorción de N del suelo; un resultado parecido fue reportado en maíz por Ralph (1983). Además, la relevancia fisiológica del nitrógeno para las plantas está claramente ejemplificada por sus efectos sobre el crecimiento de las hojas, la senescencia, la arquitectura del sistema radicular y el tiempo de floración, entre otros aspectos (Vega, 2015).

A partir de estas diferencias se encontró una relación positiva entre los Ψ_f m con la capacidad de los genotipos de absorber N, una relación interesante y que necesita ser evaluada con mayor profundidad, al no encontrarse investigaciones previas. Así mismo se demostró la influencia positiva del N- foliar sobre rendimiento de cacao, influencia ya encontrada por Puentes (2014) al estudiar la absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento.

Por otro lado la relación inversa de la densidad estomática con el potencial hídrico foliar en la tarde de la época seca, expone que a mayor cantidad de poros estomáticos por área foliar produce una disminución de los potenciales hídricos de cacao, pues pierde más vapor de agua; este resultando también sugiere que existiría mayor conductancia estomática, que está estrechamente relacionada con el cierre estomático. Para Carr & Lockwood (2011), el cierre estomático parcial comienza con un potencial hídrico foliar de aproximadamente -1,5 MPa.

Las plantas tienen la capacidad de realizar ajustes en las variables hídricas para evitar la deshidratación y la pérdida de turgencia, siendo una de sus principales estrategias el ajuste osmótico (Castro, 2007). Pero la acumulación de solutos parece estar influenciada por la respuesta del genoma de los distintos cultivares, lo que se expresa en las diferencias encontradas en los distintos genotipos. Estudios por Araque (2012) y Almeida (2002) ya determinaron que hay diferencias genómicas en la respuesta del potencial osmótico en condiciones de déficit hídrico, al comparar el comportamiento de varios cultivares endémicos.

Los genotipos L12H27, EET-103 y L45H75 mostraron un $\Delta\sigma$ promedio de 0,39 MPa. Aquellos genotipos con un $\Delta\sigma$ dentro del intervalo 0,30 a 0,80 MPa, pueden considerarse genotipos prometedores por su tolerancia al déficit hídrico y potencial para convertirse en parentales para

futuros procesos de mejoramiento (Taiz & Zeiger, 2006).

El ajuste en el módulo de elasticidad (ϵ) que se refiere al índice de rigidez de la membrana celular, que es otro mecanismo de las plantas para tolerar el déficit hídrico (Hernández, 2009) y que puede aumentar, disminuir o permanecer constante en respuesta al estrés hídrico (Goldstein, 1989). Mientras mas altos los valores del ϵ mas rigidez presentará la pared celular adquiriendo la capacidad de mantener un potencial hídrico más positivo, asegurando una mayor capacidad de absorción de agua de los suelos en el periodo de sequía (Araque, 2012).

El rango de los genotipos cacao tipo Nacional estudiados respecto al ϵ va de 36 a 72 MPa tanto en la época lluviosa y seca. Los reportes de varios autores como García (2014) en Colombia con cultivares trinitarios, Araque (2012) y Rada (2005) en Venezuela con cultivares criollos, y Almeida (2002) en Brasil con cultivares forasteros, determinaron que el ϵ se encontraba en rangos entre 5 a 20 MPa, con excepción del cultivar criollo denominado Guasare, que presento ϵ de 36,4 MPa. Comparándolos con estos resultados los cultivares Tipo Nacional del Ecuador, tienen ϵ mayores que el resto de los cultivares, una resistencia adquirida a causa del largo periodo de sequía que soportan los genotipos ecuatorianos

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.1 Conclusiones

- Se encontraron diferencias estadísticas entre genotipos para las siguientes variables: ajuste osmótico ($\Delta\phi$), módulo de elasticidad (ϵ), nitrógeno foliar (N), densidad estomática (DE) y rendimiento. El genotipo L12H27 mostro el mejor desempeño para el ajuste osmótico ($\Delta\phi$), módulo de elasticidad (ϵ), nitrógeno foliar (N) y rendimiento. Los genotipos EET-103 y L46H75 mostraron similares desempeños para el ajuste osmótico ($\Delta\phi$) y módulo de elasticidad (ϵ), pero no para el rendimiento. El EET-103 presento la mayor densidad estomática (DE)
- Surgieron dependencias estrechas entre densidad estomática y potencial hídrico (relación inversa), entre potencial hídrico y N foliar (relación positiva) y entre N foliar y Rendimiento. Esta última se atribuyó a un control genético en la acumulación de N. El clon L12H27 mostro el mayor rendimiento en respuesta al mayor contenido de N foliar, en base a esto los genotipo L12H27 y ETT-103 al combinar características y relaciones con otras variables, presentándolos como los que mostraron más tolerancia al déficit hídrico con respecto a los demás clones estudiados.

5.1.2 Recomendaciones

Comprobar los resultados obtenidos en un entorno experimental con riego controlado a nivel de invernadero. El diseño experimental deberá incluir ajuste en la metodología para obtener más precisión en la medición del potencial hídrico, ya que es muy susceptible a las variaciones del ambiente. Esta línea de trabajo es prometedora para identificación de genotipos que pueden usarse como parentales para el mejoramiento genético de la tolerancia a la sequía.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

Allen, R., & Pereira, L. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. (56), 7-10. Roma: FAO. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>

Almeida, A., & Valle, R. (2009). Cacao: Ecophysiology of Growth and Production. (F. DaMetta, Ed.) *Ecophysiology of Tropical Tree Crops*(3), 1-34.

Alvim, P. (1981). Recent studies on environmental physiology of cacao. 85-88. Lagos, Nigeria.

Alvim, P. (1987). Relações entre fatores climáticos e produção do cacaueiro. *Proceedings 10 International coca research conference*, 159-167.

Aranzazu, F., & Martinez, N. (2009). Mejoramiento genético para incrementar la producción y productividad del sistema de cacao en Colombia. Ministerio de Agricultura, Fedecacao. Corpoica.

Araque, O. (2012). Comparative photosynthesis, water relations, growth and survival rates in juvenile criollo cacao cultivars (*Theobroma cacao*) during dry and wet seasons. *Experimental Agriculture*, 48,513-522.

Argentel, L., & González, L. (2010). Contenidos de prolina, glicina betaína y proteínas solubles totales en variedades de trigo en condiciones de estrés salino. *Cultivos Tropicales*, 31(4), 82-86.

Ávalos, V. C., Hernández, M. S., & Chulím, N. G. (2001). Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 34(17). Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15403405>

Barrientos-Priego, A. F. (2003). Índice y densidad estomática foliar en plántulas de tres razas de aguacatero. *Rev. Fitotec. Mex.*, 26(4), 285-290. Recuperado el Abril de 2017, de <http://www.redalyc.org/html/610/61026410/>

BCE. (2017). Ecuador - Exportaciones a nivel de Partidas Arancelarias. Registro, Banco Central del Ecuador, Quito.

Benavides, A. (2002). Ecofisiología y bioquímica del estrés en plantas. Universidad autónoma agraria, Departamento, Buenavista, Saltillo. Obtenido de

https://www.researchgate.net/profile/Adalberto_BenavidesMendoza/publication/305346608_Eco_fisiologia_y_bioquimica_del_estres_en_plantas/links/57893ca808ae59aa6675e204/Ecofisiologia-y-bioquimica-del-estres-en-plantas.pdf

Boyton, D., & Sands, F. (1954). Fertilidad y status of the cacao soils of Costa Rica, as determined by soil and leaf analysis, and a preliminary study of the relation of depth of rooting of cacao. IICA, Com. Tec. Interamer. Cacao, Costa Rica.

Camacho, R., & Garrido, O. (1995). Caracterización de nueve genotipos de maíz (*Zea mays L.*) en relación a área foliar y coeficiente de extinción de luz. *Scientia Agricola*, 52(2), 294-298. Obtenido de <http://www.scielo.br/pdf/sa/v52n2/15.pdf>

Carr, M., & Lockwood, G. (2011). The water relations and irrigation requirements of cacao (*Theobroma cacao L.*): a review. *Expl Agric.*, 47(4), 653–676. Obtenido de <http://www.jstor.org/stable/2434166>

Castro, P., & Navarro, J. (2007). Water relations of seedlings of three *Quercus* species: variations across and within species grown in contrasting light and water regimes. *Tree Physiology*, 27, 1011–1018. Obtenido de <http://treephys.oxfordjournals.org/>

De Almedia, A., & Valle, R. (2008). Ecophysiology of the cacao tree. *Plant Physiol*, 19(4), 425-448. Obtenido de <http://www.scielo.br/pdf/bjpp/v19n4/a11v19n4.pdf>

De Almeida, A., & Brito, R. (2002). Water relations' aspects of *Theobroma cacao L.* CLONES. *Agrotropica*, 14(2), 35-44.

Devlin, M. (1980). Fisiología Vegetal. Barcelona, España: Trad. Limona.

Dias, L. (2001). Melhoramento genético do cacaueiro. Vicosa: MG, FUNAPE, UFG.

Enríquez, G. (2010). Cacao orgánico, guía para productores ecuatorianos (Segunda ed.). Quito, Ecuador.

Espinal, G. (2005). La cadena del cacao en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Observatorio agrocadenas de Colombia, Bogota.

FAO. (2 de Diciembre de 1997). *www.fao.org*. Recuperado el 4 de Abril de 2017, de <http://www.fao.org/noticias/1997/971201-s.htm>

FAO. (Noviembre de 2007). Denominación de Origen “Cacao Arriba”.

Franco, T. (2003). *www.bioversityinternational.org*. (R. Hidalgo, Ed.) Recuperado el 2 de Noviembre de 2017, de https://www.bioversityinternational.org/index.php?id=244&tx_news_pi1%5Bnews%5D=753&cHash=9dab6be8405a326f99e56975dee2abae

Freire, M. d. (Febrero de 1994). Feitos da irrigacao complementar no rendimento do cacaeiro *Theobroma cacao L.* 25-30. Piracicaba, Brazil. Obtenido de http://repository.usp.br/single.php?_id=000739166

Garcia, J. (Febrero de 2005). Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de cacao. 8-15. Bogota. Obtenido de <http://www.huila.gov.co/documentos/agricultura/CADENAS%20PRODUCTIVAS/ZONIFICACION%20CACAO%20PARTE%20I%20-FINAL.pdf>

García, J. (2014). Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) sometidos a diferentes niveles de déficit hídrico. 56, 45. Bogota, Colombia.

Garcia, J., & Moreno, L. (2016). Physiological responses of *Theobroma cacao L.* to water soil available in nursery. *Acta Agronomica*, 65(1), 44-50. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v65n1/v65n1a07.pdf>

Gardner, F., & Pearce, P. (2010). *Physiology of Crop Plants*. Scientific Publishers.

Garnier, E., & Shipley, B. (2000). A standardized protocol for the determination of specific leaf area and leaf dry matter content. *Functional*, 15, 688–695. Obtenido de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.0269-8463.2001.00563.x/full>

Gerald, N., & Rosegrant, M. W. (2009). Cambio Climático-El impacto en la agricultura y los costos de adaptación-. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI.

Washington, D.C.: Klaus von Grebmer. Recuperado el 4 de Abril de 2017, de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf

Hernandez, J., & Jara, J. (Septiembre de 2009). Módulo de elasticidad como criterio de selección en plantas de *Eucalyptus globulus* Labill a la resistencia al estrés hídrico. 2-10. Obtenido de http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/view/16932/16772

ICCO. (2015). Reporte Anual 2014-2015. Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Londres. Obtenido de https://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/1-annual-report.html

INAMHI. (2015). Boletín Climatológico Anual. Boletín, Quito.

INIAP. (2006). El Muestreo foliar en Cacao. Estacion Experimental Tropical Pichilingue, Quevedo.

INIAP. (2012). Guia del manejo integrado de enfermedades del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la amazonia. Orellana, Ecuador.

INTA. (2010). Técnicas de medición en ecofisiología vegetal conceptos y procedimientos (1 ed.). (M. Fernández, & J. Gyenge, Edits.) Buenos Aires, Argentina.

Isaac, M., & Ulzen-Appiah, F. (2007). Early growth and nutritional response to resource competition in cocoa-shade intercropped systems. *Plant Soil*, 298, 243–254. Obtenido de http://www.worldcocoaafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/isaac2007g.pdf

Jaimez, R. (30 de Octubre de 2017). Comportamiento hidrico del cacao. (L. Barragan, Entrevistador) Portoviejo.

Joly, R., & Hahn, D. (1989). Net CO₂ assimilation of cacao seedlings during periods of plant water deficit. *Photosynthesis research*, 21(3), 151-159. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF00037179?LI=true>

Kramer, P., & Duke, B. (1974). Relaciones hídricas del suelo y planta. Una síntesis moderna. Mexico: Edutex.

MAGAP. (2016). Cacao Recuperado el 15 de ENERO de 2017, de http://www.mag.gov.ec/docs/boletines/boletin_43_2005.pdf

Motamayor, J., Lachenaud, P., Wallace da Silva e Mota, J., & Loor, R. (2008). Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (*Theobroma cacao* L). (J. Borevitz, Ed.) *PLoS ONE*, 3(10), e3311. Obtenido de <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>

Mujica, J. (2001). Nuevo enfoque tecnológico para la modernización de la cacaocultura (Primera ed.). Bucaramanga, Colombia: Litografía La Bastilla Ltda.

Munns, R. (1988). Why measure osmotic adjustment? *Functional Plant Biology*, 15(6), 717-726. Obtenido de <http://www.publish.csiro.au/fp/PP9880717>

Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, :651-681. Obtenido de www.annualreviews.org

Pares, J., & Arizaleta, M. (2004). Características de los estomas, densidad e índice estomático y su variación en función a la injertación en *Annona muricata* L. Y A. montana MADFAC. *Bioagro*, 16(3), 213-218. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85716309>

Pedroza, S. (1995). El Déficit Hídrico en las Plantas: Principios y Técnicas de Manejo. 166. Bermejillo, Mexico.

Phillips-Mora, W. (4 de Noviembre de 2015). Cambio climático y enfermedades: enemigos del cacao. *Productor Agropecuario*, 1-2. Obtenido de <https://revistaproagro.com/opinion/cambio-climatico-enfermedades-enemigos-del-cacao/>

PROEcuador. (2016). *Análisis del sector cacao y elaborados*. Dirección de Inteligencia Comercial, Guayaquil. Obtenido de http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/08/PROEC_AS2013_CACAO.pdf

Puentes, Y., Menjivar, J., Gómez, A., & Aranzazu, F. (2014). Absorción y distribución de nutrientes en clones de cacao y sus efectos en el rendimiento. *Acta Agron.*, 63(2), 145-152. Obtenido de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/40041/46413

- Rada, F., & Jaimez, R. (2005). Relaciones hídricas e intercambio de gases en *Theobroma cacao* var. Guasare bajo períodos de déficit hídrico. *Rev. Fac. Agron.*, 22, 112-120.
- Rada, F., Jaimez, R., & García, C. (2005). Relaciones hídricas e intercambio de gases en *Theobroma cacao* var. Guasare bajo períodos de déficit hídrico. *Rev. Fac. Agronomía (LUZ)*, 22, 112-120. Obtenido de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/39272/1/rada2005.pdf>
- Ralph, C. (1983). Plant genotype differences in the uptake, translocation, accumulation, and use of mineral elements required for plant growth. *Plant and Soil*, 75, 175-196. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/bf02181957>
- Sáenz, B., & Cabezas, M. (2006). A relating to ecophysiology of cacao. 2-19. Bogota, Colombia.
- Sánchez, F., Zambrano, J., & Ramos, R. (2014). Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la Provincia de los ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33-41.
- Smulders, M., Esselink, D., & Amores, F. (2006). Identification of cocoa *Theobroma cacao* L. varieties with different quality attributes and parentage analysis of their beans. Obtenido de ingenic.cas.psu.edu/documents/publications/News/Distinguishing%20fine.pdf
- Suarez, C., Mite, F., & Sotomayor, I. (1997). Manual del cultivo de cacao. En C. Suarez (Ed.). Quito.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant Physiology* (Four ed.). Sunderland.
- Tello, G. (1994). Ajuste osmótico y distribución de materia seca en plantas de amaranto bajo condiciones de estrés hídrico. 117. Bermejillo.
- Tezara, W. (2015). Actividad fotoquímica de clones élites de cacao (*theobroma cacao* l.) Ecuatoriano en el norte de la provincia esmeraldas. *Investigación y Saberes*, 4(3), 37-52.
- Torrán, E. (2007). Impacto de las plantaciones de *Eucalyptus grandis* sobre el contenido de humedad del suelo. Análisis de un caso en el Noreste de la Provincia de Entre Ríos. 29-35. Uruguay. Obtenido de <http://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/123456789/401/Torran-TesisFinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Trewavas, A. (2004). Aspects of Plant Intelligence: an Answer to Firm. *Annals of Botany*, 93, 353-357. Obtenido de http://www.esalq.usp.br/lepse/imgs/conteudo_thumb/Aspects-of-Plant-Intelligence--an-Answer-to-Firm-1.pdf

UICYT (Unidad de Investigacion Cientifica y Tecnologica. (2009-2010-2011). Coleccion de 152 genotipos de cacao (*Theobroma cacao L.*) provenientes de la finca experimental La Buseta. Quevedo, Los Rios, Ecuador.

Valencia, R., & Serrano, D. (Noviembre de 2014). Cambios de uso del suelo en cuencas alto andinas y consecuencias en la oferta hídrica. *REVISTA EPN*, 34(1), 1-9. Obtenido de <http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen34/tomo2/Cambiosdeusodelsueloenlencuencasaltoandinas.pdf>

Vega, A. (2015). El efecto del nitrogeno en las enfermedades de las plantas. *agronomía y forestal*(52), 33-35. Obtenido de <http://agronomia.uc.cl/extension/133-el-efecto-del-nitrogeno-en-las-enfermedades-de-las-plantas/file>

Virk, P., Ford, B., & Jackson, M. (1995). Use of RAPD for the study of diversity within plant germplasm collections. *Heredity*(74), 170-179.

Zamarripa, M., & Trejo, R. (1997). Evaluacion de relaciones hidricas en nueve variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) En diferentes labores de cultivo. Departamento de Zonas Aridas, Mexico. Obtenido de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MX1998B00328>

Zuidema, P. (2005). A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agricultural Systems*, 84(2), 195-225.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Clones escogidos de la colección de 152 clones originarios de la finca “La Buseta” situados en la Finca experimental “La Represa”.



Anexo 2. Cámara de presión de Scholander (Modelo SKYE, Powys, R.U.).



Anexo 3. Lector Óptico LI-COR (LI 3100)



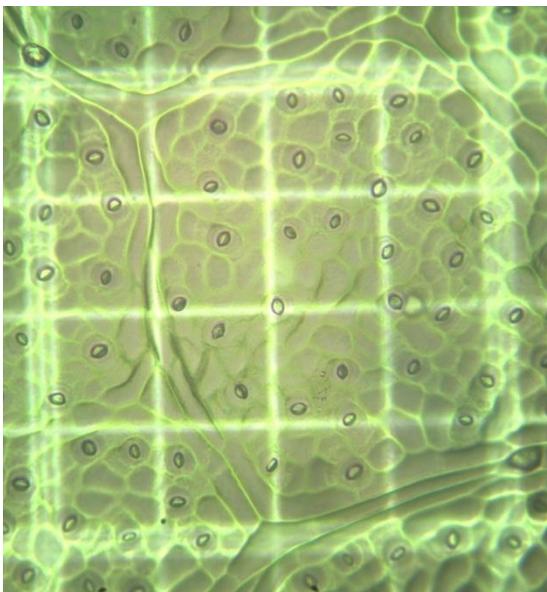
Anexo 4. Conteo de los poros estomáticos mediante la Cámara Neubauer improved brighth-line.



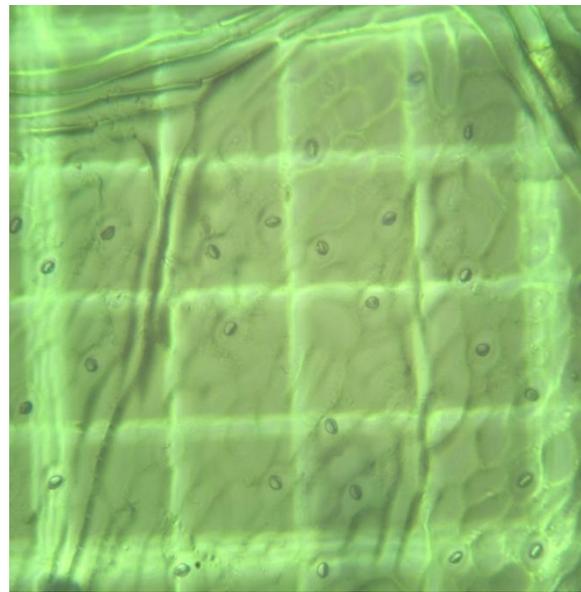
Anexo 5. Proceso de obtención del peso en el punto máximo de saturación para la realización de las curvas de P/V.



Anexo 6. Captura de un campo de la Cámara Neubauer improved brighth-line, con un hoja del clon EET-103



Anexo 7. Captura de un campo de la Cámara Neubauer improved brighth-line, con un hoja del clon L25H64



Anexo 5. Valores del mes de Enero de las variables meteorológicas, provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

REPÚBLICA DEL ECUADOR
 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
 DIVISIÓN DE METEOROLOGÍA
 DEPARTAMENTO DE SINÓPTICA

VALORES DIARIOS: ENERO 2017

ESTACIÓN: PICHILINGUE LONGITUD: 79° 27' W LATITUD 01° 05' S ELEVACION 75 mts

DÍAS	TEMPERATURA DEL AIRE "Grados"				HUMEDAD RELATIVA %			TENSIÓN VAPOR DE AGUA	PUNTO DE ROCO "Grados"	HELIORAMA "Horas y décimas"	EVAPORACIÓN "mm"	LLUVIA "mm"	VIENTO EN 304 "km"	HUBO SECAO
	MECA	MAÑANA	NOVENA	OSCLACION	MECA	MAÑANA	NOVENA							
1	25,8	31,4	22,3	9,1	86,0	100,0	96,0	26,6	22,1	2,8	3,6	1,7		
2	25,3	30,5	23,2	7,3	87,0	99,0	89,0	27,2	22,5	2,0	2,3	0,2		
3	27,9	34,7	23,8	10,9	75,0	95,0	49,0	25,9	21,6	7,1	6,2	22,3		
4	24,7	28,2	22,8	5,4	90,0	100,0	72,0	27,8	22,8	0,0	1,7	15,4		
5	24,7	28,6	21,9	6,7	86,0	97,0	66,0	26,3	21,9	0,5	1,8	20,8		
6	25,2	28,7	22,9	5,8	87,0	97,0	73,0	27,7	22,8	0,0	1,1	0,7		
7		24,6	23,2	1,4						0,0	0,8	6,4		
8		26,7	22,4	4,3						0,2		118,3		
9	23,9	27,1	21,8	5,3	90,0	96,0	71,0	27,1	22,4	0,5	1,6	0,7		
10	24,6	28,3	22,1	6,2	87,0	97,0	72,0	27,0	22,3	1,9	2,6	0,0		
11	26,2	32,0	23,3	8,7	82,0	97,0	55,0	27,6	22,7	6,3	4,7	26,9		
12	25,4	28,7	22,2	6,5	86,0	96,0	66,0	27,4	22,6	0,3	2,2	14,3		
13	25,5	29,6	22,4	7,2	86,0	97,0	69,0	27,2	22,5	1,5	3,0	4,4		
14	24,9	29,5	23,1	6,4	99,0	99,0	66,0	27,9	22,9	1,7	2,7	15,9		
15	25,5	30,7	23,2	7,5	84,0	96,0	58,0	25,8	21,6	4,3	4,3	0,0		
16	26,1	31,7	22,4	9,3	80,0	96,0	55,0	26,6	22,1	3,9	4,0	1,3		
17	26,3	30,6	23,4	7,2	82,0	95,0	62,0	27,3	22,5	2,2	2,5	50,8		
18	25,0	30,5	21,5	9,0	88,0	96,0	59,0	27,0	22,3	4,9	2,8	17,2		
19	25,5	30,2	23,4	6,8	87,0	97,0	66,0	27,0	22,4	3,8	3,5	39,8		
20	22,6	24,1	21,5	2,6	96,0	96,0	91,0	26,2	21,8	0,0	0,1	57,9		
21										2,5		0,3		
22		33,2								6,5		2,2		
23	26,4	31,6	24,0	7,6	81,0	97,0	96,0	27,3	22,5	4,9	4,7	1,1		
24	26,5	32,0	23,1	8,9	77,0	96,0	53,0	26,3	21,9	8,6	5,4	0,0		
25	25,8	31,8	21,6	10,2	82,0	96,0	57,0	26,7	22,2	5,3	4,6	29,7		
26	24,7	30,6	22,1	8,5	88,0	96,0	59,0	27,6	22,7	2,2	3,0	0,1		
27	25,0	29,1	23,2	5,9	87,0	95,0	67,0	27,2	22,5	1,1	2,4	0,3		
28	25,9	30,0	23,4	6,6	85,0	97,0	63,0	28,2	23,1	0,1	3,0	7,2		
29	25,3	30,7	22,5	8,2	89,0	96,0	62,0	28,3	23,1	2,8	3,6	14,4		
30	23,9	28,1	22,8	5,3	95,0	96,0	78,0	28,0	22,9	0,0	0,6	69,4		
31	25,2	31,1	22,5	8,6	8,7	96,0	65,0	27,6	22,7	3,9	3,1	0,0		
Media MES; SUMA	25,33	29,8	22,7	7,0	86	98	64	27,1	22,4	81,8	81,9	539,7	0,9	7/8
EXTREMOS	27,99	34,70	24,00	10,90	99,00	100,00	91,00	28,30	23,10	8,60	6,20	118,30		
	22,60	24,10	21,50	1,40	75,00	95,00	49,00	25,80	21,60	0,00	0,10	0,00		

Anexo 6. Valores del mes de Febrero de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

REPÚBLICA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIVISIÓN DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE SINÓPTICA

VALORES DIARIOS: FEBRERO 2017

ESTACIÓN: PICHILINGUE LONGITUD: 79° 27" W LATITUD 01° 05' S ELEVACION 75 mts

DÍAS	TEMPERATURA DEL AIRE "Grados"				HUMEDAD RELATIVA %			TENSION VAPOR DE AGUA	PUNTO DE ROCIO "Grados"	HELIOFANIA "Horas y décimos"	EVAPORACION "mm"	LLUVIA "mm"	VIENTO EN 24H "km"	NUBOSIDAD
	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	OSCILACION	MEDIA	MAXIMA	MINIMA							
1	25,7	31,6	23,1	8,5	87,0	98,0	66,0	28,1	23,0	3,2	5,5	55,5		
2	25,0	30,0	22,8	7,2	88,0	98,0	67,0	28,2	23,0	2,5	3,4	6,9		
3	25,8	30,7	22,0	8,7	85,0	97,0	68,0	28,6	23,3	3,5	2,4	0,1		
4		32,3	23,9	8,4						3,5		1,0		
5		32,7	23,8	8,9						4,6		170,1		
6	25,8	31,6	22,8	8,8	87,0	98,0	59,0	29,7	23,9	4,4	3,4	8,6		
7	25,8	32,6	22,8	9,8	86,0	97,0	59,0	29,5	23,8	5,7	5,8	45,8		
8	25,5	30,3	23,8	6,5	89,0	97,0	69,0	29,4	23,8	1,9	2,6	2,1		
9	26,2	32,5	24,2	8,3	87,0	97,0	60,0	29,4	23,7	2,2	4,3	30,9		
10	25,8	31,6	22,9	8,7	87,0	97,0	60,0	28,4	23,2	2,0	2,6	0,0		
11	26,7	33,0	23,4	9,6	84,0	98,0	57,0	29,2	23,7	6,9	5,8	21,4		
12	25,8	31,1	23,9	7,2	88,0	99,0	59,0	29,4	23,8	4,7	5,5	45,7		
13	25,7	30,7	23,0	7,7	86,0	98,0	58,0	28,4	23,2	1,7	3,4	0,0		
14	26,3	31,1	23,4	7,7	86,0	97,0	65,0	29,8	24,0	0,7	3,0	0,2		
15	26,6	32,2	23,6	8,6	84,0	96,0	59,0	29,1	23,6	4,0	3,7	3,5		
16	25,9	32,6	23,3	9,3	86,0	98,0	58,0	28,4	23,2	6,4	5,3	14,1		
17	26,1	33,1	22,4	10,7	86,0	100,0	51,0	28,9	23,5	7,9	2,9	0,2		
18		31,6	23,8	7,8						3,5		1,5		
19		33,2	24,0	9,2						8,2	5,7	2,8		
20	26,5	32,4	23,8	8,6	84,0	98,0	55,0	28,8	23,4	4,4	3,4	1,7		
21	25,6	30,6	24,4	6,2	89,0	95,0	68,0	29,2	23,7	3,0	2,9	41,1		
22	24,6	28,5	22,4	6,1	90,0	98,0	73,0	28,2	23,0	0,0	1,6	0,0		
23	26,6	33,4	23,1	10,3	84,0	97,0	47,0	27,9	22,9	6,5	4,7	4,3		
24	26,2	33,1	23,4	9,7	85,0	97,0	50,0	28,2	23,1	6,5	6,6	38,4		
25	25,8	31,1	22,8	8,3	86,0	96,0	60,0	28,8	23,4	2,1	2,9	9,7		
26	25,0	29,4	23,2	6,2	91,0	98,0	68,0	29,2	23,7	0,2	1,9	1,1		
27	25,6	32,5	22,3	10,2	85,0	99,0	55,0	28,0	22,9	4,6	4,2	0,5		
28	26,2	32,7	23,1	9,6	84,0	99,0	53,0	28,7	23,4	5,1	2,6	70,1		
29														
30														
Media MES; SUMA	25,9	31,7	23,3	8,5	86	98	60	28,8	23,4	109,9	96,1	577,3	1,0	7/8
EXTREMAS	26,70	33,40	24,40		91,00	100,00	73,00	29,80		0,34	0,24	6,08		
	24,60	28,50	22,00		84,00	95,00	47,00	27,90		0,00	1,60	0,00		

Anexo 7 Valores del mes de Marzo de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

REPÚBLICA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIVISIÓN DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE SINÓPTICA

VALORES DIARIOS: **MARZO 2017**

ESTACIÓN: PICHILINGUE LONGITUD: 79° 27' W LATITUD 01° 05' S ELEVACION 75 mts

DIAS	TEMPERATURA DEL AIRE "Grados"				HUMEDAD RELATIVA %			TENSION VAPOR DE AGUA	PUNTO DE ROCIO "Grados"	HELIOFANIA "Horas y décimos"	EVAPORACION "mm"	LLUVIA "mm"	VIENTO EN 24H "km"	NUBOSIDAD
	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	OSCILACION	MEDIA	MAXIMA	MINIMA							
1	25,7	31,6	22,8	8,8	8,6	9,7	6,5	28,3	23,2	5,6	4,2	0,0		
2	26,1	32,1	23,8	8,3	8,3	9,5	5,7	29,1	23,6	4,5	3,1	14,9		
3	24,8	29,3	22,6	6,7	9,0	9,8	7,2	28,9	23,5	2,1	0,7	9,9		
4										3,6		0,3		
5		32,0								3,6		45,0		
6	25,3	31,2	23,8	7,4	9,1	9,7	6,5	29,9	24,0	4,2	2,5	4,6		
7	25,4	30,6	23,5	7,1	9,2	9,8	7,3	29,2	23,7	2,1	2,2	54,8		
8	25,6	33,5	22,8	10,7	8,8	9,8	5,1	28,4	23,2	6,4	6,2	25,7		
9	25,8	31,6	22,8	8,8	8,6	9,8	5,7	29,3	23,7	4,5	3,8	3,5		
10	26,7	31,2	23,4	7,8	8,6	9,8	6,6	29,5	23,8	2,7	3,6	7,6		
11	25,3	31,1	23,7	7,4	9,0	9,8	6,0	29,2	23,6	1,2	3,2	28,9		
12	25,8	32,5	22,8	9,7	8,6	10,0	4,6	28,2	23,1	5,4	4,5	0,1		
13	25,8	32,5	23,2	9,3	8,6	9,7	6,1	28,8	23,5	3,0	4,0	18,6		
14	24,6	31,5	22,9	8,6	9,0	9,9	6,3	28,0	23,0	4,7	0,5	104,7		
15	25,9	32,1	22,3	9,8	8,6	9,8	5,9	29,5	23,8	3,2	3,5	48,3		
16	26,0	32,1	22,3	9,8	8,5	9,7	5,7	28,8	23,4	3,3	4,0	6,6		
17	26,7	33,2	23,3	9,9	8,6	9,8	6,1	30,2	24,1	5,2	2,7	13,7		
18										3,1		0,0		
19		33,2								3,3		38,0		
20	26,9	33,8	22,9	10,9	8,4	9,9	5,4	29,3	23,7	7,2	5,3	4,6		
21	27,4	33,9	23,9	10,0	8,3	9,9	5,4	29,6	23,9	7,3	3,6	135,3		
22	25,9	29,7	21,9	7,8	9,2	9,9	7,3	29,9	24,0	1,4	1,8	5,9		
23	26,7	33,2	24,4	8,8	8,4	9,9	5,7	29,8	24,0	7,0	7,6	55,8		
24	25,0	29,6	23,3	6,3	9,0	9,7	7,1	28,2	23,1	1,6	3,1	6,7		
25	26,5	32,3	22,4	9,9	8,4	9,9	5,3	28,8	23,4	5,0	3,9	0,0		
26	26,0	31,6	23,4	8,2	8,7	9,8	6,2	29,9	24,1	2,8	4,0	7,6		
27	26,5	32,6	23,3	9,3	8,7	9,8	6,3	29,7	23,9	4,5	3,7	0,0		
28	27,2	33,0	23,9	9,1	8,5	9,8	5,8	30,1	24,2	4,2	2,8	92,9		
29	26,4	31,8	22,6	9,2	8,5	9,8	5,9	28,9	23,5	4,1	2,6	124,5		
30	25,0	32,1	22,4	9,7	8,9	9,8	6,4	27,5	22,7	3,9	3,2	71,2		
31	24,4	27,6	22,4	5,2	9,2	9,8	7,5	28,4	23,2	0,0	1,3	0,1		
Media MES:	25,9	31,8	23,1	8,7	8,7	9,8	6,1	29,1	23,6	120,7	91,6	929,8	1,0	7/8
SUMA	27,40	1,1	24,40		9,20	10,00	7,30	30,20		0,29	7,60	135,30		
EXTREMAS	0,90	0,9	21,90		8,30	9,50	4,60	27,50		1,20	0,50	0,00		

Anexo 8. Valores del mes de Abril de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

REPÚBLICA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIVISIÓN DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE SINÓPTICA

VALORES DIARIOS: ABRIL 2017

ESTACIÓN: PICHILINGUE LONGITUD: 79° 27" W LATITUD 01° 05" S ELEVACION 75 mts

DIAS	TEMPERATURA DEL AIRE "Grados"				HUMEDAD RELATIVA %			TENSION VAPOR DE AGUA	PUNTO DE ROCIO "Grados"	HELIOFANIA "Horas y décimos"	EVAPORACION "mm"	LLUVIA "mm"	VIENTO EN 24H "km"	NUBOSIDAD
	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	OSCILACION	MEDIA	MAXIMA	MINIMA							
1	26,5	32,6	22,5	10,1	83,0	100,0	52,0	28,9	23,5	7,3	4,8			
2	26,5	32,2	23,1	8,1	85,0	96,0	59,0	28,5	23,3	5,6	4,0	0,9		
3			23,8											
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10	26,1	32,6			88,0	98,0	58,0	29,6	23,9	4,0	3,1	1,2		
11	26,5	32,5	23,9	8,6	85,0	98,0	63,0	29,0	23,6	4,9	4,6	7,8		
12	25,2	31,6	23,4	8,2	85,0	98,0	63,0	30,3	24,3	4,6	4,3	11,0		
13	25,6	31,0	23,4	7,6	87,0	98,0	64,0	28,8	23,4	1,9	3,1	41,8		
14	25,7	32,1	22,3	9,8	86,0	98,0	58,0	28,0	22,9	4,3	3,4	1,7		
15	26,7	31,1	23,5	7,6	87,0	98,0	67,0	31,0	24,7	0,3	1,6	190,2		
16	24,8	28,6	22,4	6,2	90,0	97,0	75,0	27,9	22,9	0,1	1,6	0,8		
17	26,9	33,6	23,9	9,7	82,0	97,0	56,0	29,5	23,8	8,5	3,6	97,4		
18	26,0	32,6	22,4	10,2	86,0	98,0	62,0	29,4	23,7	7,4	5,0	51,6		
19	23,9	27,1	22,8	4,3	95,0	98,0	85,0	28,3	23,1	0,0	0,9	62,8		
20	26,2	33,2	22,8	10,4	85,0	99,0	53,0	27,9	22,8	7,3	6,4	32,3		
21	26,6	31,3	23,6	7,7	87,0	98,0	67,0	30,5	24,4	2,4	3,0	0,0		
22	26,4	30,7	24,9	5,8	88,0	96,0	67,0	30,8	24,5	0,3	2,4	10,9		
23	26,1	30,4	23,5	6,9	89,0	98,0	70,0	30,7	24,4	0,9	2,6	0,6		
24	25,5	29,1	24,3	4,8	91,0	96,0	70,0	29,5	23,9	0,0	1,8	122,3		
25	25,9	31,5	23,4	8,1	97,0	99,0	64,0	28,3	23,1	4,9	3,3	5,1		
26	26,9	32,8	23,9	8,9	84,0	97,0	55,0	29,7	24,0	6,3	3,3	69,7		
27	26,1	31,7	22,6	9,1	89,0	97,0	55,0	28,4	23,1	3,8	3,1	1,2		
28	27,0	32,6	24,4	8,2	84,0	98,0	59,0	28,4	23,6	4,6	4,3	0,0		
29	26,2	32,4	24,3	8,1	85,0	97,0	62,0	29,4	23,7	4,0	3,2	10,8		
30	26,1	31,7	22,2	9,5	84,0	100,0	54,0	28,3	23,1	5,7	3,9	0,2		
Media MES; SUMA	26,1	31,5	23,4	8,1	87	98	63	29,18	23,6	88,1	77,3	720,3	0,9	7/8
EXTREMAS	27,0	33,6	24,90		97,00	100,00	85,00	31,00		0,34	6,40	190,20		
	23,90	27,10	22,2		82,00	96,00	52,00	27,90		0,00	0,90	0,00		

Anexo 9. Valores del mes de Mayo de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

REPÚBLICA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIVISIÓN DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE SINÓPTICA

VALORES DIARIOS: **MAYO 2017**

ESTACIÓN: PICHILINGUE LONGITUD: 79° 27" W LATITUD 01° 05' S ELEVACION 75 mts

DIAS	TEMPERATURA DEL AIRE "Grados"				HUMEDAD RELATIVA %			TENSION VAPOR DE AGUA	PUNTO DE ROCIO "Grados"	HELIOFANIA "Horas y décimos"	EVAPORACION "mm"	LLUVIA "mm"	VIENTO EN 24H "km"	NUBOSIDAD
	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	OSCILACION	MEDIA	MAXIMA	MINIMA							
1	26.7	33.5	23.2	10.3	82.0	97.0	52.0	28.6	23.3	6.8	4.8	0.8		
2	25.5	29.8	25.2	4.6	91.0	97.0	67.0	29.5	23.8	3.1	3.3	36.0		
3	26.6	33.2	22.3	10.9	84.0	98.0	57.0	28.8	23.4	7.6	4.6	0.0		
4	26.6	31.5	24.8	6.7	88.0	96.0	67.0	30.0	24.1	1.9	2.9	1.2		
5			23.9							3.0	0.4	34.9		
6	25.9	32.0	22.0	10.0	83.0	99.0	54.0	28.4	23.1	4.4	3.7	4.0		
7	26.3	33.0	23.5	9.5	86.0	98.0	51.0	30.2	24.2	4.5	4.0	37.7		
8	25.6	30.5	22.9	7.6	88.0	97.0	67.0	29.3	23.7	0.5	2.8	0.0		
9	26.2	32.5	22.9	9.6	85.0	98.0	58.0	29.6	23.9	3.4	3.6	0.9		
10	25.3	29.7	23.3	6.4	88.0	98.0	70.0	29.3	23.7	1.5	2.0	0.8		
11	26.6	32.7	23.5	9.2	85.0	99.0	58.0	29.6	23.9	3.0	3.5	15.2		
12	26.9	33.4	23.4	10.0	85.0	97.0	59.0	30.7	24.4	6.3	3.0	58.5		
13	27.1	33.6	23.5	10.1	84.0	100.0	50.0	31.1	24.7	6.8	3.9	1.5		
14	26.3	29.5	25.0	4.5	91.0	96.0	78.0	31.4	24.9		1.6	0.9		
15	26.0	30.0	24.0	6.0	89.0	99.0	72.0	29.8	23.9	0.9	2.2	3.1		
16	26.5	33.0	24.8	8.2	90.0	100.0	58.0	30.5	24.4	6.2	0.4	49.1		
17	26.5	32.0	23.9	8.1	90.0	98.0	63.0	30.9	24.6	3.9	5.2	16.1		
18	25.5	29.2	23.8	5.4	93.0	99.0	71.0	30.2	24.2	0.7	1.0	5.2		
19	25.9	29.9	24.0	5.9	90.0	98.0	72.0	30.4	24.3	0.7	2.1	0.9		
20	26.4	31.0	23.7	7.3	85.0	99.0	64.0	29.1	23.8	1.5	3.6	36.8		
21	25.9	32.0	22.1	9.9	87.0	100.0	59.0	29.3	23.7	2.8	3.3	4.4		
22	25.3	30.1	22.5	7.6	89.0	98.0	63.0	28.6	23.2	0.2	2.2	0.1		
23	25.5	32.5	23.4	9.1	87.0	100.0	58.0	29.8	24.0	5.7	3.7	0.3		
24	26.0	30.0	24.4	5.6	87.0	98.0	69.0	28.4	23.2	1.4	3.5	0.0		
25	26.0	30.7	23.1	7.6	82.0	95.0	63.0	29.1	23.5	0.8	2.8	0.8		
26	25.6	31.0	22.4	8.6	84.0	99.0	56.0	28.4	23.2	1.7	3.4	0.1		
27	26.4	32.5	23.8	8.7	83.0	96.0	48.0	28.4	23.2	3.9	3.8	0.0		
28	25.0	28.6	23.4	5.2	88.0	98.0	67.0	27.5	23.2	0.4	2.6	0.0		
29	24.5	30.8	20.4	10.4	87.0	100.0	62.0	26.9	22.6	3.7	3.0	0.0		
30	26.0	31.5	22.8	8.7	85.0	100.0	55.0	28.2	23.1	6.9	3.9	0.0		
31	25.2	31.1	22.5	8.6	87.0	100.0	55.0	27.9	22.9	2.8	2.8	0.3		
Media MES; SUMA	26.0	31.4	23.4	8.0	87	98	61	29.3	23.7	97.0	93.6	309.6	0.8	6/8
EXTREMAS	27.1	33.6	25.2	10.9	93.0	100.0	78.0	31.4	24.9	7.6	5.2	58.5		
	24.50	28.60	20.40	4.50	82.00	95.00	48.00	26.90	22.60	0.20	0.40	0.00		

Anexo 10. Valores del mes de Junio de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

REPÚBLICA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIVISIÓN DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE SINÓPTICA

VALORES DIARIOS: JUNIO 2017

ESTACIÓN: PICHILINGUE LONGITUD: 79° 27" W LATITUD 01° 05" S ELEVACION 75 mts

DIAS	TEMPERATURA DEL AIRE "Grados"				HUMEDAD RELATIVA %			TENSION VAPOR DE AGUA	PUNTO DE ROCIO "Grados"	HELIOFANIA "Horas y décimos"	EVAPORACIÓN "mm"	LLUVIA "mm"	VIENTO EN 24H "km"
	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	OSCILACION	MEDIA	MAXIMA	MINIMA						
1	24,4	28,6	23,6	5,0	89,0	99,0	65,0	28,0	23,0	0,1	2,0	0,2	
2	25,6	31,0	22,1	8,9	87,0	99,0	64,0	28,9	23,4	3,7	3,2		
3	25,0	29,3	23,8	5,5	89,0	99,0	71,0	28,2	23,1	1,0	2,4		
4	24,7	28,5	22,8	5,7	89,0	98,0	71,0	27,4	22,6	1,6	2,4		
5	25,4	31,0	22,5	8,5	87,0	99,0	55,0	28,5	23,3	1,5	3,0		
6	24,6	28,0	23,4	4,6	88,0	95,0	76,0	27,8	22,8	0,2	2,3		
7	24,0	27,7	21,5	6,2	86,0	96,0	63,0	25,8	21,7	0,7	1,7		
8	25,0	31,1	21,9	9,2	86,0	98,0	62,0	26,7	22,1	2,7	3,5		
9	26,3	31,8	23,0	8,8	85,0	97,0	63,0	28,7	23,4	5,5	4,1		
10	25,2	29,5	23,5	6,0	90,0	97,0	73,0	29,5	23,8	0,2	2,2		
11	23,2	25,5	22,0	3,5	97,0	98,0	94,0	27,5	22,6		0,7	21,1	
12	24,3	27,5	22,4	5,1	92,0	99,0	99,0	28,3	23,2		1,6	3,8	
13	23,8	26,4	22,5	3,9	92,0	97,0	97,0	27,0	22,3		1,2	2,2	
14	24,7	30,0	22,4	7,6	87,0	97,0	65,0	27,5	22,7	1,7	2,1		
15	24,9	29,6	21,9	7,7	85,0	95,0	66,0	26,9	22,3	1,3	2,6		
16	25,2	30,2	22,7	7,5	87,0	98,0	68,0	27,6	22,7	1,5	2,6		
17	24,2	28,0	22,2	5,8	90,0	97,0	71,0	26,5	22,9	0,7	1,2	2,3	
18	24,4	29,0	22,7	6,3	91,0	98,0	72,0	28,2	23,1	0,6	1,6	2,0	
19	24,8	30,1	22,6	7,5	88,0	96,0	68,0	27,5	22,6	2,9	2,1	0,8	
20	24,8	29,1	23,4	5,7	90,0	98,0	69,0	28,8	23,5	0,3	1,8	0,2	
21	25,0	30,0	22,9	7,1	89,0	97,0	63,0	28,0	23,0	0,9	2,5	1,7	
22	24,6	29,1	22,4	6,7	89,0	97,0	65,0	27,6	22,7	1,6	2,0		
23	26,4	32,2	22,4	9,8	82,0	100,0	54,0	27,4	22,6	7,7	4,4	0,2	
24	25,3	29,5	23,5	6,0	86,0	98,0	67,0	28,2	23,1	0,7	3,1		
25	25,4	31,0	22,7	8,3	84,0	96,0	59,0	27,0	22,3	3,2	3,1	15,2	
26	24,4	27,7	22,4	5,3	89,0	97,0	74,0	26,5	22,1	0,7	2,3		
27	23,9	28,2	22,1	6,1	88,0	95,0	71,0	26,7	22,1	1,5	1,8	0,4	
28	24,5	29,1	22,4	6,7	87,0	95,0	65,0	26,9	22,3	1,0	2,2	1,6	
29	24,2	28,5	22,0	6,5	90,0	97,0	73,0	27,1	22,4	1,1	1,7	0,6	
30	25,2	31,2	20,9	10,3	83,0	98,0	57,0	27,0	22,4	4,4	3,5	0,0	
31													
Media MES; SUMA	24,8	29,3	22,6	6,7	88	97	69	27,6	22,7	49,0	70,9	52,3	0,9
EXTREMAS	3,00	32,2	23,80		97,00	100,00	99,00	29,50		7,70	4,40	21,10	
	23,20	25,50	20,9		82,00	95,00	54,00	25,80		0,10	0,70	0,00	

Anexo 11. Valores del mes de Julio de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

REPÚBLICA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIVISIÓN DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE SINÓPTICA

VALORES DIARIOS: **JULIO2017**

ESTACIÓN: PICHILINGUE LONGITUD: 79° 27" W LATITUD 01° 05" S ELEVACION 75 mts

DÍAS	TEMPERATURA DEL AIRE "Grados"				HUMEDAD RELATIVA %			TENSION VAPOR DE AGUA	PUNTO DE ROCIO "Grados"	HELOFANIA "Horas y décimos"	EVAPORACION "mm"	LLUVIA "mm"	VIENTO EN 24H "km"	NUBOSIDAD
	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	OSCILACION	MEDIA	MAXIMA	MINIMA							
1	22.7	26.0	22.2	3.8	90.0	96.0	81.0	26.7	22.2		1.5	0.1		
2	23.4	27.5	21.4	6.1	87.0	94.0	69.0	25.2	21.2	0.7	1.9			
3	23.7	29.6	21.4	8.2	89.0	100.0	64.0	26.1	21.8	4.1	2.1			
4	24.4	29.5	21.6	7.9	85.0	99.0	59.0			1.4	3.0			
5	24.0	26.8	21.6	5.2	87.0	94.0	75.0	25.8	21.6	0.7	1.8			
6	24.6	30.5	21.5	9.0	84.0	97.0	54.0	26.1	21.8	4.9	3.4			
7	23.3	27.1	21.2	5.9	89.0	97.0	70.0	25.5	21.4	0.2	1.8			
8	24.0	29.5	21.0	8.5	85.0	98.0	57.0	25.3	21.3	3.3	2.9			
9	24.3	29.0	21.7	7.3	85.0	96.0	59.0	25.7	21.6	2.9	2.7			
10	24.8	30.6	21.9	8.7	84.0	97.0	61.0	25.3	21.9	4.1	3.4			
11	23.8	30.2	21.9	8.3	88.0	96.0	61.0	25.9	21.8	1.3	2.3			
12	24.5	31.1	22.1	9.0	86.0	98.0	63.0	25.8	21.7	4.7	2.9	0.2		
13	24.0	29.5	21.5	8.0	85.0	98.0	64.0	25.2	21.2	1.6	3.2			
14	23.5	28.5	21.0	7.5	86.0	97.0	64.0	24.2	20.8	0.3	2.5			
15	23.3	28.5	21.2	7.3	87.0	98.0	66.0	25.5	21.3	2.5	2.6			
16	23.8	30.5	20.0	10.5	84.0	98.0	52.0	24.9	21.0	4.1	2.5			
17	23.4	27.1	21.6	5.5	89.0	97.0	71.0	25.7	21.5	0.1	1.9			
18	23.6	28.0	21.8	6.2	88.0	97.0	69.0	25.7	21.6	0.5	2.3			
19	23.2	27.2	21.4	5.8	88.0	96.0	69.0	24.5	20.8	1.1	2.5			
20	22.4	28.2	19.0	9.2	87.0	98.0	62.0	23.9	20.4	2.8	2.4			
21	22.9	27.6	19.9	7.7	87.0	98.0	69.0	24.8	21.0	0.7	2.3			
22	22.6	26.8	21.0	5.8	88.0	96.0	66.0	24.1	20.5	1.9	2.4			
23	22.9	29.5	19.3	10.2	86.0	96.0	55.0	24.7	20.8	4.2	1.7			
24	23.3	27.1	21.4	5.7	89.0	97.0	74.0	25.7	21.6		2.1			
25	22.7	26.0	21.1	4.9	89.0	94.0	77.0	24.5	20.8		1.6			
26	23.0	26.7	21.1	5.6	88.0	95.0	75.0	24.9	21.0	0.5	2.0			
27	23.7	28.7	19.9	8.8	86.0	97.0	62.0	25.4	21.3	1.0	2.3			
28	22.4	24.6	21.4	3.2	91.0	95.0	83.0	24.4	20.7		1.1			
29	23.0	28.5	20.8	7.7	87.0	97.0	66.0	24.7	20.9	1.9	2.6			
30	22.2	26.8	20.5	6.3	90.0	97.0	68.0	24.4	20.7	0.6	1.5			
31	22.2	27.3	19.8	7.5	89	97.0	70.0	24.3	20.6	0.2	1.9			
Media MES; SUMA	23.4	28.2	21.1	7.1	87	97	66	25.2	21.2	52.3	71.1	0.3	1.0	6/8
EXTREMAS	24.8	31.1	22.20	10.50	91.00	100.00	83.00	26.70	22.20	4.90	3.40	0.20		
	22.20	24.60	19.00	3.20	84.00	94.00	52.00	23.90	20.40	0.10	1.10	0.10		

Anexo 12. Valores del mes de Agosto de las variables meteorológicas provenientes del departamento de INAMHI de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

REPÚBLICA DEL ECUADOR
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
DIVISIÓN DE METEOROLOGÍA
DEPARTAMENTO DE SINÓPTICA

VALORES DIARIOS: AGOSTO 2017

ESTACIÓN: PICHILINGUE LONGITUD: 79° 27" W LATITUD 01° 05" S ELEVACION 75 mts

DIAS	TEMPERATURA DEL AIRE "Grados"				HUMEDAD RELATIVA %			TENSION VAPOR DE AGUA	PUNTO DE ROCIO "Grados"	HELIOFANIA "Horas y décimos"	EVAPORACION "mm"	LLUVIA "mm"	VIENTO EN 24H "km"	NUBOSIDAD
	MEDIA	MAXIMA	MINIMA	OSCILACION	MEDIA	MAXIMA	MINIMA							
1	24.0	30.1	18.6	11.5	84.0	98.0	59.0	24.5	20.8	3.8	3.5			
2	24.0	29.6	21.4	8.2	87.0	99.0	65.0	24.4	21.4	2.5	2.8			
3	23.4	28.7	21.3	7.4	88.0	100.0	65.0	25.2	21.2	1.7	2.4			
4	23.5	29.2	20.5	8.3	86.0	99.0	59.0	24.7	20.9	2.5	2.6			
5	23.4	30.0	20.5	9.5	86.0	98.0	53.0	25.4	21.3	5.3	3.2			
6	21.7	24.5	20.9	3.6	91.0	96.0	78.0	23.7	20.2		1.1			
7	22.8	27.6	18.9	8.7	87.0	99.0	67.0	24.5	20.7		1.7			
8	22.2	27.1	20.4	6.7	88.0	95.0	69.0	23.8	20.3	0.7	2.0			
9	24.6	32.1	19.1	13.0	81.0	99.0	52.0	24.3	20.7	6.6	5.0			
10	23.5	29.7	21.2	8.5	86.0	98.0	56.0	24.6	20.8	3.3	2.8			
11	23.9	30.5	20.0	10.5	85.0	97.0	54.0	25.0	21.1	3.3	3.1			
12	22.5	26.0	20.7	5.3	90.0	97.0	76.0	24.6	20.9		1.3			
13	23.7	28.0	20.0	8.0	88.0	97.0	67.0	26.3	21.9		1.3			
14	24.3	29.5	21.8	7.7	85.0	97.0	62.0	25.4	21.4	2.3	3.1			
15	24.0	29.1	21.5	7.6	85.0	96.0	60.0	25.2	21.3	2.6	3.1			
16	24.0	29.8	21.3	8.5	85.0	97.0	58.0	24.8	21.0	3.7	3.4			
17	24.3	29.4	21.8	7.6	84.0	94.0	61.0	24.9	21.0	2.8	3.0			
18	23.8	28.3	21.3	7.0	85.0	96.0	64.0	24.5	20.8	1.4	2.8			
19	25.0	31.3	21.4	9.9	79.0	94.0	48.0	23.9	20.3	5.7	4.4			
20	24.0	28.8	21.0	7.8	84.0	96.0	61.0	24.7	20.8	1.1	2.2	3.5		
21	23.1	25.7	21.4	4.3	92.0	98.0	83.0	26.1	21.8		1.1	0.5		
22	22.8	26.0	21.2	4.8	90.0	96.0	77.0	24.7	20.9		1.4	0.2		
23	24.9	29.7	21.9	7.8	81.0	93.0	61.0	25.4	21.3	2.8	3.4			
24	23.3	27.1	21.8	5.3	69.0	97.0	73.0	24.8	21.0		2.0			
25	23.6	27.4	20.4	7.0	88.0	97.0	72.0	25.8	21.6		1.9			
26	24.7	30.3	21.6	8.7	82.0	93.0	59.0	25.2	21.2	2.0	3.4			
27	24.7	30.8	20.6	10.2	80.0	93.0	50.0	24.5	20.7	3.6	3.7			
28	25.1	32.2	20.7	11.5	82.0	97.0	51.0	25.6	21.5	5.0	4.2	0.2		
29	23.7	29.3	20.9	8.4	84.0	95.0	63.0	24.8	20.9	0.8	3.0			
30	24.2	27.7	21.2	6.5	85.0	95.0	69.0	25.1	21.2	0.3	2.7			
31	23.4	26.4	21.3	5.1	87	94.0	75.0	24.8	21.0	0.2	1.6	0.2		
Media MES; SUMA	23.7	28.8	20.9	7.9	85	96	63	24.9	21.0	64.0	83.2	4.6	1.0	7/8
EXTREMAS	25.1	32.2	21.9	13.00	92.0	100.00	83.00	26.30	21.90	6.60	5.00	3.50		
	21.70	24.50	18.6	3.60	69.00	93.00	48.00	23.70	20.20	0.20	1.10	0.20		

Anexo 13. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 1.

MEDICION DEL POTENCIAL HIDRICO FOLIAR (Bar)									
COLECCIÓN DE 12 GENOTIPOS DE CACAO (<i>Theobroma cacao L</i>)									
FECHA 06-01-17	MEDICION MAÑANA					MEDICION TARDE			
TRATAMIENTO	CLON	I	II	III	MEDIA	I	II	III	MEDIA
1	L12H27	-3,00	-4,50	-5,00	-4,17	-7,00	-10,00	-6,50	-7,83
2	L12H8	-4,00	-5,00	-4,50	-4,50	-8,00	-10,00	-11,00	-9,67
3	CCN-51	-5,50	-5,50	-5,50	-5,50	-10,00	-15,00	-11,00	-12,00
4	L8H12	-6,00	-3,50	-3,50	-4,33	-10,50	-9,00	-12,00	-10,50
5	L46H88	-6,00	-4,00	-6,50	-5,50	-7,50	-10,00	-12,50	-10,00
6	EET-103	-4,00	-4,50	-6,00	-4,83	-7,50	-8,00	-11,00	-8,83
7	L9H26	-3,50	-4,00	-5,00	-4,17	-10,00	-10,00	-7,00	-9,00
8	L51H59	-6,00	-3,50	-6,00	-5,17	-8,00	-6,00	-11,50	-8,50
9	L46H75	-5,00	-5,50	-6,00	-5,50	-15,00	-11,00	-11,00	-12,33
10	L26H64	-6,00	-4,50	-4,00	-4,83	-13,00	-13,00	-8,00	-11,33
11	L25H64	-7,00	-5,00	-4,00	-5,33	-16,00	-13,00	-13,00	-14,00
12	L49H4	-7,00	-8,00	-4,00	-6,33	-8,00	-12,50	-12,00	-10,83

Anexo 14. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 2.

MEDICION DEL POTENCIAL HIDRICO FOLIAR (Bar)									
COLECCIÓN DE 12 GENOTIPOS DE CACAO (<i>Theobroma cacao L</i>)									
FECHA 26-01-17	MEDICION MAÑANA					MEDICION TARDE			
TRATAMIENTO	CLON	I	II	III	MEDIA	I	II	III	MEDIA
1	L12H27	-8,00	-5,50	-5,00	-6,17	-17,00	-15,50	-18,00	-16,83
2	L12H8	-6,50	-4,00	-6,50	-5,67	-12,00	-15,00	-17,00	-14,67
3	CCN-51	-6,00	-5,00	-4,50	-5,17	-13,50	-16,00	-15,00	-14,83
4	L8H12	-5,50	-5,00	-5,00	-5,17	-14,50	-14,00	-15,50	-14,67
5	L46H88	-3,50	-4,50	-5,00	-4,33	-15,00	-15,50	-15,00	-15,17
6	EET-103	-5,00	-4,50	-4,50	-4,67	-12,50	-18,50	-18,00	-16,33
7	L9H26	-4,50	-5,50	-5,50	-5,17	-18,00	-16,00	-17,00	-17,00
8	L51H59	-7,50	-6,00	-7,00	-6,83	-18,00	-11,50	-17,50	-15,67
9	L46H75	-5,00	-3,50	-5,00	-4,50	-11,50	-15,50	-16,00	-14,33
10	L26H64	-5,50	-7,00	-3,00	-5,17	-12,00	-14,50	-17,00	-14,50
11	L25H64	-5,00	-6,00	-6,00	-5,67	-18,50	-19,00	-18,50	-18,67
12	L49H4	-8,00	-7,00	-6,00	-7,00	-13,00	-16,50	-17,50	-15,67

Anexo 15. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 3

MEDICION DEL POTENCIAL HIDRICO FOLIAR (Bar)									
COLECCIÓN DE 12 GENOTIPOS DE CACAO (<i>Theobroma cacao L</i>)									
FECHA 16-02-17	MEDICION MAÑANA					MEDICION TARDE			
TRATAMIENTO	CLON	I	II	III	MEDIA	I	II	III	MEDIA
1	L12H27	-5,50	-5,50	-5,00	-5,33	-12,50	-15,50	-16,00	-14,67
2	L12H8	-6,00	-5,00	-5,00	-5,33	-17,00	-14,50	-13,00	-14,83
3	CCN-51	-6,50	-6,50	-7,00	-6,67	-18,50	-16,00	-19,00	-17,83
4	L8H12	-5,00	-5,00	-4,50	-4,83	-16,00	-15,50	-14,50	-15,33
5	L46H88	-5,50	-4,50	-5,50	-5,17	-15,00	-17,50	-17,00	-16,50
6	EET-103	-7,00	-7,00	-7,00	-7,00	-17,00	-18,50	-19,00	-18,17
7	L9H26	-7,00	-5,00	-6,50	-6,17	-18,00	-20,00	-17,00	-18,33
8	L51H59	-5,50	-5,00	-5,00	-5,17	-12,50	-15,00	-15,00	-14,17
9	L46H75	-4,00	-6,00	-6,00	-5,33	-17,00	-16,50	-19,50	-17,67
10	L26H64	-5,00	-6,00	-6,00	-5,67	-16,50	-17,00	-18,00	-17,17
11	L25H64	-5,50	-5,00	-6,50	-5,67	-17,50	-15,50	-18,50	-17,17
12	L49H4	-6,50	-5,00	-7,00	-6,17	-15,00	-14,00	-13,00	-14,00

Anexo 16. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 4.

MEDICION DEL POTENCIAL HIDRICO FOLIAR (Bar)									
COLECCIÓN DE 12 GENOTIPOS DE CACAO (<i>Theobroma cacao L</i>)									
FECHA 16-03-17	MEDICION MAÑANA					MEDICION TARDE			
TRATAMIENTO	CLON	I	II	III	MEDIA	I	II	III	MEDIA
1	L12H27	-7,00	-4,50	-5,00	-5,50	-13,00	-15,00	-16,50	-14,83
2	L12H8	-5,00	-5,00	-5,50	-5,17	-15,50	-14,00	-15,00	-14,83
3	CCN-51	-5,00	-6,50	-6,00	-5,83	-13,00	-16,50	-16,00	-15,17
4	L8H12	-4,50	-5,00	-5,00	-4,83	-16,50	-14,00	-15,50	-15,33
5	L46H88	-5,00	-5,50	-5,50	-5,33	-17,00	-18,00	-18,50	-17,83
6	EET-103	-6,00	-7,00	-6,00	-6,33	-14,00	-17,50	-18,00	-16,50
7	L9H26	-6,00	-5,00	-5,50	-5,50	-16,50	-18,00	-18,50	-17,67
8	L51H59	-8,50	-7,00	-7,50	-7,67	-15,00	-15,50	-16,50	-15,67
9	L46H75	-6,50	-6,00	-6,00	-6,17	-17,00	-17,00	-18,50	-17,50
10	L26H64	-6,50	-6,00	-6,50	-6,33	-17,50	-16,50	-17,50	-17,17
11	L25H64	-5,00	-5,00	-4,00	-4,67	-18,00	-18,00	-17,50	-17,83
12	L49H4	-4,00	-5,50	-6,00	-5,17	-15,00	-16,50	-16,00	-15,83

Anexo 17. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 5.

MEDICION DEL POTENCIAL HIDRICO FOLIAR (Bar)									
COLECCIÓN DE 12 GENOTIPOS DE CACAO (<i>Theobroma cacao L</i>)									
FECHA 07-04-17	MEDICION MAÑANA					MEDICION TARDE			
TRATAMIENTO	CLON	I	II	III	MEDIA	I	II	III	MEDIA
1	L12H27	-5,00	-5,50	-5,00	-5,17	-16,00	-14,00	-16,00	-15,33
2	L12H8	-4,00	-5,00	-5,00	-4,67	-12,00	-14,50	-13,00	-13,17
3	CCN-51	-4,00	-4,50	-4,00	-4,17	-10,50	-12,00	-13,00	-11,83
4	L8H12	-5,00	-6,00	-4,00	-5,00	-9,50	-11,00	-13,00	-11,17
5	L46H88	-5,50	-4,50	-5,50	-5,17	-13,00	-16,00	-16,00	-15,00
6	EET-103	-4,00	-5,00	-5,00	-4,67	-9,50	-12,50	-15,00	-12,33
7	L9H26	-6,00	-5,50	-5,00	-5,50	-11,00	-15,00	-16,00	-14,00
8	L51H59	-4,00	-6,50	-7,00	-5,83	-16,00	-14,50	-14,50	-15,00
9	L46H75	-6,00	-4,50	-5,50	-5,33	-9,00	-10,50	-11,50	-10,33
10	L26H64	-5,50	-6,00	-6,00	-5,83	-10,50	-13,50	-14,50	-12,83
11	L25H64	-5,00	-6,00	-4,50	-5,17	-12,00	-14,00	-13,00	-13,00
12	L49H4	-5,50	-6,50	-5,00	-5,67	-13,50	-10,00	-14,50	-12,67

Anexo 18. Datos del potencial hídrico foliar época lluviosa 6.

MEDICION DEL POTENCIAL HIDRICO FOLIAR (Bar)									
COLECCIÓN DE 12 GENOTIPOS DE CACAO (<i>Theobroma cacao L</i>)									
FECHA 04-05-17	MEDICION MAÑANA					MEDICION TARDE			
TRATAMIENTO	CLON	I	II	III	MEDIA	I	II	III	MEDIA
1	L12H27	-6,50	-5,00	-7,00	-6,17	-17,00	-18,00	-16,50	-17,17
2	L12H8	-6,50	-6,50	-6,00	-6,33	-15,50	-13,00	-14,50	-14,33
3	CCN-51	-5,00	-5,50	-5,00	-5,17	-17,00	-16,50	-14,50	-16,00
4	L8H12	-5,50	-6,50	-6,00	-6,00	-13,00	-14,50	-14,00	-13,83
5	L46H88	-7,50	-7,50	-8,50	-7,83	-17,00	-15,00	-18,50	-16,83
6	EET-103	-6,50	-5,00	-6,00	-5,83	-14,00	-18,50	-17,50	-16,67
7	L9H26	-6,00	-6,00	-5,50	-5,83	-17,50	-14,00	-14,00	-15,17
8	L51H59	-7,00	-5,50	-8,00	-6,83	-16,00	-17,00	-17,00	-16,67
9	L46H75	-7,50	-7,00	-8,00	-7,50	-18,00	-18,00	-18,50	-18,17
10	L26H64	-7,00	-7,00	-8,00	-7,33	-13,00	-16,00	-17,50	-15,50
11	L25H64	-7,50	-7,00	-7,00	-7,17	-14,50	-15,00	-16,00	-15,17
12	L49H4	-5,00	-6,00	-6,00	-5,67	-16,00	-15,50	-14,00	-15,17

Anexo 19. Datos del potencial hídrico foliar época seca 1

MEDICION DEL POTENCIAL HIDRICO FOLIAR (Bar)									
COLECCIÓN DE 12 GENOTIPOS DE CACAO (<i>Theobroma cacao L</i>)									
FECHA 26-07-17	MEDICION MAÑANA					MEDICION TARDE			
TRATAMIENTO	CLON	I	II	III	MEDIA	I	II	III	MEDIA
1	L12H27	-4,00	-5,00	-6,00	-5,00	-11,00	-12,50	-10,00	-11,17
2	L12H8	-5,00	-6,50	-6,50	-6,00	-11,00	-12,50	-12,00	-11,83
3	CCN-51	-5,00	-4,00	-5,00	-4,67	-13,00	-14,00	-14,00	-13,67
4	L8H12	-4,00	-5,50	-5,00	-4,83	-10,50	-12,50	-12,00	-11,67
5	L46H88	-5,00	-4,00	-4,50	-4,50	-8,00	-11,00	-10,50	-9,83
6	EET-103	-4,00	-7,00	-6,00	-5,67	-9,00	-10,00	-10,00	-9,67
7	L9H26	-6,00	-6,50	-5,00	-5,83	-12,50	-13,50	-15,00	-13,67
8	L51H59	-6,00	-6,50	-5,00	-5,83	-12,50	-14,00	-12,50	-13,00
9	L46H75	-5,00	-4,00	-6,00	-5,00	-8,50	-10,50	-12,50	-10,50
10	L26H64	-4,00	-5,00	-5,00	-4,67	-9,50	-10,00	-9,50	-9,67
11	L25H64	-6,00	-5,00	-6,50	-5,83	-9,00	-10,50	-11,00	-10,17
12	L49H4	-6,50	-7,00	-6,00	-6,50	-9,50	-10,50	-14,00	-11,33

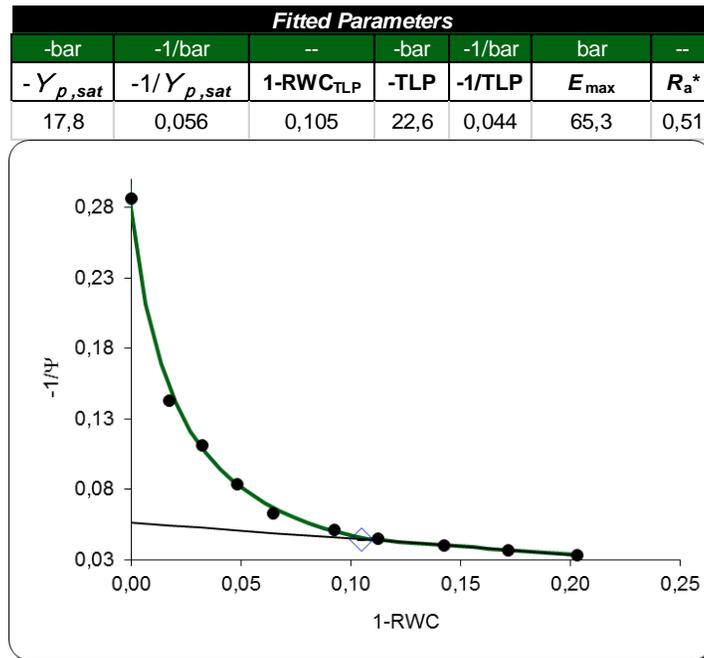
Anexo 20. Datos del potencial hídrico foliar época seca 2

MEDICION DEL POTENCIAL HIDRICO FOLIAR (Bar)									
COLECCIÓN DE 12 GENOTIPOS DE CACAO (<i>Theobroma cacao L</i>)									
FECHA 01-09-17	MEDICION MAÑANA					MEDICION TARDE			
TRATAMIENTO	CLON	I	II	III	MEDIA	I	II	III	MEDIA
1	L12H27	-9,00	-9,00	-9,50	-9,17	-15,00	-14,00	-14,00	-14,33
2	L12H8	-6,50	-6,00	-6,50	-6,33	-13,00	-12,00	-12,00	-12,33
3	CCN-51	-6,50	-6,50	-6,50	-6,50	-16,50	-18,00	-18,00	-17,50
4	L8H12	-7,50	-7,00	-6,50	-7,00	-11,00	-12,50	-12,00	-11,83
5	L46H88	-8,00	-8,50	-7,50	-8,00	-10,00	-12,00	-14,00	-12,00
6	EET-103	-7,00	-7,00	-7,00	-7,00	-14,50	-15,50	-18,50	-16,17
7	L9H26	-6,50	-9,00	-9,00	-8,17	-13,00	-13,50	-16,00	-14,17
8	L51H59	-8,00	-10,00	-7,50	-8,50	-13,50	-14,00	-15,00	-14,17
9	L46H75	-6,50	-7,00	-7,50	-7,00	-14,00	-16,00	-15,00	-15,00
10	L26H64	-8,50	-7,00	-8,00	-7,83	-11,00	-11,00	-12,00	-11,33
11	L25H64	-6,00	-8,50	-8,00	-7,50	-11,00	-12,50	-12,50	-12,00
12	L49H4	-10,00	-8,50	-10,00	-9,50	-13,00	-12,50	-14,00	-13,17

Anexo 21. Datos del potencial hídrico foliar época seca 3.

MEDICION DEL POTENCIAL HIDRICO FOLIAR (Bar)									
COLECCIÓN DE 12 GENOTIPOS DE CACAO (<i>Theobroma cacao L</i>)									
FECHA 29-09-17	MEDICION MAÑANA					MEDICION TARDE			
TRATAMIENTO	CLON	I	II	III	MEDIA	I	II	III	MEDIA
1	L12H27	-7,00	-7,50	-6,00	-6,83	-10,50	-11,00	-10,00	-10,50
2	L12H8	-6,50	-5,00	-6,00	-5,83	-12,00	-10,50	-10,50	-11,00
3	CCN-51	-7,00	-7,00	-8,00	-7,33	-15,50	-18,00	-15,00	-16,17
4	L8H12	-6,00	-7,00	-7,00	-6,67	-10,50	-10,00	-13,00	-11,17
5	L46H88	-4,50	-4,50	-5,00	-4,67	-13,50	-14,50	-15,00	-14,33
6	EET-103	-7,00	-6,50	-7,00	-6,83	-12,50	-15,00	-13,50	-13,67
7	L9H26	-6,00	-7,50	-7,50	-7,00	-13,00	-12,00	-12,00	-12,33
8	L51H59	-5,00	-5,50	-4,50	-5,00	-12,00	-13,00	-10,00	-11,67
9	L46H75	-7,00	-8,00	-7,00	-7,33	-10,00	-10,50	-11,00	-10,50
10	L26H64	-6,50	-6,00	-6,00	-6,17	-13,50	-13,50	-15,50	-14,17
11	L25H64	-8,00	-7,00	-7,50	-7,50	-11,00	-12,50	-13,00	-12,17
12	L49H4	-7,50	-6,50	-7,50	-7,17	-13,00	-13,50	-13,00	-13,17

Anexo 22. Modelo de las curvas de Presión-Volumen



Anexo 23. Parámetros hídricos ajustados de los doce genotipos de cacao de la época lluviosa

E P O C A	TRATAMIENTOS	CLONES	-Y _{p,100}						-Y _{p,0}						E _{max}					
			ARBOL 1	ARBOL 2	ARBOL 3	MEDIA	DSt	Es	ARBOL 1	ARBOL 2	ARBOL 3	MEDIA	DSt	Es	ARBOL 1	ARBOL 2	ARBOL 3	MEDIA	DSt	Es
L L U V I O S A	T1	L12H27	1,56	1,57	1,58	1,57	0,01	0,01	2,12	2,15	2,14	2,14	0,02	0,01	55,30	41,65	48,48	48,48	6,82	4,82
	T2	CCN-51	1,37	1,43	1,40	1,40	0,03	0,02	2,02	2,13	2,07	2,07	0,06	0,04	28,75	35,93	40,50	35,06	5,92	4,19
	T3	L12H8	1,25	1,27	1,26	1,26	0,01	0,00	1,61	1,98	1,80	1,80	0,18	0,13	32,68	24,66	28,67	28,67	4,01	2,84
	T4	L8H12	1,66	1,60	1,63	1,63	0,03	0,02	1,89	1,80	1,85	1,85	0,05	0,03	92,30	90,00	91,15	91,15	1,15	0,81
	T5	L46H88	1,01	1,16	1,08	1,08	0,08	0,04	1,30	1,49	1,40	1,40	0,09	0,07	33,46	39,86	36,36	36,56	3,20	2,27
	T6	EET-103	1,02	1,03	1,05	1,03	0,01	0,01	1,44	1,50	1,47	1,47	0,03	0,02	23,00	25,00	24,00	24,00	1,00	0,71
	T7	L9H26	1,65	1,60	1,62	1,62	0,02	0,01	1,87	2,05	1,96	1,96	0,09	0,06	65,42	65,00	65,21	65,21	0,21	0,15
	T8	L51H59	1,55	1,59	1,57	1,57	0,02	0,01	2,00	1,97	2,02	2,00	0,03	0,02	85,17	61,57	73,37	73,37	11,80	8,34
	T9	L46H75	1,66	1,55	1,61	1,61	0,06	0,03	2,14	2,09	2,11	2,11	0,02	0,02	49,46	64,37	56,91	56,91	7,46	5,27
	T10	L26H64	1,14	1,15	1,14	1,14	0,01	0,00	1,57	1,60	1,59	1,59	0,01	0,01	33,23	34,00	33,62	33,62	0,38	0,27
	T11	L25H64	1,57	1,39	1,48	1,48	0,09	0,05	2,29	2,22	2,26	2,25	0,04	0,03	30,65	45,83	38,24	38,24	7,59	5,37
	T12	L49H4	1,63	1,60	1,62	1,62	0,02	0,01	2,01	2,10	2,06	2,06	0,04	0,03	71,74	70,00	70,87	70,87	0,87	0,61

Anexo 24. Parámetros hídricos ajustados de los doce genotipos de cacao de la época seca.

E P O C A	TRATAMIENTOS	CLONES	-Y _{p,100}						-Y _{p,0}						E _{max}					
			ARBOL 1	ARBOL 2	ARBOL 3	MEDIA	DSt	Es	ARBOL 1	ARBOL 2	ARBOL 3	MEDIA	DSt	Es	ARBOL 1	ARBOL 2	ARBOL 3	MEDIA	DSt	Es
S E C A	T1	L12H27	1,89	2,02	1,95	1,95	0,07	0,04	2,50	2,65	2,57	2,57	0,08	0,04	60,58	62,40	72,50	65,16	6,42	3,71
	T2	CCN-51	1,57	1,60	1,59	1,59	0,01	0,01	2,05	2,22	2,54	2,27	0,25	0,14	44,44	47,57	46,00	46,00	1,56	0,90
	T3	L12H8	1,34	1,33	1,34	1,34	0,01	0,00	2,02	2,09	2,15	2,09	0,20	0,11	36,55	38,20	35,68	36,81	1,28	0,74
	T4	L8H12	1,80	1,72	1,76	1,76	0,04	0,02	1,76	1,96	2,15	1,96	0,07	0,04	52,24	49,22	50,73	50,73	1,51	0,87
	T5	L46H88	1,38	1,39	1,44	1,40	0,03	0,02	1,74	1,72	1,76	1,74	0,02	0,01	31,53	50,70	51,10	44,44	11,18	6,46
	T6	EET-103	1,40	1,47	1,43	1,43	0,03	0,02	1,81	1,89	1,85	1,85	0,04	0,02	52,06	53,11	52,58	52,58	0,52	0,30
	T7	L9H26	1,87	1,67	1,77	1,77	0,10	0,06	2,50	2,30	2,40	2,40	0,10	0,06	53,12	48,45	50,79	50,79	2,33	1,35
	T8	L51H59	1,57	1,69	1,63	1,63	0,06	0,03	2,05	2,02	1,98	2,02	0,03	0,02	44,44	90,55	67,50	67,50	23,06	13,31
	T9	L46H75	2,15	1,85	2,00	2,00	0,15	0,09	2,43	2,57	2,71	2,57	0,14	0,08	62,55	83,30	70,75	72,20	10,45	6,03
	T10	L26H64	1,39	1,64	1,38	1,47	0,15	0,09	1,85	2,00	1,93	1,93	0,08	0,04	44,22	68,53	26,89	46,55	20,92	12,08
	T11	L25H64	1,77	1,49	1,64	1,63	0,14	0,08	2,39	2,29	2,34	2,34	0,05	0,03	55,18	32,23	43,71	43,71	11,48	6,63
	T12	L49H4	1,70	1,69	1,70	1,70	0,00	0,00	2,05	2,18	2,12	2,12	0,06	0,04	86,02	49,63	67,82	67,82	18,20	10,51

Anexo 25. Análisis de N total de los doce genotipos de cacao en la época lluviosa.



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS FOLIARES

<p>DATOS DEL PROPIETARIO</p> <p>Nombre : Rosado Murillo Sabina Marlene Dirección : Ciudad : Quevedo Teléfono : Fax :</p>	<p>DATOS DE LA PROPIEDAD</p> <p>Nombre : Finca La Represa (UTEQ) Provincia : Los Ríos Cantón : Quevedo Parroquia : San Carlos Ubicación :</p>	<p>PARA USO DEL LABORATORIO</p> <p>Cultivo : CACAO N° de Reporte : 2200 Fecha de Muestreo: 04/05/2017 Fecha de Ingreso : 04/05/2017 Fecha de Salida : 10/10/2017</p>
---	--	---

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
61018	Tratamiento 1		2,4 E													
61019	Tratamiento 2		2,2 A													
61020	Tratamiento 3		1,8 D													
61021	Tratamiento 4		2,1 A													
61022	Tratamiento 5		2,3 A													
61023	Tratamiento 6		2,2 A													
61024	Tratamiento 7		2,1 A													
61025	Tratamiento 8		2,0 A													
61026	Tratamiento 9		2,2 A													
61027	Tratamiento 10		2,3 A													
61028	Tratamiento 11		1,9 A													
61029	Tratamiento 12		2,1 A													
61030	Tratamiento 13		2,1 A													
61031	Tratamiento 14		2,0 A													
61032	Tratamiento 15		2,0 A													

INTERPRETACION
 D = Deficiente
 A = Adecuado
 E = Excesivo

[Signature]
LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

La muestra será guardada en el Laboratorio

[Signature]
RESPONSABLE LABORATORIO



Anexo 26. Análisis de N total de los doce genotipos de cacao en la época lluviosa.

DATOS DEL PROPIETARIO		DATOS DE LA PROPIEDAD		PARA USO DEL LABORATORIO	
Nombre :	Rosado Murillo Sabina Marlene	Nombre :	Finca La Represa (UTEQ)	Cultivo :	CACAO
Dirección :		Provincia :	Los Ríos	Nº de Reporte :	2200
Ciudad :	Quevedo	Cantón :	Quevedo	Fecha de Muestreo:	04/05/2017
Teléfono :		Parroquia :	San Carlos	Fecha de Ingreso :	04/05/2017
Fax :		Ubicación :		Fecha de Salida :	10/10/2017

Nº Muest. Laborat.	Datos del Lote		(%)							(ppm)						
	Identificación	Area	N	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Zn	Cu	Fe	Mn	B	Mo	Na
61033	Tratamiento 16		1,6 D													
61034	Tratamiento 17		1,6 D													
61035	Tratamiento 18		1,8 D													
61036	Tratamiento 19		1,7 D													
61037	Tratamiento 20		1,8 D													
61038	Tratamiento 21		1,7 D													
61039	Tratamiento 22		1,7 D													
61040	Tratamiento 23		1,7 D													
61041	Tratamiento 24		1,8 D													
61042	Tratamiento 25		1,8 D													
61043	Tratamiento 26		1,7 D													
61044	Tratamiento 27		1,6 D													
61045	Tratamiento 28		1,8 D													
61046	Tratamiento 29		1,7 D													
61047	Tratamiento 30		1,7 D													
61048	Tratamiento 31		1,8 D													
61049	Tratamiento 32		1,7 D													
61050	Tratamiento 33		1,5 D													
61051	Tratamiento 34		1,8 D													
61052	Tratamiento 35		1,8 D													
61053	Tratamiento 36		1,4 D													

INTERPRETACION
 D = Deficiente
 A = Adecuado
 E = Excesivo

[Firma]
LIDER DPTO. NAC. SUELOS Y AGUAS

... se guardará en el Laboratorio
 ... reclaims en los resultados

[Firma]
RESPONSABLE LABORATORIO



Anexo 27. Datos correspondientes al área foliar específica de los doce genotipos de cacao durante la época lluviosa del 2017.

Área Foliar Específica (AFE) gr/cm²						
CLON	I	II	III	MEDIA	Dst	Est
L12H27	120,42	121,88	113,84	118,71	4,28	2,47
L12H8	137,30	121,55	128,43	129,09	7,90	4,56
CCN-51	117,93	148,84	149,29	138,68	17,98	10,38
L8H12	109,41	124,92	133,18	122,50	12,07	6,97
L46H88	121,00	135,18	117,20	124,46	9,47	5,47
EET-103	128,82	121,66	132,87	127,78	5,68	3,28
L9H26	113,89	149,36	187,25	150,17	36,69	21,18
L51H59	114,94	134,21	127,86	125,67	9,82	5,67
L46H75	84,88	122,75	121,26	109,63	21,45	12,38
L26H64	129,53	130,12	131,15	130,27	0,82	0,47
L25H64	118,44	144,77	108,48	123,90	18,75	10,83
L49H4	117,30	167,55	116,14	133,66	29,36	16,95

Anexo 28. Datos correspondientes a la densidad estomática de los doce genotipos de cacao durante la época lluviosa del 2017

Densidad estomática (# de estomas/mm²)						
CLON	I	II	III	MEDIA	Dst	Est
L12H27	791,7	862,5	781,3	811,8	44,2	25,5
L12H8	829,2	877,1	906,3	870,8	38,9	22,5
CCN-51	752,1	772,9	720,8	748,6	26,2	15,1
L8H12	791,7	731,3	779,2	767,4	31,9	18,4
L46H88	852,1	818,8	800,0	823,6	26,4	15,2
EET-103	889,6	877,1	864,6	877,1	12,5	7,2
L9H26	856,3	837,5	858,3	850,7	11,5	6,6
L51H59	895,8	845,8	814,6	852,1	41,0	23,7
L46H75	772,9	820,8	843,8	812,5	36,1	20,9
L26H64	772,9	777,1	725,0	758,3	28,9	16,7
L25H64	702,1	766,7	725,0	731,3	32,7	18,9
L49H4	802,1	827,1	814,6	814,6	12,5	7,2

Anexo 29. Hoja de registro del genotipo L12H27, correspondiente al libro de campo del Programa de Mejoramiento Genético de Cacao de UTEQ 2010.

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTADAL DE QUINDIÓ
 Unidad de Investigación Científica y Tecnológica

División : Agrícola

Área : Cacao

Año: _____

Ensayo: _____

Evaluador: _____

Clon/híbrido: 12

Tratamiento: L12 H27

Repetición: _____

Ar b Nº	NUMERO DE MAZORCAS SANAS												Σ	NUMERO DE MAZORCAS ENFERMAS												Σ	PESO FRESCO (g)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	4	4	7			1	1			3			1	0							2	1			150	150	300				100		100			550	100	
2	3	3	7			1	5	4	2	6	14		2	1	1			2	3		2				100	200	500				80	800	500	60	900	100		
3	4	14	7	6		1	1	4		2	12		0	0				1	1	1	4				250	500	500	550			100	150	500		250	550		
4	9	5	23	4		1	4	5	8		7	38	3	0	1		1	1	3	5		2	2		300	150	1500	250		80	400	750	800		800	230		
5	3	2	1					1		4	2		0	0								3			150	150	25						100		600	15		
6	10	9	6			1	3	3	7	3	27	45	0	0				2	4	4		12	3		250	200	250			100	250	300	1500	100	2600	250		
7	0	2	1			1	2	6	2	1	3	13	0	0				2		1	1				0	80	50			170	200	750	200	120	500	110		
8	1	0	2				1			3	12		0	0				3	2			3			60	0	100				100				500	90		
9	3	2	4	1			4	6	1	11	24		0	0				1	1		3	2			100	60	100	50			550	900	120	1400	180			
10	5	4	7				4		4	10	8		0	0				1				1			200	200	450				900		650	1500	80			
X																																						
Σ																																						

OBSERVACIONES: _____

Anexo 30. Hoja de registro del genotipo L12H27, correspondiente al libro de campo del Programa de Mejoramiento Genético de Cacao de UTEQ 2011.

UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUÉVEDO

Unidad de Investigación Científica y Tecnológica

División : Agrícola

Área : Cacao

9.052
Casarín

1005.68 K

Año: _____ Clon/híbrido: 12-27
 Ensayo: _____ Tratamiento: _____
 Evaluador: _____ Repetición: _____

Ar b Nº	NUMERO DE MAZORCAS SANAS													NUMERO DE MAZORCAS ENFERMAS													PESO FRESCO (g)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Σ	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Σ	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Σ
1	6						1	3						5		5				3	1					650	300					50	450						
2	2					6		2									1			3	1					200		600			600	200							
3	4							1						2		1						1				650		1000					150						
4	20							1						1									2			1500		1650					150						
5	6						1	2												3	1	3				800		800			50		200						
6	1						2													1	2	2				80													
7	8						1							1						10	4	4				450		1150			100								
8	5						2	7												5	1					400		550			100	200							
9	4						2							3		2				6		4		1		500		2000			250	200							
10	5						14	4	1							1				7	4	6		2		500		1100			1450	400	50						
Σ	0	61	0	116	0	0	28	8	12	0		52	0	20	0	10	0	0	38	14	20	0			0	5150	0	1250	0	0	2550	650	1150				4200		

OBSERVACIONES: _____

Anexo 31. Análisis de varianza del $\Psi_f m$ de la época lluviosa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,08	11	0,01	0,97	0,4824
CLON	0,08	11	0,01	0,97	0,4824
Error	0,47	60	0,01		
Total	0,55	71			

Anexo 32 Análisis de varianza del $\Psi_f t$ de la época lluviosa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,34	11	0,03	0,41	0,9484
CLON	0,34	11	0,03	0,41	0,9484
Error	4,58	60	0,08		
Total	4,92	71			

Anexo 33 Análisis de varianza del $\Psi_f m$ de la época seca.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,1	11	0,01	0,45	0,9181
CLON	0,1	11	0,01	0,45	0,9181
Error	0,49	24	0,02		
Total	0,58	35			

Anexo 34. Análisis de varianza del $\Psi_f t$ de la época seca.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,49	11	0,04	1,3	0,2844
CLON	0,49	11	0,04	1,3	0,2844
Error	0,82	24	0,03		
Total	1,31	35			

Anexo 35. Análisis de varianza del $\Psi\pi^{100}$ de la época lluviosa

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,72	11	0,16	92,37	<0,0001
CLON	1,72	11	0,16	92,37	<0,0001
Error	0,04	24	0,0017		
Total	1,76	35			

Anexo 36. Análisis de varianza del $\Psi\pi^0$ de la época lluviosa

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,54	11	0,23	44,38	<0,0001
CLON	2,54	11	0,23	44,38	<0,0001
Error	0,12	24	0,01		
Total	2,66	35			

Anexo 37. Análisis de varianza del ε de la época lluviosa

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14692,9	11	1335,72	44,07	<0,0001
CLON	14692,9	11	1335,72	44,07	<0,0001
Error	727,42	24	30,31		
Total	15420,32	35			

Anexo 38. Análisis de varianza del $\Psi\pi^{100}$ de la época seca.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,45	11	0,13	18,49	<0,0001
CLON	1,45	11	0,13	18,49	<0,0001
Error	0,17	24	0,01		
Total	1,63	35			

Anexo 39. Análisis de varianza del $\Psi\pi^0$ de la época seca

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2,51	11	0,23	17,67	<0,0001
CLON	2,51	11	0,23	17,67	<0,0001
Error	0,31	24	0,01		
Total	2,82	35			

Anexo 40. Análisis de varianza del ε de la época seca

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4389,56	11	399,05	2,78	0,0174
CLON	4389,56	11	399,05	2,78	0,0174
Error	3438,91	24	143,29		
Total	7828,46	35			

Anexo 41. Análisis de varianza de las concentraciones de N-foliar durante la época lluviosa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1,56	11	0,14	6,38	0,0001
CLON	1,56	11	0,14	6,38	0,0001
Error	0,53	24	0,02		
Total	2,09	35			

Anexo 42. Análisis de varianza del área foliar específica durante la época lluviosa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3397,65	11	308,88	0,98	0,4908
CLON	3397,65	11	308,88	0,98	0,4908
Error	7575,31	24	315,64		
Total	10972,96	35			

Anexo 43. Análisis de varianza de la densidad estomática durante la época lluviosa.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	78908,69	11	7173,52	7,68	<0,0001
CLON	78908,69	11	7173,52	7,68	<0,0001
Error	22417,7	24	934,07		
Total	101326,39	35			

Anexo 44. Análisis de varianza del rendimiento de doce genotipos de cacao.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5,07	11	0,46	15,7	<0,0001
CLON	5,07	11	0,46	15,7	<0,0001
Error	0,7	24	0,03		
Total	5,77	35			