



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Chiná

TESIS

ADAPTACIÓN Y CRECIMIENTO DE DOS VARIEDADES Y UN HÍBRIDO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN UN SISTEMA AGROFORESTAL EN CAMPECHE, MÉXICO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOSISTEMAS SOSTENIBLES

PRESENTA:

ÁNGEL JULIÁN HERRERA DZUL

Chiná, Campeche, México, Febrero 2021.



Calle 11 s/n entre 22 y 28, C.P. 24520
Chiná, Campeche. Tel. (981) 82-72052 y 82-72082
E-mail: dir01_china@tecnm.mx
tecnm.mx | china.tecnm.mx





División de Estudios de Posgrado e Investigación
Chiná, Campeche **22/Febrero/2021**
Oficio Tesis MCAGS-05
ASUNTO: Aprobación

**C. ÁNGEL JULIÁN HERRERA DZUL
PRESENTE**

El que suscribe, manifiesta que el Dictamen emitido por el Comité de Revisión que integra el sinodo del trabajo de tesis denominado "Adaptación y crecimiento de dos variedades y un híbrido de cacao (*Theobroma cacao* L.) en un sistema agroforestal en Campeche, México". Es aprobado como requisito parcial para obtener el Grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOSISTEMAS SOSTENIBLES**.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE
Excelencia en Educación Tecnológica
Aprender Produciendo


JOSÉ JAVIER PERALTA COSGAYA
DIRECTOR

JJPC/MGRA/JFMP



S.E.P.
T.N.M.
INSTITUTO
TECNOLÓGICO
DE CHINÁ
CLAVE:
84DIT0002W



Certificado No: 00 20101086



COMITÉ REVISOR

“Este trabajo fue revisado y aprobado por este Comité y presentado por el **C. Ángel Julián Herrera Dzul**, como requisito parcial para obtener el **Grado de Maestro en Ciencias en Agroecosistemas Sostenibles** el día 22 del mes de febrero del año 2021 en Chiná, Campeche”.

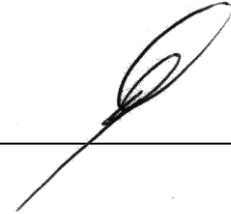
Dr. Benito Bernardo Dzib Castillo

Presidente



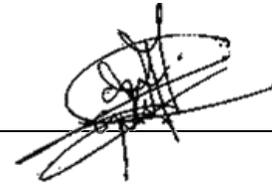
M. C. Nelson Jesús Pech May

Secretario



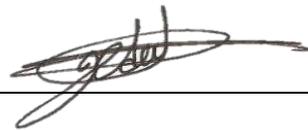
Dra. Guadalupe Pérez González

Vocal



M. C. Jesús Froylán Martínez Puc

Vocal Suplente



DECLARACIÓN DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en el presente documento deriva de los estudios realizados para alcanzar los objetivos planteados en mi trabajo de tesis, en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Chiná. De acuerdo a lo anterior y en contraprestación de los servicios educativos o de apoyo que me fueron brindados, dicha información, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Chiná. Por otra parte, de acuerdo a lo manifestado, reconozco de igual manera que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de la información generada en el desarrollo del presente estudio, le pertenecen patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Chiná de manera que si se derivasen de este trabajo productos intelectuales o desarrollos tecnológicos, en lo especial, estos se registrarán en todo caso por lo dispuesto por la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial, en el tenor de lo expuesto en la presente Declaración.



Ing. Ángel Julián Herrera Dzul

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN.....	V
ABSTRAC.....	VI
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. ANTECEDENTES	10
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. HIPÓTESIS GENERAL.....	12
5. OBJETIVOS.....	12
5.1. OBJETIVO GENERAL.....	12
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
6. REFERENCIAS	13
7. CAPÍTULOS.....	17
7.1. CAPITULO I: ADAPTATION OF CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) IN AN AGROFORESTRY SYSTEM IN CAMPECHE, MEXICO.....	17
7.2. CAPITULO II: ANTECEDENTES DEL ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) EN EL MUNDO.....	47
8. CONCLUSIÓN GENERAL	62
9. ANEXOS	63

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT-Mexico) le agradezco la beca recibida durante la maestría, así como múltiples apoyos para conferencias y cursos, en beneficio de la formación de maestros en ciencias durante la investigación.

Expreso mi profundo agradecimiento al Ing. Carlos Rodríguez Director del Consejo Estatal de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico de Campeche (COESICYDET) por el apoyo brindado al Instituto Tecnológico de Chiná para el fortalecimiento y vínculo institucional.

Al ex director del Instituto Tecnológico de Chiná el Dr. Manuel Jesús Soria Fregoso por los avances y mejoras en la infraestructura, de igual forma por el apoyo en la Maestría que hoy en día está al punto del éxito en nuestra casa de estudio.

Al director entrante el Mc. José Javier Peralta Cosgaya, en hora buena mucho éxito en sus actividades académicas.

A los miembros del jurado de corrección de tesis y examen de grado: Dra. Guadalupe Pérez Gonzales, Dr. Benito Bernardo Dzib Castillo y el Mc. Nelson Jesús Pech May, les agradezco profundamente su tiempo y dedicación para corregir el manuscrito final y fungir honorablemente como miembros del jurado evaluador.

Sin todo el invaluable apoyo de todos y cada uno de ustedes este éxito en la maestría no hubiera sido posible ¡Muchas gracias!

DEDICATORIA

Hoy siendo el mes de Febrero año del Señor del 2021 le dedico esta tesis a la Divina Providencia conformada por Dios Padre, Dios Hijo y Dios Espíritu Santo por todas sus bendiciones recibidas durante este largo caminar, por estar conmigo en todo momento siendo mi fuerza y fortaleza por siempre.

A Santa Teresita del Niño Jesús mi Maestra en la fe, Doctora de la iglesia como mi fuente de inspiración y enseñanza que siempre está en todo momento apoyándome, ayúdame para seguir adelante en este peregrinar de la vida, llevándome hacia el señor Jesús.

Al igual esta tesis se lo dedico a todos los que me apoyaron en todo momento dándome ánimos y fuerzas para seguir a delante en esta parte profesional, pero en especial:

A MIS PADRES

A mi Madre la Señora María Teresa Dzul Castillo por todo su apoyo en este viaje tan fascinante de la ciencia desde el principio hasta el día de hoy, sobre todo por tu cariño y amor tan especial hacia mí.

A mi Abuelita la Señora Florentina Castillo Caamal (+) gracias por todo tu amor y compañía en grandes aventuras y de buenos momentos en vida, siempre estarás en mi corazón.

MIS HERMANOS

A la Familia Herrera Ek constituida por mi Hermano el Lic. Antonio Jesús Herrera Dzul y su distinguida Esposa la Lic. María Susana Ek Ontiveros mil gracias por toda su confianza y cariño demostrado hacia mi desde un principio.

A la Familia Pacheco Herrera constituida por mi Hermana la Lic. Arely Natividad Herrera Dzul y a su Esposo Lic. Jorge Alfredo Pacheco Sarabia, A mis sobrinos los niños Johan Isaac y Diego Alexander. Gracias por su apoyo en todo momento.

A la Familia Herrera Dzul constituida por mi Hermano el Lic. Albert Geovanny gracias por toda su compañía.

A MIS AMIGOS

Al Ing. Rubén Domingo Hernández y al Ing. Jesús Sanjuán Pascual gracias por animarme en todos los momentos que vivimos durante la estancia que laboramos de Agosto a Diciembre 2016 en el Colegio Postgraduados y por animarme para emprender este viaje de la maestría que el día de hoy se vuelve realidad saludos desde el hermoso Estado de Hidalgo hasta sus Municipios de Yahulica y Tlanchinol.

Al Ing. Agrónomo Diego Armando Vivero Domínguez mil gracias amigo por todos tus consejos, Enseñanzas, apoyo laboral, académico animándome a no rendirme y seguir adelante todos los días y mirar siempre en el horizonte, por ser mi mano derecha y por toda tu confianza hacia en mí.

Al ing. Agrónomo Abigael Chi Olvera por toda tu amistad hermano y por estar siempre presente apoyándome en las clases de maestria y por hacerme parte de .tu familia mil gracias.

A mí el productor agricola Abraham Adonáí Martínez mil gracias por todo tu apoyo en uno de los momentos más difíciles en este caminar gracias por brindarme tu confianza muchas bendiciones

A mi Amigo y Hermano el Dj. Eduardo Alberto Valle estudiante de la carrera en Ingeniería en Administración de Empresas por todos tus consejos y los buenos momentos y relajos que hemos compartido en la escuela mil gracias.

A mi Amigo y Hermano Miguel Angel Moo Jurado estudiante en la carrera en Ingeniería en Forestal gracias por tu amistad que me has bridado desde que inicie la maestria y por qué tus consejos para seguir adelante.

A mi Amigo y Hermano Francisco Javier Pérez Cruz estudiante en la carrera en licenciatura en Biología gracias por tu compañía durante todo el proceso de investigación y redacción de la tesis y por todas las aventuras que vivimos en tecnológico.

A mi Amiga y Hermana Silvia Alejandra Montejo tesista en la carrera de Administración de Empresas mil gracias por las aventuras que vivimos en todo el proceso de la carrera y Maestría.

A mi Amiga y Hermana Margarita Mex Villalobos tesista en la carrera Ingeniería en Forestal gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas siempre apoyándome hasta el final eres pieza clave para mí en todo momento.

RESUMEN

Desde hace unas décadas el cambio climático es una realidad que tiene implicaciones inevitables, pero aún podemos minimizar sus consecuencias más severas buscando opciones para mitigar estos efectos, una de las opciones que podemos focalizar en la Península de Yucatán son los sistemas agroforestales, ya que son una forma de uso y manejo de los recursos naturales en el cual se utilizan árboles multiusos como frutales, maderables, forrajeros o cercas vivas que son utilizados en asociación con cultivos agrícolas o animales, ya sea de manera simultánea o en secuencia temporal. Por otra parte, el cultivo de cacao tiene un alto valor económico y cultural para todo el sureste mexicano, aunque en Campeche no se cultiva de forma amplia, se puede adaptar, sin embargo, falta información sobre su manejo en estas condiciones ambientales. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar la adaptación y crecimiento de dos variedades y un híbrido de cacao (*Theobroma cacao* L.)

PALABRAS CLAVE: sistemas agroforestales, *Theobroma cacao*, Cambio climático

ABSTRAC

For a few decades, climate change has been a reality that has unavoidable implications, but we can still minimize its most severe consequences by looking for options to mitigate these effects. One of the options that we can focus on in the Yucatan Peninsula are agroforestry systems, since they are a form of use and management of natural resources in which multipurpose trees such as fruit trees, timber, fodder or living fences are used that are used in association with agricultural crops or animals, either simultaneously or in temporal sequence. On the other hand, the cultivation of cocoa has a high economic and cultural value for the entire Mexican southeast, although in Campeche it is not widely cultivated, it can be adapted, however, there is a lack of information on its management in these environmental conditions. For this reason, the objective of this research work was to evaluate the adaptation and growth of two varieties and a hybrid of cacao (*Theobroma cacao* L.).

KEY WORDS: agroforestry systems, *Theobroma cacao*, Climate chan

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es inequívoco y tiene consecuencias significativas sobre las actividades económicas, el bienestar de la población y los ecosistemas (IPCC, 2014). La evidencia disponible muestra además que la trayectoria actual de emisiones de gases de efecto invernadero es consistente con un aumento de por lo menos 2°C respecto de su valor medio previo a la Revolución industrial (Stern, 2008; IPCC, 2013).

En este contexto, destaca que el sector agropecuario en los países de América Latina y el Caribe es especialmente sensible a las condiciones climáticas y por tanto a los efectos potenciales del cambio climático (CEPAL, 2014).

Una variación de pocos grados en la temperatura superficial de los océanos tendrá impactos amplios y complejos que van desde la posible elevación del nivel del mar, cambios en los regímenes de precipitación pluvial y en las capacidades del suelo para asimilar el exceso de humedad o un incremento en el número y la intensidad de ciclones tropicales y huracanes, incluso cambios en las características ambientales de los ecosistemas mismos (IPCC, 2007; Botello y Villanueva-Fregoso, 2010; Yáñez-Arancibia y Day, 2010). Los impactos de los fenómenos asociados al cambio climático ponen en riesgo no únicamente los ecosistemas sino la seguridad de los recursos y activos de las poblaciones que habitan en las zonas costeras de la Península de Yucatán

Lo anterior lleva pensar en los procesos de adaptación al cambio climático, los cuales se definen como acciones o decisiones en respuesta al cambio de clima para reducir costos o incrementar ganancias económicas (IPCC, 2014, 2007).

Los sistemas agroforestales (SAF) son formas de gestión sostenible del territorio que integran al menos dos componentes, uno leñoso (árbol o arbusto) y otro herbáceo (pasto o cultivo) aunque también pueden incluir el ganado como tercer componente en el caso de las prácticas silvopastorales (SEEP, 2014). Dentro de estos sistemas podemos encontrar las prácticas silvopastorales, los cuales son sin lugar a duda el tipo de SAF más empleado en Europa (Rigueiro-Rodríguez et al. 2009).

Los SAF pueden contribuir de forma clara como forma de gestión del territorio en la lucha contra el cambio climático, a través de la conservación o mantenimiento e incremento del secuestro del carbono, compensando por tanto las emisiones en los sistemas agrarios, reducción de las emisiones con base en el aumento de biodiversidad muy vinculada a la adaptación al cambio climático (Holwett et al, 2011, Nair et al. 2009, Mosquera et al. 2011).

Un sistema agroforestal que ha sido ampliamente utilizado en la Península de Yucatán es el enriquecimiento de acahuales con especies maderables nativas, realizando brechas dentro de la vegetación. Este sistema ha sido promovido por diversas instituciones, tanto federales como estatales. Sin embargo, los resultados han sido poco alentadores presentándose crecimientos pobres en los diferentes intentos de introducir especies maderables nativas (cedro, *C. odorata*; caoba, *S. macrophylla*) con valor comercial. Estos resultados se deben principalmente a que no se ha hecho un manejo adecuado de las brechas para asegurar suficiente luminosidad para las plantas (Van der Wal et al., 2011).

En la Península de Yucatán se han analizado los sistemas de producción agropecuarios con miras a su transformación agroforestal (Haggar et al., 2001; Snook, 2004), dichos análisis indican que los productores generalmente están dispuestos a experimentar con diseños agroforestales y a incorporar especies maderables con valor comercial en sus parcelas agrícolas (Haggar et al., 2001; Snook, 2004).

Los árboles de sombra constituyen un elemento que puede contribuir a la sustentabilidad de este sistema, debido a la producción de hojarasca, reciclaje de nutrientes y prevención de erosión de suelos (Alvim y Nair, 1986; Salgado et al., 2007). Además, el SAF-cacao puede ser un espacio para la conservación de la biodiversidad, captura de carbono y amortiguador de las condiciones climáticas adversas, aspecto que aún carece de valor para gran parte de las zonas cacaoteras de México y del mundo (Parrish et al., 1999; Roa et al., 2009).

El comercio mundial de productos primarios, entre ellos el cacao en grano, es de significativa importancia, dado que la producción y el comercio de estos bienes constituyen la base de la economía nacional de la mayoría de los países subdesarrollados. Sin embargo, es de hacer notar

que la importancia relativa de las exportaciones de productos primarios con respecto al valor total de exportaciones de los países subdesarrollados ha venido declinando. En 1980, por ejemplo, tales exportaciones de los países de América Latina y el Caribe representaban 82% del valor total de las exportaciones FOB (Free On Board) de bienes, mientras que para el año 2001 esa cuota había descendido a 41% (CEPAL, 2003).

2. ANTECEDENTES

Los sistemas agroforestales tradicionales y sus prácticas son formas de uso del suelo con una larga historia de manejo en México, incluso precolombina (Krishnamurthy y Ávila, 1999). En estos sistemas se desarrolla: (1) la preservación selectiva de componentes forestales o silvícolas (silvestres), principalmente leñosos y perennes, los cuales pueden estar bajo manejo incipiente mediante prácticas de tolerancia, fomento, protección y siembra de grupos de plantas y especies particulares (Casas et al., 1997, 2007); (2) el manejo de elementos agrícolas que incluyen plantas perennes o anuales, cultivadas y con niveles avanzados de domesticación; (3) en algunas ocasiones, el manejo de animales silvestres, en proceso de domesticación o domesticados y, (4) unidades sociales de producción que realizan el manejo de los distintos componentes para maximizar las interacciones ecológicas y económicas entre los elementos forestales y agrícolas del sistema dentro de un contexto ecológico, cultural y económico particular (Nair, 1997).

Aunado a lo anterior, el SAF-cacao puede ser un espacio para la conservación de la biodiversidad, captura de carbono y amortiguador de las condiciones climáticas adversas, aspecto que aún carece de valor para gran parte de las zonas cacaoteras de México y del mundo (Parrish et al., 1999; Roa et al., 2009). Sin embargo, es importante destacar que a nivel mundial 70% del cacao se cultiva en asociación con árboles de sombra y con cultivos anuales y perennes (Salgado et al., 2007).

En México la mayor parte de la producción de cacao se localiza en los estados de Chiapas y Tabasco. Estos estados suman una superficie de 61 444 ha, de las cuales dependen 47 mil productores. En Tabasco la superficie plantada es de 41 117 ha, donde se obtienen 16 560 t de cacao seco, que sustentan a 31 139 familias (SAGARPA, 2010; FAOSTAT, 2011); el 96% de la superficie cacaotera se distribuye en la región de la Chontalpa y 4% en la región Sierra (López et al., 2005). Por ello, la región de la Chontalpa es la principal zona productora de cacao en México y donde se han desarrollado la mayor cantidad de estudios en el cultivo de cacao.

3. JUSTIFICACIÓN

Los estudios sobre diversidad arbórea para sombra en el SAF-cacao en México son escasos pero han determinado que las especies más comunes son *Erythrina americana*, *Diphysa robinoides*, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp, *Samanea saman* (Jacq.) Merr y *Colubrina arborescens* (Mill.) Sarg, árboles frutales *Mangifera indica*, *Citrus sp* y *Pouteria sapota* (Jacq.) y forestal maderable *Cedrela odorata* L. (Ramos 2001; Córdova et al., 2001).

En la Península de Yucatán se tienen pocas experiencias cultivando *T. cacao*, siendo este un cultivo con potencial económico y benéfico para la conservación de los recursos forestales, debido a que este cultivo se adapta a condiciones de sombra proporcionado por árboles, principalmente maderables. Por tal motivo, este cultivo puede proporcionar una alternativa para la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos forestales de la Península de Yucatán, logrando una combinación entre especies arbóreas nativas de esta región con el cultivo del cacao.

4. HIPÓTESIS GENERAL

La precipitación y temperatura influye en la adaptación, sobrevivencia, y crecimiento las dos variedades y el híbrido de cacao (*T. cacao*) con relación a la sobrevivencia y mortalidad establecidas en el sistema agroforestal.

5. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la adaptación y crecimiento de dos variedades y un híbrido de cacao (*T. cacao*) establecidas en un sistema agroforestal bajo las condiciones climáticas de la Península de Yucatán, México

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Conocer el crecimiento de dos variedades y un híbrido de cacao (*T. cacao*) establecidos en combinación con árboles maderables nativos de la Península de Yucatán.

Conocer el crecimiento en altura y diámetro de dos variedades y un híbrido de cacao (*T. cacao*) establecidas en combinación con árboles maderables nativos de la Península de Yucatán.

Determinar la sobrevivencia de dos variedades y un híbrido de cacao (*T. cacao*) establecidas en un sistema agroforestal.

Caracterizar el componente arbóreo dentro del SAF.

6. REFERENCIAS

Alvim, R., & Nair, P. K. R. (1986). Combination of cacao with other plantation crops: an agroforestry system in Southeast Bahia, Brazil. *Agroforestry Systems*, 4(1), 3-15.

Áviles M.V., Barrera A., Salazar G., Santiago M.L., Sosa E., Tenorio S. y Tovar M. (2012). Conocimiento tradicional y ritualidad en la montaña de Guerrero. Una aproximación desde las prácticas de policultivo y tejido de la palma. En: Argueta A. y Olivé L. Eds. Conocimiento Tradicional, Innovación y Reapropiación Social, pp. 95-120, Siglo XXI Editores, México, D.F.

Casas, A., Caballero, J., Mapes, C., & Zárate, S. (1997). Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Botanical Sciences*, (61), 31-47.

Casas, A., Otero-Arnaiz, A., Pérez-Negrón, E., & Valiente-Banuet, A. (2007). In situ management and domestication of plants in Mesoamerica. *Annals of botany*, 100(5), 1101-1115.

CEPAL, N. (2014). La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: paradojas y desafíos del desarrollo sostenible. Botello, A. V., & Villanueva-Fragoso, S. (2010). Introducción. En A. V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, & J. L. Rojas Galaviz (eds), Vulnerabilidad de las zonas costeras Mexicanas ante el cambio climático (págs. 1-14). Campeche, Campeche. México: Gobierno del Estado de Tabasco, SEMARNAT-INE, UNAM-ICMYL, Universidad Autónoma de Campeche, 514 p.

Con, C. D. (2004). Anuario estadístico de América Latina y el Caribe 2003.

Field, C. B., Barros, V. R., Dokken, D. J., Mach, K. J., Mastrandrea, M. D., Bilir, T. E.,... & Girma, B. (2014). IPCC 2014: Summary for policymakers in Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. *Contrib. Work. Gr. II to Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Chang*, 1-32.

FAOSTAT. (2011). Sistema Estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Consultado: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. 20/01/2012.

Haggar, J., Ayala, A., Díaz, B., & Reyes, C. U. (2001). Participatory design of agroforestry systems: developing farmer participatory research methods in Mexico. *Development in practice*, 11(4), 417-424.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). Cambio Climático 2007. Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. Ginebra, Suiza: IPCC.

Krishnamurthy, L., & Ávila, M. (1999). *Agroforestería básica* (No. 968-7913-04-5. 02-A1 LU. FT-CLT. 1.). Red de Formación Ambiental.

López, A. P. A., Delgado, N. V. H., Azpeitia, M. A., López, A. J. I., Jiménez, C. J. A., Flores, R. A., ... & Castañeda, C. R. (2005). El cacao en Tabasco: manejo y producción. *INIFAP. ISPROTAB. Tercera edición. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.*

Parry, M., Parry, M. L., Canziani, O., Palutikof, J., Van der Linden, P., & Hanson, C. (Eds.). (2007). *Climate change 2007-impacts, adaptation and vulnerability: Working group II contribution to the fourth assessment report of the IPCC* (Vol. 4). Cambridge University Press.

Parrish, J., Reitsma, R., Greenberg, R., Mc Larney, W., Mack, R., & Lynch, J. (1999). Los cacaotales como herramienta para la conservación de la biodiversidad en corredores biológicos y zonas de amortiguamiento. *Agroforestería en las Américas*, 6(22), 35.

Roa, R. H. A.; Salgado, M. M. G. y Álvarez, H.J. (2009). Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Soconusco, Chiapas, México. *Acta Biológica Colombiana*. 14(3), 97-110.

SAGARPA. (2010). Impulsa SAGARPA producción de cacao. Consultado: <http://www.actualidadesmexico.com.mx/2010/03/impulsasagarpa-produccion-de-cacao/>. 24/03/11.

Salgado-Mora, M. G., Núñez, G. I., Macías-Sámano, J. E., & López-Báez, O. (2007). Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia*, 32(11), 763-768.

Snook, A. (2004). En busca de sistemas agroforestales viables: resultados y experiencias en Calakmul y la zona maya. *Uso conservación y cambio en los bosques de Quintana Roo*, 131-158.

Stern, N. (2008), "The Economics of Climate Change", *American Economic Review*, vol. 98, núm. 2, pp. 1-37.

Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J.,... & Midgley, P. M. (2013). Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *Climate change*.

Van der-Wal, H., Chanatasig-Vaca, C., Dzib-Castillo, B., Espinoza-López, R. (2011). Crecimiento de *Cedrela odorata* L y afectación por *Hypsipyla grandella* (Zeller) en plantaciones bajo dosel y a cielo abierto en Campeche. En: Equihua-Martínez A., Estrada-Venegas E., Acuña-Soto J.A., Cháirez-Grijalva M.P. (Eds.). Memoria del XV Simposio Nacional de Parasitología Forestal. pp. 132-135. (Memoria en extenso). <http://www.ecosur.mx/component/academicpages/?id=366&Itemid=1487#sthash.Xhqq5Wgc.dpuf>

Yáñez-Arancibia, A., & Day, J. W. (2010). La zona costera frente al cambio climático: vulnerabilidad de un sistema biocomplejo e implicaciones en el manejo costero. *Impactos del cambio climático sobre la zona costera*, 12-35.

7. CAPÍTULOS

7.1. CAPITULO I: ADAPTATION OF CACAO (*Theobroma cacao* L.) IN AN AGROFORESTRY SYSTEM IN CAMPECHE, MEXICO

ADAPTATION OF CACAO (*Theobroma cacao* L.) IN AN AGROFORESTRY SYSTEM IN CAMPECHE, MEXICO

Ángel J. Herrera- Dzul ¹, Benito Bernardo Dzib – Castillo^{1*}, Nelson Jesús Pech – May¹,
Guadalupe Pérez – González²

¹ Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 entre 22 y 28, Col. Centro, Chiná, Campeche, C.P. 24520, Campeche, Camp.

*Autor de correspondencia: bernadzib@yahoo.es

² Universidad Tecnológica de Candelaria, Carretera Benito Juárez – Candelaria, Km 22.5 Ejido Francisco Mújica, Candelaria, Campeche, México, CP 24300

ADAPTACION DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN UN SISTEMA AGROFORESTAL EN CAMPECHE, MÉXICO

ADAPTATION OF CACAO (*Theobroma cacao* L.) IN AN AGROFORESTRY SYSTEM IN CAMPECHE, MEXICO¹

Resumen

Ante el acelerado cambio climático que existe. La adaptación de los cultivos en los sistemas agroforestales es una de las formas para mitigar el efecto de este. En la Península de Yucatán existen pocas experiencias en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*). El objetivo de este trabajo de investigación conocer la adaptación de la especie *T. cacao* a las condiciones climáticas de la Península de Yucatán, establecida en un sistema agroforestal (SAF) con especies arbóreas nativas. Se establecieron dos variedades y un híbrido de *T. cacao* en combinación con árboles maderables nativos de la Península de Yucatán en un diseño experimental de bloques completos al azar. Se caracterizó el componente arbóreo, y se midió la altura, diámetro y sobrevivencia de las plantas de cacao. Los datos se analizaron utilizando el ANAVA con el software INFOSTAT. La adaptación de *T. cacao* fue nula a causa de las altas temperaturas y a una falla en el sistema de riego que no abasteció el agua. A pesar de estos resultados es necesario realizar más trabajos de adaptabilidad con esta especie, considerando los beneficios que puede generar a los pobladores y el medio ambiente.

Palabras clave: sistemas agroforestales, *Theobroma cacao* L, adaptación, cambio climático

Abstract:

Before the accelerated climate change that exists. The adaptation of crops in agroforestry systems is one of the ways to mitigate the effect of this. In the Yucatan Peninsula there are few experiences in the cultivation of cacao (*Theobroma cacao*). The objective of this research work to know the adaptation of the *T. cacao* species to the climatic conditions of the Yucatan Peninsula, established in an agroforestry system (SAF) with native tree species. Two varieties and a hybrid of *T. cacao* were established in combination with native timber trees of the Yucatan Peninsula in a randomized complete block experimental design. The tree component was characterized, and the height, diameter and survival of the cocoa plants were measured. Data were analyzed using ANAVA with INFOSTAT software. The adaptation of *T. cacao* was null due to high temperatures and a failure in the irrigation system that did not supply water. Despite these results, it is necessary to carry out more adaptability work with this species, considering the benefits that it can generate for the inhabitants and the environment.

Keyword: agroforestry systems, *Theobroma cacao* L, adaptation, climate change

Introducción

Los registros arqueológicos más antiguos que se tienen de la domesticación y el manejo de la semilla de cacao, indican que fueron los grupos del Golfo de México y de las tierras bajas y selváticas del sur de México, por lo menos hacia 1750 a.C., quienes habían encontrado la forma de procesarlo para convertirlo en una bebida que más tarde se convertiría en un lujo para los mesoamericanos. Además se han rescatado otros vasos de cerámica que contenían teobromina, componente marcador de cacao, fechados un poco después de la vasija de Manatí en tumbas mayas de Puerto Escondido, en el Valle de Ulúa, en Honduras; en Colha, Belice, y en Uaxactún, Guatemala (Coe y Coe 1999)

El cambio climático en el mundo está causando preocupación en la sociedad, actualmente existe un consenso en la comunidad científica sobre lo indispensable de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera con acciones efectivas (Torres *et al.*, 2008). Las diferentes prácticas de adaptación pueden generar beneficios frente a factores climáticos y no climáticos a corto o largo plazo, existiendo también la posibilidad de que aumente el efecto del cambio climático cuando la adaptación anticipada es insostenible (Adger *et al.*, 2005).

Los sistemas agroforestales (SAF) constituyen una alternativa ante la problemática de los monocultivos; permitiendo la combinación de árboles forestales con otros cultivos, o con animales domésticos, o ambos. Al mismo tiempo optimizan la producción por unidad de área y se respeta el principio de obtener rendimientos sostenibles (Torres *et al.*, 2015). El estudio del cultivo de cacao (*T. cacao*) en asociación con árboles de sombra tiene mucha importancia, ya que en el Trópico de América Latina los sistemas agroforestales con cacao son muy comunes y aproximadamente el 70% de la producción de cacao proviene de pequeños agricultores (Álvarez-Carrillo, Rojas- Molina y Suárez-Salazar 2012).

La importancia de estos sistemas se incrementa cuando se asocian con especies forestales (maderables, frutales e industriales) que presentan mayor eficiencia en la fijación y almacenamiento de carbono (Somarriba y Harvey, 2003; Concha *et al.*, 2007).

En SAF de cacao es posible debido a que requiere poca radiación solar. Por lo tanto, se puede establecer bajo el dosel de árboles, esto ha propiciado que el 70% de cacao se cultive en asociación con árboles de sombra y con cultivos anuales y perennes (Salgado *et al.*, 2007).

El trópico mexicano presenta condiciones agroecológicas apropiadas para el desarrollo de cultivos perennes, como el cacao (*T. cacao*), especie tropical de la familia Sterculiaceae que se distribuye en forma natural en los estratos medios de las selvas cálidas húmedas del hemisferio occidental, entre 18° latitud norte (los estados de Veracruz, Tabasco y Chiapas, en México) y 15° LS (Brasil y Bolivia), y desde cero hasta 1000 msnm (Cuatrecasas, 1964).

En México la superficie plantada y la producción de cacao ha disminuido al pasar de 75,356 ha y 36,360 t en 1980 a 64,143 ha y 27,618 t en 2012, situación que lo ubica como importador neto a partir del año 2000, con un saldo negativo de 18,684 t en 2011 (SIAP, 2014).

El cacao se divide en 2 grandes grupos: forastero y criollo, además de un híbrido de estos dos, llamado trinitario. La mayoría de las variedades comerciales cultivadas en el mundo se derivan del grupo forastero, el cual presenta una alta diversidad genética, usualmente con semillas de color café oscuro y vainas verdes cuando están inmaduras. El tipo criollo presenta granos blancos o rosados y las vainas son rojas o verdes cuando están inmaduras. El trinitario se originó del cruce entre el criollo nativo

y el forastero, y tiene diferentes grados de similitud con los dos tipos anteriores. Los cultivos en el mundo se forman por 3 tipos de variedades comerciales: tradicionales, híbridos y clónicos (López y Pires, 2015).

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en el segundo semestre del año 2017 y finalizó en el primer semestre del 2019 en el rancho Xamantún con Latitud: 19.8454, Longitud: -90.5237, perteneciente al Instituto Tecnológico de Chiná, ubicado en el kilómetro 15 de la carretera Chiná-Pocyaxún, en el estado de Campeche, en la región Centro-Oeste de la Península de Yucatán México. La temperatura promedio anual es de 26.2°C y la precipitación promedio anual de 1,272.8 mm. Presenta un periodo de sequía intraestival (reducción de la precipitación durante los meses de julio y agosto), generada por una onda de alta presión proveniente del norte que debilita a los vientos alisios, en una franja que bordea la parte noreste de la laguna de Términos, así como una porción en el norte del Estado (Gío-Argáez, 1996) De acuerdo con la clasificación de Köepen modificada por García (1988), se presentan dos grupos climáticos en el estado de Campeche, los cálidos subhúmedos (A) y el seco (B).

Las actividades que se realizaron fue la limpieza general del terreno que se eligió para plantar el cacao así como el calcáreo y poda de los árboles para el sistema agroforestal cabe mencionar que las actividades se realizaron para los meses de julio y septiembre del 2017.

La plantación del cacao se realizó en octubre del 2017, utilizando plántulas injertadas, de las variedades Criollo, Forastero y el híbrido Trinitario, utilizando como patrón la variedad conocida como Guayaquil, las cuales fueron obtenidas en el estado de Tabasco, municipio de Huimanguillo. El Diseño experimental con el cual se estableció el estudio fue de bloques completamente al azar con 15 repeticiones (seis plantas por

repetición) (Cuadro 1), con la intención de eliminar el efecto de la variabilidad del suelo que pudiera presentarse. La toma de datos se llevó a cabo por semestre obteniendo los registros de sobrevivencia y crecimiento. Cabe mencionar que la unidad experimental son las variedades y el híbrido de cacao ya antes mencionado.

Temperatura, Humedad Relativa y Precipitación

Los datos climáticos fueron obtenidos en el Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) Campeche para la realizar las gráficas del comportamiento de la temperatura, humedad y precipitación.

Variables de Crecimiento en Plántulas de *T. cacao*

Las variables de crecimiento que se midieron en las plántulas de cacao fueron diámetro del tallo, altura total, y número de hojas, con lo cual se calculó el incremento cabe mencionar que los periodos de las mediciones consto 6 mes en periodo 1 abarco del 14 de octubre al 14 de marzo del 2018 el segundo periodo corresponde del 14 de marzo a 15 de septiembre del 2018 y el tercer periodo correspondiendo 15 de septiembre al 14 de Mayo del 2019, además de la sobrevivencia. Estas variables fueron analizadas mediante un ANAVA utilizando el Software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo., Casanoves., Balzarini, y González, 2019).

Caracterización del Componente Arbóreo

Los árboles que conformaron la sombra para las plántulas de cacao fueron el resultado de una plantación de ciricote (*Cordia dodecaedra*) con 13 años de edad, la cual fue invadida de forma natural por diversas especies arbóreas nativas. La recuperación de la plantación permitió seleccionar árboles nativos, principalmente fabáceas, que habían crecido dentro de dicha plantación, las cuales se fueron dejando al momento de realizar la limpieza del área. La caracterización de estos árboles permitió obtener datos de altura total, diámetro a la altura del pecho (DAP=1.3 m desde el nivel del suelo), y el área de copa tomando largo por ancho en dirección N-S, y E-O bajo la copa de cada uno de los árboles.

Resultados

Respecto al comportamiento de la temperatura en el estado de Tabasco con el promedio de (26.91 °C) durante todo el periodo de experimentación y Campeche con el promedio de (25.85 °C) como comparación con las condiciones climáticas durante todo el periodo de medición, se observó que las temperaturas fueron similares excepto para el mes de mayo del 2019 obteniendo una mayor temperatura en Tabasco para el mes de mayo (31°C) (Figura 1).

La precipitación pluvial en el Estado de Tabasco en el periodo de evaluación de la adaptación de *T. cacao* presentó un promedio de 146.48 mm, mientras que en Campeche fue de 99.51 mm, durante el periodo de medición, se observó que Tabasco registraron las precipitaciones más altas en los meses de octubre de 2017 con 414 mm, enero 2018 con 323.9 mm y Noviembre 2018 con 358 mm. Respecto al Estados de Campeche los meses que obtuvieron mayor precipitación fueron junio 2018 con 466.9 mm, agosto con 295.3 mm, septiembre con 297.2 mm y octubre con 306.9 mm (Figura 2).

Con relación a la Altura del Tallo (cm) de las plántulas de cacao, el análisis de varianza no paramétrica mostró que existen diferencias estadísticas en el incremento de la altura de las plántulas de cacao entre las variedades y el híbrido en cada periodo evaluado existieron diferencias estadísticas ($P < 0.0001$). La variedad criolla en el periodo del 15 de septiembre 2019 obtuvo una media de (84.84 ± 47.58) el híbrido Trinitario obtuvo mayor crecimiento el 14 de marzo del 2018 con (40.44 ± 28.90) en la variedad forastero el mayor crecimiento lo obtuvo el 15 de septiembre del 2018 con (54.41 ± 45.44) y obtuvo el menor crecimiento el 15 de Mayo del 2019 con (10.11 ± 30.88) (Figura 3).

De acuerdo a la diámetro del tallo (cm) de cultivo cacao, el análisis de varianza no paramétrica mostró que existen diferencias estadísticas ($P < 0.0001$). Para la variedad criolla en el periodo del 14 de octubre 2017 (10.69 ± 2.97) para el híbrido trinitario con (8.71 ± 2.7) y donde obtuvo menor crecimiento fue el variedad forastero fue en el mes de Octubre 2017 con (10.57 ± 5.12) y menor crecimiento en Mayo 2019 con (0.94 ± 3.13) (Figura 4).

En la consecuente figura del Numero de Hojas del cultivo cacao, el análisis de varianza mostró que existen diferencias estadísticas ($P < 0.0001$). Así mismo se observó que entre para la variedad criolla en el periodo del 14 de Octubre 2017 obtuvo el mayor número de hojas (14.01 ± 12.28) y la variedad trinitario con (9.20 ± 7.69) donde obtuvo menor crecimiento fue el 15 de mayo 2019 con (2.01 ± 4.48) y en la variedad forastero tuvo mayor número de hojas con (15.62 ± 17.79) (Figura 5).

En la Mortalidad de plántulas (%) de cultivo cacao, En la medición del 14 de octubre a marzo del 2018 se observó que la variedad criolla con el porcentaje de (72%) fue que presento menor porcentaje de mortalidad y la variedad Forastero con (88%) donde obtuvo menor crecimiento fue el variedad forastero (Figura 6).

En la sobrevivencia de plántulas (%) de cultivo cacao, la variedad criollo obtuvo el Mayor porcentaje con (25%) de sobrevivencia y el híbrido trinitario con un (20%) la variedad Forastero con (10%) donde obtuvo menor sobrevivencia fue el variedad forastero (Figura 7).

Respecto al componente arbóreo del sistema agroforestal, *Cordia dodecaedra* presentó el mayor número de individuos (161), lo cual es normal considerando que esta área fue destinada a una plantación de dicha especie, pero que fue invadida por especies arbóreas de la región, las cuales se dejaron al momento de realizar la recuperación de la plantación. Las especies que se mantuvieron fueron *Psicidia piscipula* (21 individuos), *Gmelina arborea* (13), *Cassia javanica* (12), *Lysiloma latisiliquum* Con (10), *Albizia niopoides* con (7), *Metopium brownei* con (6) ejemplares, *Platymiscium yucatanum* con (4), *Bourreria pulchra* con (4), *Bursera simaruba* con (3), *Senegalia gaumeri* con (3), *Mimosa bahamensis* con (1), *Senna racemosa* con (1), *Leucaena leucocephala* con (1), *Havardia albicans* con (1), *Simarouba amara* con (1) lo anterior muestra que es factible establecer un SAF a partir un área con vegetación arbórea nativa, la cual se aclarea y se introduce el cultivo que se pueda adaptar a condiciones de sombra, considerando la presencia de árboles adultos (Figura 8).

En la altura total del sistema agroforestal, la especie *Senna racemosa* mejor conocida como (kan jabín) en el estado de Campeche presentó el mayor Altura (12 m), Las especies que se mantuvieron fueron *Metopium brownei* con (10.66 M), *Gmelina arborea* con (10.30 m), *Mimosa bahamensis* (10 m), *Lysiloma latisiliquum* Con (8.62 m), *Albizia niopoides* con (8.32 m), *Havardia albicans* con (8 m) , *Bursera simaruba* con (7.62 m), *Psicidia piscipula* con (7.32 m), *Cassia javanica* con (7.09 m), *Platymiscium yucatanum* con (7.06 m), *Senegalia gaumeri* con (7 m), *Cordia*

dodecaedra con (6.7 m), *Simarouba amara* con (6.5 m), *Bourreria pulchra* con (5.35 m), *Leucaena leucocephala* con (5 m) desviación Estándar (1.93) (Figura 9).

En el caso del DPA *Gmelina arbórea* presentó el mayor diámetro con (16.72 cm), Las especies que se mantuvieron fueron *Senna racemosa* con (16.32 cm), *Lysiloma latisiliquum* con (16.09 cm), *Senegalia gaumeri* con (12.41 cm), *Albizia niopoides* Con (11.96 cm), *Psicidia piscipula* con (11.60 cm), *Metopium brownei* con (10.66), *Cordia dodecaedra* con (9 cm), *Bourreria pulchra* con (8.91 cm), *Platymiscium yucatanum* con (8.24 cm), *Havardia albicans* con (7.32 cm), *Cassia javanica* con (7.24 cm), *Simarouba amara* con (6.37 cm), *Leucaena leucocephala* con (5.73 cm), *Bursera simaruba* con (5.09), *Mimosa bahamensis* con (4.46 cm) con una Desviación Estándar de (3.99) (Figura 10).

En la última figura del área de copa de los árboles, la especie de *Lysiloma latisiliquum* mejor conocido como (Tzalam) presentó el mayor área con (25.11 m²), Las especies que se mantuvieron fueron *Bursera simaruba* con (23 m²), *Gmelina arbórea* con (19.4 m²), *Senegalia gaumeri* con (16 m²), *Mimosa bahamensis* con (16 m²), *Havardia albicans* con (16 m²), *Cordia dodecaedra* con (15.22 m²), *Psicidia piscipula* con (13.07 m²), *Metopium brownei* con (12.87m²), *Cassia javanica* con (12.32 m²), *Bourreria pulchra* con (12.5 m²), *Platymiscium yucatanum* con (11.46 m²), *Albizia niopoides* Con (9.67 m²), *Senna racemosa* con (9 m²), *Simarouba amara* con (4.5 m²), *Leucaena leucocephala* con (4 m²) con una desviación estándar de (5.77) (Figura 11).

Discusión

En el caso del porcentaje de sobrevivencia fue baja para las dos variedades criollo y forastero junto con el híbrido trinitario debido a que las elevadas temperaturas hicieron que la sequía se prolongara por más tiempo reducción la temporada de lluvias.

También es importante mencionar que en la mayor parte de la Península de Yucatán, se presentan dos periodos de sequía: la pre-estival o de primavera, que abarca un periodo de dos a cuatro meses (entre enero y abril), y la intra-estival o canícula que se presenta durante julio y agosto (Orellana, Espadas, Conde y Gay 2009), que mencionan que los trabajos de investigación son escasos para la adaptación del cultivo de cacao. Esto coincide con Los cambios en la humedad ocasionaron cambios en la temperatura del suelo. A mayor humedad, menor temperatura.

La zona donde el cacao crece espontáneamente se caracteriza por alta disponibilidad de agua con balance hídrico positivo. Pocas plantas cultivadas se muestran tan sensibles a la deficiencia de agua como esta especie y prácticamente todos sus procesos fisiológicos se ven afectados por la falta de humedad en el suelo (GonzálezHuiman, 2008). Por lo anterior, es necesario una distribución apropiada de la precipitación durante el año, en este sentido con un régimen pluvial, el suelo debe presentar drenaje perfecto Varios factores ambientales controlan el crecimiento del cacao, entre ellos la precipitación, la temperatura y la humedad del suelo (Gomes y Kozlowsky 1987).

También es importante mencionar que en la mayor parte de la Península de Yucatán, incluida nuestra zona en estudio, se presentan dos periodos de sequía: la pre-estival o de primavera, que abarca un periodo de dos a cuatro meses (entre enero y abril), y la intra-estival o canícula que se presenta durante julio y agosto (Orellana, Espadas, Conde y Gay, 2009). Esta última se debe a perturbaciones en los vientos alisios. En verano se presenta un sobrecalentamiento del mar en la porción tropical del Pacífico oriental, por debajo de la zona intertropical de convergencia, lo cual debilita el gradiente barométrico y, por ende, disminuye la intensidad de los alisios. Lo anterior

trae como consecuencia una disminución en la frecuencia y cantidad de lluvia, así como un patrón bimodal del régimen pluvial en los territorios que afecta (Magaña *et al.*, 1999) esto coincide con los resultados obtenidos en las (figuras 1 y 2) obtenido durante los dos años de experimentación del cultivo de cacao.

En cuanto a las variables de respuesta fisiológica el que obtuvo mejor crecimiento fue la variedad criolla ya que por sus condiciones genéticas tiene mayor probabilidad de Por lo que se sugiere realizar más estudios de investigación. La especie ARBÓREA más importante ecológicamente fue la *Senna racemosa* var. *Moctezumae* H.S. Irwin & Barneby ecológicamente fueron podemos decir que la escasez o abundancia de las especies, está relacionada con un historia de actividad humana, la cual afecta la estructura y composición florística.

Las propiedades físicas del suelo son interdependientes. La ocurrencia de cambios en una de ellas, normalmente, modifica otras (Zanette *et al.*, 2007). La humedad y la temperatura del suelo tienen efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, así como en los procesos químicos y el grado de actividad de diversos tipos de organismos en el suelo (Porta, 2003) que influyen en el crecimiento.

Diversos estudios sobre escenarios de cambio climático actuales y futuros para el país en general (Hernández *et al.*, 2007) y para la Península de Yucatán en particular (Orellana, Espadas, Conde y Gay 2009) muestran que gran parte de ésta presenta un Índice de severidad de sequía que va desde fuerte en la zona centro y sur hasta severo en la zona noroeste, y proyectan que la intensidad de este fenómeno se incremente en la mayoría de los escenarios.

Podemos ver que el sistema agroforestal la mayor parte le correspondió a *Cordia dodecaedra*. Porque era una plantación de siete años en el cual se invadió con la naturaleza y por consiguiente se realizó la limpieza de los callejones para proceder a la siembra del cultivo de cacao, lo cual muestra que un sistema agroforestal puede establecerse a partir de un área con vegetación arbórea natural. Resaltando que los

árboles nativos se han logrado desde un a clareo, lo cual es una opción para establecer un sistema agroforestal sin partir del establecimiento de plántulas.

Conclusion

Los resultados que aporta este estudio permiten concluir que la variedad criolla obtuvo mejor respuesta en un sistema agroforestal en Campeche, México, fue nula esto debido a las altas temperaturas y las bajas precipitación registradas en la península de Yucatán alargando la sequía causada por el cambio climático que afecta a los cultivos agrícolas hace falta hacer más estudios en otras zonas de la península de Yucatan, ya que tiene gran importancia los SAF para mitigar los problemas Ambientales y ayuda a la adaptación de cultivos con importancia económica para el estado de Campeche.

Agradecimientos

A mi asesor el Dr. Benito Bernardo Castillo Dzib, a la Dr. Guadalupe Perez Gonzalez y al MC: Nelson Jesús Pech May mil gracias por todo su apoyo incondicional para la realización de este Excelente trabajo de investigación.

Referencias

Adger, W. N., Arnell, N. W., & Tompkins, E. L. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global environmental change*, 15(2), 77-86.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.12.005>

Carrillo, F. Á., Molina, J. R., & Salazar, J. C. S. (2012). Simulación de arreglos agroforestales de cacao como una estrategia de diagnóstico y planificación para productores. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(2), 145-150.

DOI: 10.21930/rcta.vol13_num2_art:249

Cerda, M. E. H., Anaya, G. C., & Sánchez, G. A. (2007). *Mitos y realidades de la sequía en México*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Cuatrecasas, J. (1964). *Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus Theobroma* (Vol. 35). Smithsonian Institution.

DOI: <https://repository.si.edu/handle/10088/27110>

Coe, S. D., & Coe, M. D. (1999). *La verdadera historia del chocolate*. Fondo de Cultura Económica. **ISBN-13:** 978-9681655693

Concha J.Y., Alegre J.C. & Pocomucha V. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. En el Departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*. 6(1,2): 75-82 Doi: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v6n1-2/a09v6n1-2.pdf>

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., TABLADA, M. R., & Robledo, W. (2014). CW InfoStat versión 2014. *Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*. URL <http://www.infostat.com.ar>
<http://www.infostat.com.ar>

García, E. (1988), *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*, 4ª ed., Instituto de Geografía, UNAM, México.

Gío Argáez, R. (1996). *Campeche y sus recursos naturales* (No. CA/333.707264 G5).

González-Huiman, F. (2008). Ecofisiología del Cacao. *Tingo Maria-Peru: Diplomado unas* En: <http://diplomado2007unas.blogspot.com>. Co/2008/01/ecofisiologia-del-cacao.html.

Gomes, A. S., & Kozlowski, T. T. (1987). Effects of temperature on growth and water relations of cacao (*Theobroma cacao* var. *Comum*) seedlings. *Plant and soil*, 103(1), 3-11. DOI: 10.1007/BF02370661

Magaña, V., J. Amador and S. Medina (1999), "The Midsummer Drought over Mexico and Central America", *Journal of Climate*, American Meteorological Society, vol. 12, no. 6. pp. 1577–1588. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<1577:TMDOMA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<1577:TMDOMA>2.0.CO;2)

López, U.V. y Pires, J. L. 2015. Botany and production of cocoa. En R. F. Schwan & G. H. Fleet (Eds.), *Cocoa and Coffee Fermentations*. Chapter 2. 43-64. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, CCRC Press. <https://doi.org/10.1201/b17536>

Salgado, M. M. G.; Ibarra, N. G.; Macías, S. J. E. y López, B.O. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia*, 32(11):763-768. Doi <https://www.redalyc.org/pdf/339/33901107.pdf>

Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP). Cierre de la producción agrícola por estado 2014. SIAP-SAGARPA. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-producción-anual>.

Somarriba E. & Harvey C. 2003. Como integrar simultáneamente producción sostenible y conservación de la biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? *Agroforestería en las Américas* 10 (37-38). DOI:

http://201.207.189.89/bitstream/handle/11554/6945/%C2%BFComo_integrar_la_producción.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Orellana, R., C. Espadas, C. Conde y C. Gay (2009), *Atlas Escenarios de Cambio Climático en la Península de Yucatán*, Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán y Centro de Ciencias de la Atmósfera–UNAM, Mérida, Yucatán, México ISBN 978-607-7823-01-8.

Porta Casanellas, J., Reguerín, L. A., & Roquero de Laburu, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente* (No. 631.4 P6/2003) ISBN 84-7114-4689.

Torres J., Tenorio A. & Gómez A. 2008. Agroforestería: una estrategia de adaptación al cambio climático propuesta de adaptación tecnológica del cultivo de café y cacao en

respuesta al cambio climático en San Martín. Ed. Soluciones Prácticas-ITDG. Lima, Perú. 124 p.

Zanette. S.; Sampaio, C.; Silvestre, M.; Boas, M.; M. Uribe-Opazo M. Queiroz. 2007. Análise espacial da umidade do solo cultivado com soja sob dois sistemas de manejo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 11(3):239 - 247. Doi: 10.1590/S1415- 43662007000300001.

Cuadro 1. Distribución de un diseño experimental de bloques completamente al azar en un sistema agroforestal con *Theobroma cacao* L.

H1R5	V2R1	V2R15
V1R1	V1R2	V2R9
H1R3	V2R5	V1R14
H1R6	V2R4	V2R10
H1R1	V1R6	V1R13
V1R3	H1R15	V1R10
V1R8	V2R2	V2R12
V1R4	V1R5	V1R7
H1R12	H1R14	V2R6
H1R2	V1R9	H1R11
H1R10	V2R8	V2R11
H1R4	V1R12	H1R8
H1R9	V3R14	V2R13
V2R3	V1R11	V2R7
H1R13	H1R7	V1R15

H1: híbrido trinitario, V1: variedad criollo, V2: variedad forastero, R: repetición

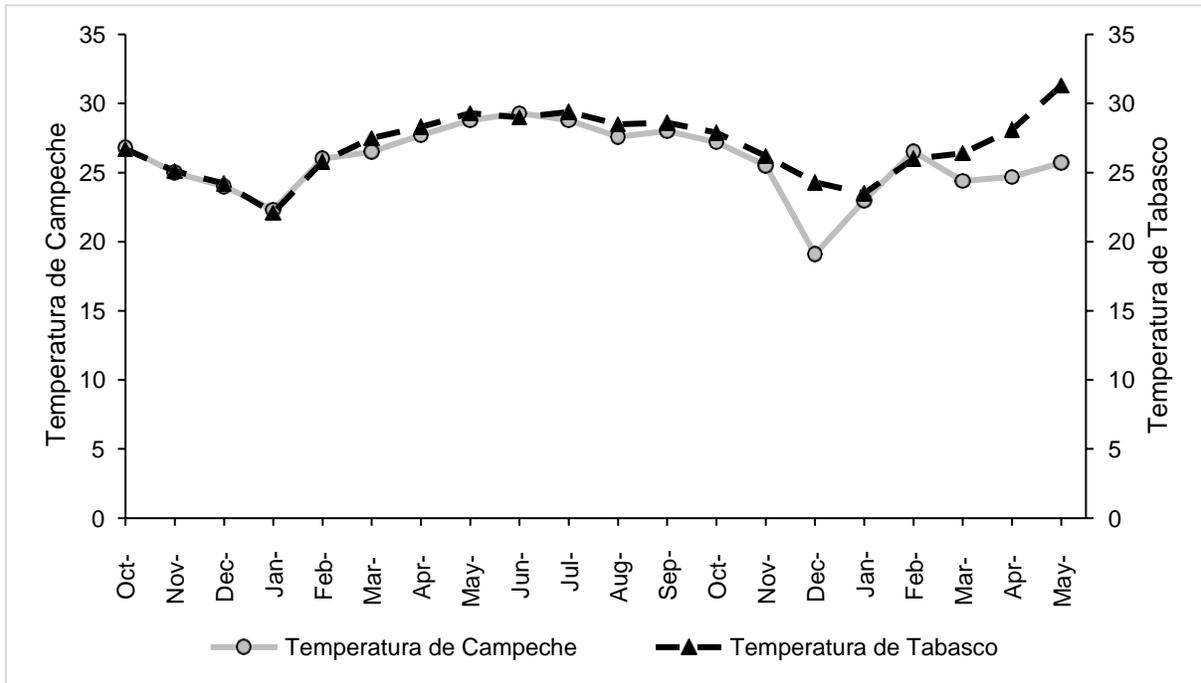


Figura 1. Comportamiento de la temperatura en el Estado de Campeche y Tabasco, México. Datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua.

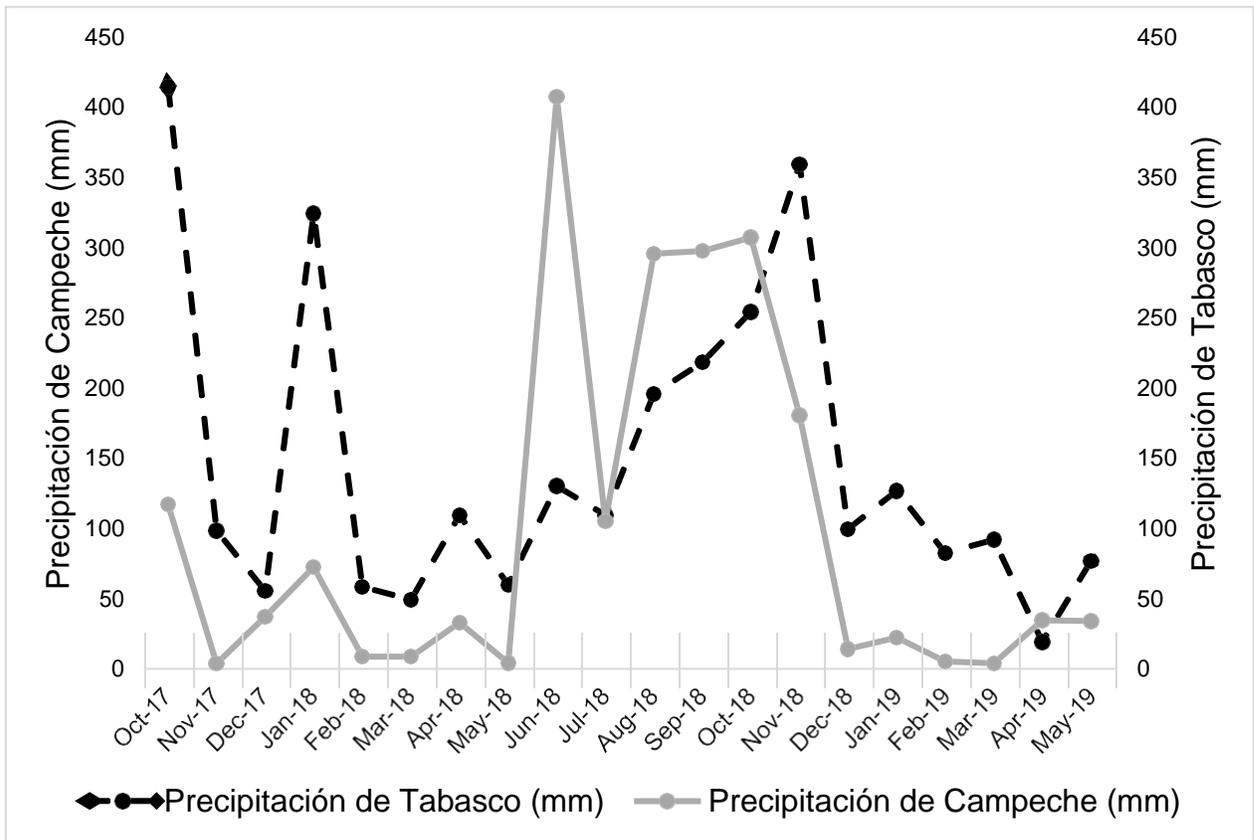


Figura 2. Precipitación pluvial en Campeche y Tabasco, México. Datos obtenidos de la Comisión Nacional del Agua.

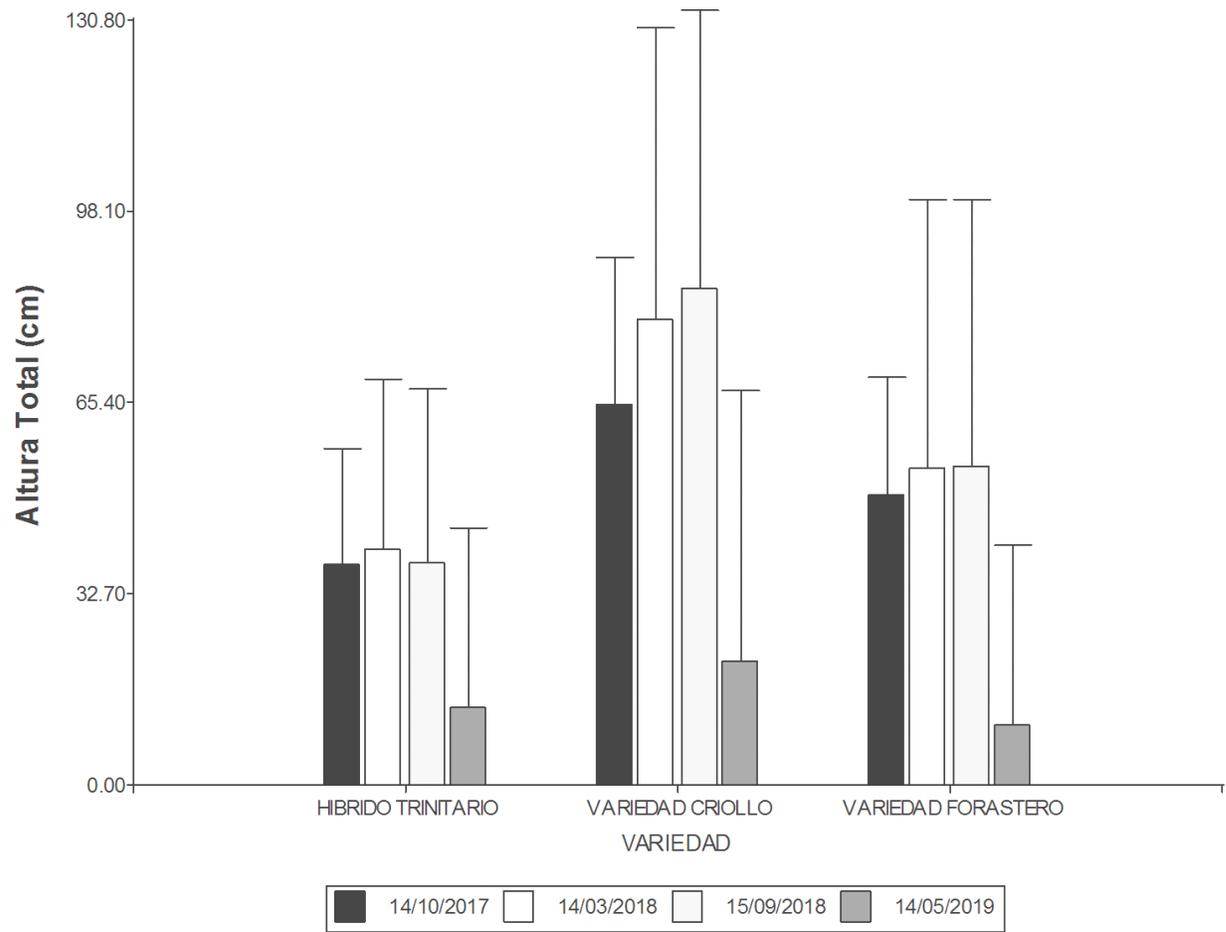


Figura 3. Incremento de la Altura del tallo (cm) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en los periodos de medición en Campeche, México.

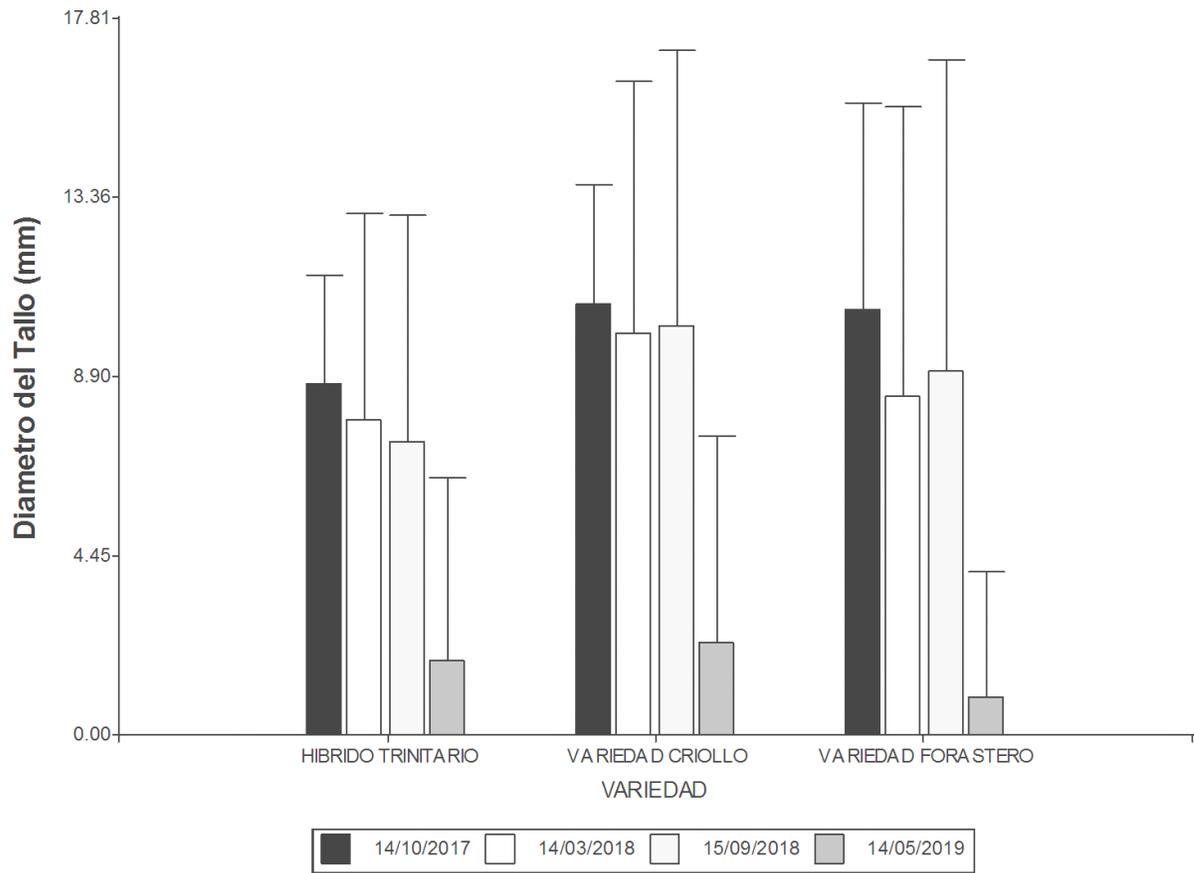


Figura 4. Diámetro del tallo (cm) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L) en los periodos de medición en Campeche, México.

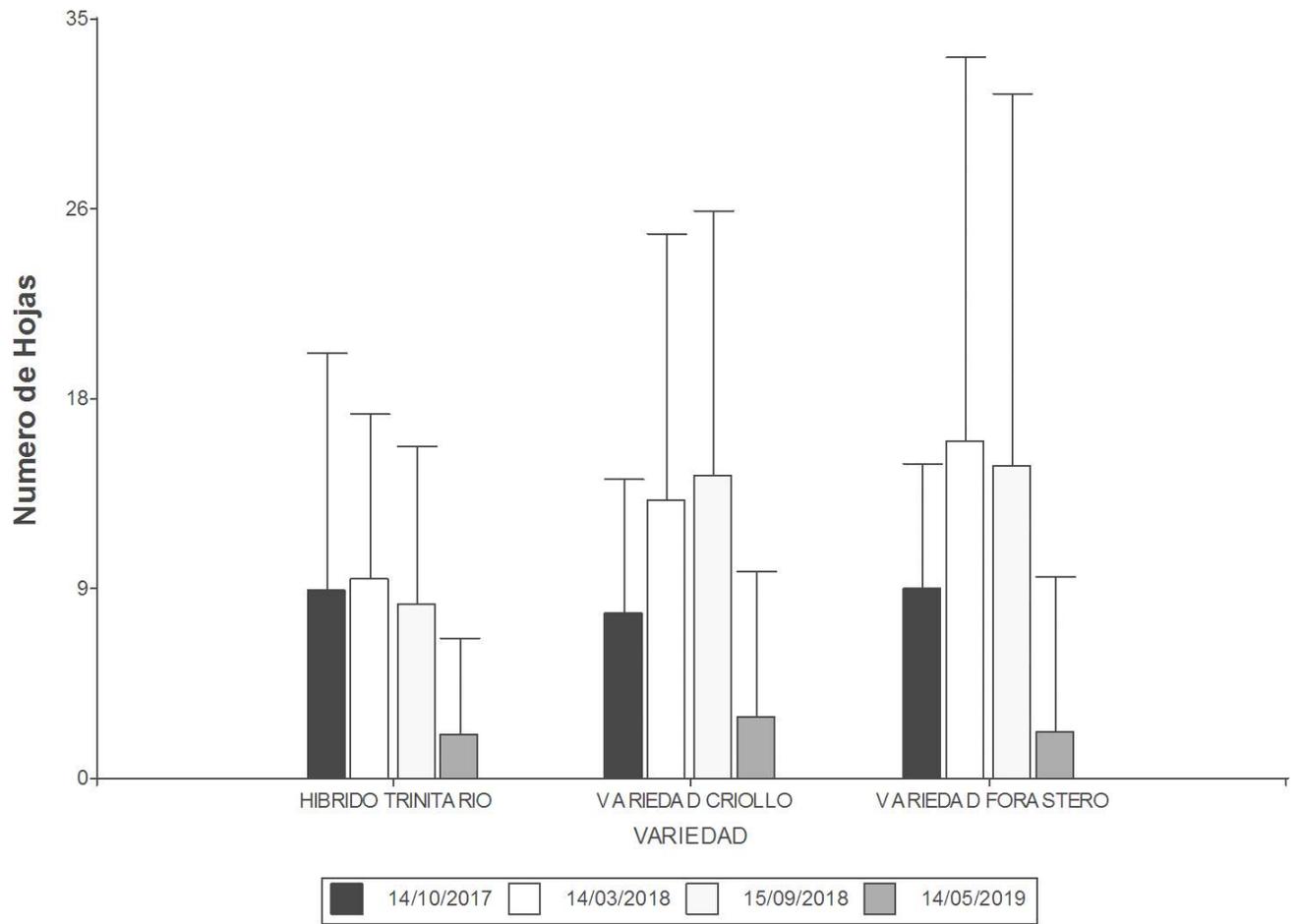


Figura 5. Incremento de número de hojas en el cacao (*Theobroma cacao* L.) en los tres periodos.

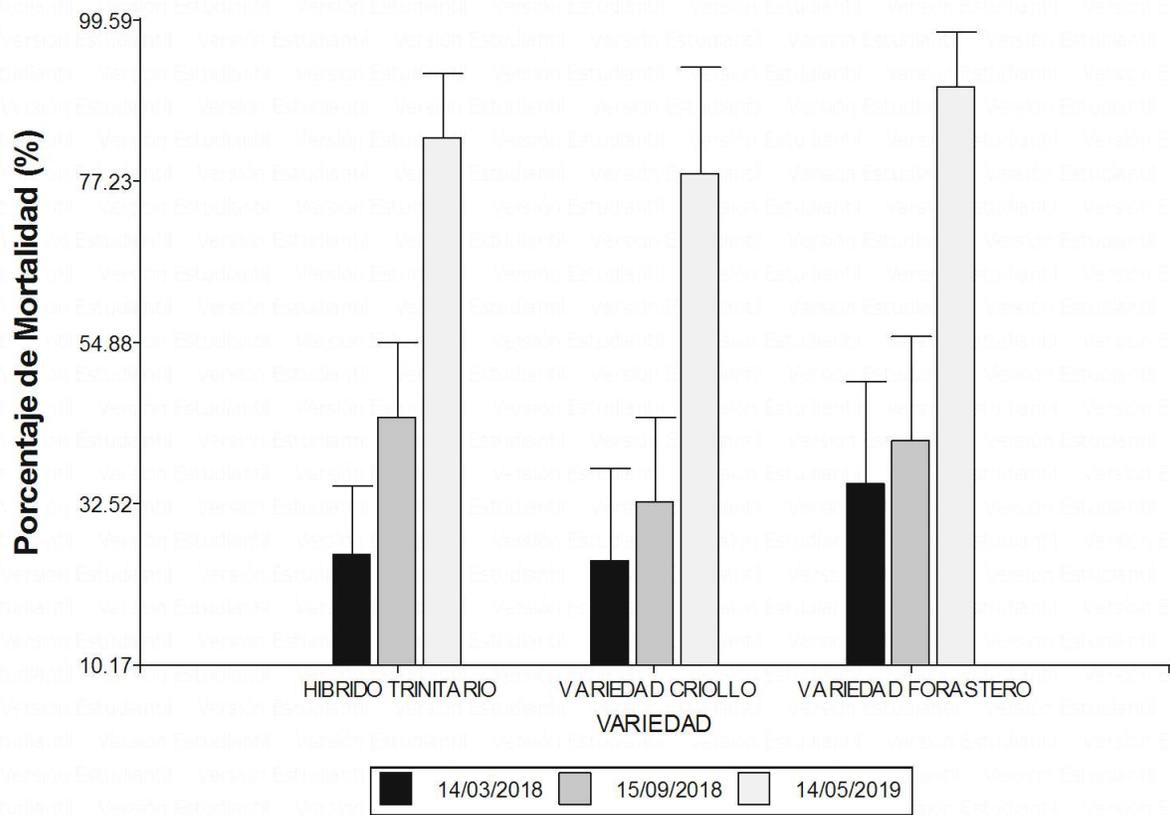


Figura 6. Porcentajes de Mortalidad del cultivo de cacao en el sistema agroforestal durante los 4 semestres.

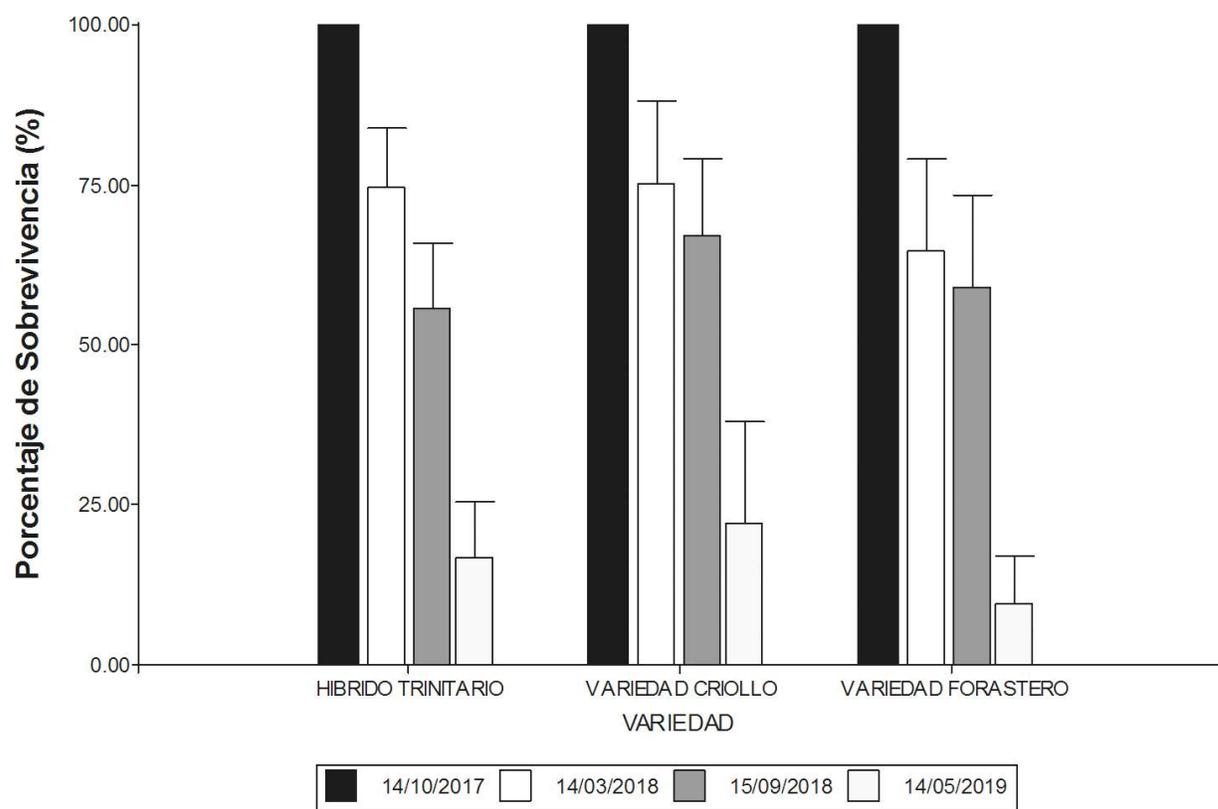


Figura 7. Porcentajes de supervivencia del cultivo de cacao en el sistema agroforestal durante los 4 semestres.

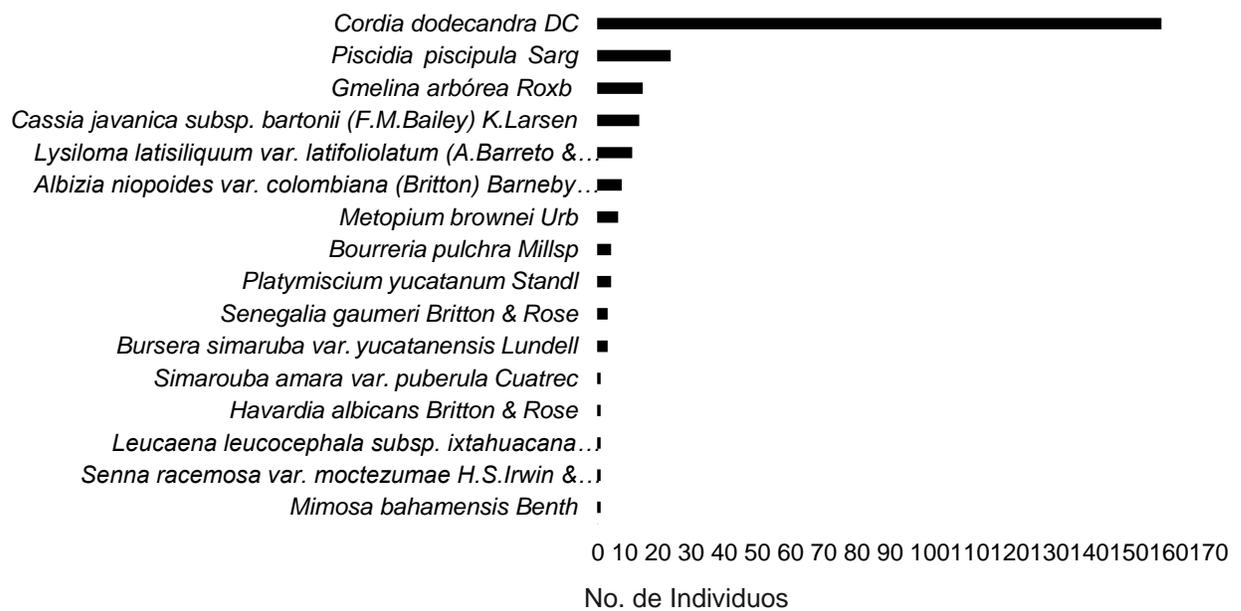


Figura 8. Diversidad de especies arbóreas en un sistema agroforestal con *Theobroma cacao* en Campeche, México

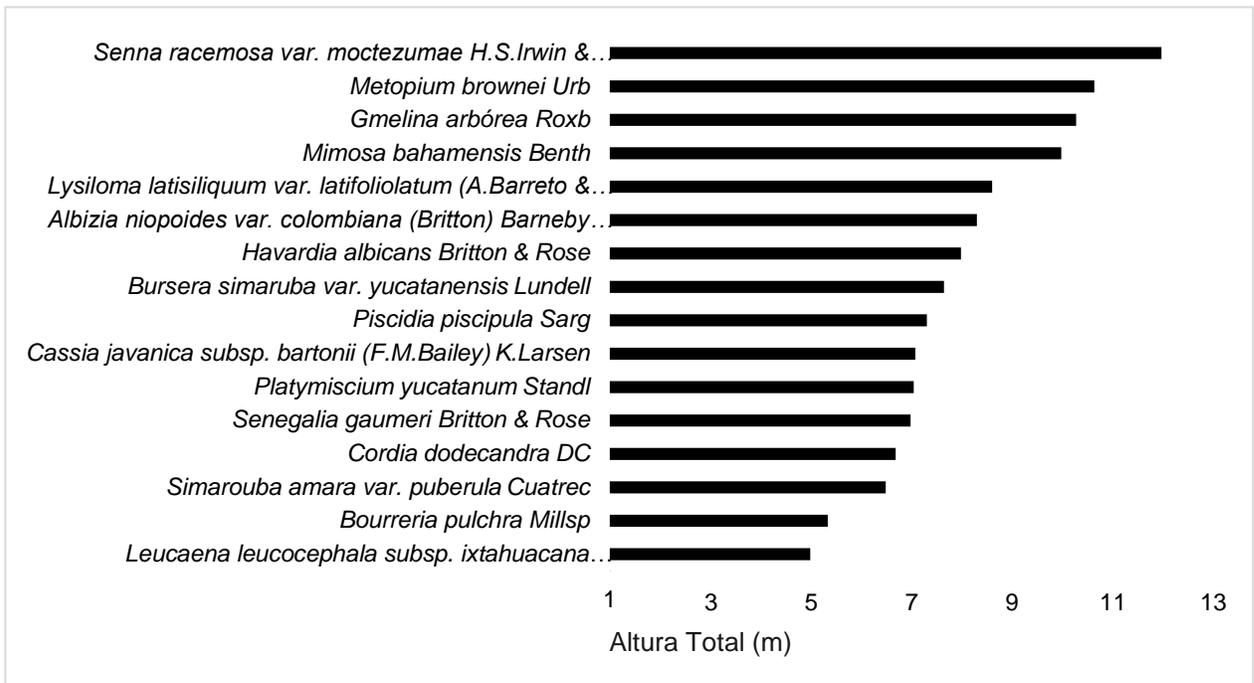


Figura 9. Altura Total arbóreas en un sistema agroforestal con *Theobroma cacao* en Campeche, México

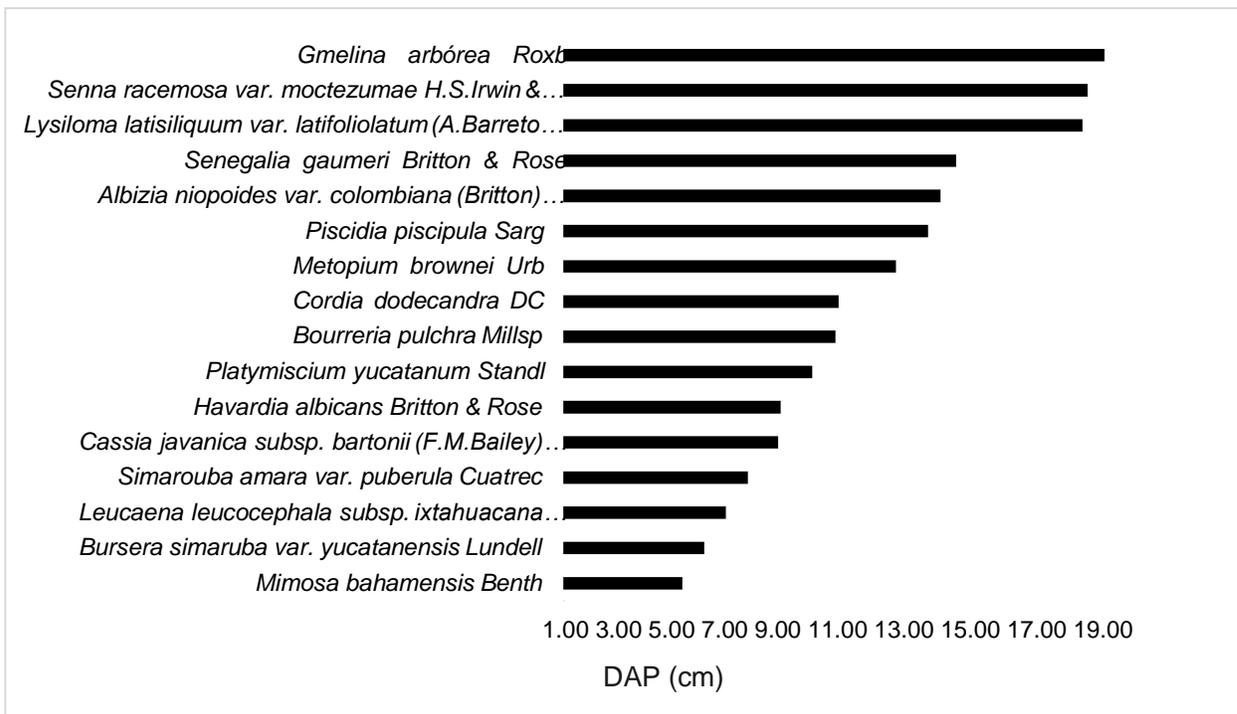


Figura 10. Diámetro de Altura al pecho (cm) en un sistema agroforestal con *Theobroma cacao* en Campeche, México

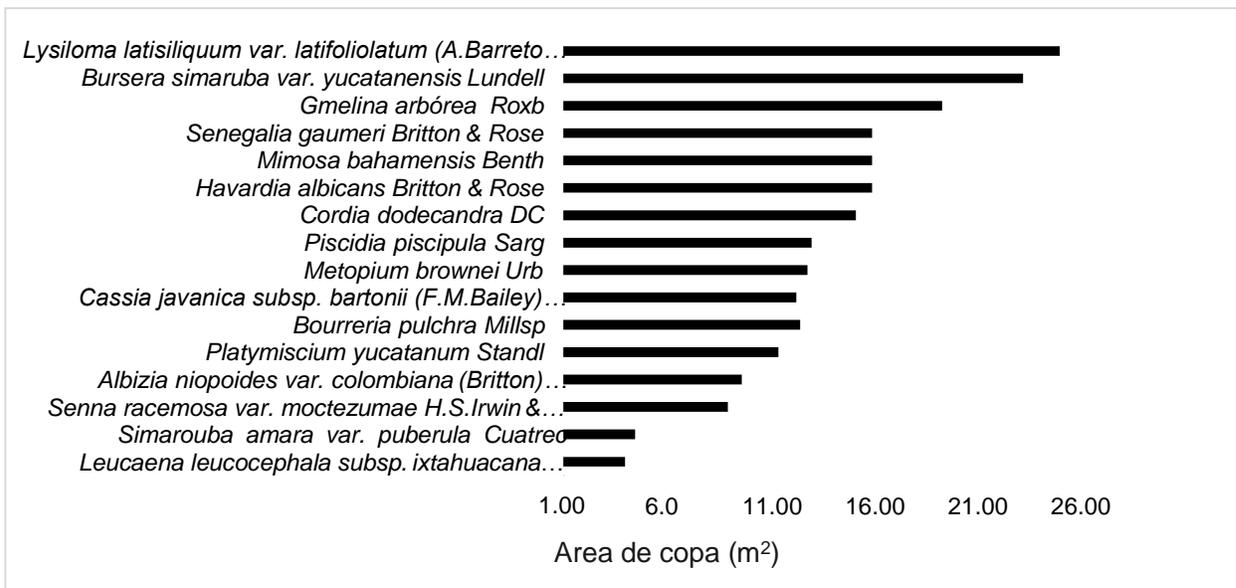


Figura 11. Area de Copa (m²) en un sistema agroforestal con *Theobroma cacao* en Campeche, México

19/10/2020

Correo: angel julian herrera dzul - Outlook

[AU] Acuse de recibo del envío

Ana Paulina Vázquez Fernández <actauniversitaria@gmail.com>

Sáb 19/09/2020 07:38 PM

Para: Guadalupe Pérez González, Dra. <perez.gonzalez82@gmail.com>; Edith González Lazo, Ing. <edithgl_02@hotmail.com>; Nelson Jesús Pech May, MC. <nelson_pe_ch@hotmail.com>; Angel Julian Herrera Dzul, Ing. <pumas_panda15@hotmail.com>

Hola,

DR. Benito Bernardo Dzib Castillo ha enviado el manuscrito "ADAPTACION DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN UN SISTEMA AGROFORESTAL EN CAMPECHE, MÉXICO" a Acta Universitaria.

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactarme. Le agradecemos que haya elegido esta revista para dar a conocer su obra.

Ana Paulina Vázquez Fernández

<https://outlook.live.com/mail/0/inbox/id/AQQkADAwATZiZmYAZC1hMDIwLWY3ZDYtMDACLTAwCgAQAEeq0bxOAXFBrTrTa2xNQ%2Fk%3D>

1/1

7.2. CAPITULO II: ANTECEDENTES DEL ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN EL MUNDO.

Ángel J. Herrera- Dzul¹, Benito B. Dzib – Castillo^{1*}, Nelson J. Pech – May¹, Guadalupe Pérez – González²

¹ Instituto Tecnológico de China. Calle 11, Cementerio, 24520 Campeche, Camp.

*Autor de correspondencia: bernadzib@yahoo.es

¹ Instituto Tecnológico de China. Calle 11 entre 22 y 28, Colonia Centro, Chiná, Campeche. C.P. 24520.

*Autor de correspondencia: bernadzib@yahoo.es

² Universidad Tecnológica de Candelaria, Carretera Benito Juárez – Candelaria, Km 22.5 Ejido Francisco Mújica, Candelaria, Campeche, México, CP 24300²

RESUMEN

La historia del cacao (*Theobroma cacao* L.) en el mundo y su domesticación sigue siendo un misterio que ha generado gran interés e inquietud de saber el origen y distribución de tan prominente fruto. El objetivo de la presente investigación de revisión es abordar los antecedentes del origen y expansión del cacao en el mundo durante varios siglos. El interés del cacao no solo es económico sino también en la parte cultural desde el descubrimiento del nuevo mundo hasta la llegada del cacao al continente asiático.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L, Domesticación, expansión, origen

Abstract

The history of cacao (*Theobroma cacao* L.) in the world and its domestication remains a mystery that has generated great interest and concern to know the origin and distribution of such a prominent fruit. The objective of this review research is to address the background of the origin and expansion of cocoa in the world over several centuries. The interest of cocoa is not only economic but also in the cultural part from the discovery of the new world to the arrival of cocoa to the Asian continent.

Keywords: *Theobroma cacao* L, Domestication, expansion, origin

INTRODUCCIÓN

Hagamos un viaje al pasado con nuestra imaginación y visitemos a las antiguas culturas centroamericanas donde uno de los protagonistas es el cacao (*Theobroma cacao* L.), y los mitos y las leyendas en torno a esta semilla se entretajan en una apasionante y deliciosa historia. Es así que muy pocos saben que en cada almendra de cacao convergen el pasado y el presente con todo un trasfondo cultural, que se remonta varios siglos atrás, recorre las raíces históricas de los pueblos mesoamericanos (Tornés y Sánchez 2015).

La especie *Theobroma cacao* L. (del griego theos, dios; broma, alimento, “el alimento de los dioses”) o cacao (de la voz maya cacau, kakaw) es la base de la preparación de la bebida llamada inicialmente xocoatl o chocolatl (choco significa espuma y atl, agua). Pertenece a la familia Malvaceae y su origen es probablemente la región amazónica (Vázquez-Ovando et al., 2012)

Como alimento y en la vida social y económica: bálsamo, ofrenda, tributo, artículo de intercambio, objeto ritual, símbolo de fertilidad, afrodisíaco, emblema de poder y prestigio, estén directamente relacionadas con el uso y expansión del cultivo, puesto que es difícil admitir que la especie por si sola atravesara los fríos Andes (Rosales, 2011)

El interés actual en torno al cacao es notorio. Su consumo reciente a nivel mundial es significativo, no solo como chocolate, sino también como ingrediente básico dada la revaloración de la exquisitez de sus granos para una alimentación saludable (Huamanchumo, 2017).

Vinculado a este fruto, su historia, cultivo, desarrollo y actualidad, así como sus implicaciones, solo pueden comprenderse a través de la producción y consumo de su producto final el chocolate, una excelente oportunidad para asomarse a su pasado y conocer el verdadero origen de sus tradiciones, que aún conservan, pero en peligro de extinción constante y también constituirse en una razón para confiar en un futuro más provisorio (Sosa, 2001).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo de este artículo se recopilaron varios artículos científicos, de revisión y documentos históricos con suma importancia con el fin de recabar toda la información y ordenarlo por continente, desde América hasta Asia, cabe mencionar que el tipo de investigación es histórica y cultural. La compilación de los artículos se realizó en los siguientes buscadores de Google Académico, CONRICYT, Springer Link, y Biblio Technia, así como las revistas de Interciencia, Redalyc y Arqueología Mexicana.

ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CACAO EN EL CONTINENTE AMERICANO

La dispersión de las plantas y animales por el hombre ha tenido una importancia creciente desde su aparición. Por ello podríamos decir que los conocimientos de distribución de una especie, están estrechamente ligadas a la actividad de una etnia específica, podría dar una información sobre la actividad migratoria de la misma. Sin embargo, los centros de dispersión de especies vegetales son difíciles de precisar (Pitter, 1926)

Cohen (1977) nos menciona que un gran número de cultivos fueron domesticados en América del sur destacando el maíz (*Zea maíz*) y la yuca (*Manihot esculenta*), este último, es uno de los mejores ejemplos de la importancia y asociación con las culturas de América tropical, pero en la mayoría de estos casos se desconoce los detalles de donde inicio la domesticación.

Cuatrecasas (1964) en referencia al cacao, menciona que esta es una planta americana, ubicada entre los 18° de latitud Norte y 15° de latitud Sur; apunta que los indígenas centroamericanos indudablemente después de años habían desarrollado el arte de plantar, y el manejo de productos de calidad cuando los españoles llegaron al continente, situación que ha sido mencionado por antropólogos e historiadores, quienes han realizado interesantes trabajos sobre el papel del cacao en la economía, la cultura y las relaciones sociales precolombinas.

Existen dos teorías sobre el origen y distribución del *T. cacao* en América. Una postula que el cacao es originario de Centroamérica y fue llevado por los nativos al sur (Dispersión Norte-Sur) mientras que la otra presupone que el origen biogeográfico de la especie es la amazonia y que fue domesticado en Centroamérica, después de haberse dispersado por el neotropico (Dispersión Sur-Norte), ambas hipótesis tiene argumentos sólidos (Cuatrecasas, 1964).

Evidencias de la dispersión Norte-sur

Existen innumerables evidencias arqueológicas (Saignes,1961;Cohen,1977) inmunológicas (Layrisse y Wilber, 1961; Layrisse et al., 1962., Arends et al.,1967; Matson y Swanson, 1965; y etológicas (Vareschi, 1974) que demuestran procesos de comunicación o migraciones desde Alaska hasta América del sur antes de la llegada de los europeos al continente. En este sentido, esporádicas manifestaciones de elementos culturales en la América del Sur parecen ser reliquias de antiguas migraciones de America del Norte (Nordenskiöld en Saignes,1961).

El cultivo del cacao comenzó en Mesoamérica, donde la elaboración cultural y el uso del cacao se remontan a más de 3000 años (Gómez-Pompa et al., 1990; Henderson y Col, 2007; Powis y Col, 2011). Los antiguos cultígenos que fueron deliberadamente plantados y utilizados por civilizaciones amerindias, incluidos los mayas (300– 900 DC) y los olmecas (400-1200 a.c.) (Henderson et al., 2007) se conocieron como Cacao criollo ("criollo" en español). Las representaciones de cacao en artefactos mayas proporcionan evidencia de apoyo para la siembra deliberada de los primeros pueblos en Costa Rica, Nicaragua, Belice, El Salvador, Guatemala, Honduras, y México (Wood, 1985; Coe y Coe, 1996; Dias, 2001).

En la selva amazónica, la evidencia del cultivo de cacao por diferentes grupos indígenas han sido mínimos (Bartley, 2005; Dias, 2001a; Sánchez et al., 1989). Se sugirió que las tribus amazónicas podrían no haber tenido la necesidad de cultivar formalmente un árbol que se produjo en abundancia (Bartley, 2005; Dias, 2001a). Clemente (1999), basado en la facilidad con que el cacao sobrevive en ecosistemas forestales húmedos, clasificaron al cacao como un cultivo con poblaciones semidomesticadas. Además, el cacao probablemente no se cultivó en las islas del Caribe durante la época precolombina (Wood, 1985).

Sin embargo, Loor-Solórzano et al. (2012) sugirió que *T. cacao* y sus productos eran parte de la cultura precolombina alrededor del año 2000 a.c., una controversia que no

se resolvió, aunque el centro de origen que se sugirió, basado en evidencia de microsatelites, estuviera en el sur del área amazónica del Ecuador.

Fue por obra de Hernán Cortés, llegado a México en 1519, que los españoles comenzaron a interesarse en el cacao. Al desembarcar en México, Cortés fue acogido con honores por el emperador Moctezuma II y sus súbditos debido a que, según contaba una leyenda, Quetzalcóatl, el dios barbudo y de piel blanca, había prometido su regreso precisamente en el año Ce-acatl, coincidente, justamente, con el año 1519 de nuestro calendario (Monreal y Tejada, 1967).

Cortés muy pronto comprendió el alto valor nutritivo del cacao, y de hecho lo repartía entre sus soldados: una sola taza de esta bebida fortalece tanto al soldado que puede caminar todo el día sin necesidad de tomar otro alimento (Cortés, 1988). Aunque, naturalmente, el gran interés mostrado por Cortés se dirigía en primer lugar a su valor monetario: “es una fruta como almendras, que ellos venden molida, y que se trata por moneda en toda la tierra y con ella se compran todas las cosas necesarias en los mercados y otras partes” (Cortés, 1988). Él pronto descubrió también que los tributos obligados al emperador se pagaban en granos de cacao, y una vez vencido el imperio azteca, pretendió para él el mismo derecho (Cortés, 1988).

En 1528, Cortés vuelve a España con un cargamento de cacao, además de las recetas y los utensilios necesarios para su preparación. Las vainas del cacao eran fermentadas, secadas al sol, tostadas y presadas entre dos piedras calientes hasta obtener una pasta aromática moldeada en forma de barras o panes, luego se les agregaba agua, azúcar o miel y especias a elección. Se lo consideró como un medicamento, un reconstituyente y hasta un brebaje de amor, atribuyéndole virtudes afrodisíacas. Cuando el cacao llegó a España y por más de 300 años habían utilizado el mismo proceso utilizado por los Aztecas el mismo que habían adoptado procesos mecánicos permitiendo la obtención del cacao en grano además de subproductos como el chocolate que evidentemente fueron cambiando tanto de aroma y sabores al pasar los años (Arosemena, 1991).

Puede afirmarse que fueron jesuitas misioneros, y no exploradores del Nuevo Mundo, los responsables de traer por primera vez el chocolate a España, Italia y Francia a través de una red internacional de conventos y monasterios. Fue también gracias a la presión de los misioneros jesuitas como los granos de cacao en crudo, sin procesar, empezaron a exportarse en barco a Europa (Gobernación, 2008).

Con el establecimiento de la fabricación de chocolate en Europa en la segunda mitad del siglo XVIII y el aumento del consumo de chocolate en el Norte América, hubo una explosión en la demanda, que requirió aún más cacao para ser producido. El cultivo comercial comenzó en África después de la introducción de los portugueses. En la década de 1850, el cultivo de cacao se extendió a la isla principal de Santo Tomé, donde se encuentra el cacao Amelonado ("Común" en Bahía, Brasil) se hizo conocido como Santo Tomé "Creoulo". Esta variedad autocompatible era luego traída por españoles a la isla de Fernando Po (ahora Bioko), ecuatorial Guinea, y se introdujo repetidamente en el continente de África occidental (Bartley, 2005).

ENCUENTRO DEL CACAO EN EL CONTINENTE EUROPEO

Los europeos vieron el cacao por primera vez en 1502, este formaba parte de un cargamento a bordo de una canoa indígena que Colón encontró por casualidad en la isla de Guanaja, cerca de la costa de Honduras, en su cuarto viaje al nuevo mundo. Casi veinte años después lo conquistadores españoles de Mexico se asombraron de las grandes cantidades de cacao que encontrón en los almacenes de Moctezuma (Enríquez, 1985).

Los primeros españoles también experimentaron por su parte y eventualmente dieron con la idea de agregarle azúcar que era, desde luego, desconocido para los indios antes de la conquista de los españoles , esta adición produjo una bebida “ mejorada”, de sabor agradable para los españoles (Enríquez, 1985).

En el año 1528, Hernán Cortés llevó el cacao en España y lo obsequió al Rey Carlos v, destacando además por sus propiedades vigorizantes del producto, Cristóbal colon ya había tenido contacto con el chocolate en 1502 durante su cuarto viaje a América, llevando algunos granos de cacao y la version azteca del chocolate a la corte, pero no tuvo éxito por su sabor amargo y picante. No obstante, el primer cargamento comercial de cacao no llego a España sino hasta 1585, proveniente de Veracruz (Gómez & Rivero, 2005; Enríquez, 1985; Sevilla, 2007).

La pérdida del “secreto” para hacer chocolate coincidió con otro golpe para España: la pérdida del poder de controlar el suministro del cacao en Europa. España, siempre celosa de sus posesiones, había tratado de monopolizar la riqueza del mundo y desde el primer día de su descubrimiento, el cacao no fue la excepción. Teóricamente, todo el cacao producido por las colonias españolas tenían que exportarlo a España exclusivamente (Enríquez, 1985).

De este modo, al inicio del siglo XVII se aficionó la corte, la aristocracia española y el alto clero, al sabor muy particular del chocolate. El consumo de chocolate se fue difundiendo en otros países de Europa, primero llevado a la corte de los Medici en Italia, por el comerciante italiano Antonio Carletti en 1606, posteriormente, las bodas en la nobleza europea y los viajes del clero contribuyeron a reforzar el conocimiento acerca del chocolate y su expansión por todo el continente. Así por ejemplo, en 1615 el chocolate arribó a Francia debido al casamiento entre Ana de Asturias y el rey Luis XIII, consolidándose el hábito de consumo del chocolate con la llegada de los primeros cargamentos de cacao desde las Antillas francesas (Enríquez, 1985).

En 1615 fue introducido oficialmente en Francia, luego hizo su aparición, casi simultáneamente en todos los países, en Italia los “cioccolatieri” lo introdujeron en 1606, en Alemania apareció en 1646, allí estaba grabado con muchos impuestos y se hacía difícil su consumo, los ingleses lo descubrieron 1657, un ciudadano Francés residenciado en Londres abrió en Queen’s Head Alley, una tienda llamada "The Coffee Mill and Tobacco Roll", en la cual se comenzaron a vender las pastillas sólidas de chocolate, para preparar la bebida en Inglaterra, así mismo abriéndose salones de

degustación, ente ellos el “Cacao Tree” y el “Whites”. Considerándose históricamente como el verdadero punto de partida de su popularidad en Europa (Gobernación, 2008).

LLEGADA DEL CACAO EN EL CONTINENTE ASIATICO

En China llega el chocolate a comienzos del siglo XVII gracias a la transmisión de los misioneros cristianos: y franciscanos españoles. La introducción comercial a China en gran escala se realiza vía las rutas comerciales (como la Ruta de la seda) y por los grandes puertos de Asia (a través de Filipinas). La incorporación del chocolate a las costumbres culinarias del Japón es posterior, y data de finales del siglo XIX.

El primer envío de germoplasma de cacao al sudeste asiático se registró en 1560, cuando los holandeses introdujeron el cacao que se creía que era la variedad de sabor fino "Criollo venezolano" en Celebes, Indonesia (van Hall 1932).

Otra introducción a esta región en 1670, que se cree que es un La variedad criolla de México fue a través de los galeones Acapulco-Manila (Bartley 2005). Alrededor de 1770, los holandeses introdujeron el cacao en Malasia peninsular (Thong et al. 1992).En 1798, los británicos llevaron el cacao a Madras, India, desde la isla de Amboina, y se introdujo en Ceilán (ahora Sri Lanka) desde Trinidad aproximadamente al mismo tiempo (Ratnam 1961; Wood 1991).

LLEGADA DEL CACAO EN EL CONTINENTE AFRICANO

Los árboles de cacao fueron introducidos a la costa de oro, como se llamaba entonces Ghana, desde Fernando Poo, en 1879 y unos años después las plantaciones crecieron por otras partes de África como Nigeria, la Costa de Marfil y el Congo Belga. Los árboles florecieron bajo las condiciones de África y para el año 1910, la producción

estaba empezando a rivalizar con las haciendas productoras más antiguas de otros países, la proporción de crecimiento fue tan rápida ,que diez años más tarde África estaba produciendo más que el resto del mundo combinado y a la fecha continua siendo la productora más grande (Enríquez 1985).

CONCLUSION

Podemos concluir que en todo el proceso histórico desde los tiempos precolombinos ha sido de suma importancia cultural y económica al igual a la llegada de los europeos en el siglo XVI impulsaron el cultivo tras el descubrimiento de la combinación con el cacao y el azúcar este último traída por los europeos y su esparcido a los continentes, cabe recalcar que no hay muchas fuentes históricas en donde confirmen la fecha exacta del cacao en los continentes un ejemplo de ello es en Oceanía que no existen fuentes verídicas. Al mismo tiempo en la actualidad vemos que el cultivo de cacao genera excelentes ingresos para los agricultores rurales a nivel mundial

Bibliografía

Arends, T., Brewer, G., Changnon. N., Gallango, M., Gershowitz, H., Layrisse, M., Neel, J., Shreffler D., Tashian, R. y Weitkamp, L. (1967). Intratribal genetic differentiation among the Yanomama indians of southern Venezuela. *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 57:1252-1259.

Arosemena, G. (1991). *El fruto de los dioses* (Vol. 2). Editorial Graba de Guayaquil.

GOBERNACIÓN, D. N. D. S. (2008). Plan regional de competitividad.

Bartley, B. G. D. (2005). *The genetic diversity of Cacao and its utilization*. Wallingford: CABI Publishing.

Coe, S. D., & Coe, M. D. (1996). *The true history of chocolate*. London: Thames and Hudson.

Cohen, M. N. (1977). *The Food crisis in prehistory. Over population and the origins of Agriculture*. New Haven and London, Yale University Press. 341 pp. London.

Cortés, Hernán (1988). *Cartas de relación*. Milano: Cisalpino/Goliardica.

Clement, C. R. (1999). 1492 and the loss of Amazonian crop genetic resources. I. The relation between domestication and human population decline. *Economic Botany*, 53, 188–202.

Cuatrecasas, J. (1964). Cacao and its allies a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Bulletin of the United States National Museum, Smithsonian Institution Washington. 614 pp.

Dias, L. A. S. (2001). Origin and distribution of *Theobroma cacao* L: A new scenario. In L. A. S. Dias (Ed.), Genetic improvement of cacao, Chap. 3 (EcoPort version by P. Griffie, FAO).

Available at <http://ecoport.org/ep?SearchType¼earticleView&earticleId¼197&page¼-2#section2683>

Enríquez, G. A. (1985). Curso sobre el cultivo del cacao (No. 22). Bib. Orton IICA/CATIE.

Gómez-Pompa, A., Flores, J. S., & Fernández, M. A. (1990). The sacred cacao groves of the Maya. *Latin American Antiquity*, 1, 247–257. Doi: 10.2307/972163. Available at http://www.jstor.org/stable/972163?seq¼1#page_scan_tab_contents.

Gómez, M. B. A., & Rivero, J. J. M. (2005). La historia del cacao. *Agricultura Orgánica (Cuba)*.

Henderson, J. S., Joyce, R. A., Hall, G. R., Hurst, W. J., & McGovern, P. E. (2007). Chemical and archaeological evidence for the earliest cacao beverages. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 104, 18937–18940.

Huamanchumo de La Cuba, O. (2017). Cacao. Producción, consumo y comercio. Del período prehispánico a la actualidad en América Latina. *Fronteras de la Historia*, 22(1), 237-242.

Layrisse, M. y Wilber, J. (1961). Absence of the antigen, a genetic characteristic of early immigrants to south America. *Science* .134: 1077-1078.

Layrisse, M., Zulay, L. y Johannes, w. (1962). Blood group antigen tests of the waica indians of Venezuela Southwest. *J. Anthropol.* 18: 78-93.

Loor Solórzano, R. G., Fouet, O., Lemainque, A., Pavék, S., Boccara, M., Argout, X., Amores, F., Courtois, B., Risterucci, A. M., & Lanaud, C. (2012). Insight into the wild origin, migration and domestication history of the fine flavour Nacional Theobroma cacao L variety from Ecuador. *PLoS One*, 7, e48438. Doi: 10.1371/journal.pone0048438.

Matson, A. G. y Swanson, J. (1965). Distribution of hereditary blood antigens among indians in middle America. *Am J. Phys. Anthropol.* 23:413-426.

Monreal y Tejada, L. (1967). *Apología del chocolate*. Barcelona: Sadagcolor.

Pitter, H. (1926). *Manual de las plantas usuales de Venezuela*. Caracas, 458 PP.

Powis, T. G., Cyphers, A., Gaikwad, N. W., Grivetti, L., & Cheong, K. (2011). Cacao use and the San Lorenzo Olmec. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA Theobroma*, 108, 8595–8600.

Ratnam, R. (1961). Introduction of Criollo cacao into Madras state. *South Indian Horticulture*, 9, 24–29.

Rosales, M. T. (2011). Desarrollo de formulaciones de chocolate de mesa y chocolatería fina artesanal para la comunidad de Santa Fe y La Mar, Oaxaca. Tesis Especialidad en Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa. 77 p.

Sánchez, P. A., Jaffe', K., & Muller, M. C. (1989). El género en el Territorio Federal Amazonas (Venezuela). I. Notas etnobotánicas y consideraciones agronómicas. *Turrialba*, 39, 440–446. Available at <http://atta.labb.usb.ve/Klaus/art48.pdf>.

Saignes, M. A. (1961). *Estudios de etnología antigua de Venezuela* (Vol. 2). Universidad Central.

Sevilla, J. M. O. (2007). Metalurgia: ciencia de hoy, arte del pasado. *Técnica Industrial*, 271, 42.

Sosa, M. (2001). Dinámica Geohistórica y cultural de Barlovento. Gobernación Estado Miranda. Identidad Regional Subregión Barlovento. Serie Documental. Identidad regional. Los Teques. Parte III Pág. 82-159.

Tornés, J. S., & Sánchez, L. Y. H. (2015). Cacao, una aportación de México al mundo.

Thong, K. C., Ng, S. K., Ooi, H. S. H., & Leng, K. Y. (1992). Cocoa in Peninsular Malaysia I: The early history. *Cocoa Growers' Bulletin*, 45, 7–25.

Van Hall, C. J. J. (1932). *Cacao* (2nd ed.). London: Macmillan and Co., Limited.

Vareschi, V. (1974). *Signos: semántica del dibujo primitivo*. Universidad Central de Venezuela, Caracas, 141 pp.

Vázquez-Ovando, A; Molina-Freaner, F; Nuñez-Farfán, J; Salvador-Figueroa, M. (2012). Potencial de los marcadores moleculares para el rescate de individuos de *Theobroma cacao* L. de alta calidad. *BioTecnología* 16(36)-56.

Wood, G. A. R. (1985). History and development. In G. A. R. Wood & R. A. Lass (Eds.), *Cocoa* (4th ed., pp. 1–10). Oxford: Blackwell Science.

Wood, G. A. R. (1991). A history of early cocoa Introduction. *Cocoa Growers' Bulletin*, 44, 7–12.

8. CONCLUSIÓN GENERAL

Es necesario mencionar la importancia cultural, histórica, y económica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), entendiendo su origen y distribución en el mundo, considerando su valor en los pueblos precolombinos del continente americano y su explotación comercial por los españoles al combinarlo con el azúcar a finales del siglo XVI, y de ahí al resto de los países de Europa, y por medio de la ruta de la seda al continente asiático, y a los confines del continente africano.

En el presente trabajo se concluye que el cultivo de cacao establecido en un sistema agroforestal en Campeche, México no se adaptó debido a que posiblemente en el sitio experimental los suelos no son tan profundos, esto dificultó el desarrollo correcto de las raíces, aunado a las bajas precipitaciones pluviales que se presentaron en Campeche (99.51 mm) comparado con lo que se presentó en el Estado de Tabasco (146.48 mm) en el periodo de evaluación. La sobrevivencia de la variedad criolla fue mayor (25%), seguido del híbrido trinitario (20%), la variedad Forastero fue la que presentó la menor sobrevivencia (10%). Sin embargo, falta realizar más estudios e investigaciones para tener una mayor evidencia sobre su adaptación a las condiciones climáticas de la Península de Yucatán.

9. ANEXOS



Figura 12. Sistema agroforestal conformado de especies nativas de la región y la plantación de ciricote en el Rancho Xamantún, Campeche.



Figura 13. Establecimiento de los injertos de *T. cacao* de las variedades criollo, forastero y el híbrido trinitario en el Rancho Xamantún, Campeche.



Figura 14. Plántulas de cacao en vías de crecimiento en el sistema agroforestal, rancho Xamantún, Campeche.