CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

Propuestas de adaptación de la producción de cacao en Waslala, Nicaragua ante el cambio climático

por

María Auxiliadora Altamirano Tinoco

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

Turrialba, Costa Rica, 2012

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE, y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

FIRMANTES:

Miguel Cifuentes Ph.D.
Consejero Principal

Eduardo Somarriba Ph.D.
Co-Director

Ángela Díaz MSc.
Miembro del Comité Consejero

Rolando Cerda MSc.
Miembro del Comité Consejero

Fernando Casanoves Ph.D.
Miembro del Comité Consejero

Miley González Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado

María Auxiliadora Altamirano Tinoco
Candidato

DEDICATORIA

A Dios por que sin él nada sería posible.

A mis padres Catalina del Rosario Tinoco Rivera y Andrés de Jesús Altamirano Altamirano por ser el mayor apoyo de mi vida.

A mi abuelita Bernarda Zeledón por ser un gran ejemplo en mi vida.

A mis hermanos Andrés, Catalina, Miguel y José Altamirano Tinoco por ser ejemplo de superación.

A mis sobrinos quienes son fuente de inspiración para nuevos proyectos.

Y a Felipe Peguero por ser tan especial en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza por haberme brindado la oportunidad de haber estudiado la Maestría de Agroforestería Tropical.

Al Programa Agroambiental Mesoamericano MAP por haber financiado mi estadía en CATIE.

A Ph.D Isabel Gutiérrez por haberme brindado su apoyo como coordinadora de MAP.

A mi Asesor principal Ph.D Miguel Cifuentes Jara por haber aceptado ser mi consejero principal y haberme brindado su apoyo en todo momento.

Al Ph.D Eduardo Somarriba por haber aceptado ser mi Co-Director de tesis y permitirme trabajar con el Proyecto Cacao Centroamérica.

A MS.c Ángela Díaz, Ph.D Fernando Casanoves y MS.c Rolando Cerda por haber aceptado ser parte de mi comité consejero y haberme brindado su apoyo y consejos para la realización de este trabajo.

Al Proyecto Cacao Centroamérica por haberme facilitado la línea base del proyecto, además de contactarme con los productores.

A la Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de cacao-Nicaragua por haberme permitido conocer a los 37 productores estudiados y haberme facilitado información.

A Romina Villegas por haber sido el contacto entre el PCC y CACAONICA.

A Luis Orozco que en un principio se puso a disposición y me facilitó valiosa información.

A los 37 productores estudiados por haberme recibido en sus hogares y gentilmente haberme facilitado la información.

A todas las personas que de alguna manera contribuyeron en este estudio facilitándome información y apoyándome.

A mis compañeros de CATIE la generación 2010-2011 que hicieron mi convivencia en CATIE placentera y que me dieron ánimos de seguir adelante.

BIOGRAFÍA

La autora nació en Jinotega, Nicaragua el 24 de abril de 1981. Estudió en el Colegio La Salle donde obtuvo el Bachillerato en Educación Media. Se graduó en el 2004 como Licenciada en Biología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-León.

Su primera experiencia laboral fue entre 2004-2005 en el Proyecto Musáceas de la UNAN-León como personal de apoyo. Dentro de sus obligaciones estaba monitorear la fenología y producción de 50 parcelas de musáceas en Matagalpa y 50 de Chinandega. En 2008 obtuvo un diplomado en Administración de Territorios Rurales impartido por la UNAN-León.

De junio a diciembre de 2008 se integró como Asistente de Laboratorio en el Laboratorio de Genética Molecular de la UNAN- León. Dentro de las actividades que se hacía en el laboratorio estaba la extracción y amplificación de ADN vegetal para las diferentes investigaciones que hacían los estudiantes de la Carrera de Biología.

De septiembre a diciembre de 2009 trabajó en Sea Food International Company S.A como técnica de laboratorio. Dentro de sus principales responsabilidades estaba monitorear mediante análisis de agua la calidad de las mismas para el cultivo de camarón.

El 18 de enero de 2010 se integró como estudiante de maestría en Agroforestería Tropical en el CATIE finalizando sus estudios en diciembre del 2011.

CONTENIDO

DEDICATORIA III
AGRADECIMIENTOS IV
BIOGRAFÍA V
CONTENIDO VI
RESUMEN VIII
SUMMARY IX
ÍNDICE DE CUADROS X
ÍNDICE DE FIGURAS XII
LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS XIII
1 INTRODUCCIÓN 1
1.1 Objetivos del estudio 3
Objetivo general *3*
Objetivos específicos *3*
1.2 Hipótesis del estudio 4
2 MARCO CONCEPTUAL 5
2.1 Generalidades del cultivo de cacao 5
Condiciones climáticas óptimas para el cultivo de cacao *5*
Importancia socioeconómica del cultivo de cacao en Centroamérica y Nicaragua *6*
Cambio climático y mecanismos de adaptación *7*
Variables climáticas y el cultivo de cacao *8*
Estrategias de adaptación ante el cambio climático *10*
Medios de vida *12*
Estudios realizados con análisis de medios de vida 13
Resiliencia y adaptación de los SAF con cacao frente al cambio climático *15*
3 MATERIALES Y METÓDOS 18
3.1 Ubicación del área de estudio 18
3.2 Descripción del área de estudio 18
3.3 Selección de los productores de cacao a participar en el estudio 19
3.4 Colección de datos climáticos de diferentes regiones cacaoteras del mundo 19

3.5 Indicadores de la capacidad adaptativa y resiliente de las familias productoras de cacao frente al cambio climático 20
3.6 Diagnóstico de los indicadores de resiliencia y adaptación..... 22
3.7 Métodos Estadísticos 27
4 RESULTADOS 29
4.1 Objetivo 1: Indagar como los cambios en la temperatura y precipitación afectarían la contribución de los cacaotales a las familias productoras de Waslala, Nicaragua 29
Modelos climáticos *30*
4.2 Objetivo 2: Identificar propuestas de adaptación de la literatura que podrían aplicar las familias productoras de cacao en Waslala, Nicaragua para reducir los efectos del cambio climático..... 32
4.3 Objetivo 3: Determinar la capacidad de las familias cacaoteras de Waslala, Nicaragua para implementar propuestas de adaptación y resiliencia mediante una evaluación de los capitales de su medio de vida cacaotal. 32
Asociación entre los productores de los conglomerados y los indicadores significativos de las tablas de contingencia *35*
Recomendaciones y propuestas de capacidad adaptativa y resiliente sugeridas para productores de cacao con capacidad adaptativa baja y resiliencia baja identificadas en Waslala, Nicaragua *38*
Propuestas de adaptación ante el cambio climático para los productores de Waslala, Nicaragua, para mejorar su capacidad adaptativa y resiliente, según su caracterización por conglomerado. *42*
5 DISCUSIÓN 44
5.1 Objetivo 1: Indagar como los cambios en la temperatura y precipitación que se espera que ocurran en Waslala, Nicaragua afectarían la contribución de los cacaotales como medio de vida de las familias productoras..... 44
5.2 Objetivo 2: Identificar propuestas de adaptación de la literatura que podrían aplicar las familias productoras de cacao en Waslala, Nicaragua para reducir los efectos del cambio climático..... 46
5.3 Objetivo 3: Determinar la capacidad de las familias cacaoteras de Waslala, Nicaragua para implementar propuestas de adaptación y resiliencia mediante una evaluación de los capitales de su medio de vida cacaotal..... 47
6 CONCLUSIONES..... 51
7 RECOMENDACIONES..... 52
8 BIBLIOGRAFÍA 54
ANEXOS 69

RESUMEN

El cambio climático es una preocupación a nivel mundial por sus implicaciones sobre los cultivos. Este estudio se elaboró para analizar la capacidad adaptativa y posibles medidas de adaptación que podrían aplicar los productores locales de cacao en Waslala, Nicaragua. Se trabajó con 37 familias productoras de cacao socias de la Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de cacao-Nicaragua (CACAONICA) en Waslala y de las cuales se tiene información de su medio de vida cacaotal por parte del Proyecto Cacao Centroamérica (PCC). De la literatura se seleccionaron propuestas de adaptación ante el cambio climático que podrían utilizar las familias productoras más adecuadas y 47 indicadores de capacidad adaptativa y resiliente ante el cambio climático. Se elaboraron tres conglomerados según la capacidad adaptativa de los productores. Se elaboraron 28 recomendaciones de adaptación y resiliencia a partir de los productores que presentaron capacidad adaptativa y resiliente baja en los 47 indicadores. Se propone a todos los productores que participen activamente en las actividades de CACAONICA; el estar organizados les permite tener mayores oportunidades. Los productores del conglomerado 1 se favorecerían al utilizar prácticas de conservación de los recursos naturales. Los productores del conglomerado 2 deben diversificar los productos extraídos del cacaotal y aprovecharlos al máximo. Finalmente, a los productores del conglomerado 3, se les propone depender menos de la mano de obra contratada, incentivando a sus familias en participar más de las labores del cultivo. Tomando en cuenta todas estas recomendaciones y propuestas se espera que la capacidad adaptativa y resiliente ante el cambio climático aumente en estas familias productoras.

Palabras claves: Cambio climático, cacao, variables climáticas, propuestas de adaptación, capacidad adaptativa y resiliente.

SUMMARY

Climate change is a worldwide concern because of its implications over agriculture production. This study analyzed the adaptive capacity and potential adaptation measures local cacao producers of Waslala, Nicaragua. We worked with 37 cacao grower families who are members of the “Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de cacao-Nicaragua” (CACAONICA) and for whom the Central American Cacao Project (PCC) has livelihoods information. Adaptation proposals and 47 indicators of adaptive and resilient capacity that could be applied by local families were selected from published literature. Cacao growers were grouped into 3 conglomerates. A total of 28 recommendations for adaptation and resilience were proposed for growers with low adaptive and resilient capacities in the 47 indicators. Active participation in CACAONICA activities is strongly encouraged; being organized will allow growers more opportunities for success. Growers in conglomerate 1 would benefit from using natural resources conservation practices, while those in conglomerate 2 should diversify the type of products extracted from the cacao plantation. Growers in conglomerate 3 should seek ways to depend less on hired labor, promoting more family participation in farm activities. Taken together, these proposals should enhance these families’ adaptive and resilient capacities to face climate change.

Key words: Climate change, cocoa, climate variables, adaptation proposals, adaptive and resilient capacity.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Diferentes escenarios y predicciones de cambio climático a nivel mundial, centroamericano y nicaragüense. 2
Cuadro 2. Definición de los capitales o activos de la comunidad y sus indicadores según la metodología de medios de vida sostenible. 13
Cuadro 3. Indicadores para determinar la capacidad de adaptación y resiliencia de sistemas agroforestales con cacao en Waslala, Nicaragua. 16
Cuadro 4. Guía de diagnóstico de los indicadores de resiliencia. 16
Cuadro 5. Matriz de indicadores utilizados para medir capacidad adaptativa y resiliente del cacaotal como medio de vida en Waslala, Nicaragua. 21
Cuadro 6. Rangos de clasificación para los indicadores de resiliencia del capital natural con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias 23
Cuadro 7. Rangos de clasificación para los indicadores de capacidad adaptativa del capital financiero con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias 24
Cuadro 8. Rangos de clasificación para los indicadores de capacidad adaptativa del capital construido con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias 25
Cuadro 9. Rangos de clasificación para los indicadores de capacidad adaptativa del capital social con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias 25
Cuadro 10. Rangos de clasificación para los indicadores de capacidad adaptativa del capital cultural con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias 26
Cuadro 11. Rangos de clasificación para los indicadores de capacidad adaptativa del capital humano con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias 26
Cuadro 12. Proyecciones de cambio climático para Latinoamérica y el Caribe. 31
Cuadro 13. Propuestas de adaptación para las familias productoras de cacao seleccionadas en la literatura. 32

Cuadro 14. Indicadores significativos extraídos de las tablas de contingencia por capitales del medio de vida cacaotal con una significancia de ($p<0.05$). 35

Cuadro 15. Recomendaciones de adaptación sugeridas para productores de cacao que presentaron capacidad resiliente baja en los indicadores utilizados para el capital natural. 38

Cuadro 16. Recomendaciones de adaptación sugeridas para productores de cacao que presentaron capacidad adaptativa baja en los indicadores utilizados para el capital financiero.39

Cuadro 17. Recomendaciones de adaptación sugeridas para productores de cacao que presentaron capacidad adaptativa baja en los indicadores utilizados para los capitales social y cultural. 41

Cuadro 18. Recomendaciones de adaptación sugeridas para productores de cacao que presentaron capacidad adaptativa en los indicadores utilizados para el capital humano..... 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ameba con valores de resiliencia en la finca El mango, Matiguás, Nicaragua. 17

Figura 2. Ubicación del Municipio de Waslala, Nicaragua. 18

Figura 3. Precipitación anual y producción de cacao en 6 países y en el municipio de Waslala, Nicaragua. 29

Figura 4. Temperatura media anual y producción de cacao en 6 países y en el municipio de Waslala, Nicaragua. 30

Figura 5. Grupos de productores de cacao de Waslala, Nicaragua, según su capacidad adaptativa y resiliente. Se utilizaron los 47 indicadores propuestos para la clasificación..... 34

Figura 6. Agrupación de los productores de los conglomerados según los indicadores significativos de las tablas de contingencia. 37

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACICAFOC: Asociación Coordinadora Indígena y Campesina de Agroforestería Comunitaria Centroamericana.

CACAONICA: Cooperativa de Servicios Agroforestales y de Comercialización de Cacao-Nicaragua.

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

CO: Colombia

BO: Bolivia

DFID: Department for International Development

GH: Ghana

Hr (s): Horas

ICCO: International Cocoa Organization

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

Km: Kilómetros

Kg: Kilogramos

PCC: Proyecto Cacao Centroamérica

M: Metros

Min: Minutos

MX: México

NI: Nicaragua

NG: Nigeria

SAF: Sistemas Agroforestales

TM: Toneladas métricas

VE: Venezuela

WCF: World Cocoa Foundation

1 INTRODUCCIÓN

La producción mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) alcanzó alrededor de 3.6 millones de toneladas para la temporada 2009/2010 (ICCO 2009). La mayor región productora de cacao es África, seguida de Asia, Oceanía y América (Weisburger 2001, Ramiro-Puig y Castell 2009). El 90% de la producción del cacao mundial es cultivada por pequeños productores (2-5 ha) en sistemas agroforestales (Belsky y Siebert 2003, Salgado et ál. 2007, Almeida y Valle 2008). En Mesoamérica, cerca de 80.000 pequeños productores cultivan cacao en un total de aproximadamente 100.000 ha (WCF 2010). La producción anual en Mesoamérica asciende a 6000 TM al año con un valor bruto aproximado de U$ 7 millones por año (CATIE 2010).

En Nicaragua se producen 1500-2500 TM anuales de cacao en 6500 ha Büchert (2008). Las plantaciones de cacao se encuentran distribuidas en Atlántico Sur (Nueva Guinea, Bluefields, Kukra Hill), la Zona de las minas (Siuna, Bonanza y Rosita), en el Atlántico Norte (Waslala, Río Coco), Matagalpa, Jinotega, Río San Juan, y la zona del Pacífico (Mombacho, Meseta de los Pueblos y Rivas). Waslala aporta más del 50% de la producción de cacao en grano a nivel nacional, con un rendimiento de 328 kg/ha (Trognitz et ál. 2011). El cacao representa la fuente principal de ingresos para los pequeños productores de Waslala.

La amenaza del cambio climático global ha causado inquietud en la sociedad ya que la estabilidad de la precipitación y la temperatura son claves para el crecimiento de los cultivos. Aunque los efectos de los cambios en el clima sobre la producción de cultivos varían ampliamente de una región a otra o entre países (Cuadro 1), se espera que los cambios anticipados tengan efectos principalmente en zonas tropicales de países en desarrollo (Cline 2007)**.** Según las proyecciones esperadas al aumentar la temperatura mejorarán las cosechas en zonas templadas y boreales pero empeorarán en lugares cálidos. Por otro lado, menor precipitación provocaría stress hídrico en cultivos en muchas áreas (IPCC 2007).

Cuadro 1. Diferentes escenarios y predicciones de cambio climático a nivel mundial, centroamericano y nicaragüense.

Lugar	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Período (año)			Observaciones	Fuente Bibliográfica
			2020	2050	2100		
A nivel Mundial	Aumentará	Disminuirá				No especifica período ni la magnitud del cambio	(IPCC 2007)
Centroamérica	Aumentará	Disminuirá					(Baker y Haggar 2007)
Centroamérica	Aumentará 2	Disminuirá de 2181 a 2016			X		(MESOTERRA 2009)
Nicaragua	Aumentará 1.1	Disminuirá 90	X			Posibles pérdidas de nichos climáticos y vulnerabilidad en pequeños productores.	(Zelaya y Laderach 2010, Laderach et ál. 2009)
	Aumentará 2.2	Disminuirá 130		X			

La expectativa que el cambio climático continuará acelerándose ha llevado a la preocupación más allá de los círculos ambientales y ahora se considera como un problema de desarrollo humano. El cambio climático no sólo afectará a la producción agrícola, afectará negativamente el crecimiento vegetal, aumentará el nivel del mar y afectará negativamente la disponibilidad de agua (Verchot 2008). Muy probablemente el cambio climático afectará a cultivos de áreas cálidas y húmedas, como el cacao, ya que serán más frecuentes los episodios de precipitaciones intensas, provocando más incidencia de plagas y enfermedades (IPCC 2007). Entre 40 a 50 millones de personas dependen del cacao para subsistir; existen de 5 a 6 millones de productores de este rubro alrededor del mundo (WCF 2010). Por esto es necesario que los productores se preparen y adopten estrategias para sobrellevar esta situación de la mejor manera.

Diversas publicaciones y modelos (Aguilar et ál. 2005, IPCC 2007, Baker y Haggar 2007, MESOTERRA 2009, Laderach et ál. 2009, Zelaya y Laderach 2010), predicen una disminución de la seguridad alimentaria en países en desarrollo asumiendo escenarios de cambios severos en el clima y tomando en cuenta la poca capacidad de las fincas para adaptarse a los cambios. Sin embargo, los modelos sólo proporcionan una estimación superficial de los efectos esperados y enmascaran la enorme variabilidad en cuanto a estrategias de adaptación que se pueden dar en las comunidades rurales (Reddy y Hodges 2000). Dentro de las estrategias de adaptación ante el cambio climático mencionadas en la literatura tenemos implementación de sistemas agroforestales, la diversidad de árboles y el número de estratos verticales, la diversificación de cultivos e ingresos, el establecimiento de

prácticas del manejo de la sombra, tecnificación y fortalecer todos los capitales de la comunidad (Kandji et ál. 2006, Verchot et ál. 2006, Locatelli 2008, Roberts et ál. 2009, Altieri y Nicholls 2009, Zelaya y Laderach 2010, Elizondo et ál. 2010, Altieri 2010, Wang et ál. 2010).

Para analizar el comportamiento de las comunidades frente al cambio climático, es vital entender los medios de vida actuales de los productores, para saber con qué cuentan en el presente y cómo actuarían ellos en un futuro frente al cambio climático (Stejskal y Fernández 2006). Esto es particularmente importante en comunidades rurales de Waslala que dependen de la producción de cacao como parte importante de sus medios de vida.

1.1 Objetivos del estudio

Objetivo general

Generar propuestas de adaptación de acuerdo a la capacidad adaptativa y resiliente del medio de vida cacaotal en Waslala, Nicaragua, al cambio climático.

Objetivos específicos

Indagar como cambios en temperatura y precipitación que se espera ocurran en Waslala, Nicaragua, afectarían la contribución de los cacaotales como medio de vida de las familias productoras.

Identificar propuestas de adaptación de la literatura que podrían aplicar las familias productoras de cacao en Waslala, Nicaragua para reducir los efectos del cambio climático.

Determinar la capacidad de las familias cacaoteras de Waslala, Nicaragua para implementar propuestas de adaptación y resiliencia mediante una evaluación de los capitales de su medio de vida cacaotal.

1.2 Hipótesis del estudio

El aumento de temperatura (entre 1.1-2.2°C) y la disminución en la precipitación (entre 90 mm-130 mm) afectarán negativamente la contribución de los cacaotales como medio de vida de las familias productoras.

Al menos 15 de 37 familias productoras de cacao en Waslala, Nicaragua, están preparadas para implementar alternativas de adaptación y resiliencia ante el cambio climático.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Generalidades del cultivo de cacao

El cacao (*Theobroma cacao*, L. Malvaceae) puede ser cultivado en monocultivo o en sistemas agroforestales (SAF) (Almeida y Valle 2008). El cacao (cultivo típicamente umbrófilo), ha sido cultivado tradicionalmente bajo sombra y/o con cultivos anuales o perennes por pequeños productores (Belsky y Siebert 2003, Pinzón et ál. 2004, Salgado et ál. 2007).

Condiciones climáticas óptimas para el cultivo de cacao

La producción del cacao se concentra en una banda estrecha de 20° al norte y al sur de la línea ecuatorial (Byker 2009, Efombagn et ál. 2009). Requiere suelos ricos en materia orgánica, francos arcillosos, profundos, topografía regular y buen drenaje, con pH que oscila de 4 a 7 (Omolaja et ál. 2009).

El crecimiento del cacao y su floración productiva están directamente controlados por factores ambientales como temperatura, precipitación y el estrés hídrico (Zuidema et ál. 2005). También pueden influir en la producción factores climáticos como: viento, radiación solar y humedad relativa. Se pueden dar alteraciones fisiológicas en el árbol (la planta elimina con mayor dificultad los productos metabólicos finales provocando el auto envejecimiento de las células), con temperaturas extremas por lo que se recomienda que el cultivo esté bajo sombra (Daymond y Hadley 2003). La temperatura es el factor climático que afecta más la fenología de las plantas (Alvarado et ál. 2002).

El rango de temperatura media para el desarrollo óptimo del cacao está entre 22 ºC y 30 ºC, mientras que la precipitación óptima está entre 1500 y 2500 mm anuales. Las familias productoras de Waslala, Nicaragua están situadas dentro de estos rangos óptimos para el cultivo de cacao.

Cuando hay periodos secos muy prolongados y severos se debe asegurar riego a las plantaciones. Por el contrario, cuando hay mucha precipitación y un aumento de la humedad

relativa se corre el riesgo de ataque por enfermedades como la monilia (*Moniliophthora roreri*) y la mazorca negra (*Phytophthora palmivora*) (Pinzón et ál. 2004, Phillips-Mora et ál. 2006). Con las inundaciones se corre el riesgo de perder la mayoría de las plantas en el cultivo y las que logran sobrevivir a los 35 días presentan senectud prematura en las hojas y se reduce la conductancia estomatal comprometiendo la producción (Rehem et ál. 2010). Los vientos fuertes y continuos provocan desecamiento y caída de las hojas por lo que se recomienda tener cortinas rompevientos (Bartley 2005, Byker 2009).

Importancia socioeconómica del cultivo de cacao en Centroamérica y Nicaragua

Pese a que la producción de cacao en Centroamérica no es significativa a nivel mundial a nivel local es muy importante ya que es parte de la economía y cultura de etnias que viven cerca de reservas de importancia nacional e internacional. Los rendimientos son bajos en la región (60 a 328 kg ha^{-1} $año^{-1}$), con una densidad de siembra de 700-1000 plantas ha^{-1} (CATIE 2010, Trognitz et ál 2011).

Nicaragua ocupa el lugar número 42 de los países que producen cacao en grano y participa en el comercio mundial con un 0.03% del producto total transado. La productividad promedio de cacao en Nicaragua es de 230 kg ha^{-1}, un 62% menor al promedio mundial de 370 Kg ha^{-1} (Büchert 2008). Actualmente, cerca de 1700 ha de cacao están plantadas en Waslala, típicamente cultivadas por pequeños productores (0.7 a 1 ha). Esta región aporta más del 50% de la producción de cacao en grano en Nicaragua (Trognitz et ál. 2011). Los principales mercados para el cacao en Nicaragua son: El Salvador, Costa Rica, Guatemala, Alemania, Holanda y Estados Unidos. En el mercado nacional están refresquerías nacionales, mercados capitalinos, empresas como la Parmalat, Momotombo y Café Soluble (CATIE 2010).

Los SAF con cacao son importantes en la economía campesina por ser un cultivo tradicional en zonas de escasos recursos económicos que permite al productor tener un ingreso adicional (Büchert 2008). Para los productores locales de Waslala, el cacao les genera el 45% de sus ingresos anuales (PCC-CATIE 2009). Esto lo logran en parte al diversificar su finca

cacaotera con cultivos como café, plátano, frutales y maderables. Muchos de los productores de Waslala trabajan con arreglos agroforestales para generarle sombra al cacaotal y también aprovechar una serie de productos como leña, madera y frutos (Sandino et ál.1999). Trabajan con una densidad de siembra de 625 plantas de cacao ha^{-1}, con un rango de 300 a 600 árboles de cacao ha^{-1}. Las plantaciones reciben poco manejo agronómico (poda y fertilización) y por esto incide la monilia. Según Bowers y Bailey (2001), es la enfermedad que más pérdidas genera en la zona y su diseminación se ve favorecida por la humedad, lo que explica los bajos rendimientos a nivel nacional (PCC-CATIE 2009, Trognitz et ál. 2011).

En un dosel cacaotero típico de la zona se pueden encontrar de 3 a 4 estratos: piso (0-1 m), bajo (1-8 m), medio (9-24 m) y alto (25-35 m). Dentro de las especies utilizadas como sombra de los cacaotales están las de los géneros *Erythrina, Gliricidia, Albizia* e *Inga*. Como especies maderables y de leña se usan especies como: *Cordia alliodora, Cedrela odorata, Tectona grandis, Eucalyptus camaldulensis, Tabebuia rosea*. Dentro de los frutales tenemos a *Persea americana*, *Citrus* spp., entre otros. Además de conservar el suelo, los SAF de cacao capturan CO_2 y acumulan biomasa (Somarriba 2007), sirviendo también como herramientas para la mitigación del cambio climático.

Cambio climático y mecanismos de adaptación

Se conoce como cambio climático a las variaciones en el clima atribuidas directa o indirectamente a la emisión de gases de efecto invernadero GEI por las actividades humanas. Los principales GEI que alteran la atmósfera y por ende el balance radiactivo del planeta son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y el ozono O_3 (IPCC 2007, Cifuentes 2010, Pechsiri et ál. 2010).

En los últimos años ha habido un gran interés a nivel mundial por reducir los impactos del cambio climático. La temperatura de la tierra ha incrementado 0.74 ºC entre 1906 y 2005 (IPCC 2007). Para enfrentar este incremento el principal mecanismo ha sido de mitigación mediante acciones para reducir las emisiones de GEI o aumentar las existencias en ecosistemas. Un mecanismo adicional es la adaptación. Esta se define como la capacidad que tienen los individuos y ecosistemas para sobrellevar cambios reales o previstos por estímulos climáticos y hacerle frente a las consecuencias que provoquen éstos para moderar los daños

(Locatelli et ál. 2008). El DFID (Department for International Development, entidad del Reino Unido), está muy interesado en que los países en vías de desarrollo tomen en cuenta el cambio climático y que consideren medidas de adaptación y resiliencia en sus proyectos de desarrollo. En el caso del cultivo del cacao el fomento de la agrobiodiversidad podría ayudar mucho ya que la diversidad genética puede proporcionar resistencia a plagas y enfermedades (Bioversity International 2010, DFID 2008). Otras estrategias de adaptación y resiliencia de los SAF con cacao que se proponen en la literatura, son incrementar la cobertura del suelo, adicionar materia orgánica al suelo e introducir prácticas de conservación de suelo. Algunas de estas también se describen en la sección 2.1.5.

Variables climáticas y el cultivo de cacao

El crecimiento y desarrollo del cacao son altamente dependientes del clima. Este influye en tres fases de la producción del cultivo de cacao: la germinación, establecimiento y rendimiento. En regiones donde la precipitación y la temperatura están definidas la floración se reduce en periodos secos y de lluvia. Las variaciones en la disponibilidad del agua en épocas de verano intenso es el factor climático preponderante que controla los procesos fisiológicos de la planta. Según Mejía y Arguello (2000), el crecimiento de las plantas jóvenes del cacao es controlado por mecanismos endógenos (factores fisiológicos y genéticos) y en las adultas por factores externos (factores ambientales).

Variaciones en su rango óptimo de crecimiento pueden, por tanto, afectar la actividad fotosintética, el desarrollo vegetativo, la floración y el desarrollo del fruto y la semilla (Alvarado et ál. 2002, Almeida y Valle 2008, Daymond y Hadley 2008, Omolaja et ál. 2009), además de la incidencia de patógenos y enfermedades (Oyekale et ál. 2009). En estudios internacionales, la influencia de la temperatura, la precipitación u otras variables climáticas sobre la producción varía según el sitio y el estudio realizado.

Joseph et ál. (2009), encontraron que el 50% de la incidencia de la enfermedad de la mazorca negra en las plantaciones de cacao en Costa de Marfil se debe a variaciones en la precipitación y las temperatura mínima y media. En un estudio realizado en Nigeria Lawal y Emaku (2007) tomaron en cuenta series de datos de temperatura, precipitación y humedad relativa en un período de 20 años para evaluar el efecto del cambio climático sobre la

producción del cacao. Los resultados demostraron que una temperatura de 29 ºC, una precipitación de 1125 mm y una humedad relativa del 74% son óptimas para maximizar la producción de cacao y disminuir la incidencia de las enfermedades como la mazorca negra. Oyekale et ál. (2009) demostró que el 74.7% de las variaciones en el rango óptimo en factores climáticos antes mencionados redujeron en un 3% el peso del cacao.

Según el estudio de Zuidema et ál. (2005), cuando la temperatura sobrepasa los 25 ºC, la planta consume más carbohidratos en el proceso de respiración reduciendo el rendimiento. Los resultados de la misma investigación señalan que la precipitación anual explica el 70% de la variación de la producción en las zonas tropicales. Los efectos de la precipitación sobre la producción podrían ser indirectos, si consideramos que la saturación de los suelos con las precipitaciones disminuye el área de las hojas, la conductancia estomática y la tasa fotosintética, además induce la formación de lenticelas y raíces adventicias (Almeida y Valle 2008). Por otro lado, Almeida y Valle (2008) y Souza et ál. (2006) destacan que el crecimiento y desarrollo de la planta del cacao están estrechamente influenciados por la temperatura. En lugares cálidos el cultivo de cacao está influenciado por la distribución de la lluvia. La floración del cacao es inhibida durante periodos de estrés hídrico y bajas temperaturas. En época de cosecha las mazorcas del cacao no se desarrollan adecuadamente, demostrando con esto que ambos factores son determinantes en el cultivo de cacao (Carr y Lockwoods 2011).

Una forma de mantener estables las condiciones ambientales para la producción de cacao es su establecimiento en sistemas agroforestales o bajo sombra natural. Esta ofrece un microclima favorable para el cultivo, además de mejorar las condiciones de suelo, por la adición de la materia orgánica que mejora la infiltración (Mejía y Arguello 2000, Boulay et ál. 2000). Porcentajes de sombra excesiva pueden ser un factor limitante para la producción de cacao ya que esta puede limitar la fotosíntesis y se da la competencia por agua y nutrientes por parte de los árboles que componen el dosel. En cambio en sombras bien manejadas evitan temperaturas excesivas en las hojas del cacao (Carr y Lockwoods 2011).

La información presentada anteriormente sugiere que usando datos climáticos la producción de cacao podría estimarse (Zuidema et ál. 2005), conociendo las posibles condiciones climáticas imperantes a futuro. Aguilar et ál. (2005), estudió cambios en la

temperatura y precipitación en Centroamérica y el norte de Suramérica tomando como referencia datos medidos en el período 1961-2003. Los resultados revelaron cambios tanto en la temperatura (incrementos en 0.1°C por década), como en la precipitación (episodios de precipitaciones más intensos) en Centroamérica. El aumento de temperatura provocaría estrés calórico a largo plazo, con la consiguiente disminución en la producción. Además, al intensificarse los episodios de precipitaciones en la zona, podría haber un deterioro en los cacaotales debido a plagas y enfermedades o muerte debido a la inundación. Por otro lado, la investigación de Carr y Lockwoods (2011), enfatiza la importancia de la irrigación y períodos secos necesarios en las diferentes fases del cultivo de cacao.

Estrategias de adaptación ante el cambio climático

El desarrollo de la capacidad adaptativa ante el cambio climático es una preocupación a nivel mundial. Diferentes estudios (Shapiro y Rosenquist 2004, Lane y Jarvis 2007, Levine y Encinas 2008, Claro 2008, Gonzáles 2008, Costa 2008, Walpole et ál. 2008, Sherwood et ál. 2009, Bahadur y Bhandari 2009), explican la importancia de adaptarse a los posibles efectos que el cambio climático provoque en la sociedad, ecosistemas y economía mundial (Global Environmental Change 2005). El estudio realizado por Adger et ál. (2005), sobre la adaptación natural y las implicaciones de esta en diferentes escalas espaciales, además hace énfasis en que es importante tomar en cuenta elementos como efectividad (aumentar la capacidad adaptativa), eficiencia (aumentar la capacidad adaptativa a un costo adecuado), equidad (toma en cuenta a todos los involucrados) y legitimidad (reconocida por todos los involucrados) como criterios de decisión a escala social para desarrollar mecanismos de adaptación ante un futuro incierto.

Los estudios de Locatelli (2008), Kandji et ál. (2006), Verchot et ál. (2006), Verchot (2007), Wang et ál. (2010) han demostrado que los SAF tienen un papel muy importante en la adaptación al cambio climático particularmente para los pequeños productores, ya que estos ecosistemas juegan un papel muy importante en el secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad, mejora los suelos, entre otros. Las estrategias de adaptación al cambio climático son variadas y dependen del tipo de cultivo, las condiciones socioeconómicas de la población meta, políticas del sector, entre otras. A continuación se reseñan algunas de estas alrededor del mundo.

Los habitantes de la franja del bosque de la cuenca Offin en Ghana, han propuesto estrategias de adaptación para que sus medios de vida no se vean tan afectados ante una disminución de la precipitación del 22% y un incremento en la temperatura de 1.3°C. Dentro de las estrategias que adoptaron están el fortalecimiento de la mayoría de los activos de la comunidad, hacer un mejor uso de los recursos naturales (capital natural), mejorar las prácticas agrícolas, conservación de agua por medio del conocimiento indígena y habilidades agrícolas (capital humano), hacer un mejor uso de los ahorros y remesas (capital financiero), construir pozos, puentes y caminos (capital físico). El capital social lo fortalecieron por medio de una mejor gestión de las organizaciones del gobierno (Amisah et ál. 2009).

Dentro de las estrategias de adaptación ante el cambio climático que se proponen en el proyecto ADAPCC-GTZ (2010) para los productores de café en América latina están, la diversificación de cultivos e ingresos, buenas prácticas del manejo del cultivo (manejo de la sombra/poda/plagas y enfermedades/suelo/uso de riego), nuevas tecnologías para el secado del café, mantenimiento y ampliación de la cobertura forestal, buen manejo de los recursos naturales, capacitaciones para promotores y productores, acceso a información y conservación de la diversidad genética.

En Uruguay se hizo un estudio de adaptación a cambios en el clima porque el 80% del territorio sembrado con pastizales que se destinan a la ganadería son ecosistemas con poca capacidad de retención de agua y se teme que haya sequías severas en la región en el futuro. Las estrategias de adaptación en este estudio consistieron en la organización de diversas instituciones para llegar a una meta en común que era ayudar a la población con este problema. Además, se crearon redes para asistir a los productores afectados y se desarrollaron respuestas tecnológicas como la adopción de sistemas de riego (Oyhantcabal 2008).

Una estrategia de adaptación al cambio climático propuesta por Torres et ál. (2008) para los productores de café y cacao en San Martin, Perú, es la adopción de SAF. Estos aprovechan el conocimiento tradicional del productor para generar conocimiento y, tecnologías de producción y aprovechar la diversificación de los productos ofertados para optimizar la producción. SAF bien manejados (arreglos forestales, niveles de sombra y densidad de árboles adecuados), con una mayor diversidad y que ofrezcan una mayor cantidad

de servicios agroforestales se recomiendan en el estudio de Zelaya y Laderach (2010) en Nicaragua.

En Mesoamérica se han hecho estudios para determinar las estrategias adaptativas utilizadas en el mercado del café, ya que muchos productores están teniendo problemas con las variaciones climáticas, plagas e inestabilidad de los precios. Las estrategias que se plantean son diversificación en los cafetales, sembrar variedades más resistentes y usar otros canales comerciales que apoyen al comercio justo (Castellanos y Urioste 2008).

Para la misma región, Elizondo et ál. (2010) proponen equidad y justicia social, conservación forestal, buen manejo de los recursos forestales, fortalecer los medios de vida de las comunidades indígenas e incentivar el secuestro de carbono como estrategias principales de adaptación. Estas son compatibles con estrategias de adaptación que se han planteado a nivel mundial, conservación de la diversidad, manejo adecuado de los recursos naturales y diversidad de SAF (Roberts et ál. 2009) las cuales pueden ser consideradas también para los productores de cacao.

Medios de vida

Los medios de vida sostenible son actividades que realizan las personas para sobrevivir. Los capitales de la comunidad (Cuadro 2) son recursos con los que cuentan las personas para mantenerse (Flora et ál. 2004). El análisis de los medios de vida sostenibles es una herramienta útil para entender cómo viven los productores, sus preferencias y sus objetivos. Sirve además para darnos cuenta cómo percibe el productor el mundo y como enfrenta su realidad (DFID 1999). Los medios de vida son sostenibles cuando las comunidades pueden enfrentar y recuperarse de situaciones de estrés (como el cambio climático, por ejemplo), cuando tienen la capacidad de mantener o mejorar sus recursos y capacidades, sin permitir el detrimento de los recursos naturales (IPCC 2007, Beckley et ál. 2008).

Para recolectar información de los medios de vida y hacer análisis posteriores de estos, primeramente se recolecta la información a través de entrevistas o encuestas estructuradas o semi-estructuradas. Luego se organiza la información en tablas o bases de datos para cada uno de los activos o capitales de los medios de vida (Imbach et ál. 2009).

Se hace a continuación un análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas) a cada uno de estos activos y se analizan las interacciones entre estos. Seguidamente se desarrolla una visión para ver estas interacciones e identificar espirales positivas y negativas. Posteriormente se seleccionan las interacciones de mayor interés al estudio para finalmente identificar los conflictos y análisis de poder (Imbach et ál. 2009).

Cuadro 2. Definición de los capitales o activos de la comunidad y sus indicadores según la metodología de medios de vida sostenible.

Capitales	**Definición**	**Indicadores**
Natural	Indica la existencia de recursos naturales de los cuales dependen las personas	Usos de la tierra, recursos naturales (agua, árboles, tierra, aire, ganado y otros), biodiversidad, características propias del paisaje como topografía y condiciones ambientales
Financiero	Son los recursos financieros de los cuales dispone la gente	Incluye los Flujos de capital en efectivo, crédito, ahorros, impuestos, donaciones y otros bienes económicos
Construido	Incluye la infraestructura para soportar las actividades de los demás capitales	Bienes y servicios públicos o privados
Social	Es la capacidad que tiene un grupo humano de emprender acciones colectivas que redunden en beneficio de todos sus miembros, basados en normas y reglas formales e informales	Interacciones entre los individuos, valores, creencias, tradiciones costumbres, historia e identidad
Cultural	Es lo que la gente percibe del mundo	Tradiciones y lenguaje
Humano	Representa las aptitudes, conocimientos, capacidades laborales y buena salud	Nivel de educación, capacitaciones recibidas, ocupación y estado de salud
Político	Es aquel que refleja los activos de poder, se refiere a la habilidad de la comunidad para ser escuchada y hacerse sentir en la sociedad	Normas, leyes y reglas de la comunidad

Fuente: Emery y Flora (2006)

Estudios realizados con análisis de medios de vida

Dentro de los estudios que se han hecho incorporando los análisis de medios de vida como herramienta para examinar los SAF con cacao como estrategias de medios de vida está el de Dahlquist et ál. (2007), en Talamanca, Costa Rica. Este estudio comparó los SAF con

cacao y otros cultivos, para explicar el cambio de uso de la tierra por parte de los productores. Ellos concluyeron que con asistencia y apoyo de las instituciones locales se podrían mejorar las prácticas en el cultivo de cacao para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades e incrementar los rendimientos productivos. Con esto se lograría incentivar la permanencia de este cultivo como estrategia de medio de vida de los territorios indígenas de Talamanca y contribuir a la conservación de la biodiversidad.

Un estudio de caso que analizó los medios de vida de las familias productoras de cacao orgánico en el municipio de Cunduacán, Tabasco, México (Martínez et ál. 2007), reveló que los capitales más fortalecidos de las familias fueron el físico y natural e hicieron énfasis en que la diversificación de cultivos e ingresos era muy importante como estrategia para reducir la vulnerabilidad.

Por otro lado, Laird et ál. (2007) encontró que la diversidad biológica y cultural juegan un papel muy importante en los medios de vida de 5 comunidades indígenas productoras de cacao en Camerún. El estudio se realizó con 118 familias productoras de cacao las cuales generan beneficios en la región, como la conservación de la biodiversidad entre otros.

En un estudio que se hizo con 64 productores del Alto Beni, Bolivia se identificaron 4 estrategias de vida principales: 1) agricultura como fuente de ingreso, 2) agricultura combinada con ganadería, 3) agricultura (empleo como jornalero), 4) agricultura y pequeñas empresas rurales apicultoras, venta de leche, queso y víveres. La consolidación de las organizaciones presentes en la zona son una estrategia para fortalecer estos medios de vida y así disminuir los efectos negativos de los factores de vulnerabilidad como la sequías, bloqueos de caminos e inestabilidad en los precios (Abruzzese et ál. 2005).

Tomando en cuenta que los cacaotales en Waslala, aportan más del 40% de los ingresos económicos familiares (CATIE 2010), el PCC “Proyecto Competitividad y ambiente en los territorios cacaoteros de Centroamérica” (conocido popularmente como Proyecto Cacao Centroamérica) está investigando el potencial que podrían tener los cacaotales para brindar servicios ambientales para mitigar el cambio climático. Como resultado inicial de ese proyecto

se pudo caracterizar los activos o capitales de los medios de vida de estos hogares cacaoteros (PCC-CATIE 2009).

Se determinó que el 53% de los hogares cacaoteros estudiados son manejados por hombres aunque no se puede negar el rol de la mujer en el hogar. La mitad de los jefes del hogar se dedican a actividades agropecuarias tanto dentro como fuera de la finca. Las labores o prácticas utilizadas en sus sistemas productivos vienen por herencia de sus padres que ha sido reforzado con capacitaciones. Culturalmente la mayoría de los jefes del hogar manifiestan una gran sensibilidad hacia la protección de los recursos naturales. Dentro del capital social hay instituciones del estado y privadas las cuales son ACAWAS (Asociación Campesina Waslala), ADDAC (Asociación para la Diversificación y el Desarrollo Agrícola) y CACAONICA (Cooperativa de servicios agroforestales y de comercialización de cacao-Nicaragua). Las instituciones estatales presentes en la región son INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria), MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal) entre otras (PCC-CATIE 2009).

Como parte del análisis del capital natural se encontró que el 89% de las fincas tiene sistemas agroforestales de cacao. El uso de sombra en los cacaotales es tradicional en estas fincas. Como árboles para sombra los productores utilizan el laurel *(Cordia alliodora)* y árboles frutales como cítricos y mangos. Las especies maderables son caoba *(Swietenia macrophylla),* cedro *(Cedrela odorata),* eucalipto *(Eucalyptus ssp).* Estas familias cuentan con bodegas, equipos y pequeñas áreas de almacenamiento de herramientas (capital físico) (PCC-CATIE 2009). Los 100 hogares tomados en cuenta en ese estudio están vinculados a CACAONICA ya que con esta cooperativa tienen posibilidades de recibir capacitaciones y asistencia técnica en la producción de cacao aparte de obtener mejores precios.

Resiliencia y adaptación de los SAF con cacao frente al cambio climático

ACICAFOC (2008) y Altieri (2010), han desarrollado metodologías que toman en cuenta indicadores para medir sustentabilidad en SAF con cacao. Con base en desarrollo posterior de estas metodologías, Altieri (2010) seleccionó 17 indicadores (Cuadro 3), como los más adecuados para recomendar estrategias de adaptación frente al cambio climático en la zona de Matiguás, Municipio de Matagalpa, Nicaragua, donde trabajó con pequeños

productores. Estos indicadores se evaluaron participativamente con facilitadores y agricultores mediante una guía de diagnóstico de resiliencia (Cuadro 4). Los colores verde, amarillo y rojo se utilizan para alertar al evaluador acerca de la condición del indicador. El verde representa la resiliencia óptima del indicador, y la roja lo opuesto. Para cada indicador el productor le asignó un valor (de 1 a 10) a cada color para representar la información de su finca de forma numérica. Los valores de 1 a 3 se clasificaron con el color rojo, del 4 al 7 con amarillo y del 8 al 10 con verde.

Cuadro 3. Indicadores para determinar la capacidad de adaptación y resiliencia de sistemas agroforestales con cacao en Waslala, Nicaragua.

Características de la finca	Indicadores	Variables y medidas
A nivel de paisaje	1. Diversidad paisajística	Cantidad de Laderas, Zonas bajas, Número de sistemas, variedad de sistemas de producción.
	2. Pendiente	Pendiente (%)
	3. Orientación a la pendiente	Grados
	4. Cercanía a bosques protectores	Distancia
	5. Cercanía a cerros protectores	Distancia
	6. Cortina rompe vientos o cercas vivas	Altura (m), densidad del dosel (%), Número estratos
	7. Cercanía a ríos	Distancia
A nivel de sistemas de producción	8. Diversidad de plantas	Índices de diversidad
	9. Diversidad de estratos verticales	Número de estratos
	10. Profundidad de raíces	Profundidad (m)
	11. DAP	DAP (cm)
	12. Estructura de suelo	Capacidad de infiltración
	13. Cobertura de suelo	(%)
	14. Practicas de conservación de suelo	Presencia de practicas
	15. Drenajes	Presencia de drenajes
	16. Autoconsumo	% de alimentos producidos en la finca
	17. Nivel de conocimiento del productor sobre prácticas de recuperación post-evento cambio climático	Nivel de conocimiento

Fuente: Altieri (2010)

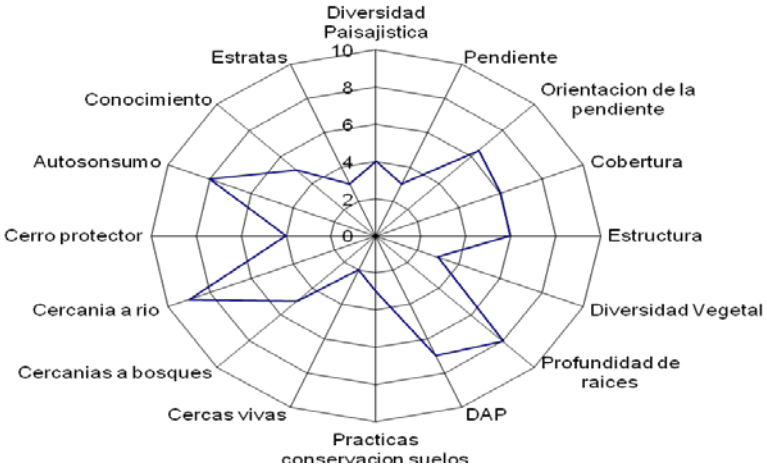
Cuadro 4. Guía de diagnóstico de los indicadores de resiliencia.

	Estado, situación y comentarios

Nombre del indicador	Verde (Óptimo) **Muy bien** conservarla	Amarillo (Intermedio) **Precaución** debe mejorar	Rojo (No deseado) **Riesgo** debe hacer mucho para mejorar
Indicador X	Calificación (8-10)	Calificación (4-7)	Calificación (1-3)

Nota: Los colores reciben una calificación correspondiente del 1-10. Fuente: Altieri (2010).

Para presentar los resultados de la guía de diagnóstico de los indicadores de resiliencia se utiliza un diagrama de ameba. Ésta compara simultáneamente la magnitud de varios indicadores dispuestos en una circunferencia. En el caso del estudio de Altieri (2010), los valores fueron asignados después que el grupo de trabajo visitó las fincas, recolectó la información y discutió los resultados con los productores para llegar a un consenso. A partir de esta representación se puede inferir que la cercanía a un río, el autoconsumo y la profundidad de las raíces del cultivo son los indicadores con resiliencia alta en esa finca, mientras que la ausencia de cercas vivas indica resiliencia baja para este sistema en particular (Figura 1).



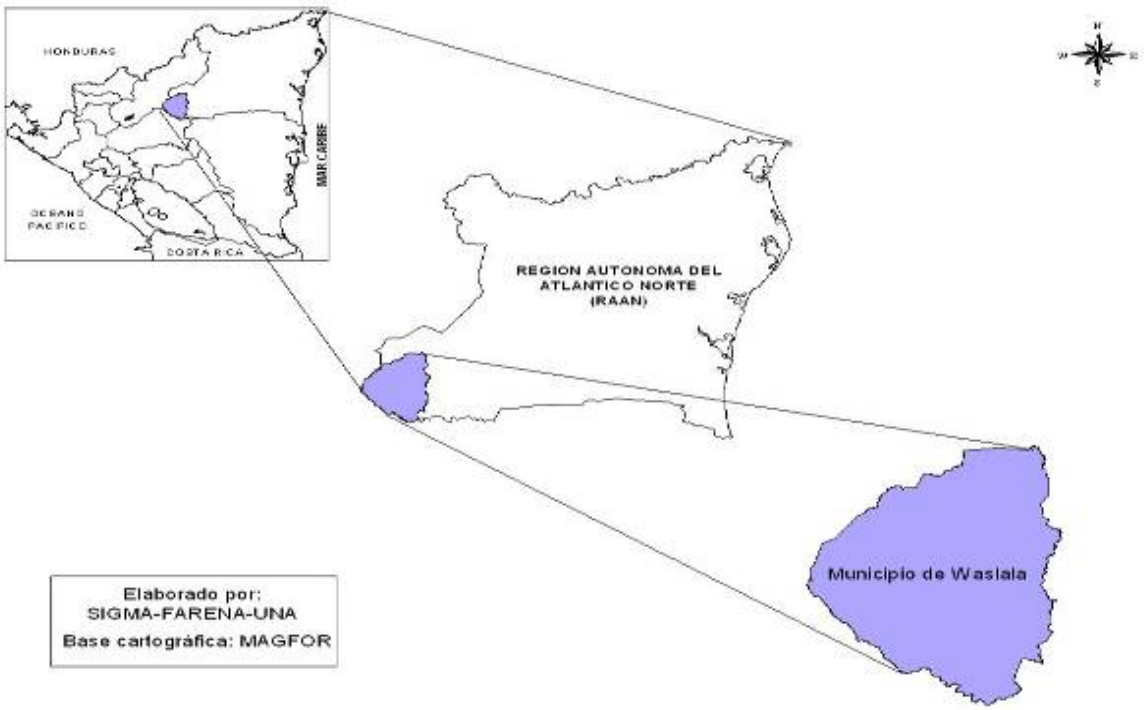
Fuente: Altieri (2010)

Figura 1. Ameba con valores de resiliencia en la finca El mango, Matiguás, Nicaragua.

3 MATERIALES Y METÓDOS

3.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizó en el Municipio de Waslala, Nicaragua, situado en el extremo sureste de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) entre las coordenadas 13º 20' de latitud norte y 85º 22' de longitud oeste (Figura 2). Por decretos administrativos y por la lejanía de su cabecera departamental, el Municipio es atendido política y administrativamente por Matagalpa (MESOTERRA 2009).



Fuente: MAGFOR

Figura 2. Ubicación del Municipio de Waslala, Nicaragua.

3.2 Descripción del área de estudio

Waslala es el territorio cacaotero más grande de Nicaragua y está ubicado en la zona de amortiguamiento de la Reserva de Biósfera de Bosawas, la mayor área protegida del país. El municipio de Waslala, tiene una extensión territorial de 1,330 km^2. La precipitación anual de la zona es de 2750 mm y los meses más lluviosos son de junio a octubre. La temperatura

media anual es de 24.1 ºC. La región se clasifica como bosque tropical húmedo (Holdridge 2000), con una humedad relativa de 84%. La elevación promedio es de 443 m, con colinas que ascienden hasta los 1200 m. La topografía es ondulada con pendientes promedio de 32%. Los suelos son medianamente fértiles en las partes más planas y pobres en las partes más altas. Se reportan suelos ferralíticos con un alto contenido de arcilla. La alta precipitación favorece la erosión de los suelos. Debido a la acumulación de los óxidos de hierro y aluminio los terrenos son pobres en nutrientes y con un pH bajo (Philipp y Gamboa 2003, Pinzón et ál. 2004). Los cultivos principales son: granos básicos (maíz y frijoles), musáceas (banano y plátano) y cítricos (naranja y limones), café y cacao como cultivos perennes. Otra de las actividades productivas de la zona es la ganadería de doble propósito (Gaitán 2005).

3.3 Selección de los productores de cacao a participar en el estudio

Las 37 familias productoras de cacao estudiadas se seleccionaron a partir de 250 productores socios de CACAONICA quienes trabajan con el PCC, y de los cuales ya se tiene un registro de los medios de vida. Uno de los criterios de selección del PCC fue el rango de altitud (217 a 693 m) donde se ubican las fincas (PCC-CATIE 2009). El PCC es una plataforma de cooperación entre CACAONICA y el CATIE, para trabajar conjuntamente en la innovación tecnológica, divulgación y aplicación del conocimiento sobre cacao. CACAONICA consta de 550 productores asociados y cuenta con el mayor protagonismo local y nacional en el tema de cacao (PCC 2010).

3.4 Colección de datos climáticos de diferentes regiones cacaoteras del mundo

Debido a que Waslala tiene una distribución restringida respecto al rango de temperatura y precipitación donde se cultiva el cacao, se utilizaron datos de otros países para construir una curva de respuesta clima-producción más amplia. Las variables de interés fueron temperatura media anual (°C), precipitación anual (mm) solamente.

Los datos climáticos fueron provistos por INETER, para Waslala estación meteorológica (EM) 55056; Quibdo, El Carano, Colombia (EM) 801440; Maracay-B.A Sucre, Venezuela (EM) 804160; Santa Cruz, Bolivia (EM) 852450; Villahermosa, México (EM)

767430; Ghana (Anim-Kwapong y Frimgpong, 2004); Nigeria (Lawal y Emaku, 2007). Los datos de producción fueron extraídos de FAOSTAT (faostat.fao/site/567/default.aspx#ancor).

Los cambios futuros en el clima se determinaron a partir de los escenarios climáticos (A2 y B2) para la zona de estudio. Los escenarios están disponibles por parte del Programa de Cambio Climático del CATIE y estudios varios publicados (Hulme et ál. 1999; Vincent et ál. 2005; Ray et ál. 2006; Christensen et ál. 2007; Rauscher et ál. 2008; Sheffield y Wood 2008; CEPAL 2009; Marengo et ál. 2010; Karmalcar et ál. 2010; Conde et ál. 2011).

3.5 Indicadores de la capacidad adaptativa y resiliente de las familias productoras de cacao frente al cambio climático

Se define como capacidad adaptativa a la capacidad de un sistema para enfrentar las consecuencias y reducir los efectos ante una nueva condición (cambio climático o evento extremo) (Luers et ál. 2003). La capacidad resiliente se define como la velocidad de recuperación y resistencia de los ecosistemas ante un evento extremo (Altieri 2010).

Se tomaron en cuenta como indicadores de la capacidad resiliente del capital natural la diversidad de estratos, diversidad de especies, pendiente y número de productos extraídos del cacaotal para autoconsumo. Para el capital cultural se analizaron las prácticas de conservación de suelo. De la revisión de literatura se seleccionaron las propuestas de adaptación al cambio climático más adecuadas que podrían aplicar las familias productoras de cacao en la zona de estudio. También se extrajeron los 42 indicadores de los demás capitales, quedando finalmente 47 (Cuadro 5).

Para determinar cuáles podrían ser las propuestas de adaptación más apropiadas, se revisó en primer lugar la línea base del PCC de las familias productoras para entender el medio de vida cacaotal y así seleccionar las propuestas de capacidad adaptativa y resiliente que podrían utilizar estas familias ante el cambio climático. De la caracterización de los medios de vida de los productores de cacao incluidos en la línea base del PCC, se extrajo información de 13 de los 47 indicadores: número de estratos verticales, riqueza de especies, densidad de cacao, densidad de musáceas, densidad de árboles, pendiente, altitud, edad del cacaotal, producción de cacao en (kg), número de capacitaciones recibidas del cultivo de

cacao, prácticas realizadas para conservar los suelos, prácticas realizadas para conservar los recursos naturales y número de prácticas realizadas en el cacaotal. Por medio de una encuesta a las familias productoras se complementó la información de los 34 indicadores que faltaban (Anexo 1).

Los indicadores de resiliencia con los que se trabajó están relacionados con la capacidad adaptativa que poseen las fincas de SAF, según los indicadores de capacidad adaptativa y resiliente (Cuadro 5). Todos estos son atributos o características consideradas relevantes para evaluar los posibles daños que pueda recibir una finca de proseguir el cambio climático.

Cuadro 5. Matriz de indicadores utilizados para medir capacidad adaptativa y resiliente del cacaotal como medio de vida en Waslala, Nicaragua.

Capitales	**Indicadores**	**Código**	**Unidades**
Natural	Diversidad de estratos verticales	(# Est)	#
	Diversidad de especies de plantas	(Riq Esp)	Riqueza
	Densidad de cacao	DC (ha)	#
	Densidad de musáceas	DM (ha)	#
	Densidad de árboles	DA (ha)	#
	Productos extraídos del cacaotal	(# PEC)	#
	Productos Usados Cacaotal Autoconsumo	(# PUCA)	#
	Productos Usados Cacaotal Consumo Animal	(# PUCCA)	#
	Productos Usados Fuera Cacaotal Autoconsumo	(# PUFCCA)	#
	Altitud	Altitud	m
	Pendiente	(Pend%)	%
	Edad del cacaotal	EC (Años)	Años
Financiero	Producción	Prod (Kg)	Kg
	Ingreso del cacaotal	I ($)	$
	Ingreso de productos extraídos del cacaotal	IPEC ($)	$
	Total de ingresos del cacaotal	TIC ($)	$
	Ingreso de productos extraídos fuera del cacaotal	IPEFC ($)	$
	Total de ingresos	TI ($)	$
	Ingreso del cacaotal	IC (%)	%
	Ingreso fuera del cacaotal	IFC (%)	%
	Gasto anual	GA ($)	$
	Pago del jornal al año	PJA ($)	$
	Costo del transporte por carga	CTP ($)	$
Construido	Área del cacaotal	AC (ha)	Ha
	Tiempo Demora Casa Cacaotal	(TDCC)	Min

	Distancia de las fincas hacia CACAONICA	(DFCACAO)	Km
	Tiempo que se demora de la finca a CACAONICA	(TDFC)	Hr (s)
	Tiempo Demora Conseguir Transporte	(TDCT)	Min
	Distancia Cacaotal Casa Familiar	(DCCF)	m
	Servicios públicos	(# SPDP)	#
Social	Conformidad del productor con CACAONICA	(CPC)	Si o no
	Fuentes de información	(# FI)	#
	Instituciones donde venden sus productos	(# IDVP)	#
Cultural	Prácticas que le realicen al cacaotal	(#PHC)	# de prácticas
	Prácticas de conservación de suelos	(# PRPCS)	# de prácticas
	Prácticas que realizan para conservar los recursos naturales	(# PUPCRN)	# de prácticas
	Disponibilidad de regar el cacaotal en caso de sequía	(DRCCS)	Si o no
	Disponibilidad de agua para regar	(DAR)	Si o no
	Reacción frente a huracán o lluvia excesiva	(RFHLLE)	Permanecer en casa o buscar lugar seguro
	Reacción ante una baja en los precios del cacao	(RPABPPM)	Tiene paciencia o vende al mercado local
Humano	Capacitaciones recibidas sobre cacao	(# CRC)	#
	Personas contratadas	(# PC)	#
	Miembros de la familia que ayudan en el cacaotal	(# MFAC)	#
	Experiencia en el manejo del cultivo de cacao	(EMCC)	Años
	Miembros de la familia	(# MF)	#
	Horas trabajadas al año por la mano de obra familiar en el cacaotal	(#HTACMOF)	#
	Jornales al año	(# JA)	#

Fuente: Adger et ál. (2005), Amisah et ál. (2009), Lane y Jarvis (2007), Oyhantcabal (2008), Torres et ál. (2008), Altieri (2010), Shapiro y Rosenquist (2004), Castellanos y Urioste (2008), Elizondo et ál. (2010), ADAPCC-GTZ (2010), Roberts et ál. (2009).

La información anterior, se utilizó para identificar por medio de análisis estadísticos las características de las fincas y los capitales de los medios de vida de las 37 familias productoras de cacao estudiadas que deben ser mantenidas, mejoradas o modificadas para adaptarse al cambio climático. Esto se aborda más detalladamente en la parte estadística de este estudio. No se tomaron en cuenta indicadores del capital político ya que por motivos culturales no es conveniente mencionar temas tan delicados en la zona de estudio.

3.6 Diagnóstico de los indicadores de resiliencia y adaptación

Se elaboró una matriz de diagnóstico con variables categóricas a partir de rangos obtenidos de la literatura para cada uno de los 47 indicadores de capacidad adaptativa y resiliente (Cuadros 6 al 11). Los indicadores del capital natural se categorizaron como

resiliencia alta (RA) o resiliencia baja (RB). Los indicadores de los demás capitales se categorizaron como capacidad adaptativa alta (CAA) o capacidad adaptativa baja (CAB).

Cuadro 6. Rangos de clasificación para los indicadores de resiliencia del capital natural con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias

Indicador	**Combinación y valores**		**Bibliografía**
	RA	**RB**	
# Est	(3-4)	(1-2)	(Somarriba 2004, López y Somarriba 2005)
Riq (Esp)	(7-32)	(6-1)	(Ortiz y Somarriba 2005)
DC (ha)	(220/1260)	(656-1960)	(Somarriba 2004, Vega y Somarriba 2005, Trognitz et ál. 2011)
DM (ha)	(260)	(0-1148)	(Ortiz y Somarriba 2005)
DA (ha)	(40-650)	(3528)	(Somarriba 2004)
# PEC	(5-11)	(1-4)	(Orozco et ál. 2008, Suárez 2008)
# PUCA	(5-10)	(0-4)	(Ortiz y Somarriba 2005)
# PUCCA		(0-2)	(Ortiz y Somarriba 2005)
# PUFCCA		(0-1)	(Roberts et ál. 2009)
Altitud	(217-693)		(Ortiz y Somarriba 2005, Laderach et ál. 2011)
Pend (%)	(3-19)	(20-90)	(Altieri 2010)
EC (Años)	(12-35)		(Suatunce et ál. 2003, Edwin y Masters 2005)

Resiliencia alta (RA), resiliencia baja (RB), número de estratos (# Est), riqueza de especies Riq (Esp), densidad de árboles de cacao ha^{-1} (DC), densidad de árboles de musáceas ha^{-1} (DM), densidad de árboles ha^{-1} (DA), número de productos extraídos del cacaotal (# PEC), número de productos extraídos del cacaotal usados para autoconsumo (# PUCA), número de productos del extraídos del cacaotal usados para consumo animal (# PUCCA), porcentaje de pendiente Pend (%), número de productos extraídos fuera del cacaotal para consumo animal (# PUFCCA), Altitud, edad del cacaotal EC (Años).

Cuadro 7. Rangos de clasificación para los indicadores de capacidad adaptativa del capital financiero con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias

Indicador	Combinaciones y valores		Bibliografía
	CAA	CAB	
Prod (Kg)	(1043-2268)	(226.8-680.4)	(Ortiz y Somarriba 2005, Franzen y Borgerhoff 2007, Cooper et ál. 2008, Trognitz et ál. 2011)
I ($)	(1092.9-2513)	(437.2-874.3)	(López y Somarriba 2005)
IPEC ($)	(112.1-19730.9)	(0)	(Lane y Jarvis 2007)
TIC ($)	(1092.9-20168.1)	(0-874.3)	(Lane y Jarvis 2007)
IPEFC ($)	(121.1-5964.1)	(0)	(López y Somarriba 2005)
TI ($)	(1092.9-20168.1)	(437.2-874.3)	(Orozco et ál. 2008)
IC (%)	(100)	(50 >)	(Orozco et ál. 2008)
IFC (%)	(15.6-100)	(0)	(Orozco et ál. 2008)
GA ($)	(1092.9-5292.6)	(437.2-901.0)	(Orozco et ál. 2008)
PJA ($)	(18.8-839.2)	(1031.0-1935.4)	(Kayode 2009)
CTP ($)	(0.4-1.1)	(2.2-1)	(Kayode 2009)

Capacidad adaptativa alta (CAA), capacidad adaptativa baja (CAB), producción de cacao en kilogramos Prod (Kg), ingreso en dólares por la venta del cacao Ingreso ($), ingresos en dólares de productos extraídos del cacaotal IPEC ($), total de ingresos del cacaotal TIC ($), porcentaje de ingresos del cacaotal IC (%), gasto anual GA ($), pago del jornal en dólares al año PJA ($), costo en dólares por transporte CTP ($), ingreso de productos fuera del cacaotal IPEFC ($), total de ingresos TI ($), ingreso fuera del cacaotal en porcentaje IFC (%).

Cuadro 8. Rangos de clasificación para los indicadores de capacidad adaptativa del capital construido con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias

Indicador	Combinaciones y valores		Bibliografía
	CAA	CAB	
AC (ha)	(0.5-2.5)		(Elizondo et ál. 2010, Franzen y Borgerhoff 2007)
# SPDP		(2)	(Elizondo et ál. 2010, Amisah et ál. 2009)
DFCACAO (Km)	(2-18)	(25-43)	(Elizondo et ál. 2010, Amisah et ál. 2009)
TDFC	(0.5-2)	(3-4)	(Ploetz 2007, Elizondo et ál. 2010, Amisah et ál. 2009)
TDCT (Min)	(1-30)	(45-120)	(Elizondo et ál. 2010, Amisah et ál. 2009)
DCCF (Mt)	(8.3-419)	(600-4000)	(Elizondo et ál. 2010, Amisah et ál. 2009)
TDCC (Min)	(1-15)	(20-60)	(Elizondo et ál. 2010, Amisah et ál. 2009)

Capacidad adaptativa alta (CAA), capacidad adaptativa baja (CAB), área del cacaotal AC (ha), número de servicios públicos de los que dispone el productor (#SPDP), distancia de la finca a CACAONICA DFCACAO (Km), tiempo que se demora de la finca al cacaotal (TDFC), tiempo que se demora de la casa al punto de conseguir transporte (TDCT), distancia del cacaotal a la casa familiar (DCCF), tiempo que se demora del cacaotal a la casa (TDCC).

Cuadro 9. Rangos de clasificación para los indicadores de capacidad adaptativa del capital social con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias

Indicador	Combinaciones y valores		Bibliografía
	CAA	CAB	
# IDVP	2	1	(Castellanos y Urioste 2008, Amisah et ál. 2009)
# FI	(2-3)	1	(ADAPCC-GTZ 2010, Amisah et ál. 2009, McKay 2009)
CPC	1	0	(Elizondo et ál. 2010, Amisah et ál. 2009)

Capacidad adaptativa alta (CAA), capacidad adaptativa baja (CAB), número de instituciones donde venden su producto (IDVP) , número de fuentes de información con las que cuenta en productor (# FI), conformidad del productor con CACAONICA (CPC).

Cuadro 10. Rangos de clasificación para los indicadores de capacidad adaptativa del capital cultural con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias

Indicador	Combinaciones y valores		Bibliografía
	CAA	CAB	
# PHC	(4-8)	(1-3)	(Torres et ál. 2008, ADAPCC-GTZ 2010)
# PRPCS	(4-5)	(0-1)	(Torres et ál. 2008, ADAPCC-GTZ 2010)
# PUPCRN	(4-7)	0	(Torres et ál. 2008, ADAPCC-GTZ 2010)
DRCCS	1	0	(Altieri 2010, Davies y Saqid 2010, Altieri y Nicholls 2009)
DAR	1	0	(Altieri 2010, Davies y Saqid 2010, Altieri y Nicholls 2009)
RFHLLE	0	1	(Elizondo et ál. 2010, Amisah et ál. 2009)
RPABPPM	1	0	(Elizondo et ál. 2010, Amisah et ál. 2009)

Capacidad adaptativa alta (CAA), capacidad adaptativa baja (CAB), número de prácticas hechas al cacaotal (# PHC), número de prácticas realizadas para conservar los suelos (# PRPCS), número de prácticas usadas para conservar los recursos naturales (# PUPCRN), reacción del productor en caso de un huracán o lluvia excesiva (RFHLLE), reacción del productor en caso de una baja en los precios del producto en el mercado (RPABPPM), disponibilidad de regar el cacao en caso de sequía (DRCCS); disponibilidad de agua para el cultivo(DAR).

Cuadro 11. Rangos de clasificación para los indicadores de capacidad adaptativa del capital humano con los que se elaboró el análisis de conglomerados, tablas de contingencia y análisis de correspondencias

Indicador	Combinación		Bibliografía
	CAA	CAB	
EMCC	(10-30)	(5-8)	(Torres et ál. 2008, Amisah et ál. 2009, Edwin y Masters 2005)
# MF	(4-16)	(6-14)	(Quenta et ál. 2005, Amisah et ál. 2009)
# MFAC	(3-9)	(1-2)	(Kayode 2009, Quenta et ál. 2005)

# PC	(0-3)	(5-6)	(Kayode 2009, Amisah et ál. 2009)
# HTACMOF	(1152-13824)	(768-960)	(Kayode 2009, Amisah et ál. 2009)
# JA	(6-96)	(144-576)	(Kayode 2009, Amisah et ál. 2009)
# CRC	3	(0-2)	(ADAPCC-GTZ 2010, Amisah et ál. 2009)

Capacidad adaptativa alta (CAA), capacidad adaptativa baja (CAB), experiencia del productor en el manejo del cultivo de cacao EMCC (años), número de miembros de la familia (# MF), número de miembros de la familia que ayudan en el cacaotal (# MFAC), número de personas contratadas (# PC), número de horas al año trabajadas en el cacaotal por la mano de obra familiar (# HTACMOF), número de jornales al año (# JA), capacitaciones recibidas de cacao (# CRC).

3.7 Métodos Estadísticos

Se desarrollaron dos bases de datos en dos hojas de cálculo de Excel. Una de ellas contiene tanto la variable de producción de cacao como las variables de temperatura media anual y precipitación anual de 6 países y la zona de estudio (Waslala, México, Nigeria, Ghana, Bolivia, Venezuela y Colombia). La otra base de datos incluye los 47 indicadores de capacidad adaptativa y resiliente (Cuadro 5). Las bases de datos en Excel se trasladaron al software estadístico InfoStat Profesional versión 2011 para los análisis estadísticos.

Se elaboraron gráficos de tendencia con las variables de temperatura, precipitación y producción de los seis países, para observar el comportamiento de la producción con respecto a la temperatura y precipitación. Las tendencias se elaboraron sacando el efecto fijo de país y de año debido a la alta variabilidad de los datos. Se realizó un análisis estadístico de modelos lineales generales y mixtos para probar interacciones entre las variables climáticas y la producción. También se realizó un análisis de correlación de Pearson para ver la asociación lineal entre las variables (Anexo 2 y 3) (Di Rienzo et ál. 2008).

Los indicadores de resiliencia y capacidad adaptativa (variables categóricas ordinales) se transformaron en variables discretas para representar resiliencia baja (RB), capacidad

adaptativa baja (CAB), resiliencia alta (RA) y capacidad adaptativa alta (CAA) en el análisis de conglomerados. Se seleccionó la distancia Jaccard, porque mejor distribuía a los productores en cada conglomerado. A partir del análisis de conglomerado se formaron tablas de contingencia para determinar la significancia de los indicadores. De seguido se hizo un análisis de correspondencia con los indicadores seleccionados. capital natural: *número de productos extraídos del cacaotal (# PEC), número de productos extraídos del cacaotal para consumo animal (# PUCCA),número de productos extraídos fuera del cacaotal para autoconsumo (#PUFCCA, Pendiente,* capital financiero: *ingreso del cacao I ($), ingresos de productos extraídos del cacaotal IPEC ($), total de ingresos del cacaotal TIC ($), gasto anual GA ($), total de ingresos TI ($) ingreso del cacaotal (IC),* capital construido: *tiempo que se demoran de la casa al punto de conseguir transporte TDCT (M), distancia de la cacaotal a la casa familiar (DCCF), tiempo que se demora de la casa al cacaotal (TDCC),* capital cultural: *disponibilidad de regar el cacao en caso de sequía (DRCCS), disponibilidad de agua para riego (DAR),* capital humano: *número de miembros de la familia (# MF), horas trabajadas al año por la mano de obra familiar (HTACMOF), número de jornales al año (#JA)* y *número de miembros de la familia que ayudan en el cacaotal (# MFAC).*

Las recomendaciones de adaptación a los productores estudiados para cada indicador se hicieron a partir de las frecuencias absolutas de las tablas de contingencia para cada uno de los indicadores. Las propuestas de adaptación se elaboraron a partir de la caracterización de los productores por conglomerado, tablas de contingencia y análisis de correspondencia (Di Rienzo et ál. 2008).

4 RESULTADOS

4.1 Objetivo 1: Indagar como los cambios en la temperatura y precipitación afectarían la contribución de los cacaotales a las familias productoras de Waslala, Nicaragua

Contrario a lo esperado, no se encontró relación clara entre las variables climáticas y la producción, (Figura 3 y 4). La producción de cacao a nivel mundial presenta un no-significativo, pero ligero ascenso a medida que aumenta la precipitación, pero sólo a partir de los 1900 mm (Figura 3). En el caso de la temperatura, no presenta una relación significativa con la producción (Figura 4), aunque hay una aparente tendencia positiva. A nivel general, el máximo r^2 obtenido en el análisis de correlación fue 0.64 (con valor mínimo de p=0.15, Anexo 2). La ausencia de relaciones claras puede deberse a la alta variabilidad incluida en los datos recopilados. Idealmente, se requeriría controlar las tendencias por variedad plantada, tipo de suelo, edad del cultivo, etc. Sin embargo los datos originales no permiten hacer esas diferencias, limitando así el poder del análisis.

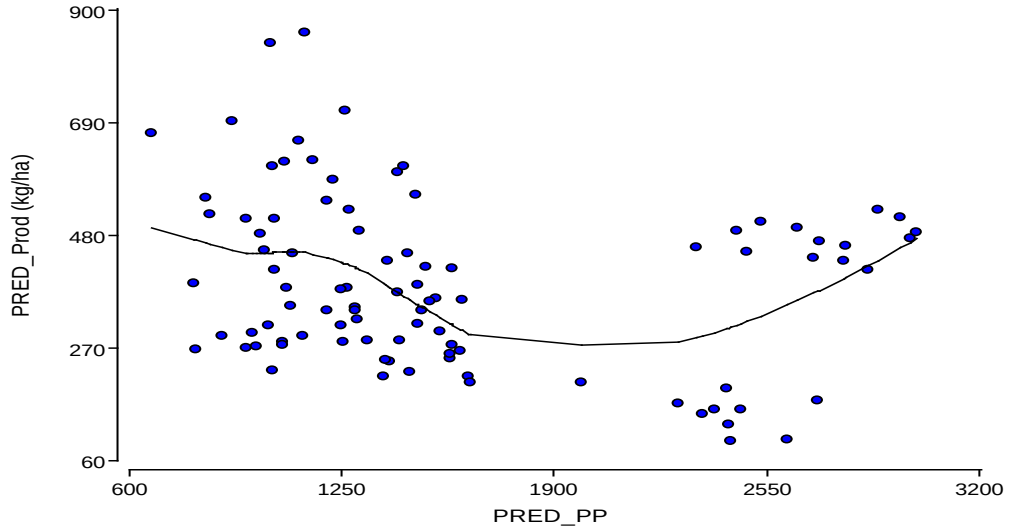


Figura 3. Precipitación anual y producción de cacao en 6 países y en el municipio de Waslala, Nicaragua.

Fuente: Datos climáticos de INETER, para Waslala, Quibdo, El Carano (Colombia) Estación Meteorológica (EM) 801440, Maracay-B.A Sucre, Venezuela (EM) 804160, Santa Cruz, Bolivia (EM) 852450, Villahermosa, México (EM) 767430, Ghana (Anim-Kwapong y Frimgpong, 2005), Nigeria (Lawal y Emaku, 2007). Datos de producción FAOSTAT. BO: Bolivia, ME: México, VE: Venezuela, NG: Nigeria, GH: Ghana, CO: Colombia, Was: Waslala.

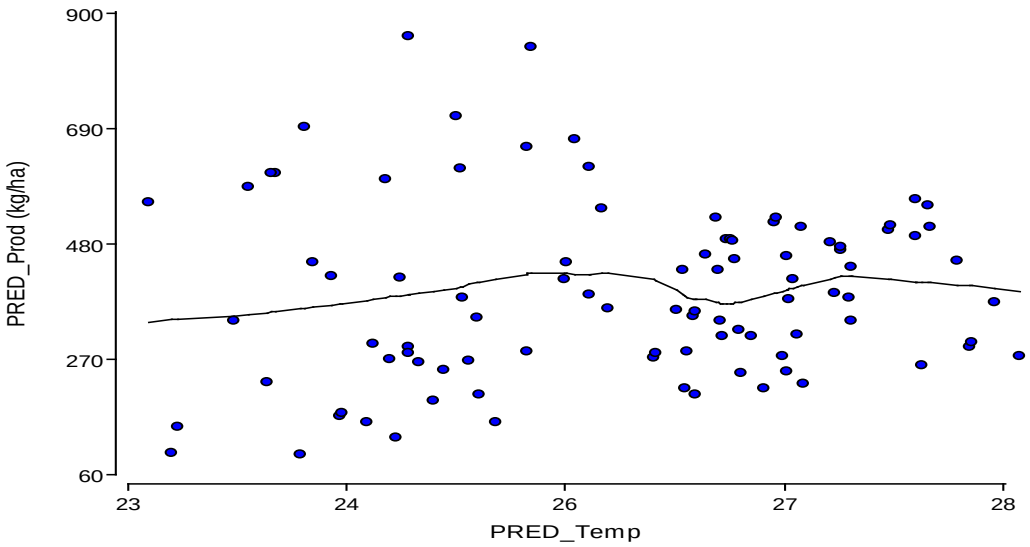


Figura 4. Temperatura media anual y producción de cacao en 6 países y en el municipio de Waslala, Nicaragua.

Fuente: Datos climáticos de INETER, para Waslala, Quibdo, El Carano (Colombia) Estación Meteorológica (EM) 801440, Maracay-B.A Sucre, Venezuela (EM) 804160, Santa Cruz, Bolivia (EM) 852450, Villahermosa, México (EM) 767430, Ghana (Anim-Kwapong y Frimgpong, 2005), Nigeria (Lawal y Emaku, 2007). Datos de producción FAOSTAT. BO: Bolivia, ME: México, VE: Venezuela, NG: Nigeria, GH: Ghana, CO: Colombia, Was: Waslala.

Modelos climáticos

La incertidumbre de los escenarios climáticos es más evidente en el parámetro de precipitación, aunque para la región Centroamericana más del 50% de ellos sugieren una tendencia a disminuir. En el caso de la temperatura la tendencia del 80% de los modelos muestra un incremento en la temperatura. Al no tener modelos ni predicciones futuras locales para Waslala, se tomaron en cuenta escenarios para Latinoamérica y el Caribe para tener una visión de lo que podría pasar en la zona de estudio. En general, los estudios sugieren un aumento de temperatura de 0.4 a 6 °C y una disminución en la precipitación entre -6 a -30 mm (Cuadro 12). Haylock et ál. (2005), elaboraron predicciones para Sudamérica y Hulme et ál. (1999) predicciones para Mesoamérica. En el estudio de Aguilar et ál. (2005) para Centroamérica y el norte de Sudamérica, se evidencia un incremento en los días y noches cálidas, en la temperatura máxima y mínima, y una disminución de días y noches frías entre

1961 y 2003. Durante el mismo período hay mayor frecuencia de eventos lluviosos intenso y han aumentado los días secos en Centroamérica.

Para Centroamérica se espera que la época lluviosa sea de mayo a octubre y el veranillo de julio a agosto en la costa del pacífico (Rauscher et al. 2008). Scheffield y Wood (2008), pronostican bajo el escenario A2 sequías más largas.

Cuadro 12. Proyecciones de cambio climático para Latinoamérica y el Caribe.

Lugar	T (°C)			PP (%)			Período				Referencia
	A2	B2	NE	A2	B2	NE	2020	2050	2080	2100	
MX	+ 3.2	+ 2.2								x	Conde et ál. (2011)
CA	(+0.4, 1.7)					(-7, +7)	x				CEPAL (2009)
	(+1, + 4)					(-15,+3)		x			
	(+1, +6)					(-30,+8)				x	
CA			+3.2			(-16,-21)					Karmalcar et ál. (2010)
CA			+3.2			-9					Christensen et ál. (2007)
CBM						-15.4					Ray et ál. (2006)
CA				-11	-6			x			Hulme et ál. (1999)
				-16	-8				x		

MX: México, CA: Centroamérica, CBM: Corredor Biológico Mesoamericano, NE: No especifica.

La temperatura y precipitación son factores determinantes para la producción del cacao. Los extremos en los rangos climáticos óptimos pueden provocar pérdidas en la producción. Se deben tomar en cuenta otros factores como el manejo de la plantación para poder hacer inferencias más acertadas. En el caso de Waslala, el cambio climático podría no tener efectos en el cultivo de cacao ya que la zona de estudio mantendrá sus condiciones óptimas para el SAF con cacao. Sin embargo, faltan predicciones climáticas locales más detalladas que pudieran alimentar modelos ecofisiológicos de cacao para realizar predicciones más confiables.

4.2 Objetivo 2: Identificar propuestas de adaptación de la literatura que podrían aplicar las familias productoras de cacao en Waslala, Nicaragua para reducir los efectos del cambio climático.

Se seleccionaron 9 propuestas de adaptación de la literatura (Cuadro 13) tomando en cuenta las caracterizaciones de los productores de CACAONICA extraídas de la línea base del PCC. También se consultaron las propuestas de Castellanos y Urioste (2008), Elizondo et ál. (2010), ADAPCC-GTZ (2010) y Roberts et ál. (2009), las cuales se abordan en la sección 2.1.5.

Cuadro 13. Propuestas de adaptación para las familias productoras de cacao seleccionadas en la literatura.

Autores	Propuestas Seleccionadas
Altieri (2010)	1. Incrementar la diversidad de especies de árboles de sombra y el número de estratos verticales. 2. Prácticas de conservación de suelos 3. Buen manejo de los recursos naturales
Adger et ál. (2005)	4. Aprovechar la diversidad de productos y beneficios de los sistemas agroforestales con cacao.
Lane y Jarvis (2007)	5. Insertar los productos al mercado nacional e internacional
Shapiro y Rosenquist (2004)	6. Mejor organización en las cooperativas que se formen en las comunidades para atraer el apoyo de otras instituciones ya sean públicas o privadas.
Amisah et ál. (2009)	7. Capacitaciones para productores
Oyhantcabal (2008)	8. Buenas prácticas del manejo del cultivo (manejo de sombra/poda/plagas y enfermedades.
Torres et ál. (2008)	9. Fortalecimiento de la mayoría de los capitales de los medios de vida de la comunidad.

4.3 Objetivo 3: Determinar la capacidad de las familias cacaoteras de Waslala, Nicaragua para implementar propuestas de adaptación y resiliencia mediante una evaluación de los capitales de su medio de vida cacaotal.

Se formaron tres conglomerados según las capacidades de las familias cacaoteras para implementar propuestas de adaptación. Los productores del conglomerado 1 están más

preparados para implementar las propuestas de adaptación ante el cambio climático seguido de los productores del conglomerado 3 y 2. El conglomerado 1 tiene el mayor número de productores (21) y presentó mayor resiliencia y capacidad adaptativa ya que perciben mayores ingresos por la venta de cacao y otros productos. Los 10 productores del conglomerado 3 presentaron mayor capacidad adaptativa y resiliente que el conglomerado 2, ya que reciben mayores beneficios de los productos extraídos del cacaotal. El conglomerado con menor resiliencia es el conglomerado 2 (6 productores). Estos productores deben diversificar los productos que extraen del cacaotal para mejorar su capacidad adaptativa y resiliente.

Los productores pertenecientes al conglomerado 1 presentan resiliencia o capacidad adaptativa alta en los indicadores *área del cacaotal (AC), Total de ingresos TI ($), ingresos del cacaotal IC (%)* y muestran capacidad adaptativa baja en *prácticas realizadas para conservar los suelos (# PRPCS), prácticas usadas para conservar los recursos naturales (#PUPCRN)* y *experiencia en el manejo del cacaotal (EMCC).* Los productores miembros del conglomerado 1 perciben mayores ingresos ($ 3583.1) tanto por el cultivo de cacao como por otros cultivos como el café, frijoles y maíz que los productores del conglomerado 2 ($ 2388.5) y 3 ($ 661.3). Esto destaca la importancia de diversificar los cultivos en la plantación. Sin embargo, no utilizan prácticas para conservar los recursos naturales y tienen menos experiencia en el manejo del cacaotal, debido a que se dedican a otros cultivos. Los productores asociados a este conglomerado son quienes estarían mejor preparados para implementar las propuestas adaptativas y resilientes presentadas anteriormente.

Los productores pertenecientes al conglomerado 2 presentan capacidad adaptativa alta en *pago del jornal al año (PJA), número de personas contratadas (#PC) y número de jornales al año (#JA)* y muestra capacidad adaptativa baja en *total de ingresos TI ($) e ingreso del cacaotal IC ($).* Los productores del conglomerado 2 tienen menos personas contratadas (1) con respecto a los productores del conglomerado 1 y 3, por lo tanto, disponen más de la mano de obra familiar esto beneficia a los productores ya que disminuyen el gasto en contratar a otras personas ajenas al núcleo familiar.

Los productores pertenecientes al conglomerado 3 presentan capacidad adaptativa alta en los indicadores *pendiente Pend (%), producción del cacaotal (kg), total de ingresos del*

cacaotal TIC ($) y gasto anual GA ($) y muestran capacidad adaptativa baja en *horas al año trabajadas por la mano de obra familiar (HTACMOF).* Los productores del conglomerado 3 poseen menos de 19 % de pendiente en sus parcelas lo cual se considera adecuado para el cultivo de cacao, además son los productores que producen más cacao, pero disponen menos de la mano de obra familiar lo que aumenta la demanda de mano de obra contratada.

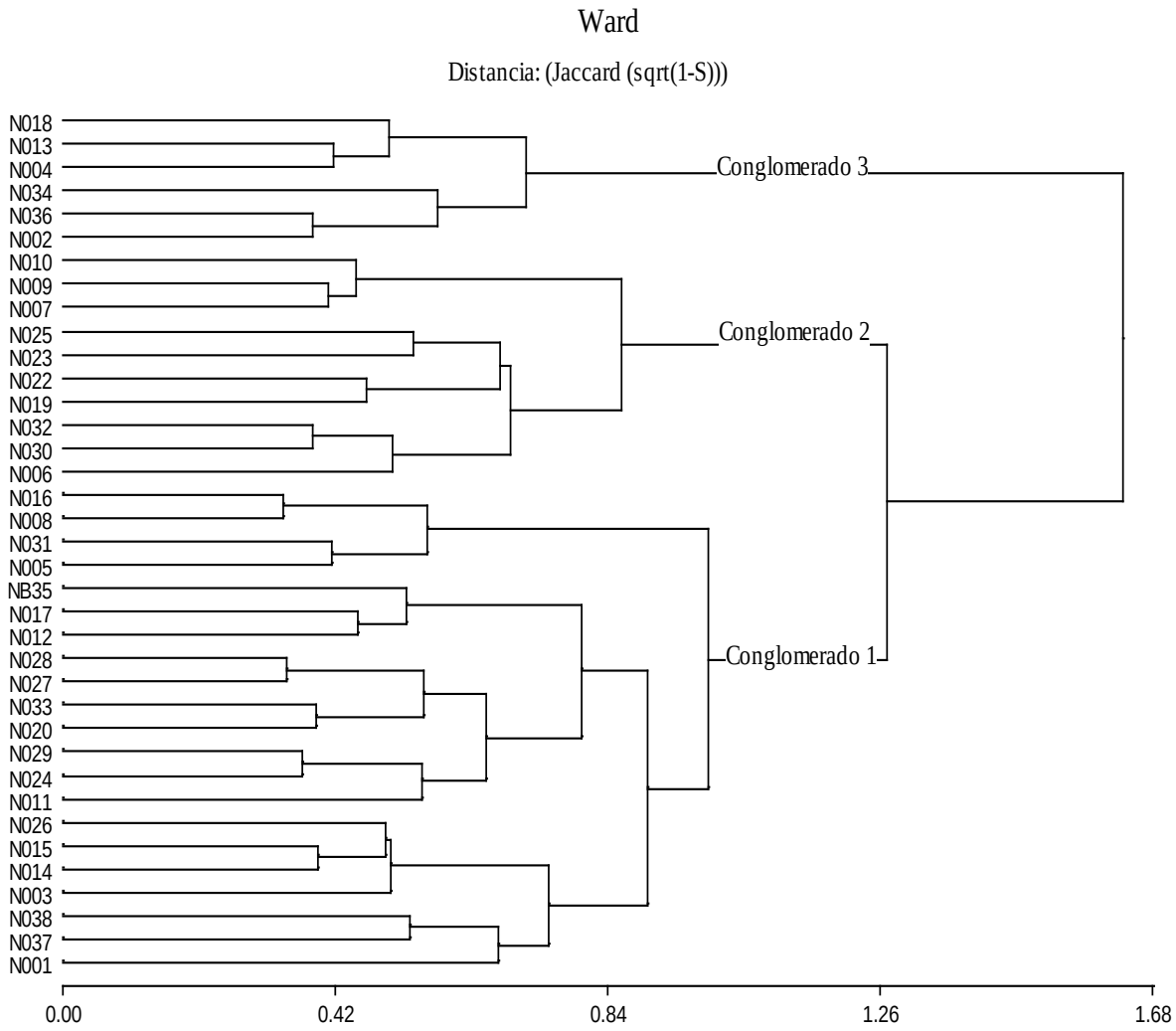


Figura 5. Grupos de productores de cacao de Waslala, Nicaragua, según su capacidad adaptativa y resiliente. Se utilizaron los 47 indicadores propuestos para la clasificación.

Los 19 indicadores significativos (Cuadro 14) determinan la distribución de los productores en cada uno de los tres conglomerados que se formaron. Estos indicadores son los que caracterizan a cada uno de los conglomerados. Los indicadores del capital financiero son

los que determinan la agrupación, ya que es en este capital donde se presentaron mayores diferencias, seguidas del capital natural, humano, construido y cultural. Los indicadores del capital social no cumplen un papel de segregación entre conglomerados ya que en este capital los productores presentan condiciones similares.

Cuadro 14. Indicadores significativos extraídos de las tablas de contingencia por capitales del medio de vida cacaotal con una significancia de (p<0.05).

Capital natural	Capital financiero	Capital construido	Capital cultural	Capital humano
# PEC (p: 0.04)	I ($) (p:0.002)	TDCC (p:0.01)	DRCCS (p:0.02)	# MF (p:0.002)
# PUCCA (p:0.07)	IPEC ($) (p: 0.02)	TDCT (M) (p: 0.04)	DAR (p:0.0009)	#MFAC (p:0.003)
# PUFCCA (p: 0.07)	TIC ($) (p: 0.0001)	DCCF (p: 0.01)		HTACMOF (p:0.01)
Pend (%) (p:0.001)	TI ($) (p: 0.0001)			#JA (p:0.01)
	IC (%) (p: 0.0001)			
	GA (%) (p: 0.0001)			

Número de productos extraídos del cacaotal (# PEC), número de productos extraídos del cacaotal para consumo animal (# PUCCA), número de productos extraídos fuera del cacaotal para autoconsumo (#PUFCCA), Pend (%), I ($) ingreso del cacaotal, ingresos de productos extraídos del cacaotal IPEC ($), total de ingresos del cacaotal TIC ($), total de ingresos TI ($), ingreso del cacaotal IC (%), gasto anual GA (%), tiempo que se demora de la casa al cacaotal (TDCC), tiempo que se demora de la casa al punto de conseguir transporte TDCT (M), distancia del cacaotal a la casa familiar (DCCF), disponibilidad de regar en caso de sequía (DRCCS), disponibilidad de agua para el riego (DAR), número de miembros de la familia (#MF), número de miembros de la familia que ayudan en el cacaotal (#MFAC), número de horas que trabajan en el cacaotal la familia (HTACMOF), número de jornales al año (#JA).

Asociación entre los productores de los conglomerados y los indicadores significativos de las tablas de contingencia

En la Figura 6 se puede observar la asociación que existe entre los conglomerados y los indicadores de adaptación y resiliencia. El conglomerado 1 se asocia con los indicadores con resiliencia y capacidad adaptativa alta *ingresos del cacaotal I ($) A, número de productos extraídos del cacaotal (# PECA), total de ingresos del cacaotal (TICA), miembros de la familia (#MFA) y disponibilidad de regar el cacaotal en caso de una sequía (DRCCSA)* y con capacidad adaptativa baja están los indicadores *pendiente (PendB)* y *tiempo que se demora de la casa al punto de conseguir transporte (TDCTB).* Los productores del conglomerado 1 que presentaron resiliencia alta en número de productos extraídos del cacaotal cuentan con muchos productos como: aguacate, mangos, limones, naranjas, maracuyá, pejibaye, plátanos, bananos, además de otros cultivos en asociación con cacao como el maíz, frijol, café y arroz. La leña la

consumen diariamente y la madera es aprovechada ocasionalmente, para dar mantenimiento a sus casas. También se destacan por saber la importancia de regar el cacaotal en caso de una sequía y tienen agua disponible para esta actividad.

Los productores del conglomerado 2 están asociados con los indicadores con capacidad adaptativa alta *número de jornales al año (JAA)* y *tiempo que se demora de la casa al cacaotal (TDCCA)* y con resiliencia y capacidad adaptativa baja en *ingresos del cacaotal I ($), ingresos por productos extraídos del cacaotal (IPECB), productos extraídos del cacaotal (PECB), distancia del cacaotal a la casa familiar (DCCFB)* y *productos usados para consumo animal (PUCCAB).* Para los productores del conglomerado 2 producen menos cacao por consiguiente venden menos cacao, extraen menos productos del cacaotal, lo que los hace más dependientes de recursos externos.

Los productores del conglomerado 3 se asocian con los indicadores con resiliencia alta *pendiente (PendA)* e *ingresos de productos extraídos del cacaotal (IPECA)* y con capacidad adaptativa baja *horas trabajadas al año por la mano de obra familiar (HTACMOFB), disponibilidad de regar en caso de una sequia (DRCCSB), disponibilidad de agua para el riego (DARB), número de miembros de la familia (#MFB), número de jornales al año (#JAB)* y *tiempo que se demora de la casa al cacaotal (TDCCB).* Los productores del conglomerado 3 obtienen más ingresos de productos extraídos dentro del cacaotal, contratan mano de obra por que el promedio de miembros de la familia que ayudan en el cacaotal es bajo debido a que se dedican a otras actividades o no están interesados en el cultivo de cacao.

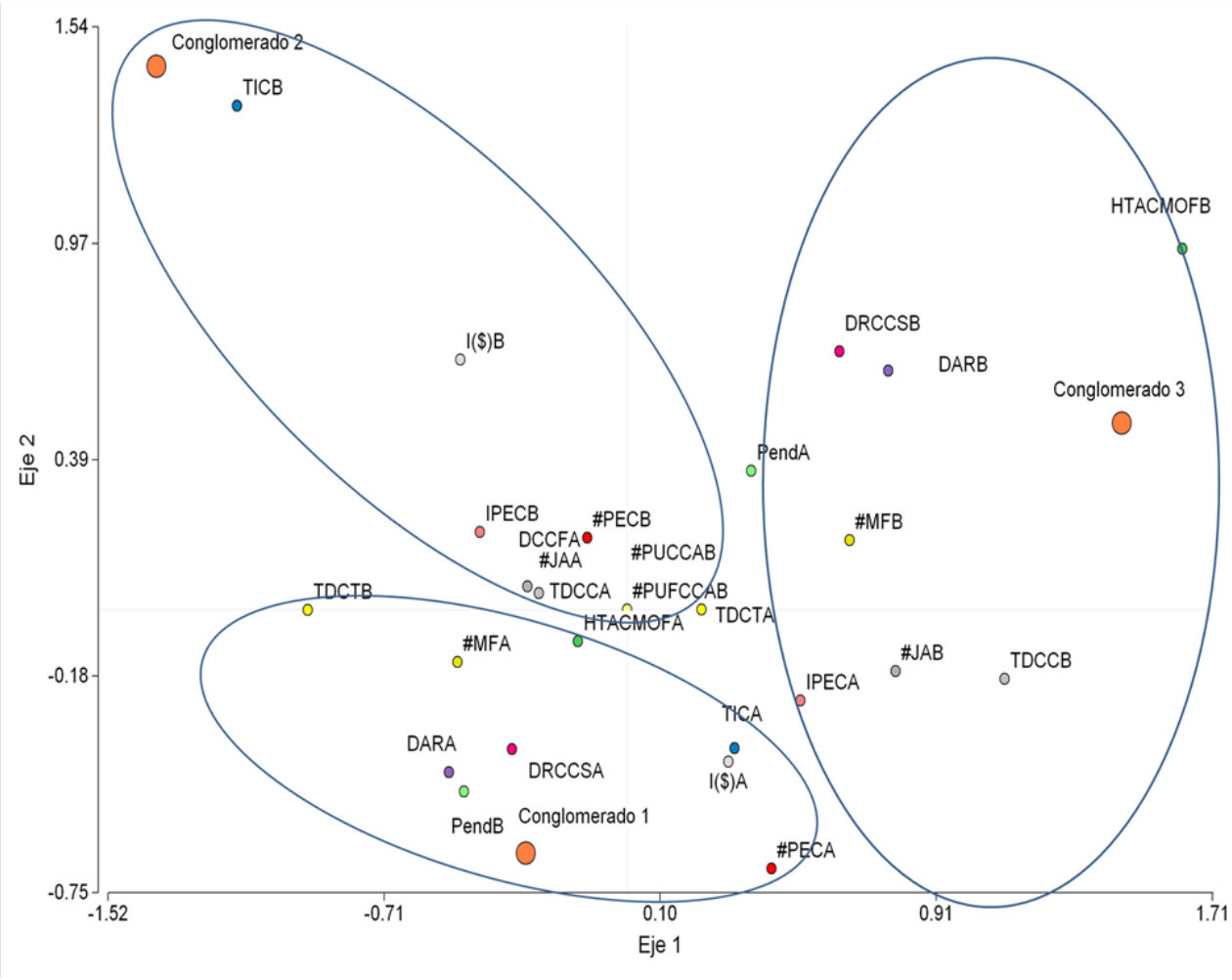


Figura 6. Agrupación de los productores de los conglomerados según los indicadores significativos de las tablas de contingencia.

Pendiente resiliencia alta (PendA) y pendiente resiliencia baja(PendB), número de productos extraídos del cacaotal con resiliencia alta (# PECA) y número de productos extraídos del cacaotal con resiliencia baja (#PECB), número de productos extraídos del cacaotal para consumo animal con resiliencia baja (# PUCCAB), número de productos extraídos fuera del cacaotal para autoconsumo con resiliencia baja (#PUFCCAB) ,ingresos del cacaotal con capacidad adaptativa alta I ($) A e ingresos del cacaotal con capacidad adaptativa baja I ($) B, ingresos de productos extraídos del cacaotal con capacidad adaptativa alta IPECA ($) e ingresos de productos extraídos del cacaotal con capacidad adaptativa baja IPECB ($), total de ingresos del cacaotal con capacidad adaptativa alta TICA ($) y total de ingresos del cacaotal con capacidad adaptativa baja TICB ($), tiempo que se demora de la casa al punto de conseguir transporte con capacidad adaptativa alta (TDCTA) y con capacidad adaptativa baja (TDCTB), tiempo que se demora de la casa al cacaotal con capacidad adaptativa alta (TDCCA) y tiempo que se demora de la casa al cacaotal con capacidad adaptativa baja (TDCCB), distancia del cacaotal a la casa familiar con capacidad adaptativa baja (DCCFB), disponibilidad de regar en caso de sequía con capacidad adaptativa alta (DRCCSA) y disponibilidad de regar en caso de sequía con capacidad adaptativa baja (DRCCSB), disponibilidad de agua para el riego con capacidad adaptativa alta (DARA). disponibilidad de agua para el riego con capacidad adaptativa baja (DARB), horas trabajadas al año por la mano de obra familiar con capacidad adaptativa alta (HTACMOFA) y baja (HTACMOFB), número de miembros de la familia capacidad adaptativa alta (#MFA) y baja (#MFB), número de jornales al año con capacidad adaptativa alta (#JAA) y baja (#JAB).

Recomendaciones y propuestas de capacidad adaptativa y resiliente sugeridas para productores de cacao con capacidad adaptativa baja y resiliencia baja identificadas en Waslala, Nicaragua

Se elaboraron 28 recomendaciones de capacidad adaptativa y resiliente de la muestra estudiada de las tablas de contingencia. Fue necesario seleccionar recomendaciones de adaptación de algunos indicadores que no son significativos ya que muchos productores tienen resiliencia baja y capacidad adaptativa baja en estos indicadores. El indicador *Altitud* y *# estratos* son las únicos indicadores del capital natural para los cuales no se elaboraron recomendaciones de adaptación, ya que los productores tienen resiliencia alta y media en estos indicadores. Las recomendaciones de adaptación del capital natural se hicieron para los 3 conglomerados ya que tienen productores con resiliencia baja en todos los indicadores (Cuadro 15).

Cuadro 15. Recomendaciones de adaptación sugeridas para productores de cacao que presentaron capacidad resiliente baja en los indicadores utilizados para el capital natural.

Indicador	Conglomerado	# Productores con resiliencia baja	Recomendaciones
Riq (Esp)	1	15	Aumentar el número de árboles a más de 7 ha^{-1}
	2	2	
	3	6	
DM	1	20	Manejar adecuadamente la distribución espacial y temporal de las especies. Densidad de musáceas (260 plantas ha^{-1}) y densidad de árboles (90 plantas ha^{-1})
	2	6	
	3	10	
DA	1	19	
	2	4	
	3	5	
# PEC	1	16	Aumentar el número de productos extraídos del cacaotal (5 ó más)
	2	6	
	3	7	
# PUCA	1	15	Aumentar el número de productos usados para autoconsumo (5 ó más)
	2	6	
	3	7	
# PUCCA	1	21	Aumentar el número de productos usados para consumo animal (3 ó más)
	2	6	
	3	10	

Pend (%)	1	14	Aumentar la cobertura arbórea y del suelo
	2	2	
#PUFCCA	1	21	Diversificar los cultivos
	2	6	
	3	10	

Riqueza de especies Riq (Esp), densidad de árboles de cacao ha^{-1} (DC), densidad de árboles de musáceas ha^{-1} (DM), densidad de árboles ha^{-1} (DA), número de productos extraídos del cacaotal (# PEC), número de productos extraídos del cacaotal usados para autoconsumo (# PUCA), número de productos del extraídos del cacaotal usados para consumo animal (# PUCCA), porcentaje de pendiente Pend (%), número de productos extraídos fuera del cacaotal para consumo animal (# PUFCCA).

Para 5 de 8 indicadores del capital financiero se elaboraron recomendaciones de adaptación para los tres conglomerados por tener productores con capacidad adaptativa baja (Cuadro 16). El conglomerado 2 tiene capacidad adaptativa alta en el indicador *pago del jornal al año PJA ($)*, el conglomerado 3 tiene capacidad adaptativa alta *producción Prod (kg), total de ingresos del cacaotal (TIC) y gasto anual GA ($).*

Cuadro 16. Recomendaciones de adaptación sugeridas para productores de cacao que presentaron capacidad adaptativa baja en los indicadores utilizados para el capital financiero.

Indicador	**Conglomerado**	**# Productores con CAB**	**Recomendaciones**
Prod (Kg)	1	6	Aumentar los rendimientos del cacaotal (328 kg ha^{-1} año $^{-1}$ ó más), dándole un manejo más adecuado y poniendo en práctica las capacitaciones recibidas o solicitar nuevas capacitaciones a CACAONICA
	2	2	
Ingreso ($)	1	6	Al aumentar el rendimiento del cacao se espera que aumenten los ingresos (US $ 1092.9 ó más)
	2	6	
	3	2	
IPEC ($)	1	11	Aumentar el número de productos y destinarlos a la venta (US $ 112.1 ó más)
	2	6	
	3	3	
TIC ($)	1	2	Diversificar los productos del cacaotal para obtener más ingresos (US $ 1092.9 ó más)
	2	6	
GA ($)	1	1	Consumir los productos del cacaotal para reducir gastos al dejar de comprar productos externos
	2	6	
PJA ($)	1	3	Disminuir la mano de obra contratada
	3	2	
CTP ($)	1	9	Negociar a través de CACAONICA con la

	2	3	cooperativa de transporte COOTRAMUSUN, R.L. para disminuir este costo
	3	7	
IPEFC ($)	1	11	Diversificar los productos extraídos fuera del cacaotal y destinarlos a la venta para aumentar la fuente de ingresos
	2	5	
	3	9	
IFC($)	1	11	
	2	5	
	3	9	

Capacidad adaptativa baja (CAB), Producción de cacao en kilogramos Prod (Kg), ingreso en dólares por la venta del cacao Ingreso ($), ingresos en dólares de productos extraídos del cacaotal IPEC ($), total de ingresos del cacaotal TIC ($), porcentaje de ingresos del cacaotal IC (%), gasto anual GA ($), pago del jornal en dólares al año PJA ($), costo en dólares por transporte CTP ($), ingreso de productos fuera del cacaotal IPEFC ($), total de ingresos TI ($), ingreso fuera del cacaotal en porcentaje IFC (%).

Del capital construido, el único indicador que no se tomó en cuenta para proponer recomendaciones de adaptación es el *Área* (ha), ya que se trata de pequeños productores con un promedio de 1.03 ha, la cual no puede variarse fácilmente.

Para el indicador *número de servicios públicos de los que dispone el productor (# SPDP)* a los 22 productores con capacidad adaptativa baja se recomienda hacer incidencia a nivel institucional a través de CACAONICA ya que es a nivel institucional que se puede resolver esta situación. Los caminos que van hacia las fincas de los productores son intransitables en invierno. Las viviendas de los productores no cuentan con electricidad ni agua potable, el transporte público en la comunidad está en malas condiciones.

Para el indicador *distancia de la finca hasta CACAONICA (DFCACAO)*, *tiempo que se demoran de la finca hasta CACAONICA (TDFC), tiempo que se demora el productor de su casa hasta el punto de conseguir transporte (TDCT), distancia del cacaotal hasta la casa familiar (DCCF)* y *tiempo que se demora de la casa al cacaotal (TDCC)* es algo que no se puede resolver ya que los productores no pueden cambiar la ubicación de sus fincas ni de sus casas. Sin embargo, se propone que CACAONICA como representante de los productores gestione el mejoramiento de las vías de acceso, energía eléctrica con la alcaldía municipal y un precio más favorable para trasladar su mercancía con la cooperativa de transportes COTRAMUSUN. Esto beneficiaría a todos los socios de CACAONICA y a la comunidad. Esto contribuiría además a que los productores se involucren más con la cooperativa.

Para los 8 indicadores del capital social y cultural se elaboraron recomendaciones de adaptación para todos los conglomerados (Cuadro 17).

Cuadro 17. Recomendaciones de adaptación sugeridas para productores de cacao que presentaron capacidad adaptativa baja en los indicadores utilizados para los capitales social y cultural.

Indicador	Capital	Conglomerado	# Productores con CAB	Recomendaciones
CPC	Social	1	8	Los productores deben involucrarse más con CACAONICA y deben ser socios más activos
		2	1	
		3	2	
# FI	Social	1	14	Transmitir programas más educativos a través de la radio por ser esta la fuente de información más utilizada
		2	6	
		3	6	
# IDVP	Social	1	4	Mantenerse como socios de CACAONICA, para hacer de esta una cooperativa competitiva y así vender su cacao a mayor precio
		2	4	
		3	4	
# PHC	Cultural	1	1	Participar en las capacitaciones que ofrece el PCC y que pongan en práctica lo aprendido
		2	2	
		3	1	
RFHLLE	Cultural	1	15	Buscar un lugar seguro en caso de una lluvia excesiva o en caso de huracán
		2	6	
		3	7	
RPABPPM	Cultural	1	15	No vender el cacao en otras instituciones ya que CACAONICA es su cooperativa
		2	4	
		3	7	
DRCCS	Cultural	1	5	Construcción de reservorios (lagunas) y otros mecanismos de captura de agua o favorecimiento de la infiltración para asegurar el almacenamiento freático para épocas secas
		2	1	
		3	7	
DAR	Cultural	1	5	
		2	1	
		3	9	

Capacidad adaptativa baja (CAB), conformidad del productor con CACAONICA (CPC), número de fuentes de información con las que cuenta en productor (# FI), número de instituciones donde venden su producto (IDVP), número de prácticas hechas al cacaotal (# PHC), número de prácticas realizadas para conservar los suelos (# PRPCS), número de prácticas usadas para conservar los recursos naturales (# PUPCRN), reacción del productor en caso de un huracán o lluvia excesiva (RFHLLE), reacción del productor en caso de una baja en los precios del

producto en el mercado (RPABPPM), disponibilidad de regar el cacao en caso de sequía (DRCCS); disponibilidad de agua para el cultivo(DAR).

Para 2 de los 4 indicadores del capital humano se elaboraron recomendaciones de adaptación para los tres conglomerados (Cuadro 18). Para los indicadores *número de personas contratadas (# PC)* y *número de jornales al año (# JA)* no se elaboraron recomendaciones de adaptación al conglomerado 2 por presentar capacidad adaptativa alta.

Cuadro 18. Recomendaciones de adaptación sugeridas para productores de cacao que presentaron capacidad adaptativa en los indicadores utilizados para el capital humano.

Indicador	Conglomerado	# Productores con CAB	Recomendaciones
# CRC	1	20	Asistir a las escuelas de campo y a las capacitaciones sobre el cultivo de cacao que ofrecen proyectos como el PCC, mejor aun comprender el por qué no ponen en práctica las que ya han recibido
	2	6	
	3	10	
# PC	1	1	Disminuir el número de personas contratadas (3 ó menos)
	3	1	
# MFAC	1	3	Aprovechar al máximo la mano de obra familiar
	2	2	
	3	9	
# JA	1	4	Disminuir la mano de obra contratada para disminuir el número de jornales al año
	3	6	

Capacidad adaptativa baja (CAB), capacitaciones recibidas de cacao (# CRC), número de personas contratadas (# PC), número de miembros de la familia que ayudan en el cacaotal (# MFAC), experiencia del productor en el manejo del cultivo de cacao EMCC (años), número de horas al año trabajadas en el cacaotal por la mano de obra familiar (# HTACMOF), número de jornales al año (# JA).

Propuestas de adaptación ante el cambio climático para los productores de Waslala, Nicaragua, para mejorar su capacidad adaptativa y resiliente, según su caracterización por conglomerado.

Para los 3 conglomerados se propone implementar el monitoreo constante por parte de los técnicos de CACAONICA a las fincas de los productores para asegurar que las prácticas de manejo del cacaotal se realicen. Además se sugiere utilizar la radio para mantener informado

al productor acerca de las actividades de CACAONICA, de proyectos como el PCC y transmitir programas educativos sobre el cultivo de cacao. CACAONICA ya cuenta con una hora de transmisión por radio, además el productor utiliza más la radio que otra fuente de información, por lo tanto, se debe aprovechar este medio. Lo importante acá es que el productor se empodere de la cooperativa y sean socios activos, que los programas tengan más información que incentive a los productores a permanecer en la cooperativa y a involucrarse más en las actividades de la misma.

Los productores del Conglomerado 1 se beneficiarían al implementar prácticas de conservación de suelos y conservación de los recursos naturales. Los técnicos de CACAONICA deben asistir en estos temas a estos productores para que lleguen a implementar estas prácticas.

Los productores del conglomerado 2, por otro lado deben, diversificar los productos extraídos del cacaotal y aprovecharlos al máximo utilizándolos para autoconsumo para depender menos de recursos externos tomando en cuenta que el SAF con cacao es su principal fuente de ingresos. Tienen tierra disponible para extraer más productos en su cacaotal para autoconsumo y para la venta. CACAONICA debe buscar como fortalecerse y ser más unidos como cooperativa ya que hay productores cuyas fincas podrían servir como ejemplo a seguir.

Finalmente, los productores del conglomerado 3, deben aumentar el número de horas que le dedican al cacaotal (1152 ó más) principalmente en las labores de manejo como la poda. El productor debe mostrarle a su familia la importancia que tiene el cacaotal, la ventaja de tener su propia tierra, tener un negocio propio y lo fundamental que es mantenerlo, principalmente en Nicaragua donde la tasa de desempleo es alta y hay pocas posibilidades de conseguir un trabajo bien remunerado.

5 DISCUSIÓN

5.1 Objetivo 1: Indagar como los cambios en la temperatura y precipitación que se espera que ocurran en Waslala, Nicaragua afectarían la contribución de los cacaotales como medio de vida de las familias productoras

Para este estudio se elaboraron gráficos de tendencia para observar el comportamiento de los parámetros climáticos con respecto a la producción de cacao tomando en cuenta diferentes países productores de cacao incluyendo a la zona de estudio. La ausencia de relación entre la producción, temperatura y precipitación se debe principalmente a la variabilidad climática y de producción de cacao que existe entre estos países. Además se deben tomar en cuenta otros factores como variedad del cultivo de cacao utilizado, condiciones de suelo, manejo de la plantación entre otros. Para Lawal y Emaku (2007) evaluar los efectos climáticos sobre el cultivo de cacao, implica estudios más complejos como simulaciones biofísicas con múltiples modelos de regresión tomando en cuenta otras variables como humedad relativa, poda, fertilización entre otras. En este estudio solo se evaluaron los parámetros climáticos de temperatura, precipitación y la producción de cacao.

Uno de los principales problemas que tiene el cultivo de cacao es la incidencia de enfermedades. En el estudio de Lawal y Emaku (2007) se encontró que al existir una combinación de temperaturas de 29 °C y precipitaciones de 1125 mm la incidencia de enfermedades como la mazorca negra se ve disminuida. Davies y Sadiq (2010) además, coinciden en que una temperatura de 29 °C y precipitaciones de 900-1000 mm se pueden mejorar la producción de las fincas cacaoteras de Nigeria.

Es importante señalar que Waslala, presenta condiciones dentro de los óptimos actuales para el cultivo de cacao. Se tomaron en cuenta las proyecciones de cambio climático de diferentes fuentes al carecer de datos climáticos de más de 30 años para la zona de estudio. En el estudio elaborado en Nicaragua por Ramírez et ál. (2010) se encontró, que para los escenarios B_2 la temperatura podría aumentar 2.4 °C para el año 2100 y la precipitación se vería reducida en un 24%. Para el escenario A_2 las proyecciones son más pesimistas e indican

un incremento en la temperatura de 4.3 °C y una disminución del 48% para la precipitación. Según este escenario de cambio climático para la zona, se estima que la temperatura en Waslala, podría llegar a oscilar entre 26.5 °C a 28.4 °C, con precipitaciones de 1430 a 2090 mm para el 2100. Estos resultados implican que precipitaciones moderadas y temperaturas altas mejoran la producción del cacao. En consecuencia si los escenarios de cambio climático llegaran a materializarse, las condiciones para la producción de cacao mejorarían y la incidencia de enfermedades disminuiría, con el consecuente aumento de la producción.

Las fluctuaciones de las precipitaciones en etapas críticas del cultivo como la cosecha pueden afectar el rendimiento. Inclusive, en caso de sequía o precipitaciones bajas hay que asegurar riego para no comprometer la producción, si no se mantienen las precipitaciones adecuadas baja el peso de las mazorcas de cacao (Brou et ál. 2003, Moser et ál. 2010). Por esta razón, mantener los sistemas agroforestales en las fincas estudiadas es muy importante ya que sirven como estrategia de cambio climático (Borron 2006, Rao et ál. 2007, Lin et ál. 2008). Como prueba de lo antes mencionado esta Ghana, en la cual se registran las precipitaciones más bajas de todos los países productores de cacao, por lo tanto, los sistemas agroforestales de cacao generan un microclima en la plantación ayudando a no comprometer la producción en esta zona siendo esta una de las que registra producciones más altas con respecto a otros países productores de cacao (Darko et ál. 2007). Los bajos rendimientos de Waslala se pueden explicar por deficiencias en el manejo de la plantación y no por factores climáticos. Zelaya y Laderach (2010) mencionan la importancia de tener SAF bien manejados. El productor se debe preocupar por su finca si él no lo hace pues nadie más lo hará por él. Queda claro que los SAF se deben manejar para asegurar la rentabilidad del mismo. Actualmente en las fincas estudiadas hay 77.6% de sombra, lo que explica los rendimientos bajos (241 kg/ha) del cacao. Se recomienda, por lo tanto, mejorar el manejo de la sombra en los cacaotales (Bos et ál. 2006, Verchot et ál. 2006, Verchot et ál. 2007, Franzen y Borgerhoff 2007, Locatelli 2008, Wang et ál. 2010).

5.2 Objetivo 2: Identificar propuestas de adaptación de la literatura que podrían aplicar las familias productoras de cacao en Waslala, Nicaragua para reducir los efectos del cambio climático

Según Castellanos y Urioste (2008), utilizar otros canales comerciales, usar variedades resistentes y una mayor diversidad en los sistemas agroforestales son propuestas prioritarias para asegurar la producción continuada del cacao. La mayoría de los estudios coinciden en que la diversidad en los sistemas agroforestales es una estrategia de adaptación ante el cambio climático. Para los productores de Waslala, lo que se propone es que ellos seleccionen los árboles de cacao más resistentes y productivos y los utilicen ya sea de resiembra o para injertar. Esto es posible ya que el PCC está estableciendo viveros comunales para este fin. Se necesita la disponibilidad del productor para colaborar con la mano de obra y su participación en todas las lecciones técnicas, convocándolos a reuniones y reiterando la importancia de estas actividades para el mejoramiento del cultivo de cacao. Se espera que el productor enriquezca su conocimiento y adopte en su finca cada una de las enseñanzas aprendidas.

Promover buenas prácticas del manejo del cultivo, el manejo de la cobertura arbórea, que los productores tengan acceso a capacitaciones y asistencia técnica y que se les de información de sus sistemas productivos son también propuestas comunes en la literatura para mejorar la producción y aumentar la resiliencia o capacidad adaptativa (ADAPCC-GTZ 2010). El PCC ya ha realizado varias capacitaciones relacionadas al manejo del cultivo de cacao bajo el proyecto de las escuelas de campo. Este programa permite una interacción e intercambio de experiencias entre los facilitadores y los productores. El productor ahora debe poner en práctica todo lo aprendido en sus parcelas y recibir asistencia técnica constante para monitorear las actividades que se realizan en las fincas. La principal barrera para poner en marcha estas actividades es la resistencia cultural de la zona. Es importante que el productor sienta que todos en la cooperativa son importantes y que comparten la misma realidad, por consiguiente deben aceptar consejos de los mismos miembros de la cooperativa y también él aportar sus conocimientos para hacer el aprendizaje más enriquecedor.

El productor debe empoderarse como socio de las actividades de CACAONICA. Como socios deben buscar compradores no solo de cacao orgánico, sino buscarle mercado al

cacao que al ser rechazado por el mercado de cacao orgánico lo vendan como convencional y no necesitar de ir al mercado local.

Incentivar el establecimiento y el mantenimiento de diferentes usos de la tierra dentro de una misma finca y paisaje, pero conservando y manejando apropiadamente los recursos naturales es una combinación muy importante como estrategia de adaptación ante el cambio climático (Roberts et ál. 2009). El cacao es la principal fuente de ingresos para los productores de Waslala, sin embargo, se considera que deben sembrar más cultivos (como el café o frijoles) ya que estos productos tienen potencial comercial en la región y dependerían menos de ingresos externos. También se recomienda que dentro de la parcela de cacao obtengan más productos para la venta en el mercado local o autoconsumo para depender menos de fuentes externas y hacer su sistema productivo lo más rentable posible.

5.3 Objetivo 3: Determinar la capacidad de las familias cacaoteras de Waslala, Nicaragua para implementar propuestas de adaptación y resiliencia mediante una evaluación de los capitales de su medio de vida cacaotal

Por múltiples razones los pequeños productores seleccionan especies de regeneración natural o siembran especies con diferentes intereses tanto agroecológicos como socioeconómicos. Dentro de los productos extraídos del cacaotal se encuentran la leña, frutas para autoconsumo o venta, madera, entre otras (Somarriba 2004, Ortiz y Somarriba 2005, López y Somarriba 2005, Suárez 2008). Entre más compleja sea la estructura del cacaotal mayores oportunidades tiene este de ofrecer diferentes bienes y servicios (Harvey y Somarriba 2003, Orozco y Somarriba 2005, Somarriba y Beer 2011). La sostenibilidad financiera de los cacaotales se mantiene al diversificar el cacaotal (Ryan et ál. 2003, Orozco et ál. 2008). La diversidad biológica de las especies también se ve favorecida con la diversidad estructural del cacaotal (Rice y Greenberg 2000). Los productores de Waslala tienen SAF con cacao lo que facilita que su actividad sea más rentable al poder extraer del mismo múltiples beneficios, además les permitiría implementar las propuestas de adaptación logrando de esta manera aumentar su capacidad adaptativa y resiliente.

Muchos productores no logran los objetivos que se han propuesto debido a que la estructura del dosel en los cacaotales de Waslala es muy deficiente. Inclusive, los productores del conglomerado 2 no están logrando obtener los múltiples beneficios que ofrecen estos sistemas agroforestales por esta misma razón. Además, las densidades tanto de árboles como de musáceas en la zona de estudio no se están manejando adecuadamente. Se pueden manejar 122 árboles ha^{-1}, 162 musáceas ha^{-1}, dependiendo de la estructura de cada cacaotal (Ryan et ál. 2003, López y Somarriba 2005). La elaboración de un arreglo espacial de las especies debe tomar en cuenta el equilibrio que debe haber entre la producción del cacao y la producción de los otros productos extraídos del cacaotal. Para que el arreglo espacial de las especies sea adecuado deben tomar en cuenta la edad del cacaotal (ciclo de vida), qué especies desean tener en sus parcelas, la pendiente, la nubosidad de la zona, entre otros aspectos. Finalmente, la diversificación de árboles como de musáceas en la zona de estudio no se están manejando adecuadamente ya que los productores del conglomerado 2 y 3.

La edad del cacaotal se debe tomar en cuenta a la hora de manejar la sombra. Se recomienda que cacaotales de menos de 8 años de edad tengan 50-60% de sombra y más viejos no superen 20-40% de cobertura de copas (Suatunce et ál. 2003, Ortiz y Somarriba 2005). La mayoría de los cacaotales de la zona de estudio tienen más de 8 años de edad (promedio de 21 años) y cobertura de copa de 77.6%. Según Darko et ál. (2007), las mayores producciones se dan en cacaotales de 8-28 años. Se recomienda hacer una rotación del cultivo a partir de los 44 años, pero hay que considerar replantar el cacao a partir de los 40 años. Los productores saben la edad de su cacaotal y pueden manejar la sombra tanto del cacaotal como de los demás árboles del dosel.

El cacaotal en su fase de producción necesita menos sombra ya que lo favorecen temperaturas promedio de 29 °C bajo el dosel (Lawal y Emaku 2007, Davies y Sadiq 2010). El manejo y distribución espacial y temporal de las especies del cacaotal es muy importante para satisfacer los objetivos del productor y no debe comprometer la producción del cultivo principal (Beer et ál. 1998, Somarriba et ál. 2001, Ramírez et ál. 2001, Suatunce et ál. 2003, Vega y Somarriba 2005, Somarriba y Beer 2011). Las fincas de los productores estudiados son sistemas agroforestales que tienen árboles altos los cuales dan bastante sombra, muchas plantas de cacao están muy altas lo que dificulta la poda y cosecha, lo que debe hacer el

productor es enfocarse más en la práctica de poda, para su propio beneficio. Todos los productores estudiados se dedican al cacaotal, perfectamente pueden dedicarse a las labores de manejo, al menos priorizar las más básicas e incentivar a sus familiares de que le ayuden. Han recibido capacitaciones del manejo del cultivo, ponerlas en práctica es un reto.

Los cacaotales de la zona de estudio tienen 77.6% de sombra, lo que indica la falta de labores de manejo del cultivo de cacao como la poda, manejo de los árboles del dosel de sombra, desmonilia, deschupona entre otras. Esto explica los bajos rendimientos que presentan algunos productores. El manejo de la sombra implica obtener más mano de obra, pero esto se ve compensado con buenos rendimientos (Franzen y Borgerhoff 2007). El cacaotal es la fuente principal de ingresos para estos productores. Por lo tanto, adoptar adecuadamente las prácticas de manejo y depender lo menos que se pueda de insumos externos es una solución (Ramírez et ál. 2008, Kayode 2009). Además el productor debe enseñarle a su familia la importancia de mantener y manejar la finca de cacao para que más miembros de la familia se involucren en las labores de la finca y asistan a las capacitaciones que brinden acerca del cultivo. La poca asistencia técnica en los cacaotales de Nicaragua y la incidencia de las enfermedades provocan rendimientos bajos (Quenta et ál. 2005, Marín-Arguello y Negaresh 2009). Utilizar toda la tecnología disponible (usar plantas injertadas, regular sombra, producir plantas en viveros comunales), por proyectos como el PCC ayudaría a mejorar los sistemas agroforestales de cacao de Waslala.

Según Adejumo (2005) y Bentes-Gama et ál. (2005), para mejorar la plantación de cacao la familia debe aumentar la mano de obra familiar para controlar manualmente las enfermedades y hacer todas las prácticas como injertación, construir viveros comunales, seleccionar árboles de cacao resistentes a las enfermedades y a los más productivos, prácticas necesarias para la rentabilidad del cultivo. Para los productores de cacao de Waslala, involucrar a más miembros de la familia para las labores de la finca, es viable ya que el tamaño promedio de la familia es de 8 personas. Sin embargo, se deben considerar las costumbres de las comunidades rurales de la zona estudiada, ya que no todos los miembros de la familia están interesados en mantener una tradición agrícola familiar por lo que esto podría ser una limitante o bien el seguir contratando mano de obra sea viable para estos productores cuyas familias no están interesadas en colaborar en las labores de la finca (Torres et ál. 2008).

CACAONICA, actualmente solo está comprando cacao orgánico. Sin embargo, los precios del cacao orgánico no compensan los esfuerzos que hace el productor por llevarlos al mercado (Hinojosa et ál. 2003) por lo que es necesario que también compre cacao convencional para que el productor socio de la cooperativa no se decepcione al ser rechazado su cacao y no tenga necesidad de ir a venderlo a otro establecimiento. Los estándares para recibir el cacao orgánico son altos por lo que los productores tradicionales son rechazados al no cumplir con las pruebas que exige el mercado orgánico. Por esta razón se propone también que CACAONICA reciba el cacao convencional y busque un mercado para este. Se debe aprovechar el prestigio que posee la cooperativa y contactar a los compradores que se han retirado por problemas internos de la cooperativa.

Es necesario un mayor empoderamiento del productor con CACAONICA, para fortalecer esta cooperativa y utilizarla como un canal de gestión con otras instituciones estatales y privadas. Como parte de este proceso los productores como socios deben involucrarse activamente en las asambleas y aportar con las cuotas establecidas en el reglamento. Si no se preocupan por mantenerse como socios de CACAONICA será más difícil que aumenten su capacidad adaptativa y resiliente. No basta con obtener un mayor rendimiento de cacao y extraer más productos del cacaotal para vender, se le debe buscar un mercado justo, constante y seguro.

6 CONCLUSIONES

No se encontraron evidencias significativas que demuestren una relación entre los parámetros de temperatura, precipitación y la producción de cacao en Waslala, Nicaragua. Esto puede deberse al amplio rango de variabilidad que presentan los datos de las diferentes regiones que fueron tomadas en cuenta en este estudio. Es conveniente elaborar estudios que consideren otros factores como el manejo de la plantación (fertilización, podas, entre otras), variedades utilizadas en el cultivo, condiciones edafoclimáticas de la plantación y otros que pudieran explicar las tendencias a largo plazo de la producción de cacao. Si la temperatura cambia de 24.1°C a 26.5°C y la precipitación de 2750 mm a 1430 mm en Waslala, como lo predicen los modelos de cambio climático analizados, los efectos en el cultivo de cacao en esta zona serán mínimos ya que se mantendrán las condiciones óptimas para el cultivo del mismo.

Hay muchas estrategias de adaptación ante el cambio climático propuestas a nivel mundial. Mantener los sistemas agroforestales con cacao, diversificación de cultivos e ingresos, buenas prácticas del manejo del cultivo, monitoreo constante por parte de los facilitadores en las fincas de los productores, fortalecer todos los capitales de la comunidad e implementar nuevas tecnologías son las propuestas de adaptación ante el cambio climático más adecuadas para la zona de estudio y que se mencionan en la literatura. Los productores estudiados poseen SAF con cacao, lo que les permite implementar las propuestas de adaptación en mayor o menor grado, según sus capacidades particulares. Tienen además conocimiento acerca de las prácticas que deben hacerle a su cacaotal pero ponerlas en práctica es un reto para cada uno de ellos. Los mismos productores pueden encargarse de obtener buenos rendimientos y asegurar una cuota de venta en CACAONICA. Al hacer más rentable el cultivo de cacao los demás capitales se verán fortalecidos. A todos los productores de este estudio se les propone empoderarse de CACAONICA como socios activos y aprovechar todas las actividades que proyectos como el PCC ofrecen.

Se clasificaron los productores de la zona en 3 conglomerados con base principalmente en 19 indicadores: 6 del capital financiero, 4 del capital natural y humano, 3 del capital construido y 2 del capital cultural. Los 21 productores del conglomerado 1 presentaron la mayor resiliencia que todos los demás productores y son los que obtienen mayores ingresos

por la venta del cacao y de otros productos. Los 6 productores del conglomerado 2 presentaron menor resiliencia y se caracterizaron por tener menos personas contratadas para las labores de la finca.

Los productores del conglomerado 1 poseen menos experiencia en el cultivo de cacao ya que se dedican a otras actividades. Esto puede influir en que utilicen menos prácticas para conservar los recursos naturales, aunque están conscientes de la importancia de estas actividades dentro de su finca. Se puede aprovechar esto último para facilitar la adopción de estas prácticas. Los productores del conglomerado 2, deben diversificar los productos que extraen del cacaotal. Esto es posible ya que el cacaotal es su principal actividad productiva, además poseen miembros de la familia interesados en este rubro. Los productores del conglomerado 3, deben incentivar en su núcleo familiar la importancia de mantener el cultivo y de involucrarse en las actividades del mismo para disminuir la mano de obra contratada.

7 RECOMENDACIONES

Disponer de una base de datos de temperatura y precipitación completa de la zona de Waslala, y de una base de datos de producción de más de 10 años de cada productor para observar el comportamiento de estos parámetros climáticos con la producción de cacao con regresiones múltiples.

Analizar la correlación, regresión y análisis de la varianza entre la temperatura, precipitación y producción con los indicadores de adaptación y resiliencia para determinar cómo el clima podría estar afectando la capacidad adaptativa y resiliente de los productores locales.

Validar en el campo las propuestas de adaptación sugeridas en este estudio a través de grupos focales o por medio de una entrevista con cada uno de los 37 productores estudiados, para asegurar que las propuestas son adecuadas a los productores seleccionados.

El monitoreo constante en las fincas, por parte de técnicos de CACAONICA, para observar de cerca que las labores de manejo se estén haciendo adecuadamente por parte de los facilitadores y de los mismos productores.

8 BIBLIOGRAFÍA

Abruzzese, R; Stoian, D; Somarriba, E. 2005. Estrategias de vida de los productores emprendedores y desarrollo empresarial rural en el Alto Beni, Bolivia. Agroforestería en las Américas no.43-44: 27-31.

Adger, W; Arnell, N; Tompkins, E. 2005. Successful adaptation to climate change across scales. Global Environmental Change. 15: 77-86.

Adejumo, T. 2005. Crop protection strategies for major diseases of cocoa, coffee and cashew in Nigeria. African Journal of Biotechnology. 4 (2): 143-150.

ADAPCC (Adaptación al cambio climático)/GTZ (Agencia Alemana de Cooperación Técnica, DE). 2010. Cambio climático y café. Capacitación para productores y organizaciones cafetaleras. 74 p.

Aguilar, E; Peterson, T; Ramírez, O; Frutos, R; Retana, J; Solera, M; Soley, J; González, G; Araujo, R; Santos, R; Valle, V; Brunet, M; Aguilar, L; Álvarez, L; Bautista, M; Castañón, C; Herrera, L; Ruano, E; Sinay, J; Sánchez, E; Hernández, O; Obed, F; Salgado, J; Vázquez, J; Baca, M; Gutiérrez, M; Centella, C; Espinosa, J; Martínez, D; Olmedo, B; Ojeda, E; Núñez, R; Haylock, M; Benavides, H; Mayorga, R. 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961-2003. Journal of Geophysical Research. 110 (D23107): 1-15.

Altieri, M. 2010. Determinación de la capacidad de adaptación y resiliencia de los sistemas agroforestales (SAF) con cacao frente al cambio climático. Berkeley, California. 30 p.

Altieri, M; Nicholls, C. 2009. Cambio climático y agricultura campesina: Impactos y respuestas adaptativas. LEISA. Revista de Agroecología. 24 (4): 5-8.

Almeida, A; Valle, R. 2008. Ecophysiology of the cacao tree. Journal Plant Physiol. Brazil. 19 (4): 425-448.

Alvarado, M; Foroughbakhch, R; Jurado, E; Rocha, A. 2002. El cambio climático y la fenología de las plantas. Ciencia UANL. V (004): 493-500.

Anim-Kwapong, G; Fringpong, E. 2005. Vulnerability of agriculture to climate change-impact of climate change on cocoa production. Vulnerability and adaptation assessment under the Netherlands climate change studies assistance program, phase 2 (nccsap2). Cocoa Research Institute of Ghana New Tafo Akim. 34 p.

Amisah, S; Gyampoh, A; Sarfo-Mensha, P; Quagrainie, K. 2009. Livelihood trends in response to climate change in forest fringe Communities of the Offin Basin in Ghana. Journal of Applied Sciences and Environmental Management. 13(2): 5-15.

Baker, P; Haggar, J. 2007. Global warming: The impact on global coffee. SCAA. Conference handout, long beach may 2007, final draft.14 p.

Bahadur, G; Bhandari, D. 2009. Una propuesta integrada para la adaptación al cambio climático. LEISA. 24(4): 25-28.

Bartley, B. 2005. The genetic diversity of cacao and its utilization. Botany, production and uses. Massachusetts, USA.CABI Publishing.337 P.

Belsky, J; Siebert, S. 2003. Cultivating cacao: Implications of sun-grown cacao on local food security and environmental sustainability. Agriculture and Human Values. 20: 277-285.

Beckley, T; Martz, D; Nadeau, S; Wall, E; Reimer, B. 2008. Multiple capacities, multiple outcomes: delving deeper into the meaning of community capacity. Journal of Rural and Community Development. 3: 56-75.

Bentes-Gama, M; Somarriba, E; Pinto, W; Pastrana, A. 2005. Estado y manejo de nuevas plantaciones de cacao injertado en Alto Beni, Bolivia. Agroforestería en las Américas no. 43-44: 67-71.

Beer, J; Muschler, R; Kass, D, Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. Agroforestry Systems. 38: 139-164.

Bioversity International. 2010. La agrobiodiversidad y el cambio climático. Como adaptar la agricultura a los cambios del clima. Roma, Italia.

Boulay, M; Somarriba, E; Olivier, A. 2000. Fenología de cacao bajo árboles de sombra en Talamanca, Costa Rica. Agroforestería en las Américas. 7(26).

Büchert, J. 2008. Agrocadenas competitivas: promoción de comercio orgánico y justo. Nicaragua: Agrocadenas de cacao sostenible y comercio justo. Agrocadenas de cacao en Nicaragua. EcoGoals. 11 p.

Borron, S. 2006. Building Resilience for an Unpredictable Future: How Organic Agriculture Can Help Farmers Adapt to Climate Change. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO. Rome. 25 p.

Brou, Y; Goran, A; Bigot, S; Servat, E. 2003. Risque climatique et production agricole en Cote D´Ivore: Effet des variations pluviometriques Sur la production cacaoyere. 14th International Cocoa Research Conference, Accra, Ghana: 259-267.

Bos, M; Steffan-Dewenter, I; Tscharntke, T. 2007. Shade tree management affects fruit abortion, insect pests and pathogens of cacao. Agriculture, Ecosystems and Environment 120:201–205.

Bowers, J; Bailey, B. 2001. The impact of plant diseases on world chocolate production. Plant Health Progress. 15 p.

Byker, S. 2009. “No hay tal cosa en el mundo”. How Mesoamerican chocolate colonized the world, 1519-1825. Brown Journal of History. 7-22.

Castellanos, E; Urioste, S. 2008. Institutions and adaptation strategies in rural Mesoamerica: The roll of civil organizations in facing climate change in the coffee sector. Adaptación al cambio climático: el rol de los servicios ecosistémicos. SIAASE. Turrialba, Costa Rica. 116 p.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2010. El cacaotal mejorado. Guía del facilitador. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 32 p.

Carr, M; Lockwood, G. 2011. The water relations and irrigation. Requirements of cocoa (*Theobroma cacao. L*). Cambridge University Press. Expl Agrip. 47 (4): 653-676.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2009. La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Naciones Unidas, Santiago de Chile. 69 p.

Cifuentes, M. 2010. ABC del cambio climático en Mesoamérica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 71 p.

Claro, E. 2008. Integrando la adaptación al cambo climático en las políticas de desarrollo: ¿Cómo estamos en Chile? REDESMA. 2(3): 64-71.

Cline, R. 2007. Global warming and agriculture: impact estimates by country. Center for Global Development. Washington, DC.

Conde, C; Estrada, F; Martínez, B; Sánchez, O; Gay, C. 2011. Regional climate change scenarios for México. Atmósfera 24 (1): 125-140.

Cooper, K; Donovan, J; Waterhouse, A; Williamson, G. 2008. Cocoa and health: A decade of research. British Journal of Nutrition. 99: 1-11.

Costa, C. 2008. La adaptación al cambio climático en Colombia. REDESMA. 2(3): 74-80.

Christensen, J; Hewitson, A; Busuioc, A; Chen, X; Gao, I; Held, R; Jones, R; Kolli, W; Kwon, R; Laprise, V; Magaña, L; Mearns, C; Menéndez, J; Raisanen, A; Rinke, A; Whetton, S; Whetton, P. 2007. Regional climate projections. In: Climate change 2007: The physical

science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press. United Kingdom and New York, N, Y, USA. 94 p.

Daymond, A; Hadley, P. 2003. Physiological characterization of cocoa germplasm. School of plant sciences. Accra, Ghana. 19-21.

Daymond, A; Hadley, P. 2008. Differential effects of temperature on fruit development and bean quality of contrasting genotypes of cacao (*Theobroma cacao*). Annals of Applied Biology. 153: 175-185.

Dahlquist, R; Whelan, M; Winowiecki, L; Polidoro, B; Candela, S; Harvey, C; Wulfhorst, J; Mcdaniel, P; Bosque-Pérez. 2007. Incorporando medios de vida en conservación de biodiversidad: Un estudio de caso de sistemas agroforestales con cacao en Talamanca, Costa Rica. Biodiversity and Conservation. 16: 2311- 2333.

Davies, A; Sadiq, I. 2010. Effect of climate change on cocoa yield: A case of cocoa Research Institute (Crin) farm, Oloyole Local Government Ibadan Oyo State. 12(1): 350-358.

Darko, B; Bright, G; McDonald, M; Anglaaere, L; Cobbina, J. 2007. Financial analysis of shaded cocoa in Ghana. Agroforestry Systems. 71: 139-149.

DFID (Department for international development). 2008. The environment, climate change and natural resources. (En línea). Annual report 2008. Consultado el 03 de enero del 2011. Disponibleenhttp://www.dfid.gov.uk/Documents/publications1/departmental-report/2008/Chapter9.pdf?epslanguage=en.

DFID (Department for international development). 1999. Hojas orientativas sobre los medios de vida sostenibles. 50 p.

Di Rienzo, A; Casanoves, F; Gonzales, L ; Tablada, E; Díaz, M; Robledo, C ; Balzarini, M. 2008. Estadísticas para las Ciencias Agropecuarias. 7 ed. Argentina. Brujas. 356p.

Edwin, J; Masters, W. 2005. Genetic improvement and cocoa yields in Ghana. Expl Agric Cambridge University Press. 41: 1-13.

Elizondo, D; Cuéllar, N; Kandel, S; Davis, A; Madrid, S; Pasos, R; Lorito, A; Aguilar, Y; Navas, K. 2010. REDD+ con equidad y justicia social en Mesoamérica: Insumos de estrategia. PRISMA-CABAL. 71 p.

Efombagn, M; Sounigo, O; Nyassé, S; Manzanares-Dauleux; Eskes, A. 2009. Phenotypic variation of cacao (*Theobroma cacao* L.) on farms and in the gene bank in Cameroon. Journal of Plant Breeding and Crop Science. 1(6): 258-264.

Emery, M y Flora, C. 2006. Spiraling-up: making community transformation with community capitals frameworks. Community Development: journal of the community development society. 37(1): 19-35.

Flora, C; Flora, J; Fey, S. 2004. Rural communities: Legacy and change. Second edition. Westview Press. Boulder, CO.

Franzen, M; Borgerhoff, M. 2007. Ecological, economic and social perspectives on cocoa production worldwide. Biodiversity Conservation. 16: 3835-3849.

Gaitán, T. 2005. Cadena del cultivo de cacao *(Theobroma cacao L.)* con potencial exportador (en línea). Informe de consultoría. Consultado el 3 de enero del 2011. Disponible en http: //appcacao.org.

Global Environmental Change. 2005. Adapting to climate change: perspectives across scales. Global Environmental Change. 15: 75-76.

González, J. 2008. Un marco de adaptación de cambio climático a nivel local para la región Latinoamericana. REDESMA. 2(3): 40-47.

Harvey, C; Somarriba, E. 2003. ¿Cómo integrar producción sostenible y conservación de biodiversidad en cacaotales orgánicos indígenas? Agroforestería en las Américas. 10 (37-38): 12-17.

Haylock, M; Peterson, L; Alves, T; Ambrizzi, V; Anunciacao, J; Baez, V; Barros, M; Berlato, M; Bidegain; G; Coronel, V; Corradi, V; García, A; Grimm, D; Karoly, J; Marengo, M; Marino, D; Moncunill, D; Nechet, J; Quintana, E; Rebello, M; Rusticucci, J; Santos, I; Trebejo, L; Vincent, L. 2005. Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. Journal of Climate. 19: 1440-1512.

Hinojosa, V, Stoian, D; Somarriba, E. 2003. Los volúmenes de negocio y las tendencias de precios en los mercados internacionales de cacao (*Theobroma cacao*) y banano orgánico (*Musa AAA*). Agroforestería en las Américas. 10 (37-38): 63-68.

Holdridge, L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. Trad. Jiménez, H. 5 ed. San José, C. R. IICA. 216 p.

Hulme, M; Sheard, N. 1999. Climate change scenarios for Mesoamerican. Climate Research. Unit Norwich. 6 p.

Imbach, P; Imbach, A; Gutiérrez, I. 2009. Medios de vida sostenibles. Bases conceptuales y utilización. Geolatina. Costa, Rica. 25 p.

ICCO (International cocoa organization). 2009/2010. Annual report. London, United Kingdom. Consultado 30 Oct. 2011. Disponible en http://www.icco.com. 74 p.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Cambio Climático 2007. IPCC. Ginebra, Suiza. 104 p.

Joseph, M; Issali, A; kébé, B; Kouamé, B; Konan, J; Allou, K; Zakra, N; Aké, S. 2009. Effects of climatic parameters on the expression of the black pod disease on *Theobroma cacao* in Côte d´Ivoire. Journal of Applied Biosciences. 20: 1183-1193.

Karmalkar, A; Bradley, R; Diaz, H. 2010. Climate change in Central America and México: regional climate model validation and climate change projections. Springer-Verlag. Clim Dyn. 1007-1099.

Kandji, T; Verchot, L; Mackensen, J. 2006. Climate change climate and variability in Southern Africa: Impacts and adaptation in the agricultural sector. World Agroforestry Centre. ICRAF, United Nations Environment Programme (UNEP). 42 p.

Kayode, O. 2009. The influence of technological changes on labor availability: A case study of cocoa farming households in Ogun State, Nigeria. American Journal of Food Agriculture Nutrition and Development. 9 (7): 1606-1616.

Kufer, J; Grube, N; Heinrich, M. 2006. Cacao in Eastern Guatemala – a sacred tree with ecological significance. Environ Dev Sustain. 8: 597-608.

Laderach, P; Jarvis, A; Ramirez, J; Eitzinger, A; Ovalle, O. 2009. The implications of climate change on Mesoamerican agriculture and small-farmers coffee livelihoods. CIAT. International centre for tropical agriculture. 5 p.

Laderach, P; Eitzinger, A; Martínez, A; Castro, N. 2011. Predicting the impact of climate change on the cocoa-growing regions in Ghana and Cote d´ Ivoire. CIAT (International Center for Tropical Agriculture); CLIMATE CHANGE (Change Agriculture and Food Security). 35 p.

Laird, S; Leke Awung; Lisynge, R. 2007. Cocoa farms in the Mount Cameroon region: biological and cultural diversity in local livelihoods. Biodivers Conserve. 16: 2401-2427.

Lane, A; Jarvis, A. 2007. Changes in climate will modify the geography of crop suitability: agricultural biodiversity can help with adaptation. Journal ICRISAT. 4(1): 12 p.

Lawal, J y Emaku, L. 2007. Evaluation of the effect of climatic changes on cocoa production in Nigeria: Cocoa research institute of Nigeria (Crin) as a case study. African crop science conference proceedings. 8: 423-426.

Levine, T; Encinas, C. 2008. Adaptación al cambio climático: Experiencia en América Latina. REDESMA. 2(3): 26-32.

Lin, B; Perfecto, I; Vandermeer, J. 2008. Synergies between agricultural intensification and climate change could create surprising vulnerabilities for crops. BioScience 58(9):847–854.

Locatelli, B; Kanninen, M; Bruckhaus, M; Pierce, C; Murdiyarso, D; Santoso, H. 2008.Facing an uncertain future. How forest and people can adapt to climate change. CIFOR (Center for international forestry research). Indonesia. 100 p.

Locatelli, B. 2008. Evaluando la vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático en Centroamérica. Adaptación al cambio climático: el rol de los servicios ecosistémicos. SIAASE. Turrialba, Costa Rica. 116 p.

López, A; Somarriba, E. 2005. Árboles frutales en fincas de cacao orgánico del Alto Beni, Bolivia no. 43-44: 38-45.

Luers, A; Lobell, D; Sklar, L; Addams, L; Matson, P. 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. Global Environmental Change. 13: 255-267.

McKay, B. 2009. Utilizando la radio para compartir las estrategias de adaptación. Respuestas al cambio climático. LEISA. Revista de Agroecología. 24(4): 32-33.

Martínez, H; Galmiche, T; Córdova, V; Pérez, A. 2007. Los medios de vida de las familias productoras de cacao orgánico del municipio de Cunduacán, Tabasco. Xalapa, Ver. México. 14 p.

Marengo, J; Ambrizzi, T; Rocha, R; Alves, L; Cuadra, S; Valverde, M; Torres, R; Santos, D; Ferraz, S. 2010. Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparisom of scenarios from three regional climate models. Clim Dyn. 35: 1073-1097.

Marín-Arguello, I; Negaresh, S. 2009. Presencia de genes (WRKY) asociados a la respuesta al estrés biótico en cacao de Nicaragua. Agronomía Mesoamericana. 20 (1): 41-46.

Mejía, A y Arguello, O. 2000. Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de cacao. Aspectos ecofisiológicos relacionados con el cultivo del cacao. Colombia. CORPOICA. 144 p.

MESOTERRA. 2009. Informe Final Línea de Base. Proyecto CATIE–MESOTERRA. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 140 p. sin publicar.

Moser, G; Leuschner, C; Hertel, D; Holscher, D; Leitner, D; Michalzik, B; Prihastanti, E; Tjitrosemito, S; Schwendenmann, L. 2010. Response of cocoa trees (*Theobroma cacao*) to a 13-month desiccation period in Sulawesi, Indonesia. Agroforestry Systems. 79: 171-187.

Omolaja, S; Aikpokpodion, P; Adedeji; S; Vwioko, D. 2009. Rainfall and temperature effects on flowering and pollen productions in cocoa. African Crop Science Journal. 17 (1): 41-48.

Ortiz, M; Somarriba, E. 2005. Sombra y especies arbóreas en los cacaotales del Alto Beni, Bolivia. Agroforestería en la Américas no. 43-44: 54-61.

Orozco, L; López, A; Somarriba, E. 2008. Enriquecimiento de fincas cacaoteras con frutales y maderables en Alto, Beni, Bolivia. Agroforestería en la Américas no. 46: 65-72.

Orozco, L; Somarriba, E. 2005. Árboles maderables en fincas de cacao orgánico del Alto Beni, Bolivia. Agroforestería de la Américas no. 43-44: 46-53.

Oyhantcabal. 2008. Desarrollo de la capacidad institucional para la adaptación al cambio climático: Marco teórico y experiencias en Uruguay. Adaptación al cambio climático: el rol de los servicios ecosistémicos. SIAASE. Turrialba, Costa Rica. 116 p.

Oyekale A, Bolaji, M; Olowa O. 2009. The effects of climate change on cocoa production and vulnerability assessment in Nigeria. Agricultural journal. 4 (2): 77-85.

PCC (Proyecto Competitividad y Ambiente en los territorios cacaoteros de Centroamérica). 2010. Plan Operativo y Presupuesto 2010. 13 p.

PCC-CATIE (Proyecto Competitividad y Ambiente en los territorios cacaoteros de Centroamérica); (Centro Agronómico Tropical d Investigación y Enseñanza). 2009. Determinación del potencial de mantener, aumentar o adoptar diferentes sistemas de cacao *(Theobroma cacao)* con base en el rol relativo y absoluto que éstos juegan en las estrategias de vida de los hogares en el municipio de Waslala, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica. 59 p.

Pechsiri, J; Sattari, A; Martínez, P; Xuan, L. 2010. A review of the climate-change-impacts´ rates of change in the Artic. Journal of Environmental Protection. 1: 59-69.

Pinzón, J; Rojas, A; Velázquez, G; Tirado, T; Motta, G; Gutiérrez, R; Méndez, V; Ramírez, R; Cedano, R; Osorio, L; Castillo, C; Villegas, R. 2004. Guía técnica para el cultivo de cacao. Bogotá, Colombia. FEDECACAO. 187 p.

Philipp, D; Gamboa W. 2003. Observaciones sobre el sistema mucuna-maíz en laderas de Waslala, región Atlántica de Nicaragua. Agronomía Mesoamericana. 14(002): 215-221.

Phillips-Mora, W; Cawich, J; Garnett, W; Aime, M. 2006. First report of frosty pod rot (moniliasis disease) caused by *Moniliophthora roreri* on cacao in Belize. Plant Pathology. 55: 584.

Ploetz, R. 2007. Cacao diseases: Important threats to chocolate production worldwide. Phytopathology. 97(12): 1634-1639.

Quenta, W; Bentes-Gama, M; Somarriba, E, Pastrana, A. 2005. Adopción prospectiva de las innovaciones tecnológicas para la producción orgánica de cacao en el Alto Beni, Bolivia. Agroforestería en las Américas no. 43-44: 32-37.

Ramírez, L; Alvarado, A; Pujol, R; McHugh, A; Brenes, G. 2008. Indicadores para estimar la sostenibilidad agrícola de la cuenca media del Río Reventado, Cartago, Costa Rica. Agronomía costarricense. 32 (2): 93-118.

Ramírez, O; Somarriba, E; Ludewigs, T; Ferreira, P. 2001. Financial returns stability and risk of cacao-plantain-timber agroforestry systems in Central America. Agroforestry Systems. 51: 141-154.

Ramírez, D; Ordaz, J; Mora, J; Acosta, A; Serna, B. 2010. Efectos del cambio climático sobre la agricultura. CEPAL, México. 72 p.

Ramiro-Puig, E; Castell, M. 2009. Cocoa: antioxidant and immunomodulator. British Journal of Nutrition. 101: 931-940.

Rao, K; Verchot, L; Laarman, J. 2007. Adaptation to climate change through sustainable management and development of agroforestry systems. World Agroforestry Center. SAT 4(1):1–30.

Rauscher, S; Giorgi, F; Diffenbaugh, N; Seth, A. 2008. Extension and intensification of the Meso-American mid-summer drought in the twenty-first century. Clim Dyn. 31: 551-571.

Ray, D; Welch, R; Lawton, R; Nair, U. 2006. Dry season clouds and rainfall in Northern Central American: Implications for the Mesoamerican Biological Corridor. Global and Planetary Change. 54: 150-162.

Reddy, K; Hodges, F. 2000. Climate change and global crop productivity. CABI Publishing, Wallingford. 10 p.

Rehem, B; Almeida, A; Mielke, M; Gomes, F; Valle, R. 2010. Photosynthetic and growth responses of *Theobroma cacao* L. clones to waterlogging. Journal of Tropical Agriculture. 48 (1-2): 17-22.

Rice, R; Greenberg, R. 2000. Cacao cultivation and the conservation of biological diversity. Ambio 29 (3): 167-173.

Roberts, G; Parrotta, J; Wreford, A. 2009. Current adaptation measures and policies. IUFRO. Austria. 22: 123-134.

Ryan, D; Bright, G; Somarriba, E. 2003. Daño al cacao (*Theobroma cacao*) por el aprovechamiento de *Cordia alliodora* en cacaotales indígenas de Talamanca, Costa Rica. Agroforestería en la Américas. 10 (37-38): 42-45.

Salgado, M; Ibarra, N; Macías, S; López, B. 2007. Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. INTERCIENCIA. 32(11): 763-768.

Sandino, D; Grebe, H; Malespín, M. 1999. Desarrollo agroforestal con cacao en Waslala, Nicaragua. Agroforestería en las Américas. 6(22).

Shapiro, H; Rosenquist, E. 2004. Public/private partnerships in agroforestry: the example of working together to improve cocoa sustainability. Agroforestry Systems. 61: 453-462.

Sheffield, J; Wood, E. 2008. Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi-scenario, IPCC AR4 simulations. Clim Dyn. 31: 79-105.

Sherwood, S; Oyarzun, P; Borja, R; Ochoa, M; Sacco, C. 2009. Katalysis: Ayudando a los agricultores andinos a sobrellevar el cambio climático. LEISA. 24(4): 22-24.

Somarriba, E. 2007. Cocoa and shade trees: production, diversification and environmental services. Grococoa. 11: 1- 4.

Somarriba, E. 2004. ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? Agroforestería en la Américas no. 41-42:120-128.

Somarriba, E; Beer, J. 2011. Productivity of *Theobroma cacao* agroforestry systems with timber or legume service shade trees. Agroforestry Systems. 81: 109-121.

Somarriba, E; Beer, J; Muschler, R. 2001. Research methods for multistrata agroforestry systems with coffee and cacao: recommendations from two decades of research at CATIE. Agroforestry Systems. 53: 195-203.

Souza, J; Pomella, W; Bowers, J; Pirovani, C; Loguercio, L; Prakash, H. 2006. Genetic and Biological Diversity of Trichoderma stromaticum, a Mycoparasite o the cacao Witches´-Broom Pathogen. The American Phytophathological Society. 96 (1): 61-67.

Suatunce, P; Somarriba, E; Harvey, C; Finegan, B. 2003. Composición florística y estructura de bosques y cacaotales en los territorios indígenas de Talamanca, Costa Rica. Agroforestería en las Américas. 10 (37-38): 31-35.

Suárez, A. 2008. ¿Cuántos y cuáles árboles de laurel (*Cordia alliodora*) se pueden cosechar en los cacaotales y bananales indígenas de Talamanca, Costa Rica? Agroforestería en las Américas no. 46: 104-109.

Stejskal, N; Fernández, M. 2006. Climate change, vulnerable communities and adaptation. Report on Nicaragua testing. 55 p.

Torres, J; Tenorio, A; Gómez, A. 2008. Agroforesteria: una estrategia de adaptación al cambio climático. San Martín, Perú. 124 p.

Trognitz, B; Scheldeman, X; Hansel-hohl, K; Kuant, A; Grebe, H; Hermann, M. 2011. Genetic population structure of cacao plantings within a young production area in Nicaragua. PloS One. 6(1): e16056. doi: 10.1371/journal.pone.0016056.

Vega, M; Somarriba, E. 2005. Planificación agroforestal de fincas cacaoteras orgánicas del Alto Beni, Bolivia. Agroforestería en las Américas no. 43-44: 20-26.

Verchot, L; Van Noordwijk; Kandji, S; Tomich, T; Ong, Ch; Albrecht, A; Mackensen, J; Bantilan, C; Anupama, K; Palm, Ch. 2006. Climate change: Linking adaptation and mitigation through agroforestry. Mitig Adapt Strat Glob Change. 18 P.

Verchot, L. 2007. Opportunities for climate change mitigation in agriculture. And investment requirements to take advantage of these opportunities. World Agroforestry Centre. Nairobi, Kenia. 72.

Verchot, L. 2008. A Look over the Horizon at Climate Change Issues Relative to Forestry: Opportunities for Relevant Forestry Research toward 2030.World Agroforestry Centre.15 p.

Vincent, T; Peterson, V; Barros, M; Marino, M; Rusticucci, G; Carrasco, E; Ramírez, L; Alves, T; Ambrizzi, M; Berlato, A; Marengo, L; Molion, D; Moncunill, E; Rebello, Y; Anunciacao, J; Quintana, J; Santos, J; Baez, G; Coronel, J; García, I; Trebejo, M; Bidegain, M; Haylock, D; Karoly, D. 2005. Observed trends in indices of daily temperature extremes in South America 1960-2000. American Meteorological Society. 18: 5011-5023.

Wang, Q; Li, Y; Alba, A. Cropping systems to improve carbon sequestration for mitigation of climate change. Journal of Environmental Protection. 1: 207-215.

Walpole, S; Rasanathan, K; Campbell-Lendrum. 2009. Natural and unnatural Synergies: Climate change policy and health equity. REDESMA. 3(3): 10-13.

Weisburger, J. 2001. Chemopreventive effects of cocoa polyphenols on chronic diseases. Exp Biol Med. 226: 891-897.

WFC (World Cocoa Foundation). 2010. Cocoa market update. Consultado 03 Dic. 2010. Disponible en http:// www. Worldcocoafoundation.org. 6 p.

Zuidema, P; Leffelaar, P; Gerritsma, W; Mommer, L; Anten, N. 2005. A physiological production model for cocoa *(Theobroma cacao)*: model presentation, validation and application. Agricultural Systems. 84: 195-225.

Zelaya, C; Laderach, P. 2010. Impacto del cambio climático y medidas de adaptación para enfrentarlo (ejemplos en Nicaragua). CIAT (Centro International de Agricultura).

ANEXOS

Anexo 1. *Encuesta 1.*

Protocolo de entrevista semi-estructurada para evaluar adaptación y resiliencia ante el cambio climático de las familias productoras de cacao en Waslala, Nicaragua

Soy María Altamirano, estudiante de la maestría de agroforestería tropical del CATIE. Mi interés en realizar esta entrevista es para extraer información que será utilizada para elaborar mi tesis. Antes de llevar a cabo la entrevista debo aclararle que es totalmente voluntaria y con su consentimiento. Si en algún momento usted no se siente cómodo me lo hace saber. Si desea información adicional de mi estudio no dude en preguntarme.

Información de los indicadores de adaptación y resiliencia ante el cambio climático

1.Información general

Nombre/Relación	Parentesco con jefe (a)	Edad	Sexo	Nivel escolar	Años de experiencia en cacao	Horas de trabajo en la finca por semana	Semanas de trabajo fuera de la finca por año	Horas de trabajo fuera de la finca por año	$/Jornal

Nivel escolar: poco: 0, primaria: 1, secundaria: 2, universidad: 3

2. Ingresos por productos extraídos del cacaotal

Productos principales	Meses de cosecha	Frecuencia días	Producción por año	Cantidad para consumo familiar al año	Cantidad para consumo de animales por año	Cantidad para venta por año	Precio de venta por unidad	Donde vende	Medio de transporte pagado utilizado	Costo de transporte utilizado por unidad
Banano										
Plátano										
Carambola										
Pejibaye										
Naranjas										
Limones										
Arroz										
Frijoles										
Maíz										
Guayaba										
Arazá										
Café										
Leña										
Madera aserrada										

2.1 Horas de trabajo por día en la finca _____

2.2 Recibe ayuda o le paga a alguien ajeno a su familia para realizar alguna labor en el cacaotal

3. Servicios básicos de los que dispone el productor

Servicios públicos de los que dispone	Si	No	Muy mala	Mala	Regular	Buena	Muy buena
Agua potable							
Otra fuente de agua							
Electricidad							
Otra fuente de agua							
Teléfono							
Internet							
Vías de acceso a la comunidad							
Transporte público en la comunidad							

3.1. ¿A qué distancia esta el cacaotal de la casa familiar?

3.2. ¿Cuánto se demora para llegar?

3.3. ¿Cada cuánto entra a la comunidad el transporte público?

3.4. ¿Cuánto tiempo se demora hasta llegar al punto de conseguir transporte?

3.5. ¿Cuánto tiempo se demora en llegar a Waslala o a la cooperativa?

3.6. ¿Cuánto le cuesta?

3.7. ¿Cuántos Km hay de distancia hay entre la finca y CACAONICA?

3.8. ¿Qué medio de transporte utiliza para llevar su producción de cacao hacia el comprador?

Carro _____ Transporte público_____ Camión_____

Camioneta _____ Carreta _____Bestia _____

3.9. El transporte utilizado es

Propio _____Alquilado _____ Público

4. Nivel de percepción

4.1. Si no tuviera el cacaotal. ¿Qué otro uso le daría a la tierra?

4.2. Estaría usted dispuesto a regar el cacaotal en caso de una sequia.

Si _____ No_____

¿Por qué?

4.3. ¿Cómo ha reaccionado usted y su familia ante un huracán o lluvia excesiva?

4.4. ¿Cómo ha reaccionado usted ante un bajo precio de sus productos en el mercado?

Anexo 2. Análisis de correlación de Pearson para las variables climáticas y de producción de cacao para seis países y Waslala.

Cuadro 1. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables climáticas y de producción de cacao en Waslala.

Waslala	Año	Temp	PP	Prod
Año	1	p= 0.52	p= 0.64	p= 0.52
Temp	r^2= 0.23	1	p= 0.43	p= 0.37
PP	r^2= 0.17	r^2= 0.28	1	p= 0.15
Prod	r^2= 0.23	r^2= -0.32	r^2= 0.49	1

Cuadro 2. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables climáticas y de producción de cacao en Venezuela.

Venezuela	Año	Temp	PP	Prod
Año	1	p= 8.0E-0.6	p= 0.1	p= 0.52
Temp	r^2= 0.99	1	p= 0.06	p= 0.66
PP	r^2= 0.63	r^2= 0.69	1	p= 0.98
Prod	r^2= -0.27	r^2 = -0.19	r^2= 0.01	1

Cuadro 3. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables climáticas y de producción de cacao en Bolivia.

Bolivia	Año	Temp	Preci	Prod
Año	1	P= 1.90E-03	p= 0.24	p= 6.10E-09
Temp	r^2= 0.77	1	p= 0.01	p= 0.01
Preci	r^2= -0.35	r^2= -0.68	1	p= 0.38
Produ	r^2= 0.98	r^2= 0.68	r^2= -0.26	1

Cuadro 4. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables climáticas y de producción de cacao en México.

México	Año	Temp	Preci	Prod
Año	1	p= 0.63	p= 0.11	p= 0.67
Temp	r^2= 0.16	1	p= 0.56	p= 0.67
Preci	r^2=0.51	r^2= -0.2	1	p= 0.22
Prod	r^2-0.15	$r^{2=}$ 0.15	r^2=-0.4	1

Cuadro 5. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables climáticas y de producción de cacao en Ghana.

Ghana	Año	Temp	Preci	Prod
Año	1	p= 0.21	p= 0.95	p= 0.03
Temp	r^2= 0.31	1	p= 0.23	p= 0.95
Preci	r^2= -0.02	r^2= 0.3	1	p= 0.86
Prod	r^2= 0.51	r^2= 0.02	r^2= -0.04	1

Cuadro 6. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables climáticas y de producción de cacao en Nigeria.

Nigeria	Año	Temp	PP	Prod
Año	1	p= 1.40E-06	p= 0.33	p= 0.03
Temp	r^2= 0.86	1	p= 0.09	p= 0.22
PP	r^2= 0.23	r^2= -0.39	1	p= 0.17
Prod	r^2= 0.49	r^2= 0.29	r^2= -0.32	1

Cuadro 7. Coeficiente de correlación de Pearson para las variables climáticas y de producción de cacao en Colombia.

Colombia	Año	Temp	PP	Prod
Año	1	p= 0.53	p= 0.29	p= 0.47
Temp	r^2= -0.19	1	p= 0.95	p= 0.24
PP	r^2= -0.3	r^2= -0.02	1	p= 0.14
Prod	r^2= -0.21	r^2= -0.34	r^2= 0.42	1

Anexo 3. Análisis del modelo general lineal y mixto con las variables climáticas y producción de cacao de 5 países.

Se elaboró un modelo general lineal y mixto con efecto fijo de país, de año aleatorio y efecto fijo de las regresoras de temperatura y precipitación. Los efectos fijos se aprecian en el cuadro 8. Se probaron las interacciones entre las regresoras temperatura y precipitación con país y entre si y no fueron significativas.

Cuadro 1. Resultados del modelo general lineal y mixto con las variables climáticas (temperatura y precipitación) de 5 países productores de cacao (Prueba de efectos fijos).

	Value	Std. Error	DF	F-Value	P-Value
(Intercept)	-284006.15	127064.45	40	-2.24	0.03
País Colombia	20358.11	32582.76	36	0.62	0.54
País Ghana	280363.77	21718.22	36	12.91	0
País México	7425.84	21226.26	36	0.35	0.73
País Nigeria	277129.95	17460.32	36	15.87	0
País Venezuela	8899.65	21343.11	36	0.42	0.68
Temp	12277.29	5089.73	36	2.41	0.02
PP	-14.63	14.7	36	-0.99	0.33

Cuadro 2. Resultados del modelo general lineal y mixto con las variables climáticas (temperatura y precipitación) de 5 países productores de cacao (Prueba de hipótesis secuenciales).

	numDF	denDF	F-Value	P-Value
(Intercept)	1	40	470.73	0
País	5	36	148.13	0
Temp	1	36	6.3	0.02
PP	1	36	0.99	0.33