CAMBIO CLIMÁTICO
EN EL SECTOR GANADERO DE NICARAGUA
Del Riesgo Climático a la Adaptación basada en Ecosistemas

2da Edición



Serie de Economía Ambiental No. 2

Con el apoyo de:

Embajada
de la República Federal de Alemania
Managua

FUNIDES
FUNDACION NICARAGUENSE PARA EL DESARROLLO ECONOMICO Y SOCIAL



CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO 14

I. INTRODUCCIÓN 16

A. ANTECEDENTES 16

B. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA 20

II. CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA ACTUAL Y FUTURO DE NICARAGUA 21

A. CLIMA ACTUAL 21

B. PROYECCIÓN DEL CLIMA FUTURO 24

III. AMENAZAS CLIMÁTICAS, IMPACTOS ECONÓMICOS Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN BASADAS EN ECOSISTEMAS DEL SECTOR GANADERO DE NICARAGUA. 29

A. AMENAZAS CLIMÁTICAS 29

1. AMENAZA POR TEMPERATURA 30

2. PRECIPITACIÓN 34

3. HURACANES E INUNDACIONES 37

4. AMENAZA TOTAL 38

B. IMPACTO ECONÓMICO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE SISTEMAS GANADERAS EN NICARAGUA 41

C. MEDIDAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO BASADAS EN ECOSISTEMAS PARA EL SECTOR GANADERO 53

IV. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DE RIESGO CLIMÁTICO DEL SECTOR GANADERO DE NICARAGUA 57

A. LA EXPOSICIÓN DEL SECTOR GANADERO ANTE LAS AMENAZAS CLIMÁTICAS 58

B. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CLIMÁTICA DEL SECTOR GANADERO 61

C. RIESGO RELATIVO 67

V. FUENTES DE FINANCIAMIENTO Y MECANISMOS ECONÓMICOS 71

A. FUENTES DE FINANCIAMIENTO INTERNACIONALES 72

1. INICIATIVAS Y FONDOS BILATERALES RELEVANTES 74

2. FONDOS MULTILATERALES RELEVANTES 77

B. COMPENSACIÓN POR SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y MECANISMOS INNOVADORES DE FINANCIAMIENTO 80

1. PREPARACIÓN Y REQUISITOS PREVIOS AL DISEÑO DEL MECANISMO 82

2. DEFINIR OBJETIVOS Y METAS DE CADA INICIATIVA ABE 86

3. MECANISMO DE MERCADO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PROVENIENTES DE FINCAS GANADERAS 87

4. ELEMENTOS DE SOPORTE DEL MECANISMO 90

5. PRIORIZACIÓN DE ÁREAS DE INTERVENCIÓN CONSIDERANDO LA RENTABILIDAD ECONÓMICA 91

VI. ESTUDIO DE CASO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO ESTELÍ 93

A. PREPARACIÓN Y REQUISITOS PREVIOS AL DISEÑO DEL MECANISMO 94

B. DEFINIR OBJETIVOS Y METAS DE CADA INICIATIVA 97

C. MECANISMO DE MERCADO DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS 101

1. ACTORES RELEVANTES 106

2. DISEÑO DE MERCADO 106

D. ELEMENTOS DE SOPORTE 108

E. PRIORIZACIÓN DE ÁREAS DE INTERVENCIÓN CONSIDERANDO LA RENTABILIDAD ECONÓMICA 109

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 111

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 116

ANEXOS 122

ANEXO 1 - ESTADO DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO EN NICARAGUA 122

ANEXO 2 - METODOLOGÍA Y BASES DE DATOS USADAS 127

ANEXO 3 - ESTUDIOS PREVIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO 133

ANEXO 4 - PRUEBA DE ROBUSTEZ PARA EL ÍNDICE SIMPLE: ANÁLISIS PRINCIPAL – COMPONENTE PCA 140

ANEXO 5 - INDICE DE RIESGO RELATIVO ACTUAL DE SISTEMAS GANADEROS EN LOS MUNICIPIOS DE NICARAGUA 142

ANEXO 6 - INDICE DE RIESGO RELATIVO PROYECTADO (RCP 8.5; 2030S) DE SISTEMAS GANADEROS EN LOS MUNICIPIOS DENICARAGUA 143

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AbE	Adaptación basada en Ecosistemas
ACCF	Fondo contra el Cambio Climático en África
AFD	Agencia Francesa para el Desarrollo
AMCC	Alianza Mundial sobre el Cambio Climático
APM	Asociación para la Preparación del Mercado
APRODEIN	Asociación de Profesionales para el Desarrollo Integral de Nicaragua
BAfD	Banco Africano de Desarrollo
BAsD	Banco Asiático de Desarrollo
BCCTF	Fondo Fiduciario para el Cambio Climático Bangladesh
BCF	Fondo del Biocarbono
BCIE	Banco Centroamericano de Integración Económica
BCRF	Fondo Resiliencia Climática Bangladesh
BEI	Banco Europeo de Inversiones
BERF	Banco Europeo de Reconstrucción y Fomento
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BM	Banco Mundial
BMUB	Ministerio Federal de Medio Ambiente de Alemania
BMZ	Ministerio Federal para la Cooperación y el Desarrollo Económicos de Alemania
CARE	Cooperativa de Asistencia y Auxilio en todas partes
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CCAFS	Centro para el Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria
CENAGRO	Censo Nacional Agropecuario
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CER	Certificados de Emisiones Reducidas
CGIAR	Consorcio de Investigación Agrícola Internacional
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical

CIDA	Organismo Canadiense de Desarrollo Internacional (Canadian International Development Agency)
CIF	Fondos de Inversión en el Clima
CLLJ	el Chorro de Bajo Nivel del Caribe
CMIP	Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNT	Cámara Nicaragüense de Tabacaleros
CSE	Compensación por servicios ecosistémicos
CTF	Fondo para una Tecnología Limpia
CV	Coeficiente de variación
DECC	Departamento de Energía y Cambio Climático
DEFRA	Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Cuestiones Rurales
DFID	Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido
DREC	Departamento de Relaciones Exteriores y Comercio
EM-DAT	Base de Datos Sobre Eventos de Emergencia
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios
ENACC	Estrategia Nacional Ambiental y de Cambio Climático
ENDE	Estrategia Nacional de deforestación Evitada
ENEL	Empresa Nicaragüense de Electricidad
ENOS	Oscilación Sur de El Niño
Ex-Im	Banco de Exportación e Importaciones de Estados Unidos
FA	Fondo para la Adaptación
FAGANIC	Federación de Asociaciones Ganaderas de Nicaragua
Fam	Fundo para la Amazonia
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FCPF	Fondo para Reducir las Emisiones de Carbono mediante la Protección de los Bosques
FECC	Fondo Especial para el Cambio Climático
FFCC	Fondo Forestal de la Cuenca del Congo

FFEM	Mecanismo Francés para el Medio Ambiente Mundial
FIDA	Fondo Internacional para el Desarrollo Agropecuario
FIP	Programa de Inversión Forestal
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
Fondo NAM	Fondo para las medidas de mitigación apropiadas a cada país (Reino Unido y Alemania)
FONERWA	Fondo Nacional de Ruanda para el Clima y el Medio Ambiente
ForCES	Certificación Forestal para Servicios de Ecosistemas
FORREST	Fideicomiso para el Ordenamiento y la Recuperación del Río Estelí
FPMA	Fondo para los Países Menos Adelantados
FRM	Factor de Recuperación de la Madera
FSC	Consejo de Administración Forestal
FSF	Financiamiento Inmediato de Japón
FVC	Fondo Verde para el Clima
GCCI	Iniciativa Global sobre el Cambio Climático (Estados Unidos)
GEEREF	Fondo mundial para la eficiencia energética y las energías renovables
GEF	Fondo Mundial para el Medio Ambiente
GESDISC	Centro de Goddard Servicios de Datos e Información de las Ciencias Terrestres
GIZ	Cooperación Técnica Alemana
GIZ	Agencia Alemana de Cooperación Internacional
GRIF	Guyana Fondo de Inversión de REDD+
Ha	Hectárea
IC	Implementación Conjunta
ICCTF	Fondo Fiduciario de Indonesia para el Cambio Climático
ICF	Fondo Internacional para el Clima (Reino Unido)
ICFI	Iniciativa Internacional sobre Bosques y Clima (Noruega)
ICI	Iniciativa Internacional sobre el Clima (Alemania)
IDR	Instituto de Desarrollo Rural
IGSC	Índice Ganadero de Seguridad Climática
INAFOR	Instituto Nacional Forestal
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
IPCC	El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático

IRC	Índice de Riesgo Climático
ISE	Índice de Servicios Ecosistémicos
ITH	Índice de la Temperatura y Humedad
JBIC	Banco Japonés de Cooperación Internacional
JICA	Agencia Internacional de Cooperación de Japón
KfW	Banco Alemán de Desarrollo
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
MCCF	México Fondo para el Cambio Climático
MCG	Modelo de circulación general (o, modelo climático global)
MCR	Modelo climático regional
MDL	Mecanismo para el Desarrollo Limpio
MIES	Grupo de Trabajo Interministerial sobre Cambio Climático de Francia
MME	Ministerio de Relaciones Exteriores
MRV	Monitoreo, Reporte y Verificación
NORAD	Organismo Noruego de Cooperación para el Desarrollo (Norwegian Agency for Development Cooperation)
ODIN	Gestión Independiente de Fondos de los Países Nórdicos
OECD	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
ONG	Organización no Gubernamental
ONU	Organización de Naciones Unidas
OPIC	Overseas Private Investment Corporation
	Países de Ingreso Bajo
PAPA	Programa de Adaptación para Pequeños Agricultores
PASOLAC	Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central
PCA	Análisis Principal-Componente
PIB	Producto Interno Bruto
PIMCHAS	Proyecto Integral de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Agua y Saneamiento
PNUB	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PPCR	Programa Piloto sobre la Capacidad de Adaptación al Cambio Climático

PRECIS	Provisión de Climas Regionales para Estudios de Impacto
PSF	Filipinas Fondo para la Supervivencia del Pueblo
QGIS	Quantum Sistema Geográfica
RACCN	Región Autónoma de la Costa Caribe Norte
RACCS	Región Autónoma de la Costa Caribe Sur
RCP	Trayectorias de concentración representativas
REDD	Programa de Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques
SCF	Fondo Estratégico sobre el Clima
SDII	Indice de intensidad diaria simple
SE	Servicios Ecosistémicos
SICA	Sistema de Integración Centroamericana
SREP	Programa para el Aumento del Aprovechamiento de Fuentes Renovables de Energía
SRES	Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones
UBC	Universidad de British Columbia
UNISDR	Estrategia de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres
UNREDD	Deforestación y la Degradación de los Bosques
USAID	Agencia de Desarrollo Internacional de Estados Unidos
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical

RESUMEN EJECUTIVO

En 2016, el sector pecuario represento el 4.7% del PIB de Nicaragua y el sector agropecuario representó el 8.4% del empleo formal para dicho año. Los niveles de productividad del sector son muy heterogéneos, dado que el sector está presente en casi todo el país incluyendo grandes, medianos y pequeños productores. Sin embargo, en partes del sector aún permanecen paradigmas muy tradicionalistas y se realiza poca inversión en la tierra. En Nicaragua alrededor del 80 por ciento de la superficie deforestada cada año es convertida a pastizales y la actividad ganadera ha sido criticada por ser una de las actividades con mayores emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial.

El cambio climático representa una gran amenaza para el sector y en consecuencia para toda la economía del país por su dependencia de las actividades agropecuarias. Por otro lado, el cambio climático puede ser considerado como una oportunidad, que incentiva al sector ganadero a convertirse en un agente de cambio. Mediante la implementación de medidas de adaptación basadas en ecosistemas, el sector podrá preparase para los efectos adversos del cambio climático y al mismo tiempo generar importantes beneficios para el entorno de las fincas ganaderas. Al implementar medidas bajo un enfoque silvopastoril, las fincas ganaderas ayudan a su entorno a adaptarse al cambio climático y además generan importantes servicios ecosistémicos como la captura de carbono, la conservación de la biodiversidad y la potencialización del turismo.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, FUNIDES identificó la necesidad de realizar el presente estudio con el objetivo de analizar, para el sector ganadero, las amenazas climáticas e identificar medidas de adaptación pertinentes por un lado y crear un índice de



riesgo climático por el otro. Las amenazas climáticas se enfocan en la temperatura, la precipitación, los huracanes y las inundaciones. De la amenaza por temperatura, se deriva además un ejercicio de fincas modelo para representar el impacto económico del cambio climático sobre sistemas ganaderos en Nicaragua. Además, se presenta el índice de riesgo relativo del sector ganadero.

Se incluye un análisis de vulnerabilidad que toma en cuenta la sensibilidad de los diferentes municipios ganaderos, incluyendo indicadores como la disponibilidad de fuentes de agua, la presencia de áreas de bosques como refugio climático, el acceso al crédito y la presencia de infraestructura clave, entre otros. La vulnerabilidad también toma en cuenta la capacidad adaptativa de los productores ganaderos en los diferentes municipios, enfocándose en sus conocimientos y experiencias, así como en su capacidad de fuga[1].



El estudio se dirige a diferentes públicos meta: para el caso de los productores ganaderos, gremios y asociaciones relacionados, los análisis de las amenazas individuales resultan particularmente interesantes para que puedan identificar las amenazas específicas de su municipio e iniciar con la implementación de medidas de adaptación basadas en ecosistemas. En el caso de los tomadores de decisión del sector público, privado y para organizaciones que asesoran al sector, el índice de riesgo relativo constituye una importante herramienta de priorización para canalizar el apoyo hacia los municipios que más lo ameriten.

El estudio incluye un capítulo sobre fuentes de financiamiento y mecanismos económicos, haciendo especial énfasis en la compensación de servicios ecosistémicos y otros mecanismos innovadores de financiamiento. Además, se presenta un estudio de caso de la subcuenca del río de Estelí, en el cual se incluyen diferentes fases del diseño de un mecanismo de compensación en cuánto a la conceptualización del esquema.

[1] La capacidad de fuga, se refiere a la facilidad de abandonar el municipio afectado e iniciar sus operaciones en otro municipio.

I. INTRODUCCIÓN

A. Antecedentes

A lo largo de los años, se ha aceptado ampliamente, que algunos de los impactos del cambio climático sobre nuestro planeta serán inevitables: La elevación de las temperaturas, el cambio en los patrones de precipitación, las sequías extremas, el crecimiento del nivel del mar, por mencionar algunas. La adaptación al cambio climático[2] no podrá mitigar estos impactos, pero sin embargo es un elemento clave para reducir la vulnerabilidad de las poblaciones más afectadas a nivel global. Está previsto que el cambio climático impacte sobre todo a personas de bajos recursos en países en desarrollo (GTZ 2007).

Desde una perspectiva económica el Reporte Stern de 2006 describe el cambio climático como "la externalidad más grande que el planeta haya visto", haciendo alusión a que el cambio climático es causada mayormente por aquellos países que son los menos afectados. Por este motivo, es difícil encontrar respuesta a la pregunta: ¿Quién pagará por la adaptación? Ya que la adaptación al cambio climático es una solución vinculada a costos, generación de información, el problema de los "bienes comunes",

2 Según IPCC (2014) la adaptación se define como el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. La intervención humana puede facilitar el ajuste en algunos sistemas naturales; y en los sistemas humanos mismos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. La mitigación se distingue de la adaptación que supone la reducción de las concentraciones de gases de efecto invernadero, ya sea mediante el aumento de sus sumideros o la reducción de sus fuentes.

limitaciones financieras y afecta en su mayoría a los países más pobres del planeta (GIZ, 2007).

Según GTZ (2007) los países en desarrollo son altamente vulnerables a los efectos del cambio climático, debido a su posición geográfica y su alta dependencia de recursos naturales. Países como Nicaragua dependen altamente de actividades como la agricultura, pesca, turismo, ganadería, entre otras; y estas actividades son altamente vulnerables a los impactos del cambio climático. En Latinoamérica se ha optado por responder a desastres, pero no por planificar una adaptación a largo plazo que permita reducir considerablemente la vulnerabilidad de la población ante los efectos del cambio climático. Esto se debe entre otros factores, a los altos costos de inversión vinculados a la adaptación, a la falta de generación de información y capacidad técnica. La capacidad de adaptación de un país está vinculada a su crecimiento económico. Para poder encontrar una solución sostenible, se tienen que cumplir tanto los objetivos de desarrollo socio-económico, como de adaptación al cambio climático, simultáneamente. Además, la adaptación al cambio climático debe estar integrada completamente en los planes estratégicos del país (GIZ, 2007).

Para poder tomar las decisiones correctas sobre las inversiones, los tomadores de decisión deben tener completo conocimiento sobre los costos y los beneficios de la adaptación, así como de los impactos del cambio climático. Países como Nicaragua encuentran barreras para su adaptación al cambio climático debido a ecosistemas altamente vulnerables, la falta de recursos financieros y de capital humano, la falta de infraestructura y mercados.

En comparación a la mitigación del cambio climático, los beneficios de la adaptación al mismo, son usualmente a nivel local, por lo que los costos de inversión son más difíciles de financiar. Una de las principales problemáticas de la adaptación al cambio climático es la limitada inversión de los actores locales privados. Estas inversiones deben ser complementadas por inversiones del sector público o de fuentes internacionales, tomando en cuenta que las medidas de adaptación son “bienes públicos”, lo que quiere decir que los costos no serán internalizados en su totalidad por actores privados debido a que sus beneficios serán también para la sociedad, creando el problema del efecto parásito “free rider ” (GTZ 2007).

Nicaragua ha sido enlistada como uno de los diez países más vulnerables ante el cambio climático en las últimas diez ediciones del índice de riesgo climático del German Watch. Además, el país fue afectado por 48 desastres meteorológicos entre 1990 y 2015, con pérdidas económicas cercanas a US$ 1,777 millones en los últimos 30 años (ICEFI 2016). La Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Económico y Social (FUNIDES) en su Tercer Informe

de Coyuntura Económica del año 2015 analizó el impacto de la sequía en la agricultura, estimando que el daño de la sequía en el ciclo agrícola 2015/16 (siembra de primera y parte de la postrera) en los principales rubros agrícolas (granos básicos y rubros de agroexportación) fue de US$35 millones.

Ante estas cifras se hace evidente la necesidad de los sectores económicos, sobre todo del sector agropecuario, de adaptarse a la variabilidad y al cambio climático. Un enfoque costo-eficiente es el llamado Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) que según Vignola et al. (2015), generalmente se define como el uso de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos como parte de una estrategia de adaptación integral, que ayuda a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático.

Considerando que la economía de Nicaragua es altamente dependiente de los recursos naturales, se deberán considerar medidas de protección ambiental para mitigar la destrucción y la degradación de sus ecosistemas naturales. La degradación de los ecosistemas reduce su resiliencia[3] ante el cambio climático y limita el potencial de los actores económicos de optar por enfoques de adaptación basada en ecosistemas (AbE). Desafortunadamente según INAFOR (2008) solo en la segunda mitad del siglo XX se han perdido en promedio 70,000 hectáreas de bosque anualmente en Nicaragua. Eso representa el 50 por ciento de la cobertura forestal que Nicaragua tenía en 1948 (INAFOR, 2008).



3 Según IPCC 2014, la resiliencia se define como la capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación.

Actualmente el 25.7 por ciento del territorio nacional, 3.1 millones de hectáreas, está cubierto de bosque. De esta área, el 55 por ciento es propiedad privada, el 25 por ciento pertenece a grupos indígenas, el 13 por ciento es del Estado y el 1 por ciento de los municipios según Prisma (2010). De acuerdo a INAFOR (2016) no pudo constarse la posición del 4 por ciento de las hectáreas, y no se pudo establecer ningún tipo de posesión en un 2 por ciento donde no se logró hacer las entrevistas. La destrucción y degradación se debe a insostenibles patrones de comportamiento de los actores económicos, como el sector ganadero. Del total de la superficie deforestada, un poco más del 20 por ciento es convertida a cultivos, y cerca del 80 por ciento a pastizales (FAO 2006).

En Nicaragua, los estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático se han enfocado más en el sector agrícola, con importantes aportes en el sector cafetalero (Läderach et al. 2012), sin embargo, en el sector pecuario se requiere más información y análisis. Internacionalmente el enfoque AbE también ha sido aplicado más al sector agrícola y menos al sector ganadero. Siendo el sector ganadero parte del problema de la deforestación y considerado una importante fuente de gases de efecto invernadero que aceleran el cambio climático global, también puede ser parte de la solución a la crisis ambiental y un eje importante en la adaptación al cambio climático.

En el presente estudio se aplica el enfoque de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) a la ganadería en Nicaragua. En este contexto, la "adaptación basada en ecosistemas en sistemas pecuarios" se define como prácticas de manejo agropecuario que utilizan la biodiversidad y los servicios ecosistémicos con el fin de aumentar la capacidad del sistema agropecuario para adaptarse al cambio climático y a la variabilidad climática (Vignola et al. 2015).

Lo más importante de este novedoso enfoque, es que los productores ganaderos al reestablecer y conservar los ecosistemas, no solo adaptan sus fincas al cambio climático. Según Vignola et al. (2015) el concepto de AbE tiene impacto a dos niveles: A nivel de finca, este enfoque implica prácticas tales como la plantación de cortinas rompeviento y en el caso de las plantas forrajeras, también implica el uso de sistemas agroforestales o cultivos intermedios para reducir los impactos de la evapotranspiración, de las precipitaciones extremas y de los vientos fuertes en la estructura del suelo. A nivel del entorno de las fincas, las prácticas AbE hacen uso de la biodiversidad y de los procesos ecológicos con el fin de regular los ciclos de agua y nutrientes, por ejemplo, a través de la conservación o el establecimiento de la vegetación natural en los principales puntos de recarga y distribución hidrológica. Además, mediante los árboles y la vegetación natural se pueden reducir, tanto las plagas de plantas forrajeras, como los

brotes de enfermedades, que se generan debido a los fenómenos meteorológicos extremos. De esta manera las fincas ganaderas de Nicaragua podrían convertirse en una red de unidades productivas generadoras de servicios ecosistémicos enfocados en la adaptación al cambio climático y beneficiando de esta manera a su entorno a lo largo de todo el territorio nacional.

B. Objetivos y Metodología

Teniendo en cuenta estos antecedentes, FUNIDES identificó la necesidad de realizar el presente estudio, con el objetivo de analizar las amenazas climáticas e identificar medidas de adaptación pertinentes por un lado y crear un índice de riesgo climático por el otro. Las amenazas climáticas se enfocan en la temperatura, la precipitación, los huracanes y las inundaciones. De la amenaza por temperatura se deriva además un ejercicio de fincas modelo para representar el impacto económico del cambio climático sobre sistemas ganaderos en Nicaragua. Las amenazas se agregan en un índice de amenaza total, el cual se combina con los índices de exposición y vulnerabilidad del sector ganadero, para finalmente determinar el índice de riesgo relativo.

Las metodologías utilizadas en este estudio se pueden separar en dos grandes grupos: Las metodologías participativas en el marco de talleres realizados y las metodologías científicas para las proyecciones climáticas, el impacto económico en las fincas modelos y el índice de riesgo climático. Para mayor información puede consultar el Anexo 1 de este documento.

II. CARACTERIZACIÓN DEL CLIMA ACTUAL Y FUTURO DE NICARAGUA

A. Clima Actual

Debido a la variación mínima en la temperatura estacional de la superficie, el actual sistema climático de Nicaragua se caracteriza en gran parte por los patrones de precipitación local. La mayor parte de la precipitación del país ocurre en una sola estación húmeda, típicamente entre mayo y octubre, pero interrumpida por la aparición de una disminución de lluvia o periodo seco a mediados de verano (Magaña et al., 1999) denominada "canícula"[4]. En el centro de Nicaragua, el efecto orográfico modifica esta única estación húmeda en varias regiones climáticas distintas, que varían desde un clima monzónico en las tierras bajas atlánticas y en grado menor en las tierras bajas del Pacífico, hasta una de un clima ecuatorial más al interior y un clima de sabana tropical en el altiplano central.

Las tendencias de las precipitaciones son considerablemente modificadas por otros fenómenos climáticos de mayor escala y han mostrado una correlación significativa con la Oscilación de Sur de

4 Esta distribución bimodal se asocia predominantemente con la desviación hacia el norte de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) del Pacífico y una migración occidental del Alto Subtropical del Atlántico Norte (Small y Szoeke, 2007).

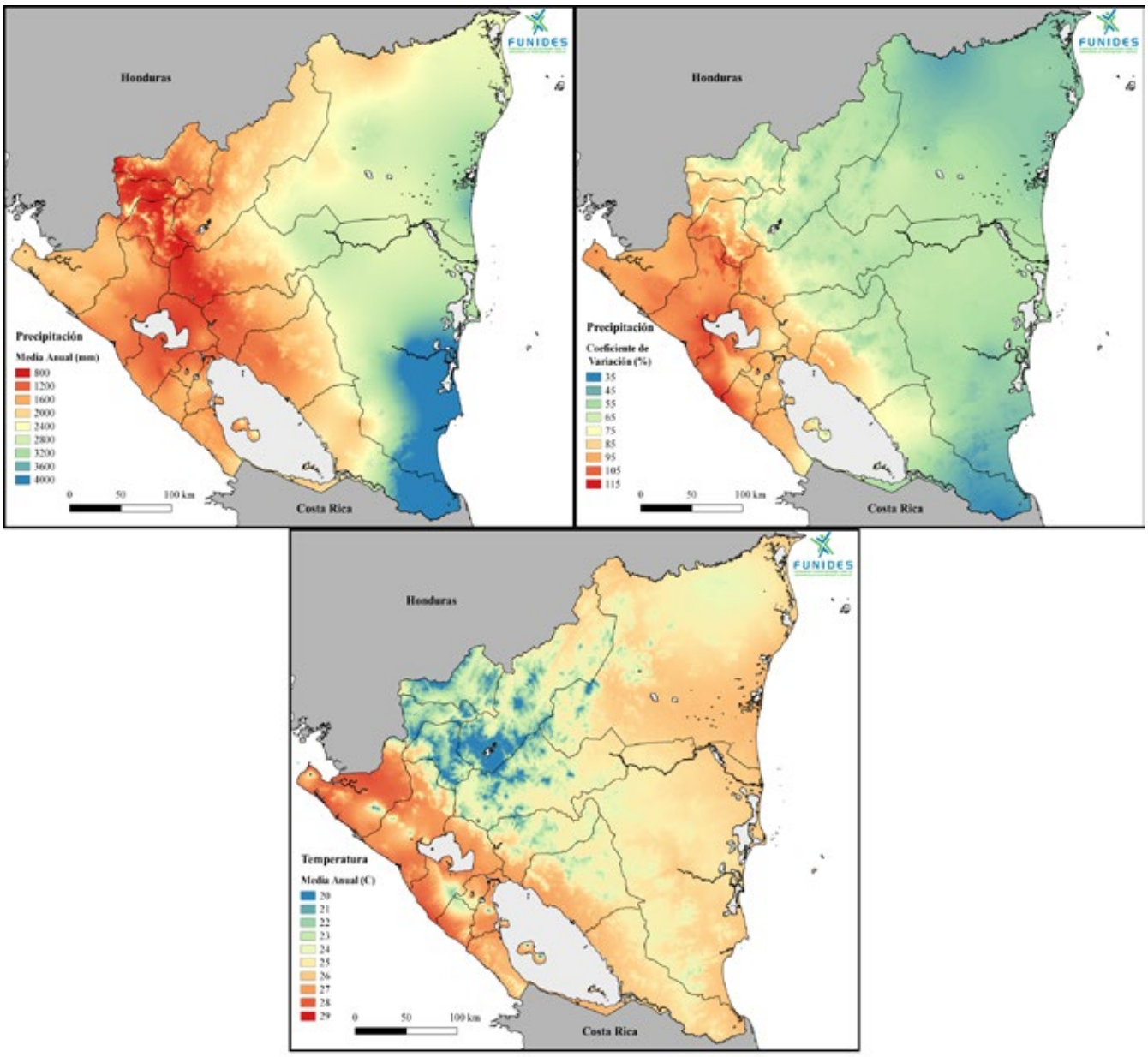
El Niño[5] (ENOS), las temperaturas tropicales de la superficie del mar en el Atlántico Norte, el Chorro de Bajo Nivel del Caribe (CLLJ) y la Oscilación Decadal del Pacífico (Hidalgo et al., 2016; Wang, 2007).

Las distribuciones actuales de precipitación se han promediado anualmente en el Mapa 1, lo que demuestra la significativa diferencia en la zonificación climática de este a oeste. Con el propósito de resumir las características climáticas de una manera que pueda compararse entre diferentes escenarios de cambio climático, también se presenta el coeficiente de variación (CV) en la precipitación mensual. Las zonas con mayor porcentaje de CV muestran un alto grado de estacionalidad en términos de precipitación y son probablemente una indicación de las canículas superpuestas al régimen climático de las estaciones húmedas y secas del país. Los cambios potenciales en la acumulación total y la estacionalidad de los patrones de precipitación tendrán implicaciones significativas para las medidas de adaptación que se recomiendan y se incorporan posteriormente en este análisis.

Las diferencias regionales en la temperatura superficial están predominantemente asociadas con las cordilleras Isabelia y Amerrisque, ya que las regiones más altas alcanzan temperaturas medias anuales tan bajas como 20°C (mapa 1), y las tierras bajas se caracterizan por temperaturas medias anuales de 26-28°C. Se presentan los promedios anuales para resumir brevemente los cambios a gran escala en el clima en cada década y el escenario de emisiones; sin embargo, los promedios mensuales se utilizan para los índices calculados subsiguientemente.

5 Los eventos de El Niño, por ejemplo, se caracterizan por un debilitamiento de los vientos alisios del este y temperaturas más frescas en el Caribe, que típicamente producen condiciones secas a través de Nicaragua. Las fases de La Niña demarcan un fortalecimiento de los vientos alisios debido a un gradiente de presión anómalamente alto entre el Pacífico tropical occidental y oriental. Este fortalecimiento de los vientos del este, aumenta la acumulación de agua superficial caliente en el Caribe, que aumentan las lluvias sobre Nicaragua y Centroamérica.

Mapa 1: (Esquina superior izquierda) Media anual de precipitación (mm). (Esquina superior derecha) Coeficiente de variación de precipitación (porcentaje). (Fondo) Media anual de temperatura (ºC).



Fuente: Elaboración propia basada en WorldClim (Hijmans et al., 2005).

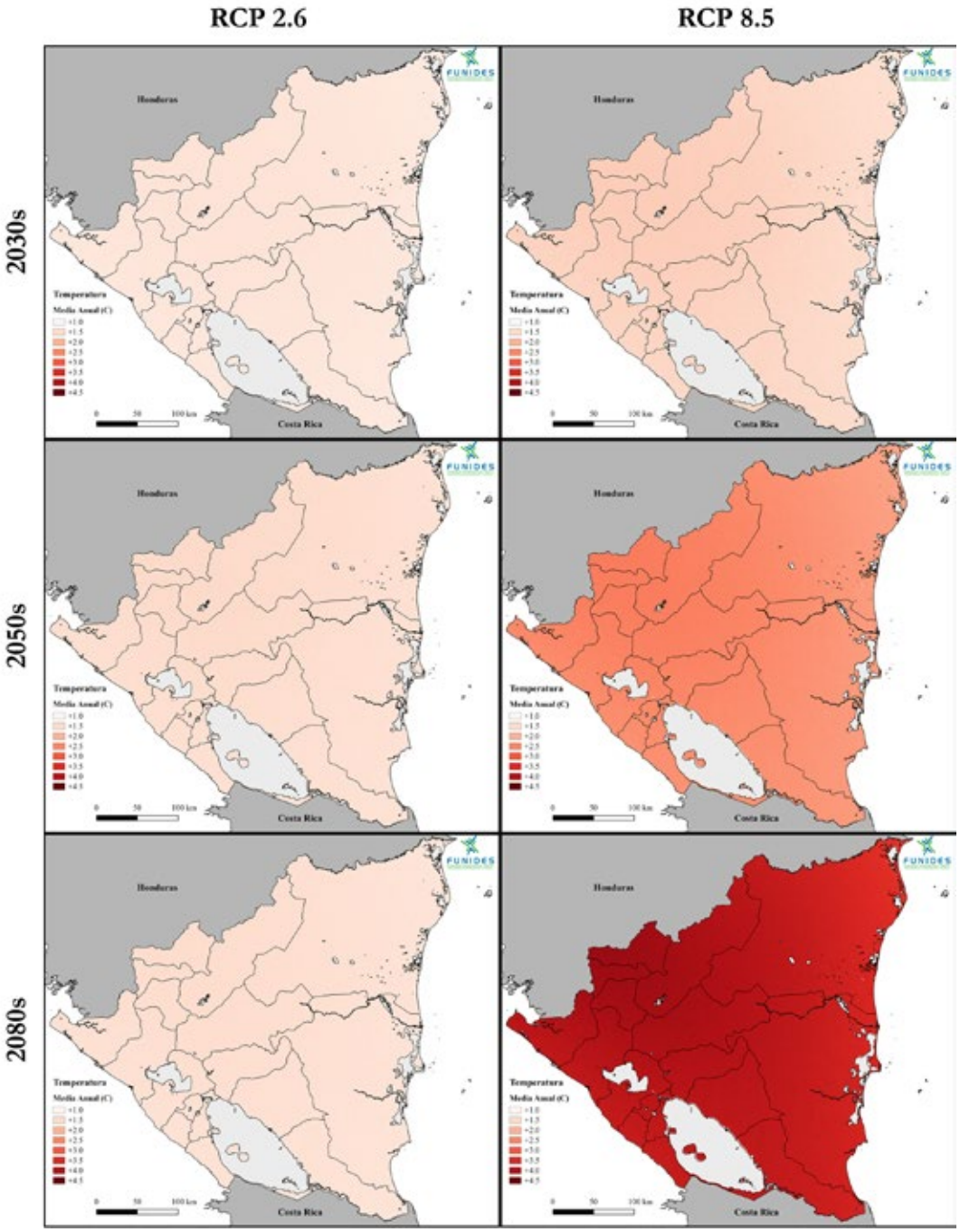


B. Proyección del Clima Futuro

Los resultados de la media de los 25 modelos de circulación general o modelos climáticos globales (MCG, ver anexo 4) están en gran medida en concordancia con los análisis realizados por otros autores, sin embargo, estos datos se presentan en una resolución de 30″, permitiendo su aplicación a las evaluaciones del riesgo a nivel de municipio. Los resultados de esta sección se centran en las anomalías anuales de precipitación y temperatura entre cada escenario y década para resumir las tendencias generales, mientras que los análisis posteriores en nuestra evaluación del riesgo incorporarán datos mensuales de temperatura.

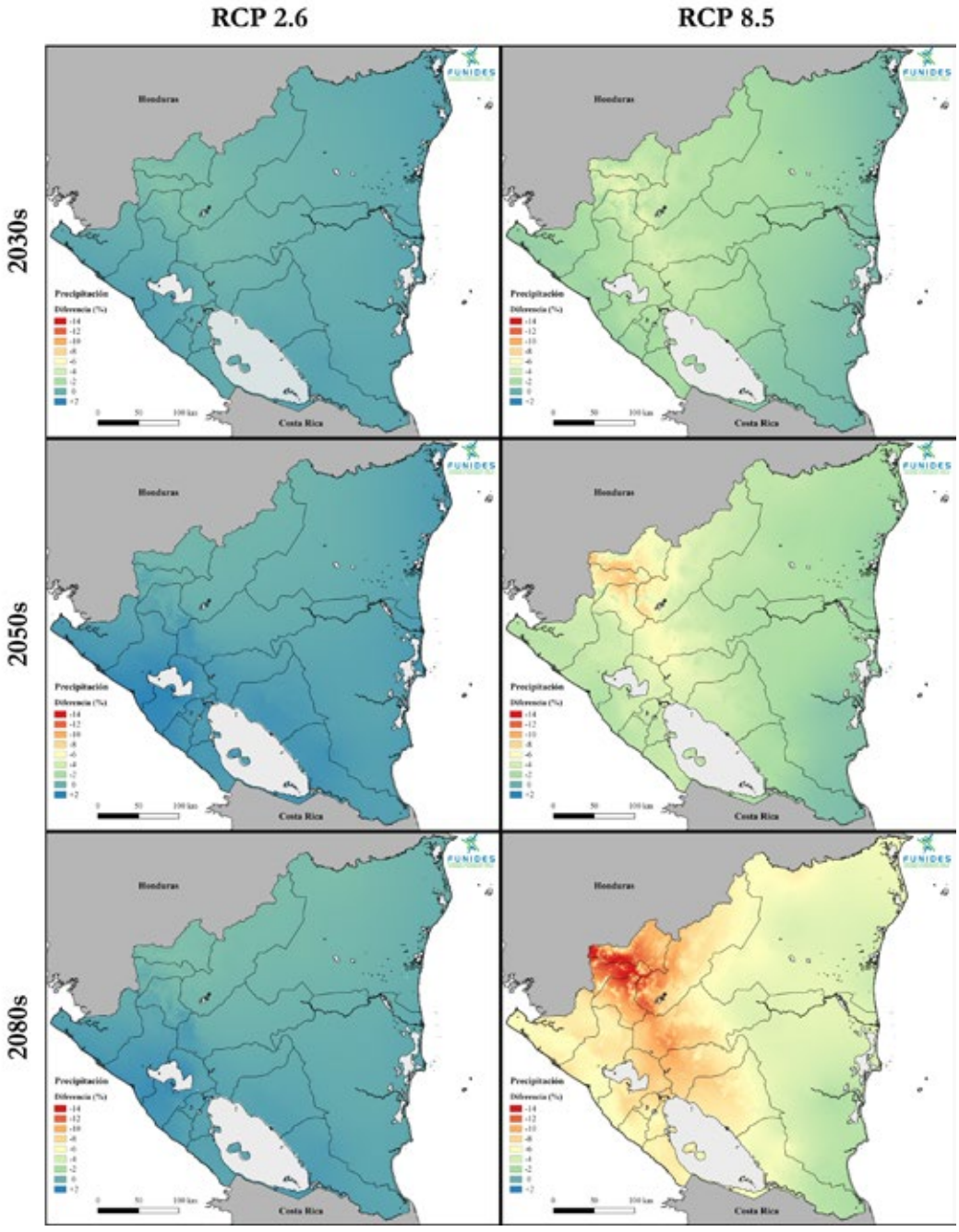
Los cambios anuales de temperatura en ambos escenarios (optimista RCP 2.6 y el pesimista RCP 8.5.) y en las tres décadas (2030s, 2050s, 2080s) mostraron poca variabilidad en la distribución espacial (Mapa 2), sin embargo, en cada conjunto de modelos persistió una anomalía de temperatura ligeramente superior en la región del Pacífico en comparación con el Atlántico (entre +0,2 y +0,5 °C). Este calentamiento ligeramente asimétrico contrasta con las tendencias históricas mencionadas en Anexo 3 Mapa 3 (Hidalgo et al., 2016).

Mapa 2: Temperatura media anual (°C) por los escenarios optimista (RCP2.6) y pesimista (RCP 8.5) en las tres décadas (2030s, 2050s, 2080s). La anomalía en temperatura fue calculada con la diferencia entre cada proyección y el clima actual (1960-1990).



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010) Worldclim (Hijmans et al., 2005)

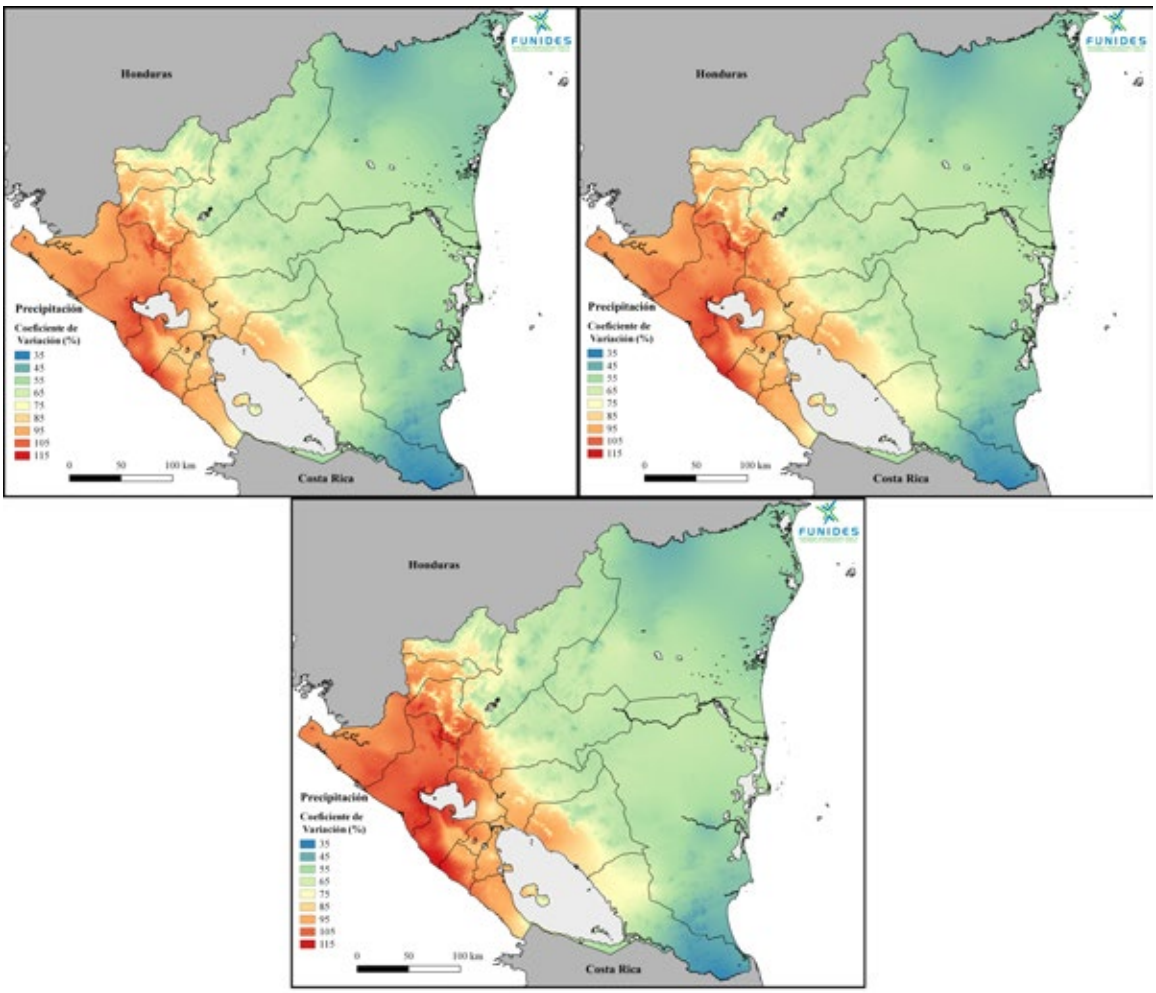
Mapa 3: Diferencia en precipitación por los escenarios optimista (RCP2.6) y pesimista (RCP 8.5) en las tres décadas (2030s, 2050s, 2080s). La anomalía en precipitación fue calculada con la diferencia entre cada proyección y el clima actual (1960-1990) en términos de un porcentaje de cambio.



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010) Worldclim (Hijmans et al., 2005)

Existe una clara distinción en la magnitud del calentamiento entre el escenario optimista y el pesimista. El optimista alcanza anomalías máximas de temperatura entre +1.0 a +1.4 °C, pero alcanza realmente el pico de calentamiento en los 2050s. El escenario pesimista experimenta tendencias de calentamiento considerablemente mayores que oscilan entre +1,5 °C en la década de 2030, a más de +3,5 °C en la década de 2080. El consenso de la media del conjunto en cada proyección de temperatura es bastante fuerte; la variabilidad limitada entre los modelos sugiere que las proyecciones son significativas estadísticamente.

Mapa 4: Coeficiente de variación en precipitación (porcentaje) por el clima actual (esquina superior izquierda), en el periodo de los 2080s según el escenario optimista (RCP 2.6, esquina superior derecha) y pesimista (RCP 8.5, fondo).



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010)

Es probable que la magnitud de estas proyecciones de calentamiento tendrá efectos negativos considerables sobre las industrias agropecuarias en Nicaragua. Un aumento en las temperaturas medias anuales y una tendencia hacia mayores temperaturas extremas presumiblemente afecta los rendimientos de producción, ya que tales condiciones pueden resultar perjudiciales para las actividades agrícolas y ganaderas. Además, las temperaturas medias significativamente más altas pueden acelerar los procesos de evapotranspiración y tensionar los recursos hidrológicos en la región.

En términos de precipitación, en el escenario optimista en cualquiera de las décadas proyectadas (Mapa 3), se observa poco o ningún cambio en la acumulación anual (+/- 1,5 porciento)[6]. El coeficiente de variación aumenta ligeramente en la región del Pacífico (Mapa 4), lo que indica una ligera tendencia a una estacionalidad mayor, también demostrado en los registros históricos.

Sin embargo, el escenario pesimista muestra condiciones significativamente más secas a partir de la década de 2030 en el "Corredor Seco" del centro-norte de Nicaragua, y un clima generalmente más seco en todo el país en las 2080s. Esto es más significativo en la región del Pacífico (-6 a -15 porciento) y tiene una respuesta más moderada en la región Atlántica (-2 a -6 porciento)[7]. El coeficiente de variación indica una variabilidad significativamente mayor en la precipitación en la región del Pacífico también[8].

6 Aproximadamente la mitad de los modelos indican un aumento muy pequeño, y la otra mitad una disminución igualmente pequeña. Esto probablemente refleja una limitación de los modelos en la observación de los cambios a una escala pequeña, pero también está de acuerdo con los cambios muy pequeños en las precipitaciones anuales en la región, señaladas por las recientes tendencias climáticas. Puede ser en parte el resultado de las diferencias en las proyecciones de uso de la tierra y la cobertura relativa de pastizales, tierras de cultivo y vegetación natural.

7 Esta distinción entre la región del Pacífico y el Atlántico se observó en otros análisis de los RCM y GCM mencionados en los anexos 1 y 3.

8 El consenso entre los modelos está bien definido, con más de 75 porciento de los modelos acordando la dirección del cambio en cada década, y el consenso sube con cada década subsecuente.

III. AMENAZAS CLIMÁTICAS, IMPACTOS ECONÓMICOS Y MEDIDAS DE ADAPTACIÓN BASADAS EN ECOSISTEMAS DEL SECTOR GANADERO DE NICARAGUA.

A. Amenazas climáticas

Según la Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de los Desastres (UNISDR, 2009), una amenaza climática es:

"Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales".

En el caso del presente análisis, las amenazas climáticas identificadas tienen efectos significativos en el sector ganadero. Incluyen un índice de calor mensual, la acumulación anual y la variabilidad de la precipitación, la frecuencia de los huracanes y la ocurrencia de inundaciones. Utilizando las proyecciones mencionadas (véase Capítulo II) en temperatura y precipitación, se calculó el nivel de amenaza correspondiente a cada factor climático en todos los municipios de Nicaragua.

1. Amenaza por Temperatura

Una forma en la que el sector ganadero se verá afectado significativamente por el cambio climático, es la tolerancia del ganado al aumento de temperaturas y los efectos de los diferentes niveles de estrés por calor (o estrés térmico). Los efectos negativos asociados con el estrés por calor en el ganado incluyen la reducción de la ingesta de alimentos, el aumento del consumo de agua, la reducción de la ganancia de peso, de la eficiencia reproductiva y de la producción de leche, la susceptibilidad a la enfermedad, y en casos extremos la muerte (Silanikove, 2000; West, 2003; De Rensis and Scaramuzzi, 2003; Hubbard et al., 1999). Estos efectos negativos asociados con el estrés térmico han demostrado tener un efecto significativo sobre la industria ganadera y St. Pierre et al. 2003 demostró pérdidas económicas estimadas de cientos de millones de dólares anualmente en las industrias de la carne de vaca y de la lechería en los EEUU. Con el fin de estimar el grado de estrés térmico relacionado con los cambios en la temperatura superficial, se calculó el índice de la temperatura y humedad (ITH) actual y proyectado por cada mes utilizando la siguiente fórmula de la American Meteorological Society:

Este índice proporciona una evaluación del estrés térmico asociado con el aumento de las temperaturas medias en toda Nicaragua. Para estimar el grado de confort de los rumiantes, se pueden aplicar los niveles de estos valores basados en los efectos de detrimento de un animal que experimenta las condiciones encima de la zona de confort. Este valor se llama el

$$ITH = (1.8*Td + 32) - (0.55 - 0.55*HR) * (1.8*Td - 26);$$

Td = temperatura del aire (°C), HR = la humedad relativa

índice ganadero de seguridad climática (IGSC) y los niveles de confort están basados en Valtorta et al. 2000. Hemos aplicado un valor de amenaza relativa a cuatro niveles del IGSC por cada mes del año para calcular la amenaza por la temperatura actual y proyectada (Cuadro 1).

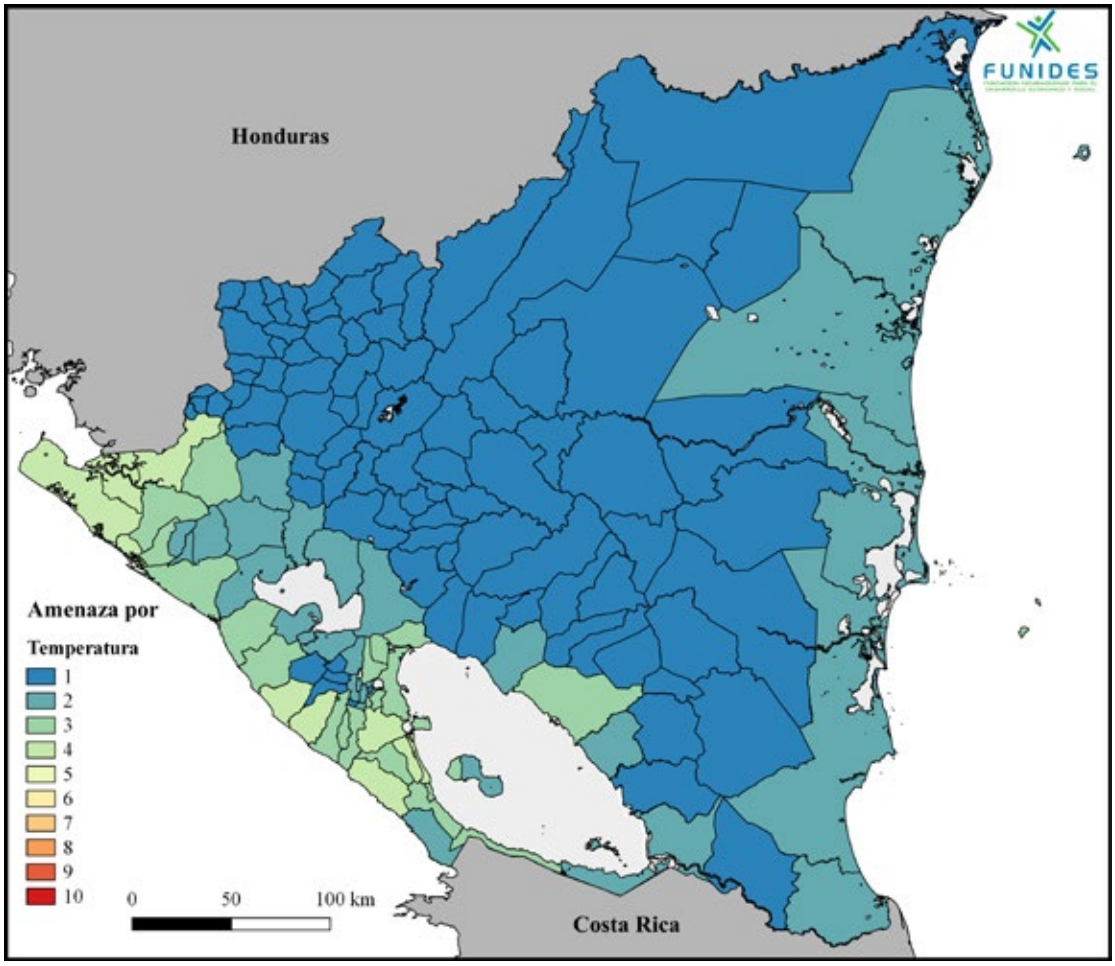
Cuadro 1: Niveles del IGSC basados en valores de ITH, y un valor asignado de amenaza relativa.

Índice Ganadero de Seguridad Climática	Índice de Temperatura y Humedad	Amenaza Relativa
Normal	≤ 74	0
Alerta	75-78	1
Peligro	79-83	2
Emergencia	≥ 84	3

Los promedios mensuales actuales y proyectados del ITH se calcularon con una combinación de conjuntos de datos. Las proyecciones de temperatura se produjeron a partir de las anomalías mensuales del promedio de la temperatura en el conjunto de los 25 modelos múltiples y se agregaron al clima de línea base, mientras que para la humedad relativa solo estaban disponibles los valores actuales de los productos satelitales (AIRS Science Team / Joao Texeira 2013; véase Anexo 3 para más detalles). La amenaza relativa se calculó para los escenarios climáticos actuales (Mapa 1) y proyectados durante cada mes del año, y la suma de cada mes fue normalizada a una escala de 1-10 (resultados resumidos en Mapa 2).

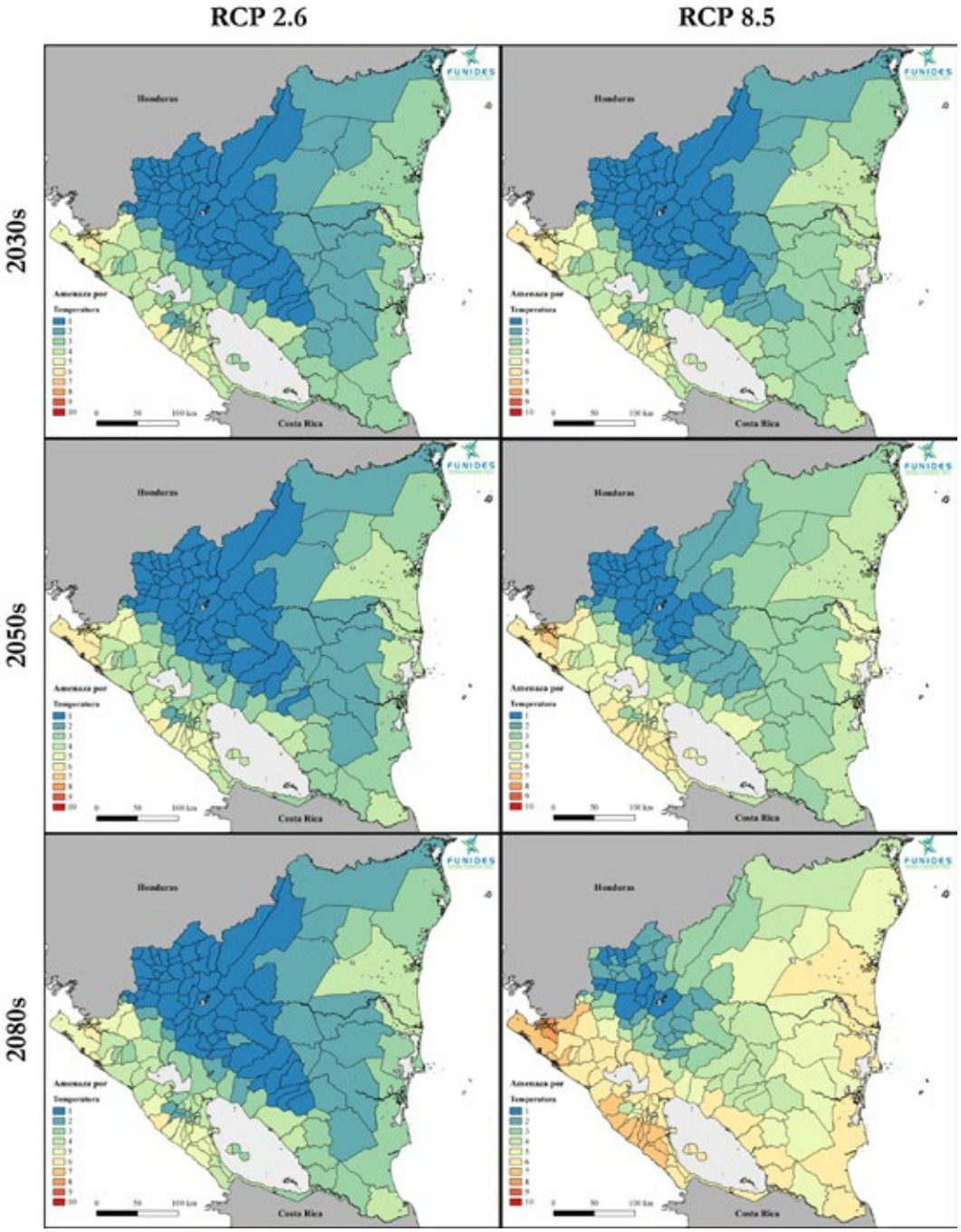
Es evidente que, con el aumento de las temperaturas en toda Nicaragua, aumentará el número de municipios que experimentarán valores promedio de ITH por encima del umbral normal para rumiantes, particularmente en la región del Pacífico. En este

Mapa 1: La amenaza por temperatura basada en el cálculo del ITH mensual por cada municipio de Nicaragua.



Fuente: Elaboración propia basada en WorldClim (Hijmans et al., 2005), AIRS Science Team / Joao Texeira 2013

Mapa 2: La amenaza por temperatura basada en el cálculo del ITH mensual bajo los escenarios optimista (RCP2.6) y pesimista (RCP 8.5) por cada municipio de Nicaragua.



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010) WorldClim (Hijmans et al., 2005)

cálculo, el límite teórico (o una amenaza por la temperatura = 10) corresponde a un valor medio del ITH ≥ 84 (o condiciones de emergencia según el IGSC) durante cada mes del año. Afortunadamente, incluso en 2080 bajo el escenario pesimista (RCP8.5), tales condiciones extremas no ocurren (Cuadro 2). Sin embargo, el valor promedio de ITH aumenta significativamente en comparación con el clima actual.



Cuadro 2: Municipios con la amenaza por temperatura más alta y más baja, por el clima actual y proyectado (escenario pesimista RCP 8.5).

Actual		(2030s; RCP 8.5)	
Municipio	Amenaza por Temperatura	Municipio	Amenaza por Temperatura
Corinto	4.99	Puerto Morazán	6.61
Puerto Morazán	4.85	San Rafael del Sur	6.42
El Realejo	4.80	El Realejo	6.28
San Rafael del Sur	4.72	Nandaime	6.25
El Viejo	4.58	Corinto	6.20
....	...	...	...
La Concordia	1.00	Las Sabanas	1.00
Las Sabanas	1.00	San Rafael del Norte	1.00
Santa María de Pantasma	1.00	Jinotega	1.00
El Jícaro	1.00	Estelí	1.00
La Libertad	1.00	La Concordia	1.00

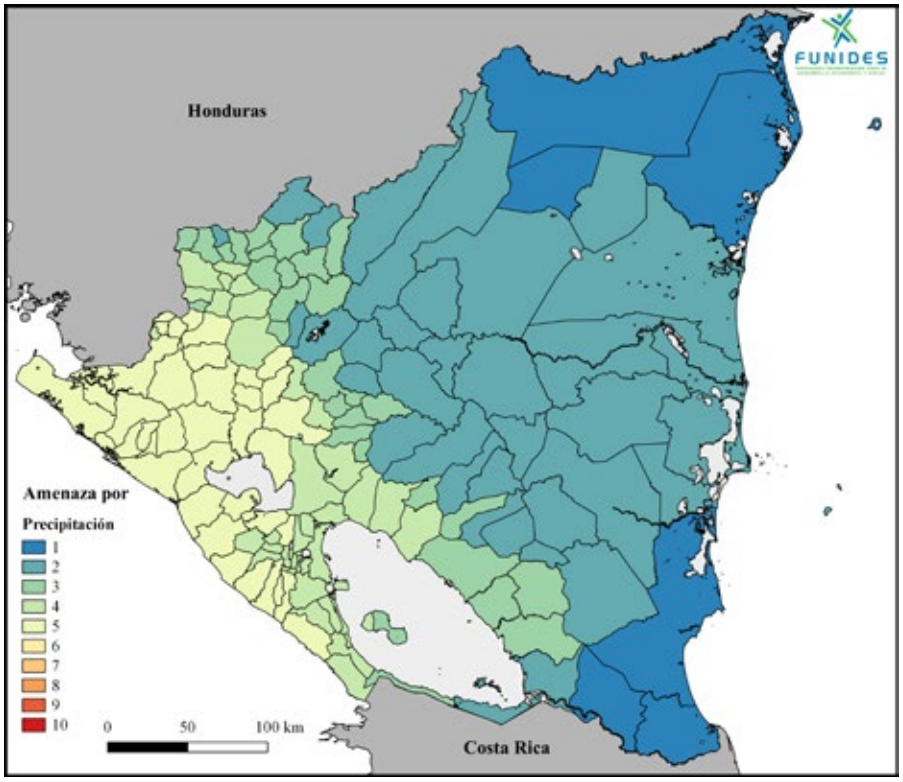
La amenaza media actual = 1.97, la proyectada = 3.06.
Fuente: Elaboración propia

2. Precipitación

Es probable que los cambios en los patrones de precipitación afecten al sector ganadero al reducir potencialmente la disponibilidad de recursos hidrológicos. La demanda de estos recursos aumenta a medida que las temperaturas promedio aumentan la inducción de síntomas de estrés por calor en el ganado, además aumenta por la aceleración de la evapotranspiración en la región. Asimismo, la capacidad de establecer o mantener suficientes pastizales también puede verse afectada por la disponibilidad de fuentes de agua irrigables o por la profundización de las capas freáticas locales.

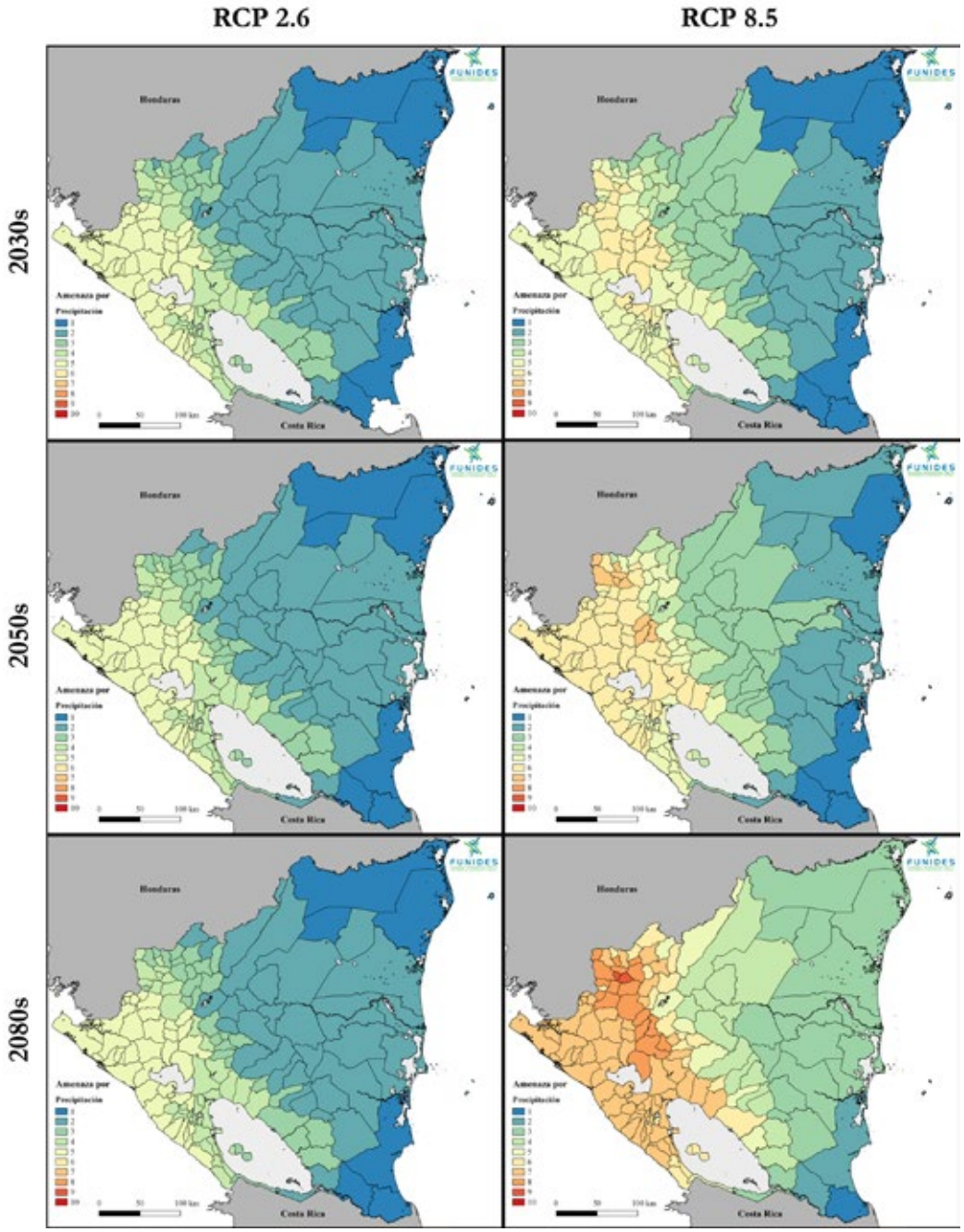
Los resultados del Capítulo II y la media de los 25 modelos se emplearon para determinar la amenaza relativa de los cambios en los patrones de precipitación en todo el país. El cambio en la precipitación media anual acumulada (expresada como diferencia porcentual respecto a la precipitación actual) y el coeficiente de variación de la precipitación mensual (la desviación estándar de la precipitación mensual acumulada/la precipitación mensual media) se combinan para determinar el grado de cambio asociado con patrones de precipitación regional. La amenaza actual (Mapa 3) está determinada solamente por el coeficiente de variación (porque

Mapa 3: La amenaza por precipitación actual basada en el coeficiente de variación.



Fuente: Elaboración propia basada en WorldClim (Hijmans et al., 2005)

Mapa 4: La amenaza por precipitación basada en la anomalía entre la precipitación media anual y el coeficiente de variación, proyectado bajo los escenarios optimista (RCP2.6) y pesimista (RCP 8.5).



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010)

el cambio en de la precipitación media anual es 0 porciento).

Los cambios más extremos observados en el escenario más pesimista se definieron como los valores máximos (porcentaje de diferencia en la precipitación anual ≥ 12 porciento, coeficiente de variación ≥ 95 porciento). A cada factor se le dio un peso igual y el producto resultante se normalizó entre 1-10. Los resultados de estos cálculos se resumen en el Mapa 4 y demuestran la considerable diferencia entre los escenarios optimista y pesimista[9]. En el escenario optimista se observa poco o ningún cambio en la amenaza por precipitación, sin embargo, bajo el escenario pesimista, las condiciones son considerablemente más secas y se proyecta una mayor estacionalidad que afecta particularmente a los municipios en la región del Pacífico (Cuadro 3).

Cuadro 3: Los municipios con la amenaza por precipitación más alta y más baja, por el clima actual y proyectado bajo los escenarios optimista (RCP2.6) y pesimista (RCP 8.5).

Actual		(2030s; RCP 8.5)	
Municipio	Amenaza por Precipitación	Municipio	Amenaza por Precipitación
Corinto	5.50	Corinto	6.67
El Realejo	5.50	El Realejo	6.57
Chichigalpa	5.50	Chichigalpa	6.56
Nagarote	5.50	Nagarote	6.48
León	5.50	León	6.44
…	…	…	…
Puerto Cabezas	1.75	Puerto Cabezas	1.79
Waspán	1.73	Waspán	1.75
Bluefields	1.63	Bluefields	1.66
El Castillo	1.40	El Castillo	1.43
San Juan del Norte	1.00	San Juan del Norte	1.00

La amenaza media actual = 1.97, la proyectada = 3.06.
Fuente: Elaboración propia

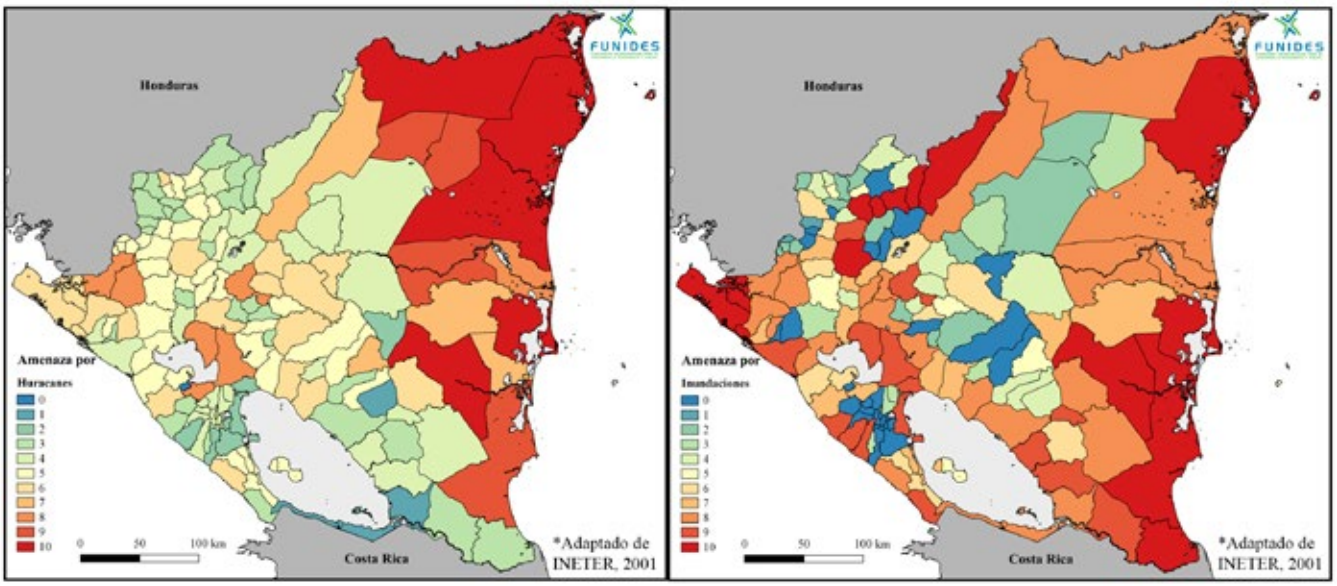
9 RCP8.5, 2080s

3. Huracanes e Inundaciones

La destrucción asociada con huracanes se origina por la combinación de varios factores como la elevación del nivel del mar (que puede subir por el sistema de presión bajo y el viento), periodos intensos de precipitación, y vientos muy fuertes. La extensión de los daños depende de la intensidad de la tormenta (definida por la velocidad del viento) y su curso sobre la tierra. El huracán Mitch fue una tormenta histórica de categoría 5 que ocasionó la muerte de más de 11,000 personas y causó lluvias con intensidades máximas entre 58.4-138 mm/h (Hellin et al., 1999). El huracán nunca entró a Nicaragua, tomando en cuenta que la saturación de la tierra por la precipitación extensiva culminó en inundaciones y deslizamientos destructivos que afectó a millones.

Los daños asociados con inundaciones fluviales y costeras consisten en ahogamientos, destrucción de infraestructura, inestabilidad de la tierra que resulta en deslizamientos, propagación de enfermedades transmitidas por agua, y deterioración de pasto y forraje. El sector agropecuario también se puede ver afectado por las inundaciones y huracanes directamente. En el caso de Huracán Juana en 1982, el Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos reportó la muerte de 15,700 cabezas de ganado, 20,000 de cerdo, y 456,000 gallinas. Las inundaciones también proporcionan condiciones para la proliferación de enfermedades (Bengis et al., 2002) que pueden resultar en diarrea, pododermatitis, infecciones respiratorias, e infecciones por bacterias como leptospirosis (Bencomo, 2010).

Mapa 5: Amenaza relativa por inundaciones y huracanes en una escala entre 0-10.



Fuente: Adaptado de INETER, 2001.

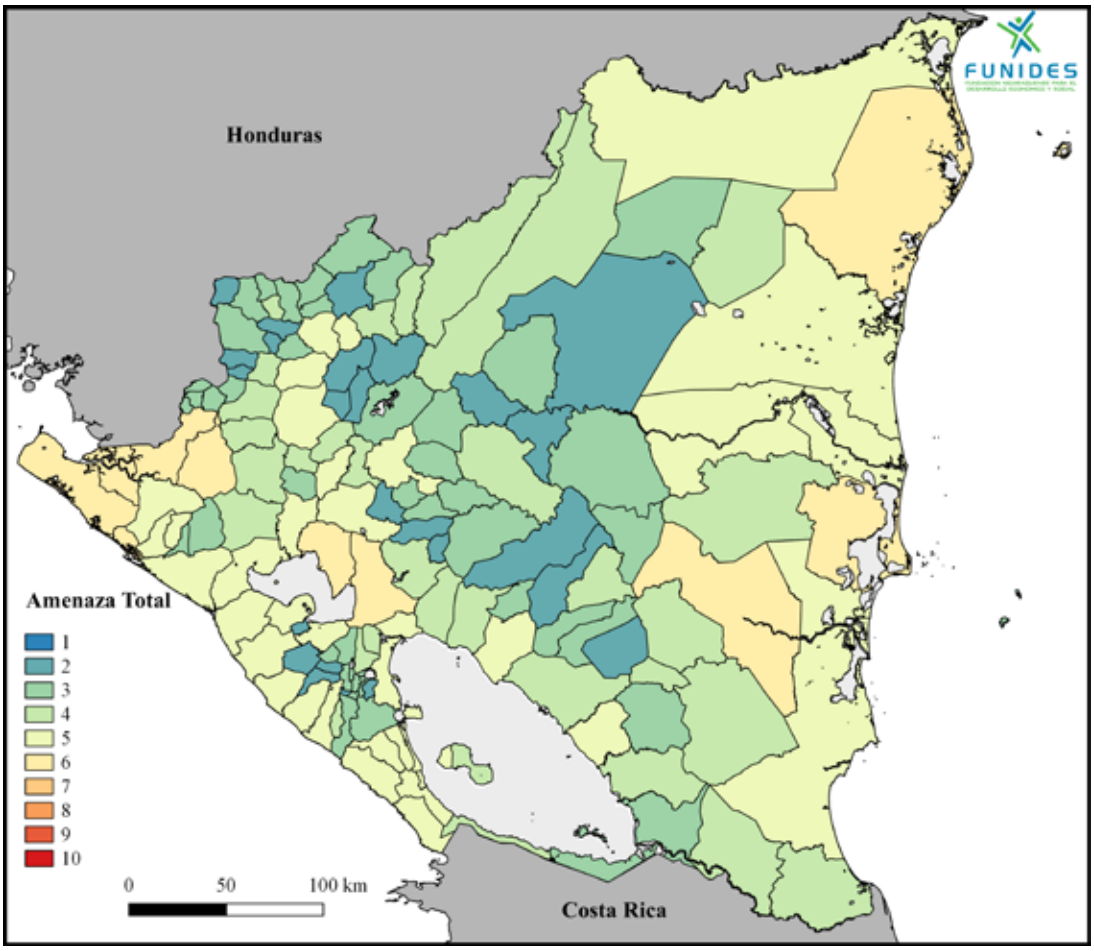
Un estudio realizado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en el 2001 analizó 21 cuencas hidrográficas en las vertientes del océano Pacifico, el mar Caribe, y de los lagos. Utilizaron información estadística para calcular intervalos de recurrencia para las escalas espaciales de las cuencas hidrográficas. Este estudio generó un mapa de amenaza relativa para inundaciones en cada municipio (Mapa 5) el cual fue incorporado en los cálculos de la amenaza total y el riesgo climático que se presenta en este estudio.

La incidencia de huracanes que afectan Nicaragua es un aspecto muy importante de la amenaza climática. Basado en el estudio de INETER (2001) sobre la frecuencia y distribución espacial de huracanes en Nicaragua, se incorporaron los cálculos de amenaza relativa por huracanes en cada municipio (Mapa 5). El mapa muestra los diferentes municipios de Nicaragua, donde un valor de 10 en la escala significa que la amenaza relativa a los demás municipios es la más alta. Es importante notar, que las amenazas por huracanes e inundaciones son amenazas actuales.

4. Amenaza Total

La amenaza total es una agregación de todas las amenazas individuales mencionadas en este informe que suma los datos climáticos (actuales y futuros) con las amenazas por huracanes e inundaciones. Los estudios de las amenazas por huracanes e inundaciones y los cálculos realizados en este estudio no tienen en cuenta proyecciones de la frecuencia o intensidad de eventos extremos por la limitación de los datos disponibles. Por lo tanto, las proyecciones de la amenaza total, utilizan los mismos datos de eventos extremos actuales. Sin embargo, estos resultados permiten ver la agregación de los cambios en amenazas asociados con temperatura y precipitación, y son un comienzo pertinente para producir estimaciones de la amenaza total y el riesgo climático. Los resultados pueden verse en el mapa 6. La amenaza total se calculó con la suma de las amenazas individuales normalizadas entre 1-10. El valor teórico máximo, es un municipio que experimenta la amenaza máxima en cada categoría (temperatura, precipitación, inundaciones, y huracanes); lo cual aun en el escenario más pesimista (RCP8.5 en los 2080s) no ocurre (Mapa 7; Cuadro 5). Sin embargo, las grandes diferencias entre los dos escenarios son evidentes, con un aumento en la amenaza total más pronunciada en las regiones del Pacifico y Caribe. Estos patrones son un resultado de las disminuciones en precipitación y el aumento en la media de la temperatura mensual.

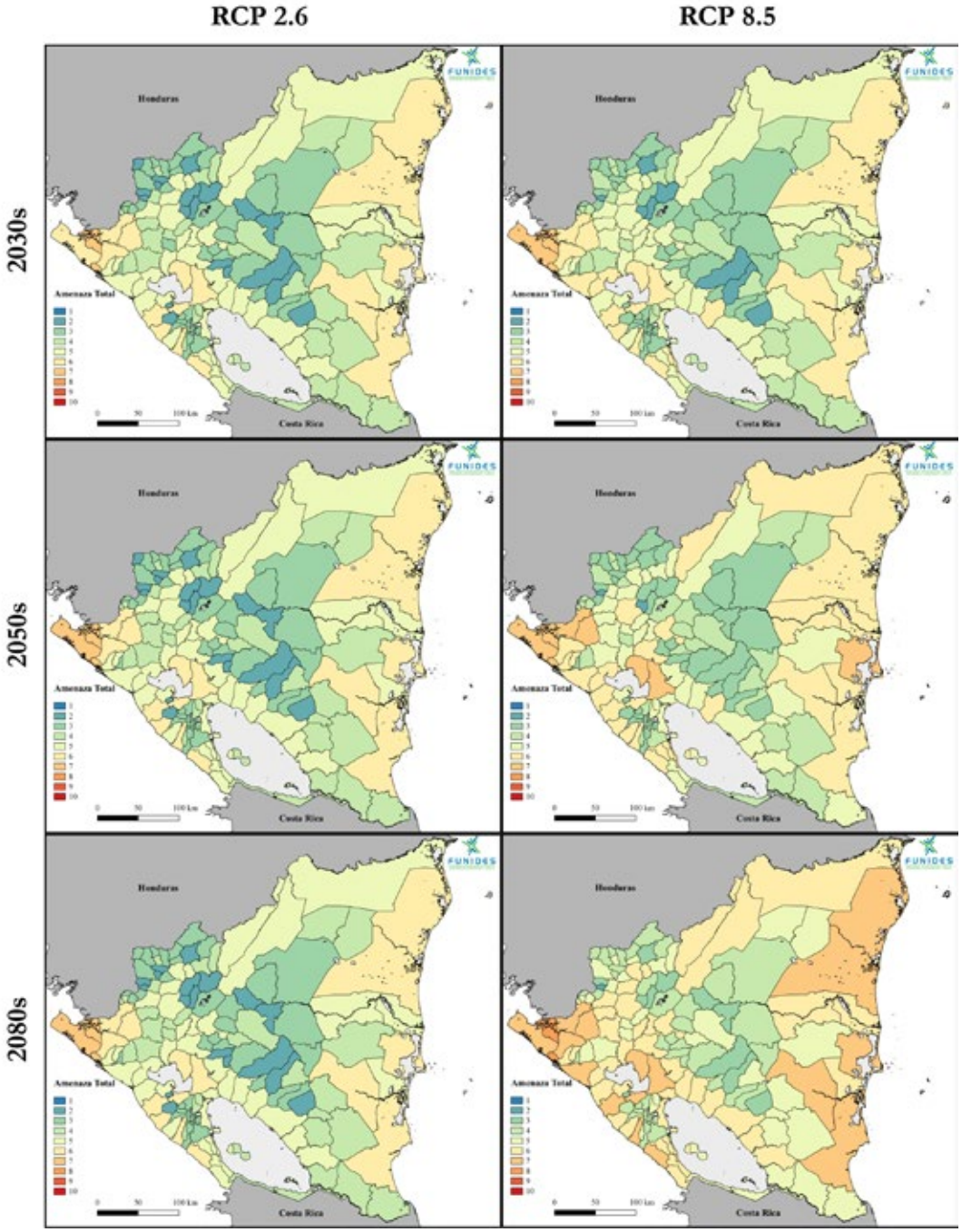
Mapa 6: La amenaza total actual, basada en la suma de las amenazas individuales.



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010), WorldClim (Hijmans et al., 2005), INETER, 2001.



Mapa 7: Amenaza total proyectada, basada en la combinación de las amenazas por temperatura, precipitación, inundaciones y huracane; bajo escenarios optimista RCP 2.6 y pesimista RCP 8.5



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010), WorldClim (Hijmans et al., 2005), INETER, 2001.

Cuadro 4: Los municipios con la amenaza total más alta y más baja, por el clima actual y proyectado bajo escenario pesimista RCP 8.5 para los 2030s.

Actual		(2030s; RCP 8.5)	
Municipio	Amenaza Total	Municipio	Amenaza Total
El Realejo	6.76	Puerto Morazán	7.18
El Viejo	6.70	El Realejo	7.11
Puerto Morazán	6.68	El Viejo	7.09
Laguna de Perlas	6.52	Somotillo	6.98
Somotillo	6.49	San Francisco Libre	6.96
…	…	…	…
El Jícaro	2.52	Villa San Francisco	2.87
Ciudad Sandino	2.52	El Jícaro	2.74
Santa María de Pantasma	2.46	Santa María de Pantasma	2.71
Las Sabanas	2.40	La Concordia	2.67
La Concordia	2.33	Las Sabanas	2.51

La amenaza media actual = 4.27, y proyectada = 4.69.
Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010), WorldClim (Hijmans et al., 2005), INETER, 2001.

B. Impacto económico del cambio climático sobre sistemas ganaderas en Nicaragua

Las amenazas climáticas pueden convertirse en impactos reales, como la muerte de personas e impactos económicos que se manifiestan en pérdidas monetarias que se pueden reflejar también como porcentajes del producto interno bruto (PIB) de los países. En el índice de riesgo climático 2017 de la Organización no Gubernamental (ONG) alemana GERMANWATCH, para el periodo de 1996 a 2015, Nicaragua aparece en cuarto lugar de los países más afectados por eventos extremos con una estimación de pérdidas económicas totales de US$ 234.79 millones, lo que representa el 1.2 por ciento del PIB (GERMANWATCH 2017).

Si bien este índice solamente incluye impactos directos de eventos extremos históricos y no toma en cuenta impactos indirectos como las olas de calor por aumento de temperatura, ni tampoco incluye proyecciones, es una herramienta útil que contribuye al entendimiento de los impactos económicos a nivel de cada país.

Cuadro 5: Índice de Riesgo Climático (IRC) 2017: Indicadores específicos de Nicaragua y los otros países más afectados por eventos extremos entre 1996 y 2015.

IRC 1996–2015 (1995–2014)	País	IRC	Número de muertos (promedio anual)	Promedio anual de defunciones por cada 100.000 habitantes	Pérdidas totales promedio (Millones de dólares PPP)	Las pérdidas promedio en % del PIB	Número total de evento (1996-2015)
1 (1)	Honduras	11.33	301.90	4.36	568.0	2.1	61
2 (2)	Myanmar	14.17	7,145.85	14.71	1,300.7	0.7	41
3 (3)	Haití	18.17	253.25	2.71	221.9	1.5	63
4 (4)	Nicaragua	19.17	162.90	2.94	234.8	1.2	44
5 (4)	Filipinas	21.33	861.55	1.00	2,761.5	0.6	283
6 (6)	Bangladesh	25.00	679.05	0.48	2,283.4	0.7	185
7 (8)	Pakistán	30.50	504.75	0.32	3,823.1	0.7	133
8 (7)	Vietnam	31.33	339.75	0.41	2,119.4	0.6	206
9 (10)	Guatemala	33.83	97.25	0.75	401.5	0.5	75
10 (9)	Tailandia	34.83	140.00	0.22	7,574.6	1.0	136

Fuente: GERMANWATCH 2017

Cuadro 6: Resultados de evaluaciones de desastres ocurridos en Nicaragua que han sido hechas por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe

		Población afectada		Daños totales (millones de dólares corrientes de cada año)		
Fecha	Tipo de Evento	Muertos	Damnificados directos (afectación primaria)	Totales	Daños (destrucción total o parcial en acervo o capital)	Pérdidas (alteraciones en flujos)
1982	Inundaciones	80	70,000.00	367	275	82
1982	Inundaciones en mayo y sequía en julio			360	100	260
1988	Huracán Joan (Vientos de 125 nudos o 217 km/h)	148	550,000.00	840	745	95
1998	Huracán Mitch (vientos de 144 nudos o 285 km/h); precipitación superior a 600 mm	3,045	368,261	988	562	425
2001	Sequía climática		250,200	49		49
2007	Huracán Felix	175	162,373	401	232	169
2007	Inundaciones por tormentas tropicales 35 y 56	10	31,520	39	25	14
	Total	3,458	1,432,354	3,024	1,939	1,084

Fuente: PNUD, 2007

Según la base de datos sobre eventos de emergencia (EM-DAT; 2016), desde 1960-2016 en Nicaragua se han producido daños por más de US$3.16 billones (ajustado por inflación) asociados con huracanes e inundaciones. El Cuadro 6, resume algunos de los desastres climáticos más destructivos en la historia reciente.

Para bajar de la escala nacional a los sectores específicos, como el sector agropecuario, se deben considerar los resultados del proyecto "La Economía del Cambio Climático en Centroamérica" de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) del año 2010, en el cual se muestra cómo el cambio climático ocasiona reducciones en la producción, los rendimientos y el valor de la tierra en zonas agropecuarias de Nicaragua. En el cuadro 7 se muestran los daños (destrucción de capital) y pérdidas (alteración de flujos) en el sector

Cuadro 7: Daños y pérdidas en el sector agropecuario por los desastres, 1972-2007 (en millones de dólares).

Año	Evento	Daños y pérdidas totales	Agropecuario			Porcentajes			PIB corriente	Daños y pérdidas totales PIB
			Total	Daños	Pérdidas	Agropecuario / total	Daños/ Agropecuario	Pérdidas / Agropecuario		
1982	Inundaciones	354	109.7	78.1	31.6	31.0	71.2	28.8	2,454.5	14.4
1983	Lluvias atípicas	350.0	125.0	85.0	40.0	35.7	68.0	32.0	2,753.1	12.7
1988	Huracán Mitch	987.7	185.2	128.3	56.9	18.8	69.3	30.7	3,572.5	27.6
2001	Sequía	48.7	29.1		29.1	59.8		100.0	4,102.7	1.2
2007	Huracán Felix y Ondas tropicales 35 y 36 y la Vaguada	297.0	68.3	8.1	60.2	23.0	11.9	88.1	5,725.9	5.2

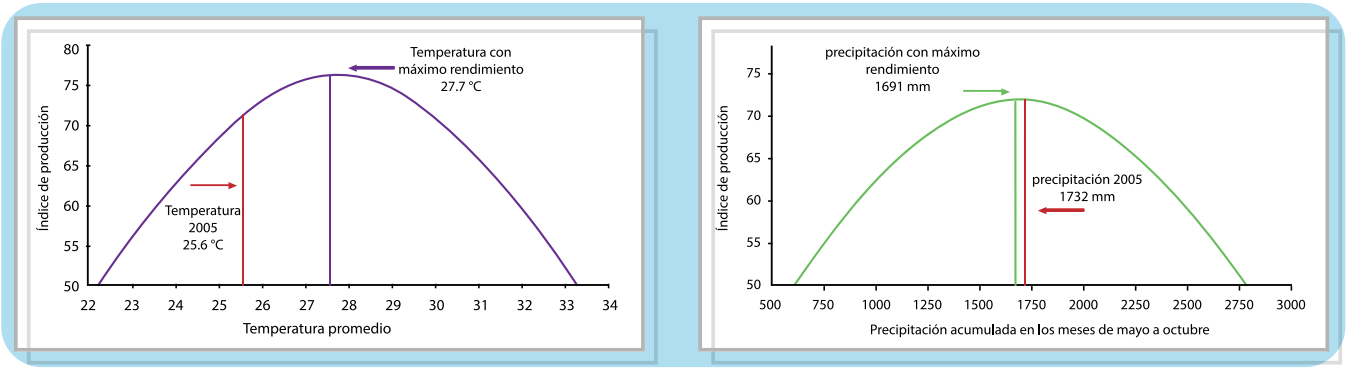
Fuente: CEPAL 2010

agropecuario por los desastres en el periodo 1972-2007 en millones de dólares.

En el estudio se estimaron los efectos del cambio climático sobre el sector agropecuario a través de dos enfoques: la función de producción, y el método Ricardiano. Se estimaron funciones de producción basadas en los índices de producción agropecuaria, producción pecuaria y producción de cultivos. Los autores de dicho estudio admiten que "para observar los efectos del cambio climático sobre la producción pecuaria, se estimaron diferentes estimaciones sobre dicha función, sin embargo, éstas no resultaron tan robustas como en el caso de la producción agropecuaria y de cultivos. (…) Para mostrar la estabilidad de los parámetros se estimaron varias ecuaciones con diferentes variables explicativas y de control. Se incluyeron las variables de control en logaritmos. Prácticamente ninguna especificación presenta coeficientes significativos para las variables climáticas. No obstante, como indican las pruebas de significancia conjunta, tanto la temperatura como la precipitación son variables relevantes, que tienen efectos en la producción pecuaria" (CEPAL 2010).

Aunque los coeficientes no sean significativos, se muestran los gráficos con fines ilustrativos. En el gráfico 1 se observa que según los resultados de CEPAL (2010), la temperatura que permite a la producción alcanzar su nivel máximo es de 27.7 °C. La temperatura promedio anual de 2005 estaba por debajo de ese nivel, por lo que un aumento en la temperatura promedio puede tener efectos positivos en el corto plazo. La precipitación de 2005 es ligeramente superior a la precipitación óptima de 1691 mm que maximiza la función de producción pecuaria (CEPAL 2010).

Gráfico 1: Producción pecuaria ante variaciones en la temperatura y la precipitación



Fuente: CEPAL (2010)

Según CEPAL (2010), para estimar los impactos económicos del cambio climático sobre el sector agropecuario, los autores se basaron en las mismas funciones de producción establecidas previamente. Para el cálculo de los impactos y los costos (impactos económicos en términos del PIB de 2007) únicamente se realizaron variaciones en las variables de temperatura y precipitación. Las estimaciones muestran que las pérdidas acumuladas al año 2100 de la producción agropecuaria representarían alrededor de 22 porciento (A2)[10] y 6 porciento (B2) del PIB de 2007, considerando una tasa de descuento del 2 porciento (CEPAL 2010).

Según CEPAL (2010), mediante el análisis Ricardiano, se determinó que en Nicaragua el valor de la tierra disminuye conforme aumenta la temperatura media anual y se disminuye la precipitación acumulada. Para el año 2095 la precipitación acumulada sufre una reducción de 328,56 mm y la temperatura media anual un aumento de 5,65° C en relación a la línea base, lo que se traduce a una disminución de alrededor de 38 porciento del valor contingente de la renta de la tierra.

Para comprender los impactos económicos a nivel de las fincas ganaderas en cada una de las regiones de Nicaragua (Pacífico, Central y Caribe) (ver recuadro1), en el presente estudio se realizó un análisis del impacto del estrés térmico sobre la producción de leche en fincas modelo en municipios seleccionados. En cada una de las regiones, entre los municipios con la mayor amenaza por temperatura, en función del índice de temperatura y humedad actual, se

Recuadro 1: Regiones de Nicaragua

· La Región del Pacífico, comprende el 15,2% del territorio nacional y los departamentos de Chinandega, León, Managua, Masaya, Granada, Carazo y Rivas; posee los mejores suelos agrícolas, de la mayor y mejor infraestructura, desarrollo y concentración de población.

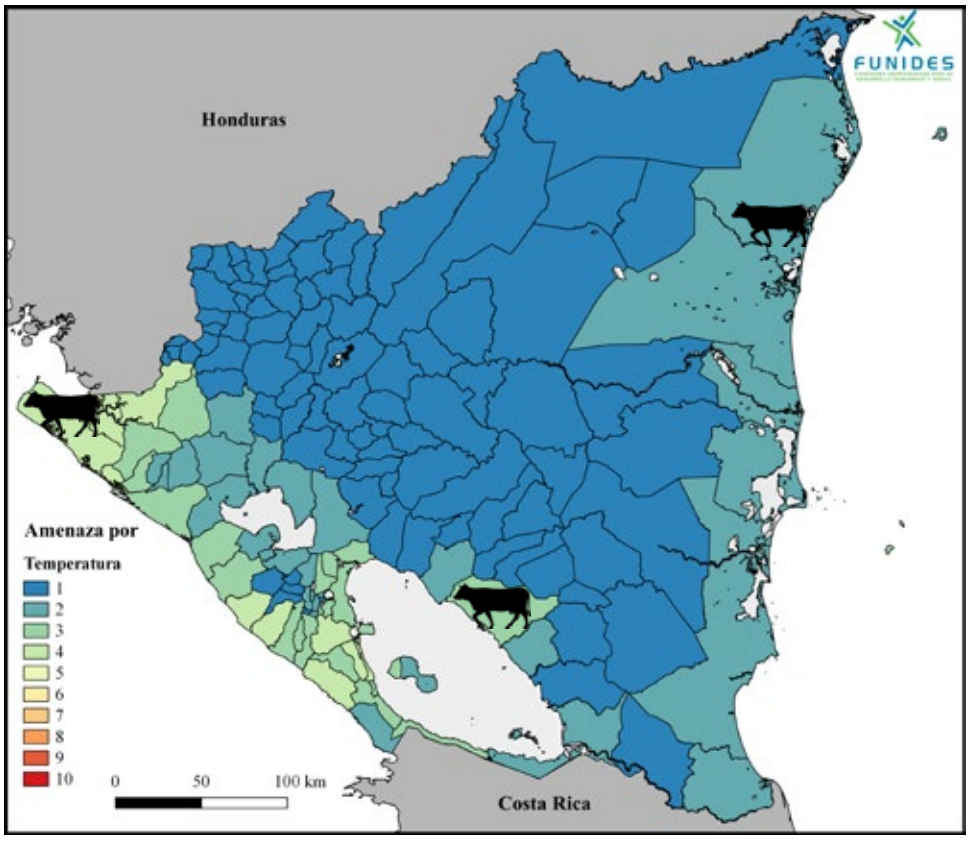
· La Región Central comprende el 29,6% del territorio nacional y los Departamentos de Chontales, Boaco, Matagalpa, Estelí, Jinotega, Madriz y Nueva Segovia; se caracteriza por su topografía montañosa con pequeños valles intermontañosos, suelos de fertilidad media y de uso restringido para la agricultura intensiva.

· La Región Caribe comprende el 55,2% el territorio nacional y las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Norte (RACCN) y Sur (RACCS) y el Departamento de Río San Juan; se caracteriza por su topografía plana boscosa, suelos de baja fertilidad con limitaciones para uso agrícola intensivo, rica en recursos naturales poco explotados.

Fuente: CEPAL (2010)

10 En el análisis se consideraron distintos horizontes temporales hasta 2100, diferentes tasas de descuento y los escenarios climáticos A2 (aumento de 4.3°C hacia 2100 respecto al promedio de 1980-2000; reducción de precipitación en 48 porciento) y B2 (aumento de 2.4°C.; reducción de precipitación en 24 porciento).

Mapa 8: Fincas modelo en municipios con alta amenaza por temperatura



Fuente: Elaboración propia basada en datos de WorldClim (Hijmans et al., 2005), AIRS Science Team / Joao Texeira 2013

escogió un municipio para el estudio de las fincas representativas: El Viejo (Chinandega, Pacífico), Acoyapa (Chontales, Central) y Puerto Cabezas (RACCN, Caribe), que se pueden observar en el mapa 8.

Para caracterizar las fincas ganaderas en los municipios seleccionados, se analizó cada municipio según el propósito ganadero; incluyendo ganadería de leche, doble propósito y de carne (ver cuadro 8). Se observa que en el promedio nacional el 94.6 porciento de los productores produce leche como propósito principal o como doble propósito. En el caso de El Viejo y Puerto Cabezas esta cifra es ligeramente mayor y en el caso de Acoyapa alcanza casi un 98 por ciento. Si se descarta la ganadería exclusiva de carne, se observa que a nivel nacional alrededor del 60 por ciento de los productores son de leche, comparado con un 40 porciento de doble propósito. Esta relación es semejante en los municipios de El Viejo y Acoyapa. Únicamente en Puerto Cabezas predomina el doble propósito con un 75 por ciento sobre un 25 porciento de productores de leche.

La disminución de la producción de leche en situaciones de estrés por calor, según FAWEC (2015), se debe a que el consumo de alimento disminuye, mientras que las necesidades de energía del animal aumentan. En relación al índice de temperatura humedad (ITH), el cual se usó en la sección de amenaza por temperatura, FAWEC (2015) presenta la siguiente relación: Por cada unidad de ITH por encima de 72, la producción de leche disminuye en 0,2 kg por vaca y día.

Si bien esta relación permite realizar aproximaciones iniciales como el presente ejercicio de fincas modelo, también tiene limitaciones. Según FAWEC (2015) los efectos del estrés térmico dependen de diferentes factores como el nivel de producción (las vacas

Cuadro 8: Caracterización de fincas ganaderas en municipios seleccionados y a nivel nacional (Datos promedios)

	Variable	Cantidad de Productores		Pasto (Manzanas)	Cabezas de Ganado	Producción de Leche Invierno (Kg)	Producción de Leche Verano (Kg)
El Viejo							
	Ganadería de Leche	305	57.8%	34.6	35.8	6.3	3.4
	Doble Propósito	196	37.1%	77.6	68.7	6.1	3.1
	Leche + Doble	501	94.9%	52.5	48.6	6.2	3.3
	Ganadería de Carne	27	5.1%	74.7	102.0		
Acoyapa							
	Ganadería de Leche	554	57.0%	97.0	61.9	4.5	2.0
	Doble Propósito	398	40.9%	116.9	68.2	4.5	1.9
	Leche + Doble	952	97.9%	105.2	64.5	4.5	2.0
	Ganadería de Carne	20	2.1%	381.9	192.1		

Puerto Cabezas							
	Ganadería de Leche	40	24.0%	60.9	58.0	7.0	4.1
	Doble Propósito	120	71.9%	19.1	25.9	5.5	3.1
	Leche + Doble	160	95.8%	29.5	34.3	6.3	3.5
	Ganadería de Carne	7	4.2%	31.7	30.0		
Nacional							
	Ganadería de Leche	22,333	55.2%	69.5	62.3	5.4	3.1
	Doble Propósito	15,940	39.4%	88.3	76.2	5.2	3.1
	Leche + Doble	38,273	94.6%	77.3	68.0	5.3	3.1
	Ganadería de Carne	2,170	5.4%	147.7	70.3		

Fuente: Elaboración propia basada en datos de CENAGRO (2011).

más productivas tienen mayor riesgo), la cantidad y calidad del alimento, la raza, el estado de salud, la hidratación del animal y la lactación (las vacas al inicio de la lactación son más sensibles al estrés térmico).

Debido a que el ITH (índice de temperatura humedad) varía considerablemente según los meses del año, no tiene mucha utilidad trabajar con valores promedios, por lo que se decidió escoger el mes más caluroso del año, abril, y desarrollar el ejercicio para este mes en diferentes años y diferentes escenarios (optimista RCP 2.6 y pesimista RCP 8.5, ver cuadro 9).

La genética de los animales juega un papel importante, pero para Nicaragua no existe suficiente información para poder incluir esta variable en el análisis de las fincas modelo.

Para el presente ejercicio se establecen los siguientes supuestos y definiciones:

1. El valor de producción potencial de leche es igual al valor de producción de invierno (valor promedio del Censo Nacional Agropecuario CENAGRO).
2. Además del índice de temperatura y humedad (ITH) no se consideran otros factores que reducen la producción de leche (alimentación, manejo, etc.).
3. El grado de afectación por el ITH de las vacas de las fincas modelo se encuentra entre el 50 a 100 por ciento del grado de afectación de las vacas lecheras FAWEC (2015), en las cuales por cada unidad de ITH por encima de 72, la producción de leche disminuye en 0,2 kg por vaca y día.
4. El número de cabezas de ganado por cada finca modelo se mantiene constante en el tiempo.
5. Los precios de leche se mantienen constantes en el tiempo.

Tomando en cuenta los ITH de los diferentes escenarios y años, se calcula la pérdida en la producción de leche y bajo el supuesto de una producción potencial de leche en cada finca modelo se determina la producción de leche en diferentes escenarios y años en el mes de abril (ver cuadro 10). Como se observa en el cuadro, bajo el escenario optimista (RCP 2.6) en una finca modelo en El Viejo, la producción de leche en el mes de abril 2030 se puede reducir de 186 a 120-153 kg/mes/cabeza, representando una pérdida de entre 66 a 133 kg/mes/cabeza.

Es importante notar que el ejercicio se concentra únicamente en la reducción de la producción debido al estrés térmico; y por lo tanto la producción real en los diferentes años resulta más baja, porque existen otros factores que reducen la producción de leche en

Cuadro 9: Caracterización de fincas modelo y su ITH en el mes de abril en diferentes años

				RCP 2.6			RCP 8.5		
Finca modelo	Producción de Leche en Abril (kg/ mes/ cabeza)	Producción Potencial de Leche (kg/ mes/ cabeza)	Cabezas de Ganado	ITH abril 2030	ITH abril 2050	ITH abril 2080	ITH abril 2030	ITH abril 2050	ITH abril 2080
El Viejo	99	186	48.6	83	83	83	83	85	87
Acoyapa	60	135	64.5	78	80	80	80	81	83
Puerto Cabezas	105	189	34.3	80	79	79	79	80	82

Fuente: Elaboración propia basada en datos de WorldClim (Hijmans et al., 2005), AIRS Science Team / Joao Texeira 2013 y CENAGRO 2011

Cuadro 10: Producción de leche bajo los efectos del estrés térmico en el mes de abril en diferentes años.

		RCP 2.6			RCP 8.5		
Finca modelo	Producción Potencial de Leche (kg/ mes/ cabeza)	Producción en 2030 (kg/mes/ cabeza)	Producción en 2050 (kg/mes/ cabeza)	Producción en 2080 (kg/mes/ cabeza)	Producción en 2030 (kg/mes/ cabeza)	Producción en 2050 (kg/mes/ cabeza)	Producción en 2080 (kg/mes/ cabeza)
El Viejo	186	120-153	120-153	120-153	120-153	108-147	96-141
Acoyapa	135	99-117	87-111	87-111	87-111	81-108	69-102
Puerto Cabezas	189	141-165	147-168	147-168	147-168	141-165	129-159

Elaboración propia basada en datos de WorldClim (Hijmans et al., 2005), AIRS Science Team / Joao Texeira 2013 y CENAGRO 2011

el mes de abril (verano), como la disponibilidad de alimento y agua, que no fueron tomados en cuenta. Bajo el supuesto que el precio de la leche se mantiene en US$ 0.34 por kg, se pueden calcular las pérdidas en US$ por vaca en el mes de abril en diferentes años (ver cuadro 11).

El análisis se centra únicamente en la leche comercializada. Lo que el análisis no toma en cuenta es que existen algunos costos fijos por vaca, por lo que una misma cantidad de reducción en la producción por animal puede tener efectos muy diferentes, si en un caso se trata de un animal altamente productivo y en el otro de un animal que no logra cubrir ni sus costos de mantenimiento.

Partiendo de las pérdidas por vaca, se puede realizar una estimación sobre el impacto económico en las fincas modelo en el mes de abril en diferentes años (ver cuadro 12). Las fincas con mayor cantidad de ganado bajo estrés térmico son las que tienen mayor pérdida de ingresos. Las pérdidas totales en fincas pequeñas pueden ser mayores que en las grandes cuando sufren de un mayor estrés térmico. Como se observa, en el escenario optimista (RCP 2.6), las pérdidas en una finca modelo como El Viejo, en el mes de abril 2030 pueden alcanzar un valor de entre US$ 545.29 – 1,090.58.

Es importante notar que el ejercicio presentado tiene fines ilustrativos y que los impactos del índice de temperatura y humedad (ITH) dependen de una serie

de factores, sobre todo de la genética de los animales, que no pudieron ser tomados en cuenta. Sin embargo, puede considerarse un aporte al estudio de los impactos indirectos. Se recomienda analizar en el futuro el efecto delas variables como temperatura, humedad y precipitación sobre las pasturas, siendo que la alimentación sigue siendo un factor determinante en Nicaragua.

Cuadro 11: Pérdidas en US$ por vaca en el mes de abril en diferentes años

	RCP 2.6			RCP 8.5		
Finca modelo	Pérdidas 2030 (US$/mes/ cabeza)	Pérdidas 2050 (US$/mes/ cabeza)	Pérdidas 2080 (US$/mes/ cabeza)	Pérdidas 2030 (US$/ mes/cabeza)	Pérdidas 2050 (US$/mes/ cabeza)	Pérdidas 2080 (US$/mes/ cabeza)
El Viejo	11.22-22.44	11.22-22.44	11.22-22.44	11.22-22.44	13.26-26.52	15.3-30.6
Acoyapa	6.12-12.24	8.16-16.32	8.16-16.32	8.16-16.32	9.18-18.36	11.22-22.44
Puerto Cabezas	8.16-16.32	7.14-14.28	7.14-14.28	7.14-14.28	8.16-16.32	10.2-20.04

Elaboración propia basada en datos de WorldClim (Hijmans et al., 2005), AIRS Science Team / Joao Texeira 2013 y CENAGRO 2011

Cuadro 12: Impacto económico en las fincas modelo en el mes de abril en diferentes años

		RCP 2.6			RCP 8.5		
Finca modelo	Cabezas de Ganado	Pérdidas 2030 (US$/ mes/finca)	Pérdidas 2050 (US$/ mes/finca)	Pérdidas 2080 (US$/ mes/finca)	Pérdidas 2030 (US$/ mes/finca)	Pérdidas 2050 (US$/ mes/finca)	Pérdidas 2080 (US$/ mes/finca)
El Viejo	48.6	545.29-1,090.58	545.29-1,090.58	545.29-1,090.58	545.29-1,090.58	644.44-1,288.87	743.58-1,487.16
Acoyapa	64.5	394.74-789.48	526.32-1,052.64	526.32-1,052.64	526.32-1,052.64	592.11-1,184.22	723.69-1,447.38
Puerto Cabezas	34.3	279.89-559.78	244.90-489.90	244.90-489.90	244.90-489.90	279.89-559.78	349.86-699.72

Elaboración propia basada en datos de WorldClim (Hijmans et al., 2005), AIRS Science Team / Joao Texeira 2013 y CENAGRO 2011

C. Medidas de adaptación al cambio climático basadas en ecosistemas para el sector ganadero

Después de conocer las amenazas climáticas y los posibles impactos económicos que podría afrontar el sector ganadero de Nicaragua, en cuanto a producción de leche, en las próximas décadas, se deben considerar medidas para adaptarse al fenómeno. Según IPCC (2014) la adaptación se define como el proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. La intervención humana puede facilitar el ajuste en algunos sistemas naturales; y en los sistemas humanos mismos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades.

La finalidad del presente estudio no se limita a encontrar soluciones sectoriales, más bien pretende promover un enfoque integral con amplios beneficios para los sistemas humanos y naturales. El enfoque del presente estudio en el sector ganadero se debe a que se ha identificado como un agente de cambio con impactos a todos los niveles. Otro aspecto a considerar cuando se definen estrategias y medidas de adaptación es la relación costo-efectividad, el potencial en cuanto a las fuentes de financiamiento y el mejor uso de los recursos disponibles (mano de obra y capital).

Un enfoque innovador que responde a todos estos criterios es la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE), la cual según UICN (2012) se define como la utilización de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas, como parte de una estrategia más amplia de adaptación, para ayudar a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. En el caso del sector ganadero los sistemas silvopastoriles con enfoque AbE constituyen una opción interesante que producen servicios de aprovisionamiento con beneficios tangibles (madera, frutos, forraje) y, a la vez, servicios ecosistémicos prioritarios (conservación de cuencas hidrográficas, protección de suelos, reducción del estrés calórico en el ganado) y otros cobeneficios (fijación y almacenamiento de carbono, conservación de la biodiversidad), que pueden aportar al cofinanciamiento de las medidas (CATIE 2012). La priorización del enfoque AbE no quiere decir que se descarten otras medidas de adaptación como cambios en la genética de los animales o soluciones tecnológicas; más bien se deben considerar en su conjunto en una estrategia integral.

En el marco del presente estudio se realizaron talleres con actores claves, incluyendo representantes de Federación de Asociaciones Ganaderas de Nicaragua (FAGANIC), Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Heifer, Solidaridad y el Centro Humboldt; así como con ganaderos independientes en visitas de campo para identificar medias AbE como como la prevención de la erosión, la generación de un microclima y la

Cuadro 13: Medidas de adaptación basadas en ecosistemas enfocadas en amenazas climáticas específicas.

Amenaza	Impacto en el sector ganadero	Impactos generales (entorno de las fincas ganaderas)	Medida AbE para contrarrestar los efectos del impacto en el sector ganadero	Adaptación del entorno de las fincas ganaderas y cobeneficios:
Estrés térmico (calórico): humedad y temperatura)	Produce un aumento de la tasa respiratoria; esto hace que el ganado gaste más energías y consuma menos alimento, lo que redunda en reducidos índices reproductivos, como menor tasa de natalidad y pubertad más tardada e índices productivos (Souza 2002, Betancourt et al. 2003, Restrepo et al. 2004, POSAF II/Marena 2005; citado de Gonzalez et al. 2014).	Los seres humanos, al igual que otros animales sufren del estrés térmico. En los humanos tienen efectos psicológicos, como la reducción de la productividad; fisiológicos, como la pérdida de agua y sal; y fisiopatológicos, como el agotamiento, problemas dérmicos, la desorientación y hasta la inconciencia (USC 2013)	Sistemas silvopastoriles para crear microclima y reducir el estrés térmico. Árboles en potreros con pastos mejorados, maní forrajero y cercas vivas. Medida: Plantación	El microclima también beneficia al entorno. Cobeneficios: Secuestro de Carbono Agroturismo, biodiversidad.
Precipitación acumulada anual y coeficiente de variación.	Menor disponibilidad de agua para el ganado y el forraje.	Menor disponibilidad de agua para la población en general y para el riego de cultivos.	Recuperación de la cobertura arbórea de zonas de recarga hídrica y áreas riberinas. Medida: Regeneración natural y manejo Combinar con bancos forrajeros energéticos y de leguminosas arbustivas para reducir la presión sobre el pasto en los potreros, permite un uso eficiente del agua y permite liberar las áreas menos aptas de la finca o aquellas destinadas a la recarga hídrica (González et al. 2014).	
Huracanes	Muertes del ganado Inundaciones asociadas a huracanes: Ver sección de Inundaciones.	Muertes humanas, inundaciones, deslizamientos destructivos y daños y pérdidas de infraestructura.	Sembrar cortinas rompe vientos o cercas vivas.	Las cortinas rompe vientos tienen un impacto positivo en todo el entorno de las fincas ganaderas. Co-beneficios: secuestro de carbono y biodiversidad
Inundaciones	Enfermedades del ganado asociados a inundaciones, incluyendo diarrea, pododermatitis, problemas respiratorios (Comunicación verbal CIAT) y bacterianas como leptospirosis (JICA 2015). En caso extremo muerte del ganado por ahogamiento. La inundación de los potreros limita el acceso del ganado al pasto.	Enfermedades y daños a la infraestructura. Afectación a la producción agraria.	Crear zonas de amortiguamiento (bosques y pantanos) entre el ganado y las potenciales zonas de inundación. Combinar con bancos forrajeros energéticos y de leguminosas arbustivas para reducir la vulnerabilidad en zonas propensas a inundación (González et al. 2014).	Las zonas de amortiguamiento aseguran importantes servicios ecosistémicos para el entorno de las fincas ganaderas y ayudan al entorno a adaptarse.

Fuente: Elaboración propia, basada en opinión de expertos y fuentes citadas.

recarga hídrica. Mediante revisión de literatura y metodologías participativas se determinaron las medidas prioritarias de adaptación basadas en ecosistemas enfocadas en amenazas climáticas específicas, que se muestran en el cuadro 13. El presente estudio no pretende ser una guía para desarrollar las medidas propuestas, para eso existe literatura especializada, sino mostrar el panorama de opciones, porque sobre eso se construyen tanto el análisis de vulnerabilidad (evaluando si ya se están aplicando este tipo de prácticas) y la sección sobre fuentes de financiamiento y mecanismos económicos que aplican para iniciativas AbE.

La presencia de los árboles en potreros puede ser a través de árboles dispersos, plantaciones lineales o una combinación de ambas. En el caso de los árboles dispersos, estos pueden generarse a través de la regeneración natural según las condiciones existentes (disponibilidad de semillas, agua, nutrientes) o mediante la siembra de los mismos. Los árboles pueden encontrarse de manera aislada o en pequeños grupos diseminados. Las plantaciones lineales por otro lado, tienen la ventaja de que no compiten con las pasturas y no son afectadas por el manejo de las mismas (aplicación de herbicidas, chapias, quemas). Se pueden dar en forma de cercas vivas, cortinas rompevientos y árboles en linderos[12] (CATIE 2012).

Un aspecto importante a considerar son los costos asociados a las medidas de adaptación (ver cuadro 14), ya que constituyen una inversión del ganadero, para preparar su producción para los efectos adversos del cambio climático.

Para que los ganaderos adopten el enfoque AbE y en este sentido implementen medidas de adaptación, es necesario presentar evidencia robusta del impacto positivo de estas medidas. Esto también es particularmente importante para aplicar a fuentes de financiamiento que realizan pagos por resultados o para crear mecanismos económicos e innovadores, como la compensación por servicios ecosistémicos. En este sentido, CATIE (2012) expone evidencias que la productividad de leche en un caso de estudio en la época seca fue mayor en sistemas con sombra (12.75 kg/ día) que en pasturas en monocultivo (11.06 kg/ día). También muestran datos sobre un estudio en Nicaragua, donde en pasturas mejoradas con árboles la infiltración fue mayor (0.81 cm/h) que en pasturas naturales sobrepastoreadas (0.03 cm/h en Nicaragua).



12 En Centroamérica las especies principales de interés maderable en potreros son Tabebuia rosea, Enterolobium cyclocarpum, Samanea saman, Cordia alliodora y Cedrela odorata (CATIE 2012).

Cuadro 14: Costos de medidas de adaptación basadas en ecosistemas en el sector ganadero

Medida AbE	Costo de establecimiento (US$/ha)	Costos de mantenimiento (US$/ha/año)	Costo de aprovechamiento (US$/ha/año)
Potrero con árboles y pasturas asociadas con maní forrajero	628 - 685	28	-
Potrero con árboles y pasturas mejoradas	778	148	-
Bancos de proteínas de leguminosas arbustivas	228 - 640	17-51	121 -485
Bancos forrajeros energéticos	267 - 489	-	4.70 – 6.80
Cercas vivas	133 -152 (US$/100 m lineales)	-	-

Fuente: Elaboración propia basada en datos de González et al. 2014), Costos en Nicaragua y Honduras

Para el cofinanciamiento puede ser importante demostrar el desempeño de SE como el almacenamiento de carbono; que en Nicaragua ha sido medido en diferentes zonas de vida. Según CATIE (2012) en zonas de bosque húmedo tropical las pasturas naturales con baja densidad arbórea registraban 91.02 t/ha de carbono almacenado en todo el sistema, comparado a 63.06 t/ha de pasturas degradas. En zonas de bosque semideciduo los pastos mejorados con árboles registraron 170.15 t/ha comparado a pasto nativo como monocultivo 151.37 t/ha. Para iniciativas que compensan la biodiversidad es importante conocer el impacto sobre la composición del potrero en cuanto a especies. Según CATIE (2012) en potreros con alta densidad de árboles se encontró por ejemplo mayor riqueza de mariposas (14 especies) que en pasturas mejoradas con baja densidad de árboles (10 especies).



IV. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y DE RIESGO CLIMÁTICO DEL SECTOR GANADERO DE NICARAGUA

El presente estudio sobre el sector ganadero de Nicaragua está alineado a la discusión internacional sobre la adaptación, la vulnerabilidad y el riesgo climático. En este sentido, se sigue el planteamiento del quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, el cual, en comparación con los enfoques tradicionales, tiene una focalización en el riesgo. Según IPCC (2014) esto permite que "las personas y las sociedades pueden percibir o jerarquizar los riesgos y los beneficios potenciales de formas diferentes, según los diversos valores y objetivos".

En la figura 1 se muestra que el riesgo de los impactos climáticos está en función de la exposición de los sistemas naturales y humanos ante el fenómeno, la vulnerabilidad que estos tienen, así como de los peligros o amenazas climáticas, incluidos episodios y tendencias peligrosas. Los peligros, la exposición y la vulnerabilidad por su lado, son impulsados por los cambios en el sistema climático (izquierda) y los procesos socioeconómicos, incluyendo la adaptación y la mitigación (derecha) (IPCC 2014).



El análisis que se presenta a continuación se basó en el CENAGRO (2011), incluyendo solo individuos que reportaron que su actividad principal es la ganadería de leche, carne, doble propósito o crianza.

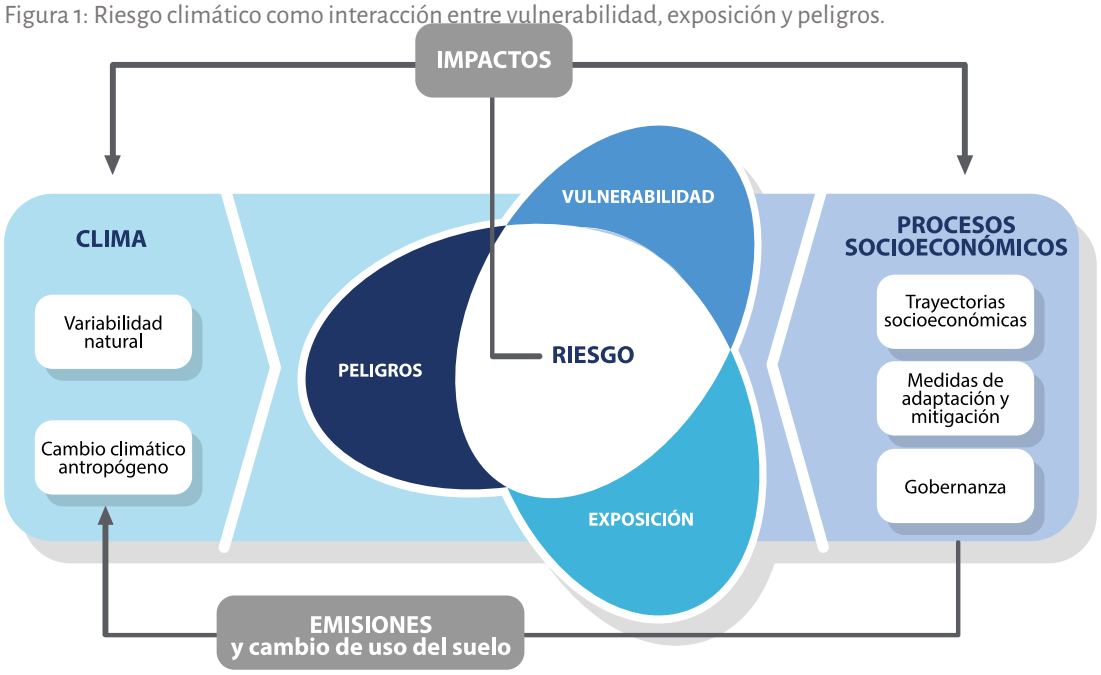
A. La exposición del sector ganadero ante las amenazas climáticas

Para aproximarse al riesgo climático de los sistemas ganaderos en los diferentes municipios de Nicaragua, se debe analizar la exposición en cada uno de estos municipios. Según el IPCC (2014) la exposición se refiere a "la presencia[13] de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente".

En el presente estudio la exposición, además de la cantidad de ganado presente, también considera la densidad de la población de ganado en los municipios.

13 Aplicado al sector ganadero en Nicaragua podría decirse que para que exista un riesgo para los sistemas ganaderos en un municipio afectado por el cambio climático, el sistema ganadero debe estar presente en este municipio.

Figura 1: Riesgo climático como interacción entre vulnerabilidad, exposición y peligros.



Fuente: IPCC 2014

En este sentido, para el cálculo del índice de exposición, se hizo uso de una matriz de puntajes que integraba las variables de tamaño del hato ganadero[14] y la densidad ganadera a nivel de municipio. Para tal propósito, se tuvo que dividir a los municipios en cinco grupos de acuerdo al quintil de hato ganadero en el que se situaban en la distribución. El puntaje de cada grupo sería igual al número del quintil, por ejemplo, los municipios pertenecientes al quintil número cuatro tendrían cuatro puntos en el índice de exposición. De acuerdo a lo anterior, los grupos quedaron definidos de la siguiente manera:

Grupo (Quintil)	Mín. de Ganado	Máx. de Ganado
1	1	899
2	900	3,099
3	3,100	8,299
4	8,300	26,999
5	27,000	180,275

Del mismo modo, los municipios se dividieron en dos grupos con respecto a la densidad ganadera[15] que presentaban: i) densidad ganadera alta en caso

14 Se tomó como tamaño del hato ganadero al total de cabezas de ganado en explotaciones ganaderas en cada municipio.

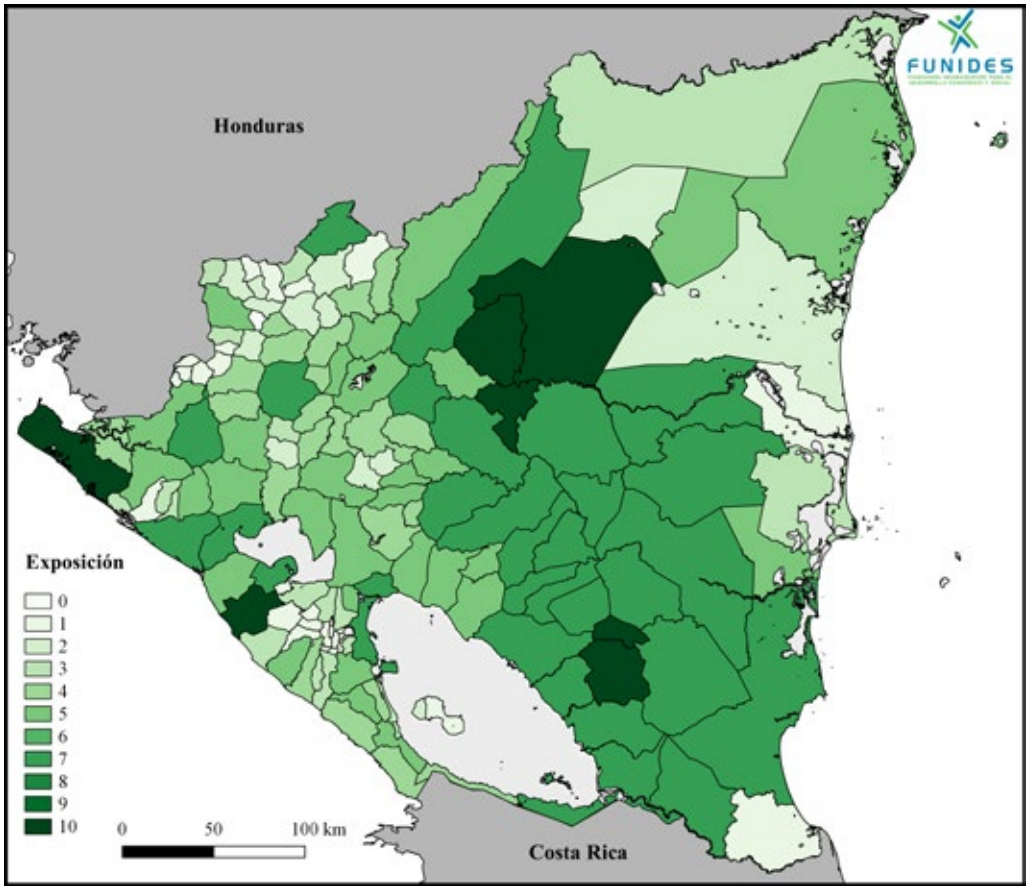
15 Según UNAN (2007) de acuerdo a los parámetros nacionales la carga animal por cabeza por manzanas es una cabeza por manzana con un peso aproximado de 450 Kg y según UNAN (2006) es la cantidad que un pasto mejorado puede soportar en época de sequía. La densidad ganadera de cada municipio se calcula tomando en cuenta solamente las cabezas de ganado y el área de pastoreo de las explotaciones ganaderas.

de que presentaran una densidad mayor o igual a uno, y ii) densidad ganadera baja en caso de que presentaran una densidad menor a uno[16].

Una vez definidos los grupos, el nivel de exposición de cada grupo se definió como la multiplicación de los puntajes obtenidos en tamaño y densidad del hato ganadero municipal. De tal manera que la matriz de puntajes queda de la siguiente manera:

		Tamaño del Hato Ganadero				
	Puntaje	1	2	3	4	5
Baja Densidad	1.5	1.5	3	4.5	6	7.5
Alta Densidad	2	2	4	6	8	10

Mapa 1: Exposición de los sistemas ganaderos a nivel de cada municipio.



Fuente: Elaboración propia basada en CENAGRO 2011

16 El puntaje asignado a cada categoría es de 2 y 1.5 puntos en caso de que el municipio tuviera una densidad alta o baja, respectivamente. Con esta puntuación, se le da una mayor importancia al número de cabezas de ganado que a la densidad ganadera en la definición del índice de exposición. De acuerdo a los datos del CENAGRO 2011, el 61 por ciento de los municipios presentaba una densidad de ganado baja.

Posteriormente, para una mejor comprensión de los puntajes, se estandarizó la escala para que esta se situara entre 1 y 10 puntos. Los municipios de Yalagüina, Corinto y Dolores, no reportaron tener explotaciones ganaderas, de manera que su índice de exposición se imputó para que fuera cero. Los resultados del índice de exposición se muestran en el mapa 1 y los municipios con el valor más alto y el más bajo se muestran en el cuadro 1. En promedio, los municipios de Nicaragua presentaron un índice de exposición de 4.67 puntos.

B. Análisis de vulnerabilidad climática del sector ganadero

Para el análisis de la vulnerabilidad ante el cambio climático se debe tomar en cuenta la sensibilidad de los diferentes municipios ganaderos (la disponibilidad de fuentes de agua, la presencia de áreas de bosques como refugio climático, el acceso al crédito y la presencia de infraestructura clave, etc.); así como la capacidad adaptativa de los productores ganaderos en los diferentes municipios, enfocándose en sus conocimientos y experiencias, así como en su capacidad de fuga, entendiéndose esta última como la facilidad de abandonar el municipio afectado e iniciar sus operaciones en otro municipio.

Cuadro 1: Indicadores específicos de los municipios de mayor y menor índice de exposición.

Ranking	Índice	Municipio	Hato Ganadero (cabezas)	Densidad (cabezas/mz)
1	10.0	Mulukukú	124,431	1.0
2	10.0	Siuna	101,995	1.0
3	10.0	Villa El Carmen	32,206	2.0
4	10.0	El Almendro	83,850	1.0
5	10.0	Waslala	47,590	1.1
***				
146	1.0	Desembocadura del R. Grande	406	0.8
147	1.0	Corn Island	81	0.9
148	1.0	La Paz de Carazo	64	0.7
149	1.0	San José de Cusmapa	59	0.9
150	1.0	Niquinohomo	21	0.0

Nota: Los municipios de Yalagüina, Corinto y Dolores no aparecen dado que sus indicadores son nulos debido a que no se registró ninguna explotación ganadera. Fuente: Elaboración propia en base a CENAGRO 2011.

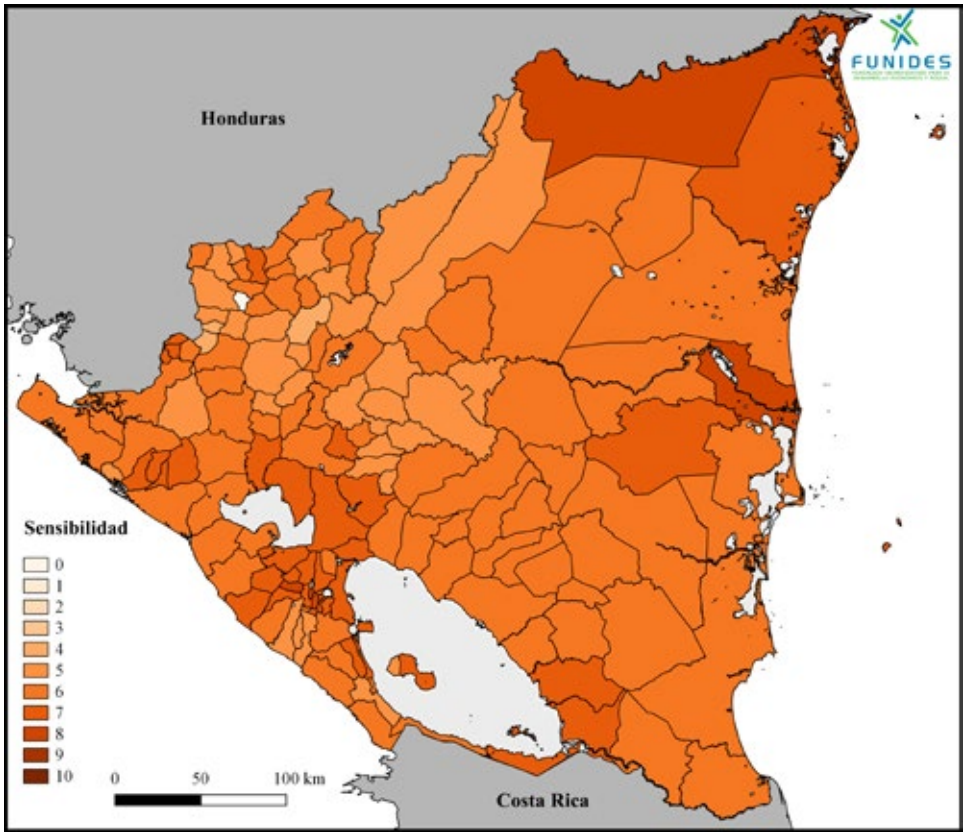
1. Índice de Sensibilidad

La Sensibilidad se refiere a la fragilidad de un objeto o sistema para enfrentar una amenaza y recibir un posible impacto. El índice de sensibilidad se basa en el porcentaje de ganaderos del municipio que dieron una respuesta negativa sobre si poseían ciertos elementos, resultando en los indicadores siguientes:

· Alta densidad del ganado
· Ausencia de fuentes de agua
· Ausencia de áreas de bosque como refugio de microclima
· Carencia de asistencia técnica y capacitaciones
· Problemas de acceso al crédito
· Ausencia de silos de forraje
· Ausencia de establos comedores
· Ausencia de pilas de agua

Los resultados del índice de sensibilidad se muestran en el mapa 2 y los municipios con el valor más alto y el más bajo se muestran en el cuadro 2. La sensibilidad más alta se registra en municipios del norte y centro de la costa caribe, así como en algunos municipios entre los grandes lagos.

Mapa 2: Sensibilidad de los sistemas ganaderos a nivel de cada municipio.



Fuente: Elaboración propia basada en CENAGRO 2011

Cuadro 2: Indicadores específicos de los municipios de mayor y menor índice de sensibilidad

Ranking	Índice	Municipio	Alta densidad de ganado (% de productores)	Ausencia de fuente de agua (% de productores)	Ausencia de área de bosques (% de productores)	Carencia de asistencia técnica y capacitaciones (% de productores)	Problemas del acceso al crédito (% de productores)	Ausencia de silos de forraje (% de productores)	Ausencia de establos comedores (% de productores)	Ausencia de pilas de agua (% de productores)
1	8.9	Waspán	84%	75%	79%	83%	100%	99%	99%	96%
2	8.8	Niquinohomo	100%	14%	100%	86%	100%	100%	100%	100%
3	8.5	Desembocadura del Río Grande	86%	37%	88%	79%	100%	100%	100%	91%
4	8.3	Nandasmo	100%	0%	67%	100%	100%	100%	100%	100%
5	8.1	La Concepción	97%	0%	97%	64%	91%	100%	100%	100%
.....										
146	5.3	Rivas	37%	4%	46%	61%	83%	88%	69%	40%
147	5.2	San Lucas	35%	0%	57%	52%	87%	78%	61%	43%
148	4.6	San Sebastián de Yalí	12%	2%	35%	63%	59%	96%	61%	41%
149	4.5	Las Sabanas	18%	9%	64%	27%	64%	73%	82%	27%
150	4.4	San José de Cúsmapa	0%	0%	0%	50%	50%	100%	100%	50%

Nota: Los municipios de Yalagüina, Corinto y Dolores no aparecen dado que sus indicadores son nulos debido a que no se registró ninguna explotación ganadera.
Fuente: Elaboración propia en base a CENAGRO 2011

2. Índice de Capacidad Adaptativa

La Capacidad Adaptativa o de Adaptación es la suficiencia de un sistema para enfrentar un suceso peligroso respondiendo o ajustándose de modo que no se afecte su funcionamiento, su identidad y su estructura. El índice de capacidad adaptativa se basa en el porcentaje de ganaderos del municipio que dieron una respuesta positiva ante los indicadores siguientes:

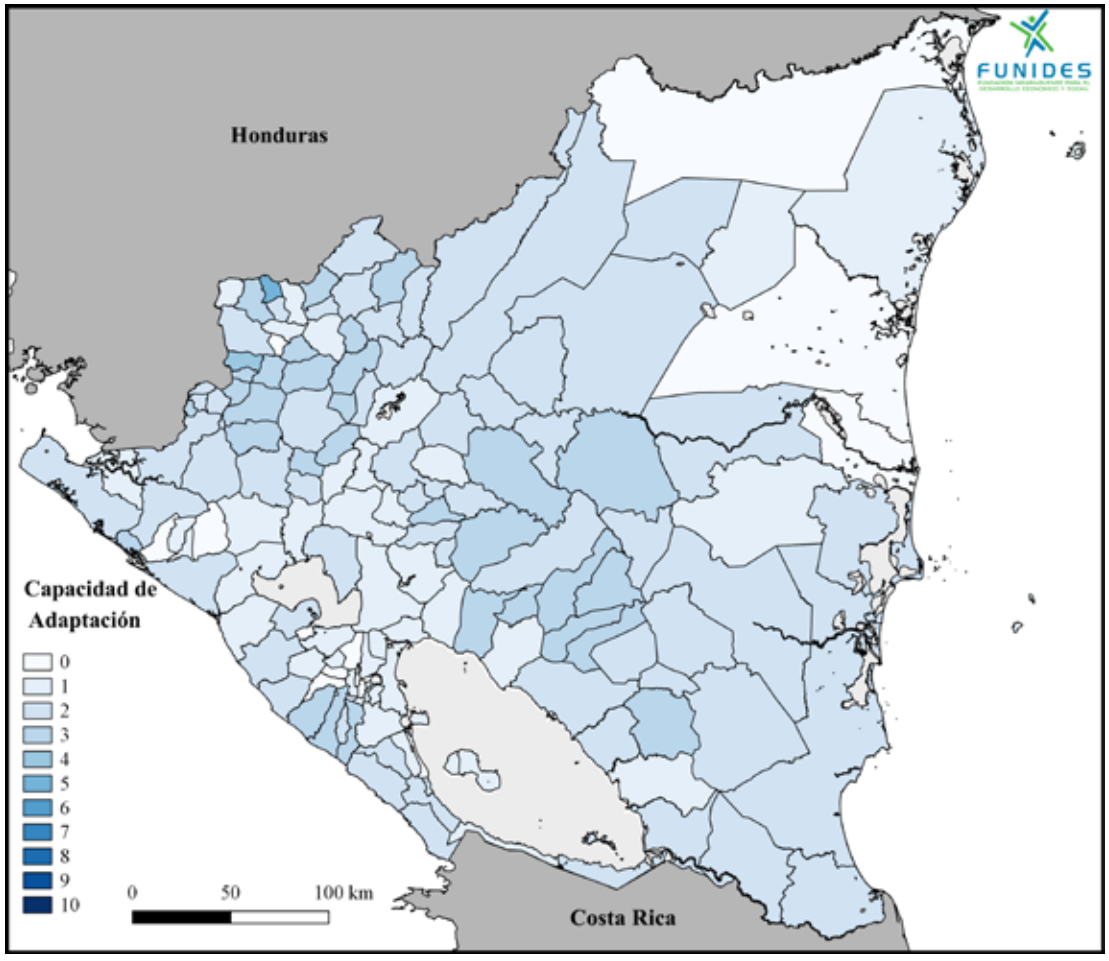
- Capacidad de fuga: Maneja otra explotación agropecuaria en otro municipio
- Conocimientos y experiencia en:
  - · el manejo de bosques con el propósito de protección de suelo y de agua.
  - · la implementación de pasto en callejones entre bosques.
  - · la implementación de cercas vivas en los pastos.
  - ·la implementación de rondas contra incendios en el manejo del bosque.
  - · el pastoreo de ganado en plantaciones forestales.
  - · la limpia y poda en los bosques.
- cuenta con árboles dispersos en los potreros.

- la implementación de cortinas rompe viento.
- Disposición de colaboración y transferencia del conocimiento: Pertenece a alguna organización de productores.

Los resultados del índice de capacidad adaptativa se muestran en el mapa 3 y los municipios con el valor más alto y el más bajo se muestran en el cuadro 3. El resultado es muy heterogéneo y los municipios ubicados en el centro y norte de país registraron la mayor capacidad adaptativa. Los grandes municipios del norte del caribe tienen la menor capacidad adaptativa.

Para los índices de sensibilidad y capacidad adaptativa, estos se calcularon como el promedio simple de todas las variables elegidas para integrar el índice. Dado que todas las variables presentaban la misma escala (porcentajes), el promedio simple resulta ser perfectamente aplicable. Una vez que se obtiene el promedio simple, éste se divide entre diez para lograr una escala del 0 al 10 para que el índice de vulnerabilidad resultante sea comparable con los índices de exposición y amenaza. En promedio, los municipios de Nicaragua presentaron un índice de sensibilidad de 6.4 puntos, mientras que el índice de capacidad adaptativa fue de 2.2 puntos, en promedio.

Mapa 3: Capacidad de Adaptación de los sistemas ganaderos a nivel de cada municipio.



Fuente: Elaboración propia basada en CENAGRO 2011

Cuadro 3: Indicadores específicos de los municipios de mayor y menor índice de capacidad adaptativa

Ranking	Índice	Municipio	Capacidad de fuga (% de productores)	Bosque para protección de suelo y agua (% de productores) *	Pastos entre bosques (% de productores) *	Cercas vivas en los pastos (% de productores) *	Rondas contra incendios (% de productores) *	Ganado en plantaciones forestales (% de productores) *	Limpia y poda (% de productores) *	Manejo de árboles en potreros (% de productores) *	Implementación de cortinas rompevientos (% de productores) *	Pertenece a alguna organización de productores (% de productores)
1	5.0	Dipilto	100%	33%	0%	33%	67%	67%	67%	33%	0%	100%
2	4.0	San Lucas	4%	43%	9%	30%	65%	48%	65%	78%	39%	18%
3	3.8	Pueblo Nuevo	24%	50%	4%	63%	48%	37%	65%	63%	19%	11%
4	3.7	Condega	12%	62%	6%	60%	50%	19%	71%	59%	6%	23%
5	3.7	Santo Tomás del Norte	0%	17%	42%	42%	75%	25%	58%	50%	25%	33%
.....												
146	0.5	Waspán	0%	21%	0%	5%	9%	3%	4%	3%	1%	3%
147	0.4	Desembocadura del Río Grande	0%	12%	0%	5%	5%	7%	9%	7%	0%	0%
148	0.4	Buenos Aires	13%	6%	0%	5%	2%	2%	3%	2%	0%	6%
149	0.1	La Concepción	6%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%
150	0.0	Niquinohomo	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

*Conocimientos y esperiencias

Nota: Los municipios de Yalagüina, Corinto y Dolores no aparecen dado que sus indicadores son nulos debido a que no se registró ninguna explotación ganadera.

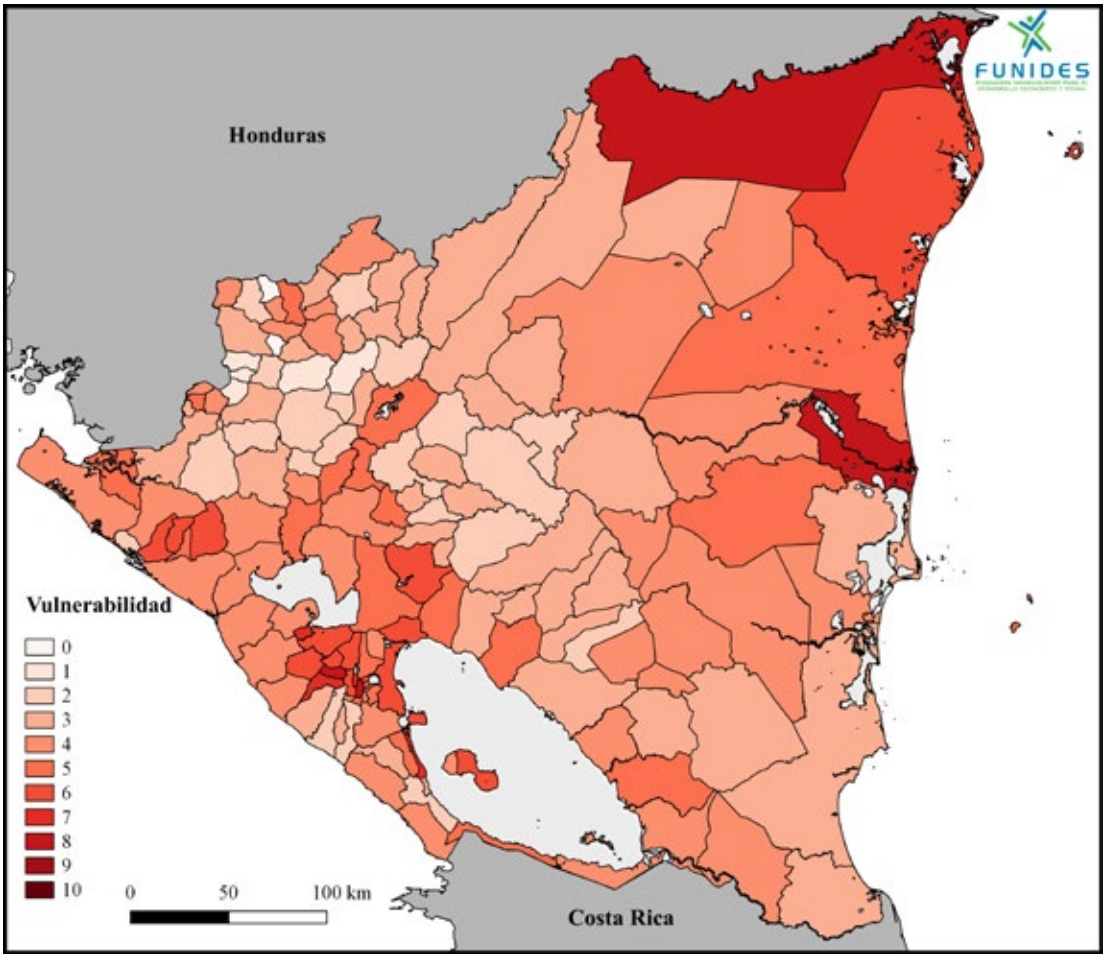
Fuente: Elaboración propia en base a CENAGRO 2011

No obstante, obtener un índice a través de un promedio simple implica asignar una ponderación equitativa a todos sus componentes, es decir, se le asigna la misma importancia a todas las variables que integran el índice. Lo anterior es una debilidad teórica sobre una correcta definición de vulnerabilidad en el tema. Por lo tanto, como medida de robustez, se calcularon los índices utilizando ponderaciones obtenidas a través de un análisis principal componente (PCA, ver anexo 4).

3. Índice de Vulnerabilidad

Una vez asegurados los índices de sensibilidad y capacidad adaptativa, se procedió a calcular el índice de vulnerabilidad. El índice de vulnerabilidad se calculó como la sustracción entre los índices de sensibilidad y capacidad adaptativa, ya que ambos poseen la misma escala y fueron calculados de la misma manera. Los resultados del índice de vulnerabilidad se muestran en el mapa 4 y los municipios con el valor más alto y el más bajo se muestran en el cuadro 4. En promedio, Nicaragua presenta un índice de vulnerabilidad de 4.2 puntos.

Mapa 4: Vulnerabilidad de los sistemas ganaderos a nivel de cada municipio.



Fuente: Elaboración propia basada en CENAGRO 2011

Cuadro 4: Indicadores específicos de los municipios de mayor y menor índice de vulnerabilidad.

Ranking	Índice	Municipio	Capacidad Adaptativa	Sensibilidad
1	8.8	Niquinohomo	0.0	8.8
2	8.4	Waspán	0.5	8.9
3	8.1	Desembocadura del Río Grande	0.4	8.5
4	8.0	La Concepción	0.1	8.1
5	7.7	Nandasmo	0.7	8.3
***				
146	1.4	San José de Cúsmapa	3.0	4.4
147	1.3	Las Sabanas	3.3	4.5
148	1.2	San Sebastián de Yalí	3.4	4.6
149	1.2	San Lucas	4.0	5.2
150	0.8	Dipilto	5.0	5.8

Nota: Los municipios de Yalagüina, Corinto y Dolores no aparecen dado que sus indicadores son nulos debido a que no se registró ninguna explotación ganadera. Fuente: Elaboración propia en base a CENAGRO 2011.

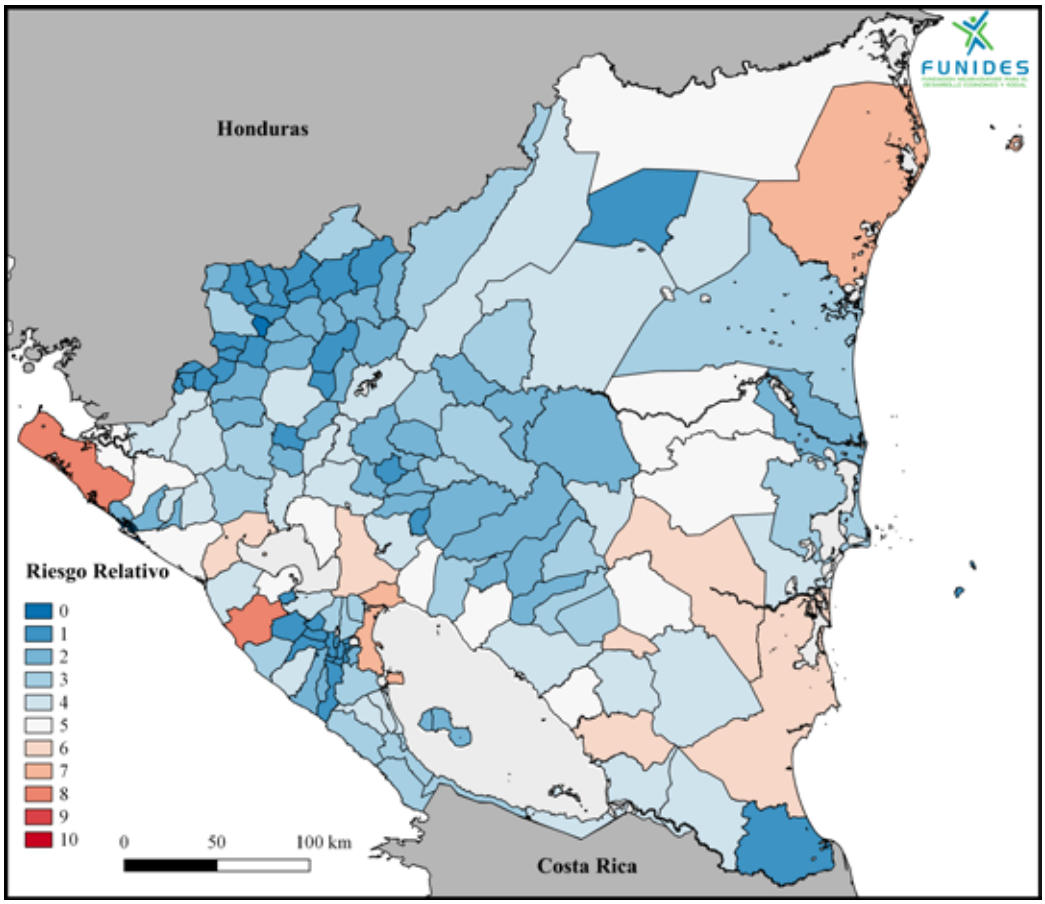
C. Riesgo Relativo

El riesgo climático es un índice que combina todas las amenazas climáticas con la exposición y vulnerabilidad para estimar el riesgo relativo entre todos los municipios ganaderos de Nicaragua. El Riesgo está definido por el IPCC (2014):

"Potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicado por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro [o amenaza]"

El riesgo relativo es una intersección entre todos los factores que aumentan o disminuyen los impactos de cambio climático en alguna comunidad o sector. Los cálculos del riesgo relativo en este estudio son una multiplicación de los valores de la amenaza total, la exposición, y la vulnerabilidad, y normalizado entre 1-10 (con los municipios que no tienen exposición = 0). La máxima de la normalización está basada en el riesgo del municipio con el valor máximo bajo RCP 8.5, en los 2080s. Los resultados del riesgo actual están resumidos en el Mapa 5, y se puede ver una lista de los municipios con los valores más altos y más bajos en Cuadro 5.

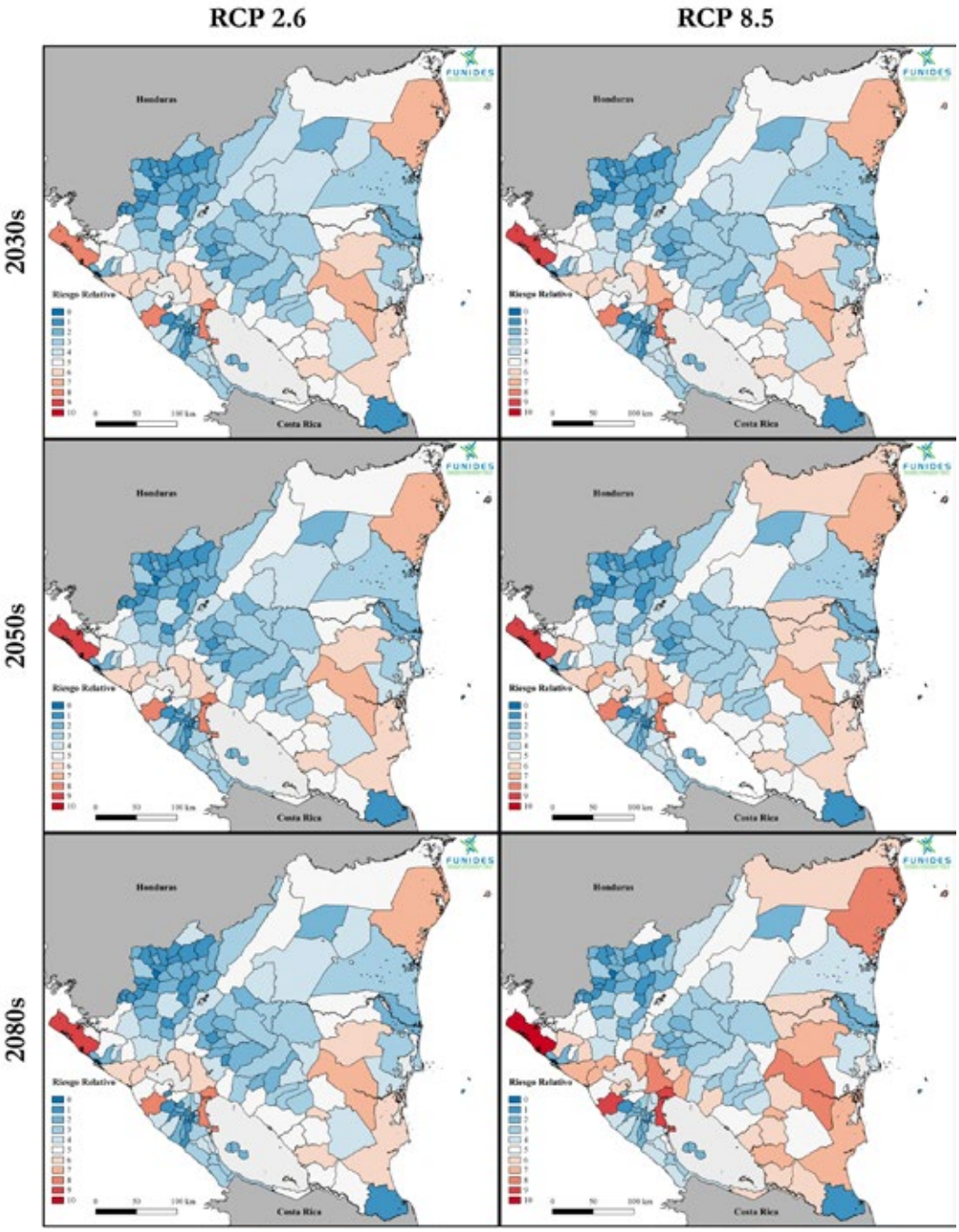
Mapa 5: Riesgo relativo actual, basado en la combinación de la amenaza total, la exposición, y vulnerabilidad de cada municipio.



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010), WorldClim (Hijmans et al., 2005), INETER, 2001, CENAGRO 2011.

El riesgo relativo nos puede ayudar a priorizar los municipios más susceptibles por sus amenazas climáticas y los factores sociales que pueden aumentar o reducir esa susceptibilidad. En el Mapa 6, se puede ver los valores proyectados, basados en los cambios en las amenazas por precipitación y temperatura. Sin embargo, estos valores proyectados no tienen en cuenta los cambios potenciales en las amenazas por huracanes e inundaciones, además los factores sociales (véase Cuadro 6 por un resumen de los municipios con los valores máximos/mínimos bajo RCP 8.5 en los 2030s).

Mapa 6: Riesgo relativo proyectado, basada en la combinación de la amenaza total, la exposición y vulnerabilidad de cada municipio.



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010), WorldClim (Hijmans et al., 2005), INETER, 2001, CENAGRO 2011.

Cuadro 5: Riesgo relativo actual y los factores incluidos en el cálculo por los 5 municipios más alto y más bajo

Municipio	Riesgo Relativo	Exposición	Vulnerabilidad	Amenaza Total
El Viejo	8.62	10.00	4.08	6.70
Villa El Carmen	8.09	10.00	4.40	5.80
Granada	7.70	7.88	6.07	5.04
Puerto Cabezas	7.20	5.76	6.26	6.18
El Rama	6.96	7.35	4.81	6.08
…	…	…	…	…
San Lucas	1.24	3.65	1.16	2.77
Murra	1.17	1.00	3.00	3.04
Dipilto	1.05	1.53	0.83	3.83
San José de Cusmapa	1.04	1.00	1.38	3.19
Las Sabanas	1.00	1.00	1.27	2.40

Excluyendo los municipios que no tienen exposición. El valor promedio del riesgo relativo = 3.28.
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6: Riesgo relativo proyectado (RCP 8.5; 2030s) y los factores incluidos en el cálculo por los 5 municipios más alto y más bajo

Municipio	Riesgo Relativo	Exposición	Vulnerabilidad	Amenaza Total
El Viejo	9.06	10.00	4.08	7.09
Villa El Carmen	8.62	10.00	4.40	6.23
Granada	8.40	7.88	6.07	5.56
Puerto Cabezas	7.51	5.76	6.26	6.49
El Rama	7.41	7.35	4.81	6.53
…	…	…	…	…
San Lucas	1.27	3.65	1.16	3.03
Murra	1.19	1.00	3.00	3.24
Dipilto	1.06	1.53	0.83	4.05
San José de Cusmapa	1.05	1.00	1.38	3.44
Las Sabanas	1.00	1.00	1.27	2.51

Excluyendo los municipios que no tienen exposición. El valor promedio del riesgo relativo = 3.51.
Fuente: Elaboración propia

V. FUENTES DE FINANCIAMIENTO Y MECANISMOS ECONÓMICOS

Según el análisis más reciente sobre el financiamiento para el desarrollo en América Latina realizado por CEPAL (2015) "la agenda para el desarrollo después de 2015 transformará profundamente el desarrollo sostenible y requerirá una gran movilización de recursos, así como un cambio en el financiamiento, la organización y la asignación de esos recursos". El enfoque de adaptación basada en ecosistemas tiene grandes ventajas en cuanto al financiamiento. Por un lado, por el componente ecosistémico, que permite el acceso a muchas más fuentes de financiamiento internacionales que enfoques de adaptación tradicionales; y por otro lado abre la posibilidad a la creación de mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos a nivel local, nacional e incluso como canal de financiamiento internacional especifico a la realidad de Nicaragua.

Para asegurar el financiamiento nacional, los países con un alto riesgo climático como Nicaragua, deben aprovechar los mercados y flujos de capital privados. Para ello se debe crear un ambiente propicio en cuanto al riesgo para atraer capital privado. El Estado debería apoyar a los sectores que por su actividad no atraen suficiente capital privado, pero generan importantes externalidades ambientales y sociales. El ahorro

público y privado es importante para ser canalizado hacia actividades productivas. El Estado no debe limitarse a la movilización de recursos fiscales; sino también en el desarrollo de los mercados y sistemas financieros (CEPAL, 2015).

A. Fuentes de financiamiento internacionales

Para las iniciativas de adaptación basada en ecosistemas, en primera línea se deben considerar las fuentes de financiamiento enfocadas en la adaptación al cambio climático. En la práctica los fondos de adaptación son limitados por lo que se debería de aprovechar el carácter ecosistémico de este enfoque innovador. La ventaja es que estas iniciativas también incluyen componentes de conservación y restablecimiento de cobertura forestal, así como la conservación de suelo y agua, por lo que se abre la posibilidad de considerar financiamiento enfocado en la mitigación, en particular en los Programas de Reducción de Emisiones de Carbono causadas por la Deforestación y la Degradación de los Bosques (REDD+) y en biodiversidad y conservación de suelos. La limitante del enfoque es que generalmente no permite acceder a fondos internacionales enfocados en eficiencia energética y energía renovable, como por ejemplo el Fondo de la Alianza Mundial para el Clima de Alemania, el Reino Unido y Dinamarca. Las fuentes y mecanismos de financiamiento internacionales, incluyen la cooperación bilateral, multilateral, ONG´s internacionales y diversos fondos.

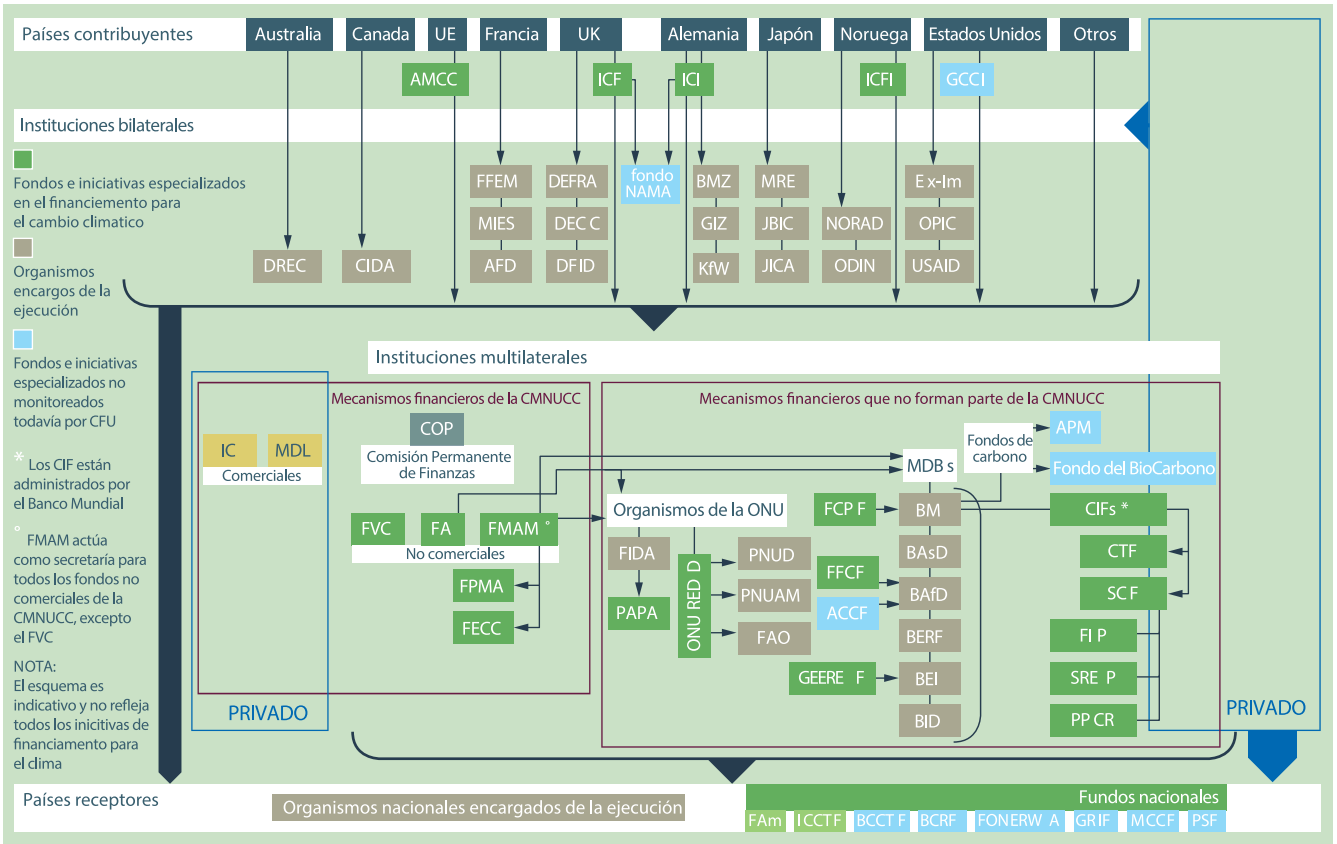
En la figura 1 se muestra la arquitectura financiera internacional para el clima que aparte del capital privado, incluye préstamos, garantías y donaciones de fondos públicos. En 2014 la mayor parte de los US$ 62,000 millones destinados para el clima provenía de fuentes privadas; y en esa línea la segunda Evaluación y Revisión Bienal de Flujos de Financiamiento para el Clima de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) de noviembre 2016 recomienda que se aumente el aporte de financiamiento de fuentes públicas en la arquitectura financiera internacional para el clima. Los diferentes tipos de financiamiento se canalizan de los contribuyentes a través de instituciones y fondos bilaterales y multilaterales hacia los receptores. La arquitectura financiera se construye tanto desde los contribuyentes hacia los receptores, por ejemplo, a través de sus agencias de asistencia bilateral, como de los receptores hacia los contribuyentes, a través del establecimiento de fondos nacionales alimentados de fuentes internacionales, nacionales y privadas (HBS 2016).

A las formas tradicionales de cooperación, se suman nuevas modalidades como la cooperación Sur-Sur y la cooperación triangular, que buscan un sistema de colaboración entre iguales, para dejar en el pasado la dependencia del receptor hacia el donante. Este enfoque innovador para la colaboración entre países pone gran énfasis en la transferencia de



conocimientos en ambas vías, el desarrollo de la infraestructura y la cooperación técnica. Si bien es cierto que la nueva arquitectura financiera y de cooperación presenta muchas oportunidades para financiar iniciativas de adaptación basadas en ecosistemas, por otro lado, al aumentar la complejidad en la combinación de actores, mecanismos y fondos; con sus procedimientos y objetivos específicos; se dificulta el acceso a estos fondos para países que no pueden destinar los recursos humanos y costos administrativos necesarios (CEPAL, 2015).

Figura 1: Arquitectura financiera internacional para el clima



Fuente: HBS (2016)

1. Iniciativas y Fondos bilaterales relevantes

Las iniciativas y fondos bilaterales canalizan una gran parte del financiamiento público; y los países desarrollados suelen utilizar sus agencias de desarrollo y cooperación internacional para administrar estos canales. La transparencia de estos flujos financieros es limitada y se dispone de poca información detallada y verificada. No obstante, el Comité de Ayuda al Desarrollo de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) logró estimar el monto de la ayuda al desarrollo enfocada en cambio climático, el cual para el año 2014 fue de US$ 26,000 millones (HBS 2016).

Para medir la percepción de los actores claves con respecto al financiamiento bilateral de diferentes países, enfocado en iniciativas relacionadas al complejo temático de este estudio; se realizaron talleres con representantes de organizaciones como CIAT, CATIE, Heifer, Solidaridad y el Centro Humboldt, en los cuales se solicitó a los participantes evaluar de manera cuantitativa el estado actual del financiamiento con respecto al nivel óptimo de financiamiento; así como la importancia que tendrá la fuente de financiamiento en el futuro. Los resultados se muestran en el cuadro 1. Si bien estos resultados tienen sesgo de subjetividad y no son representativos estadísticamente, son un indicio sobre la percepción de los principales actores del sector. La cooperación bilateral de Alemania, Suecia, Finlandia y Dinamarca, fueron nombradas, pero los participantes del taller no se sintieron lo suficientemente informados para evaluarlos.

Cuadro 1: Percepción del financiamiento bilateral

Cooperación bilateral	Estado actual con respecto al nivel óptimo (10)	Importancia en el futuro (Escala de -3 a 3, siendo el ultimo "Muy importante")
USA	3	-1
Noruega	3	0
Holanda	4	0
Suiza	5	3

Fuente: Elaboración propia en base a talleres realizados por FUNIDES

En el cuadro 2, se muestran los fondos bilaterales relevantes en que tienen áreas de interés que se traslapan con el enfoque de adaptación basada en ecosistemas en el sector pecuario. En el pasado para Nicaragua algunos fondos bilaterales, como por ejemplo la Iniciativa Climática Internacional de Alemania (ICI) y el Financiamiento Inmediato de Japón (FSF), financiaron importantes iniciativas.

La iniciativa ICI existe desde el año 2008 y es promovida por el Ministerio Federal de Medio Ambiente de Alemania (BMUB) y financia entre otras cosas proyectos enfocados en medidas de adaptación; conservación y uso sostenible de reservas naturales de carbono y la conservación de la biodiversidad. Según ICI (2016), en el periodo 01/2014 hasta 12/2017 el programa está financiando con 4,000,000 Euros un programa regional en Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá llamado "Gestión del paisaje y de los recursos para aumentar las reservas de carbono en Centroamérica (REDD+ Landscape / CCAD)", el cual es implementado por la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ) en cooperación con el Sistema de Integración Centroamericana (SICA) y la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).

El FSF de Japón, que inició como la iniciativa Hatoyama, existe también desde el año 2008 y desde entonces brinda asistencia financiera pública y privada para ayudar a los países en desarrollo a realizar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático. Si bien en Nicaragua a la fecha este fondo ha financiado iniciativas de energía limpia, a través de sistemas de generación de electricidad de fuente solar, también tiene líneas interesantes para iniciativas de adaptación. En el tema de adaptación el fondo se centra en proyectos relacionados con bosques, manejo de sequías y enfoques de Cobeneficios (CFU 2016).



Cuadro 2: Fondos e iniciativas bilaterales relevantes

Fondo	Administrado por	Año de Inicio	Contacto
Fondos con diversas áreas de interés: Adaptación, Mitigación, REDD+			
Iniciativa Climática Internacional de Alemania (ICI/ IKI)	Gobierno de Alemania	2008	https://www.international-climate-initiative.com/en
Fondo Internacional del Clima del Reino Unido (ICF)	Gobierno del Reino Unido	2011	https://www.gov.uk/government/publications/international-climate-fund/international-climate-fund
Financiamiento inmediato de Japón (FSF) –Privado y Público e iniciativas sucesoras*	Gobierno de Japón	2008	http://www.faststartfinance.org/contributing_country/japan
Iniciativa Global sobre el Cambio Climático de Estados Unidos (GCCI)	Gobierno de Estados Unidos	2010	https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/Climate_Fact_Sheet.pdf https://www.usaid.gov/what-we-do/environment-and-global-climate-change
Fondos enfocados en REDD+			
Iniciativa Internacional para el Clima y los Bosques de Noruega (ICFI/ NICFI)	Gobierno de Noruega	2008	https://www.regjeringen.no/en/topics/climate-and-environment/climate/climate-and-forest-initiative/id2000712/ https://www.norad.no/en/front/about-norad/news/2015/final-selection-of-nicfi-2016-2020/
Pioneros de la REDD (REM)	Gobierno de Alemania, con apoyo del Reino Unido y Noruega	2012	https://www.giz.de/en/worldwide/33356.html

Fuente: Elaboración propia, basado en www.climatefundsupdate.org, www.giz.de,
*en el marco del Banco Japonés de Cooperación Internacional y de la Agencia Internacional de Cooperación de Japón.

2. Fondos multilaterales relevantes

Las iniciativas multilaterales como se observan en el cuadro 3, en general son más transparentes en cuanto a la rendición de cuenta de los recursos canalizados que las iniciativas bilaterales. También permiten mayor participación en la toma de decisión por parte de los países en desarrollo porque su gestión no es exclusiva de los países contribuyentes (HBS 2016). Para las iniciativas con enfoque de adaptación basada en ecosistemas en primera línea interesan los fondos multilaterales enfocados en la adaptación.

El Fondo de Adaptación, que es un instrumento financiero bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), entró en operación en el año 2009. El fondo ofrece financiamiento no reembolsable para la implementación de proyectos y programas concretos de adaptación en países en desarrollo particularmente vulnerables a los efectos del cambio climático (BID 2015). Todos los países en desarrollo que son Partes en el Protocolo de Kyoto son elegibles para acceder al Fondo de Adaptación con un límite de US$ 10 millones por país sin requisito de cofinanciación. Todas las organizaciones que deseen acceder al financiamiento deben estar acreditadas (Fondo de Adaptación, 2015).

Después de un tiempo de incertidumbre por la reducción en el financiamiento proveniente del mercado de las Certificados de Emisiones Reducidas (CER's) del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), se ha decidido que el fondo continúe operando. Entre los años 2011 a 2015 en Nicaragua, el fondo financió una iniciativa de US$ 5,070,000.00 con el PNUD y el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) llamada "Reducción de riesgo y vulnerabilidad ante inundaciones y sequías en la cuenca del río Estero Real" en municipios ubicados en el occidente del país y en Chinandega (UNDP 2016).

Otro de los fondos relevantes enfocados en la adaptación al cambio climático en zonas rurales es el Fondo Internacional para el Desarrollo Agropecuario (FIDA) y su Programa de Adaptación para pequeños Agricultores. El FIDA trabaja con el Gobierno de Nicaragua desde 1980, financiando proyectos enfocados en el desarrollo de capacidades de la población rural de bajos recursos para ampliar las oportunidades de empleo y con énfasis en las mujeres y los jóvenes. Entre los años 2013 y 2019 se desarrolla el "Proyecto Adaptación a Cambios en los Mercados y a los Efectos del Cambio Climático en las zonas de cultivo y comercio de cacao y café en los departamentos del centro-norte, en Río San Juan y en las regiones autónomas del Atlántico Norte y del Atlántico Sur" (FIDA 2017).

El Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM / GEF) también tiene dos fondos especiales enfocados en adaptación. Para Nicaragua es relevante el Fondo Especial para el Cambio Climático (FECC), que a nivel nacional en el pasado ha financiado iniciativas

enfocadas en la adaptación de los suministros de agua al cambio climático (CFU 2016). El FMAM también tiene un área focal de cambio climático que se enfoca en general en la adaptación y la mitigación del cambio climático (CFU 2016).

Otros fondos con diversas áreas de interés como la adaptación, mitigación y REDD+, son el Fondo del Biocarbono (BCF) que persigue un enfoque interesante de agricultura sostenible, así como de planificación, políticas y prácticas relacionadas al uso de la tierra (BCF 2016). Sin embargo, en el futuro, el fondo de mayor potencial es el Fondo Verde para el Clima (GCF), con la primera aprobación de proyectos en el año 2015. Este fondo tiene un compromiso de asignación del 50 porciento del financiamiento a las actividades de adaptación y mitigación de los países en desarrollo. De esta manera se espera que se convierta en el fondo más importante en el futuro (HBS 2016).

También los fondos enfocados en REDD+ son potenciales fuentes de financiamiento para las iniciativas de adaptación basada en ecosistemas que contribuyen a evitar la deforestación. En Nicaragua el Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF) apoya al Estrategia Nacional de deforestación Evitada, (ENDE-REDD+) enfocado en revertir las principales causas de la deforestación y degradación de los bosques (ENDE 2016). Como se puede ver en el cuadro 3, no se puede obviar la importancia estratégica de los Banco de Desarrollo como el Banco Mundial (BM), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) con su área de focalización de desarrollo rural y medio ambiente (BCIE 2016). Los bancos de desarrollo se pueden convertir en el principal proveedor de créditos a largo plazo; enfocado entre otras cosas en el desarrollo productivo y la mitigación de los efectos del cambio climático (CEPAL, 2015).



Cuadro 3: Fondos multilaterales relevantes

Fondo	Administrado por	Año de Inicio	Acceso	Contacto
Fondos con diversas áreas de interés: Adaptación, Mitigación, REDD+				
1. Fondo del Biocarbono (BCF)	Banco Mundial	2004	Privados, Estado, OSC	http://www.biocarbonfund-isfl.org/
2. Alianza Mundial contra el Cambio Climático (GCCA)	Comisión Europea	2008	Entidades de Gobierno	http://www.gcca.eu/
3. Fondo Verde para el Clima (GCF)	Junta del Fondo Verde para el Clima	2015	A través de entidades implementadoras (privados, gobiernos, OSC)	http://www.greenclimate.fund/home
4. Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM,GEF)	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF)	1991	A través de agencias de proyecto (instituciones nacionales, ONU, OSC)	http://www.thegef.org/
Fondos enfocados en Adaptación				
1. Fondo de Adaptación (AF)	Junta del Fondo de Adaptación	2009	A través de entidades implementadoras acreditadas	https://www.adaptation-fund.org/
2. Programa de Adaptación para pequeños Agricultores (ASAP, FIDA)	Fondo Internacional para el Desarrollo Agropecuario (FIDA)	2012	Entidades de gobierno	https://www.ifad.org/topic/overview/ tags/climate_change
3. Fondo Especial para el Cambio Climático (FECC / SCCF)	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF)	2002	Entidades de gobierno	http://www.thegef.org/about/funding
Fondos enfocados en REDD+				
1. Fondo Cooperativo para el Carbono de los Bosques (FCPF)	Banco Mundial	2008	Entidades de gobierno	http://www.forestcarbonpartnership.org/
2. Programa de Inversión forestal (FIP)	Banco Mundial: Fondos de Inversión para el Clima (CIF): Fondo Estratégico para el Clima (SCF)	2009	Entidades de gobierno con programa de un banco de desarrollo multilateral	http://www.climateinvestmentfunds.org/cif/node/5
3. Programa ONU-REDD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)	2008	Entidades de gobierno	http://www.un-redd.org/

Fuente: Elaboración propia, basado en www.climatefundsupdate.org.

B. Compensación por servicios ecosistémicos y mecanismos innovadores de financiamiento

Según el análisis que hace CEPAL (2015) sobre la arquitectura del financiamiento para el clima, los mecanismos financieros innovadores deben ser elementos significativos de esta arquitectura en el futuro porque apoyan la colaboración con el sector privado. Por definición, estos mecanismos deberían de perseguir "un doble dividendo", mediante la provisión de bienes públicos y recaudación de ingresos en paralelo. Estos instrumentos tienen gran potencial para proporcionar flujos financieros "estables y predecibles" para los países en desarrollo. En América Latina existen mecanismos innovadores como impuestos sobre las ventas de billetes de avión; la subasta de permisos de emisión; y fondos de seguros contra riesgos de catástrofe (CEPAL 2015).

En sentido amplio, bajo esta definición, también se pueden considerar mecanismos agropecuarios, como la certificación orgánica, el agroturismo y los mecanismos financieros de ganadería sostenible. En relación a la conservación de bosques y agua, se deben considerar los incentivos para biodiversidad, fondos de agua, las certificaciones forestales y turísticas. Por el componente forestal y ecosistémico del enfoque de adaptación basada en ecosistemas (AbE), se deben considerar también los programas de REDD+ y la evolución de los enfoques tradicionales de responsabilidad social corporativa y estrategias microfinancieras. Todos estos mecanismos pueden servir de ejemplo para el desarrollo de nuevos mecanismos innovadoras en Nicaragua, sobre todo siguiendo el enfoque de Compensación por servicios ecosistémicos (CSE).

Cuadro 4: Mecanismos económicos y financieros enfocados en la adaptación basada en ecosistemas

Mecanismos económicos y financieros	Aplicación a la adaptación basada en ecosistemas
Pagos por servicios ecosistémicos (no transables)	Pagos para compensar a quienes mantienen los servicios ecosistémicos (p. ej., pagos por la gestión de las cuencas hidrográficas)
Financiamiento de carbono	Pagos por almacenamiento de carbono (p. ej., Mecanismo de Desarrollo Limpio, mercado voluntario de carbono)
Incentivos relacionados con REDD	Incentivos positivos para las cuestiones relativas a la reducción de las emisiones debidas a la deforestación y la degradación de los bosques en los países en desarrollo

Mecanismos basados en la biodiversidad, regímenes de compensación de biodiversidad (biodiversity offsets)	Pagos basados en indicadores indirectos o representativos de la biodiversidad (p. ej., la superficie de bosque no intervenido)
Canjes de deuda por naturaleza	Cancelación de la deuda a cambio de la conservación de los ecosistemas naturales
Fondos fiduciarios de conservación	Fondos para mejorar la gestión y asegurar la conservación de las áreas protegidas (p. ej., convenios de conservación)
Certificación y etiquetado	Certificación de productos y servicios cuya producción tenga un impacto mínimo en los ecosistemas, aspecto que se verifica mediante la aplicación de rigurosas normas e indicadores (p. ej., el ecoturismo, certificación del Consejo de Administración Forestal – FSC por sus siglas en ingles) de manera que se evite la creación de obstáculos al comercio)
Acceso/sobreprecio en los mercados verdes	Agregación de valor y aumento del acceso al mercado para productos y servicios sostenibles (p. ej., un nicho de mercado para los productos orgánicos, el café orgánico)
Desarrollo de mercados	Desarrollo de nuevos mercados y expansión de los mercados existentes de productos y servicios respetuosos con el medio ambiente
Premio/reconocimiento medioambiental	Reconocimiento público a la buena administración del medio ambiente
Eliminar subvenciones perjudiciales (p. ej., pesca, agricultura, energía)	Eliminación de las subvenciones que destruyen, degradan o llevan al uso insostenible de los ecosistemas
Impuestos, tasas y cargos	Cobro de impuestos sobre actividades que destruyen o degradan o implican un mal manejo de los recursos naturales (p. ej., impuestos al uso de pesticidas, a la extracción insostenible de madera...)
Cuotas negociables	Fijación de cuotas para la extracción de bienes (como la leña, madera, pesca, recolección de especies silvestres) de los ecosistemas naturales para garantizar su gestión sostenible

Fuente: UICN 2012

Para el diseño de mecanismos innovadores, primero se debe entender las posibilidades del enfoque AbE a nivel sistémico. Las medidas AbE descritas en el capítulo 4 benefician en primer lugar a los productores ganaderos y sus fincas, pero el establecimiento de ecosistemas a la vez genera importantes externalidades positivas para el entorno de las fincas en forma de servicios ecosistémicos con beneficios para la adaptación al cambio climático en el entono de las fincas ganaderas. Para asegurar la aplicabilidad y sostenibilidad de un enfoque AbE entre los ganaderos, especialmente entre los miembros de la Federación de Asociaciones Ganaderas de Nicaragua (FAGANIC), en el corto plazo es necesario que los productores entiendan los beneficios directos y por lo tanto estén dispuestos a asumir la inversión inicial, y en el largo plazo asegurar el cofinanciamiento de cada iniciativa. El cofinanciamiento puede generarse a través de un mecanismo de compensación por externalidades positivas (AbE para el entorno de las fincas ganaderas) o por la comercialización de servicios de aprovisionamiento generados in situ (como p.ej. productos maderables), así como otros servicios ecosistémicos (SE) a nivel local y global.

En el presente capítulo se presenta el diseño paso por paso de un mecanismo de compensación por servicios ecosistémicos (CSE) que considera diferentes posibilidades de cofinanciamiento. Para el diseño se consideran los criterios de eficacia ambiental y rentabilidad económica presentados por FUNIDES (2016a) en su Serie de Economía ambiental, basado en los criterios fundamentales publicados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD 2010).

1. Preparación y requisitos previos al diseño del mecanismo

Antes de iniciar con el diseño de un mecanismo CSE se deben considerar requisitos previos que deben ser abordados. Para la preparación se debe analizar aspectos relacionados a los potenciales actores que componen la estructura de la iniciativa CSE, los cuales son (i) los proveedores, en este caso los ganaderos que posibilitan a través de prácticas sostenibles los servicios ecosistémicos enfocados en la adaptación al cambio climático; (ii) los beneficiarios, es decir las personas en el entorno de las fincas ganaderas que se benefician de estos SE de adaptación (y aquellas personas que se benefician de otros SE que puedan resultar de las prácticas sostenibles) ; y (iii) la estructura de gobernanza, que pueden ser organizaciones multiactor que aseguran la transparencia e imparcialidad. Para la preparación, se deben analizar aspectos diferentes en cada actor: En la estructura de gobernanza es importante asegurar la coherencia política a través de comités directivos multiactor y la identificación de instrumentos con efectos adversos. En cuanto a los proveedores de SE es importante asegurar que los derechos de propiedad estén claramente definidos y

los beneficiarios de SE deben ser identificados para asegurar la sostenibilidad financiera del esquema.

Para que el mecanismo pueda producir incentivos claros y eficaces, se deben eliminar posibles incentivos perversos con resultados no deseados y distorsiones de mercado que podrían entrar en conflicto con el esquema planteado. Para identificar subsidios o contra-incentivos que impidan que los productores ganaderos introduzcan el enfoque AbE a sus fincas o que tengan efectos nocivos sobre los sistemas forestales que se establecen o conservan con un enfoque AbE, se realizó entrevistas a expertos de FAGANIC, CIAT, CATIE y del Centro Humboldt. Los expertos consideran que en el contexto nacional no existen incentivos perversos o subsidios que podrían torpedear los esfuerzos de la presente iniciativa. Sin embargo, algunos expertos en la práctica han observado que existen productores ganaderos que se abstienen de establecer especies forestales nativas en sus pastizales, porque temen que en un futuro podrían perder el derecho al manejo de los árboles y que por la ley forestal no se les permitirá seguir usando sus pastizales para el ganado. Si bien la Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal (Ley 462) del año 2003 no constituye un impedimento legal para los productores interesados en el enfoque AbE, tampoco es lo suficientemente claro sobre este enfoque. Según Larson et al. (2004) un problema central es que ni la ley ni su reglamento consideran a los árboles dispersos en sistemas agroforestales o silvopastoriles explícitamente como un recurso forestal.

Además de analizar si existen incentivos con efectos adversos, se debe procurar que el esquema a crear no se convierta en sí en un incentivo perverso. Según FUNIDES (2016a) una lección aprendida importante es la necesidad de crear planes de fincas para evitar que los ganaderos con bosque intacto e interesados en el esquema AbE, corten su bosque para optar a los pagos por plantación o regeneración natural realizados por el esquema presente.

Por otro lado, las iniciativas AbE no deberían verse como mecanismos aislados, sino como un componente de un marco de acción mayor que incluye diferentes elementos de la política ambiental. En este sentido deberían de enmarcarse en la Estrategia Nacional Ambiental y de Cambio Climático (ENACC), así como en las estrategias a nivel municipal y otros mecanismos existentes. Para aumentar la eficacia de la acción conjunta, debe haber una coordinación entre los diferentes planes y mecanismos; y para asegurar la coherencia política del instrumento, las iniciativas AbE deben crear un comité directivo multiactor.

Los propietarios de pastizales que quieren convertirse en proveedores de SE con un enfoque de AbE, necesitan tener la certeza de que sus inversiones actuales en buenas prácticas, resultarán en una compensación parcial o total en el futuro. Para ello deben existir

derechos de propiedad claramente definidos, porque en ausencia de estos, los propietarios de tierra están más expuestos a diferentes riesgos, como por ejemplo, la tala ilegal o la apropiación de tierras; lo que reduce la capacidad de asegurar la provisión del SE y finalmente hace que el esquema sea ineficaz (OECD 2010).

Según FUNIDES (2016b), el 16 por ciento de la superficie de Nicaragua está afectado por la reforma agraria, lo que conlleva implicaciones como la creación de cuentas registrales paralelas que se abrieron sin vínculo con las anteriores para inscribir títulos de reforma agraria.

De este legado histórico resultan una serie de conflictos en el presente. De la superficie agropecuaria censada, para el año 2011, un 9 por ciento de los dueños no tenían título de propiedad alguno y el Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO, 2011) registró más de un 50 por ciento de parcelas sin escritura en el Norte de Nicaragua. A pesar de los conflictos, se han hecho importantes avances en la titulación: Entre 2007 y 2015 se han emitido 159,981

Recuadro 1: Servicios de aprovisionamiento ante AbE

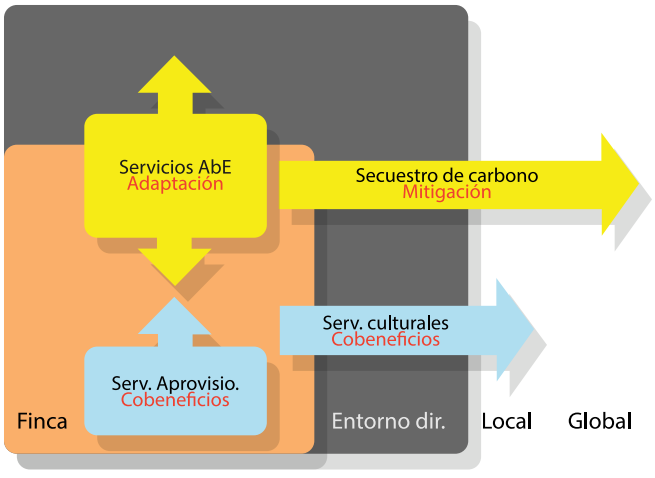
Los servicios ecosistémicos se definen como las "contribuciones directas e indirectas de los ecosistemas al bienestar humano" y según TEEB (2010) se clasifican en cuatro categorías: servicios de aprovisionamiento, servicios regulatorios, servicios de hábitat y servicios culturales. Según Wunder et al. (2011) los servicios de aprovisionamiento como la madera, frutos u otros productos que se encuentran en un ecosistema conservado, no son externalidades, sino más bien recursos in situ cuyo beneficio directo es para el dueño de la propiedad porque este lo puede usar o vender. Wunder expone que el aprovechamiento de estos "bienes ambientales" por un lado puede ayudar a las comunidades para resistir el cambio climático, pero por otro lado limitan los demás servicios ecosistémicos. Para incentivar la adopción del enfoque AbE por parte de los productores ganaderos se deben considerar todas las potenciales fuentes de financiamiento y analizar las ventajas y desventajas de cada una. En el contexto de plantaciones forestales con enfoque AbE, el aprovechamiento parcial de los servicios de aprovisionamiento como la madera y la leña producto del raleo, forman parte del atractivo de la actividad. No obstante, es importante notar que un aprovechamiento de los servicios de aprovisionamiento más allá de lo necesario para el manejo del bosque, puede conllevar la reducción de otros servicios, por ejemplo, de aquellos con enfoque AbE.

títulos y los abogados encuestados por FUNIDES reportan que, en la actualidad, el 62.7 por ciento de los historiales registrales investigados están aptos para servir como colateral para dar seguridad y facilitar el acceso al financiamiento, cuando ese valor en 2013 era del 52.4 por ciento.

Para garantizar el cofinanciamiento, se deben identificar los beneficiarios de los SE que resultan del enfoque AbE. En primer lugar, es importante notar que los productores ganaderos son los principales beneficiarios de estos SE, porque sus fincas se han vuelto más resilientes ante el cambio climático. A nivel de finca también se producen servicios de aprovisionamiento como la madera y la leña, que pueden ser comercializados por los propietarios de las fincas ganaderas (ver recuadro 1).

En la figura 2 se muestra que al implementar medidas AbE en las fincas ganaderas, también se generan externalidades positivas al entorno de las fincas, en forma de SE como la prevención de la erosión, la generación de un microclima y la recarga hídrica. Todos estos contribuyen a la adaptación al cambio climático. Además, se generan SE con beneficios globales como son el secuestro de carbono que contribuye a la reducción del efecto invernadero y de esta manera contribuye a la mitigación del cambio climático (los SE relevantes para el cambio climático están señalizados por flechas celestes y los cobeneficios por flechas grises). Otros SE con beneficios más allá del entorno inmediato de las fincas, son los servicios culturales, como la belleza escénica y el potencial de realizar agroturismo.

Figura 2: Escala geográfica de beneficiarios de servicios ecosistémicos



Fuente: Elaboración propia

La escala geográfica de los beneficios de los SE, ya sean en el entorno directo, locales o globales, define a qué nivel debería de suceder la movilización de fondos. Aunque los servicios AbE tiene beneficios en el entorno directo y en primera instancia se deberá buscar la compensación entre los beneficiarios del entorno directo; en algunos casos esto es menos rentable o impráctico que expandirse a otro nivel con la movilización. Sobre todo, porque en este caso se generan SE- múltiples con diversos beneficiarios a diferentes niveles, podría ser necesario que el esquema tenga una amplia escala geográfica de movilización de fondos. En este caso el financiamiento privado representa un potencial considerable, porque a muchos niveles se trata de compensar beneficios directos (OECD 2010).

2. Definir objetivos y metas de cada iniciativa AbE

Tras la preparación y el abordaje exitoso de los requisitos previos es importante definir los objetivos y las metas del esquema AbE. En el caso de las iniciativas de conservación, como por ejemplo la deforestación evitada, la identificación de metas y objetivos claros requiere una comprensión de la magnitud actual y proyectada de la biodiversidad y del problema ambiental que se está abordando, así como de las causas socioeconómicas de la degradación y pérdida de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos (OECD 2010). Las iniciativas que buscan establecer o reestablecer los ecosistemas, como los proyectos de reforestación, también deben comprender en qué condiciones se encuentran sus áreas de intervención y cuál es el potencial de regeneración natural, además de comprender las dinámicas socioeconómicas que podrían limitar o boicotear las intervenciones positivas.

En Nicaragua, en la segunda mitad del siglo XX se han perdido en promedio anual 70,000 hectáreas de bosque. En relación a la cobertura forestal que Nicaragua tenía en 1948, se ha perdido el 50 por ciento. De las 3.1 millones de hectáreas (25,7 por ciento del territorio nacional) que están actualmente cubiertas de bosque, el 55 por ciento es propiedad privada (ICEFI 2016). Por lo tanto, los propietarios privados juegan un importante rol en la conservación de estos remanentes de bosque. Por otro lado, si se considera que en Nicaragua el 72 porciento del territorio nacional (aprox. 8,637,308 ha) tienen esta vocación forestal o agroforestal (INF 2009); entonces se hace evidente que gran parte de los suelos que actualmente son utilizados para actividades como la ganadería, también tienen esa vocación forestal. Las medidas AbE deberían enfocarse tanto en conservar y fortalecer los remanentes de bosque y arboles dispersos en pastizales, como en la siembra de especies nativas, porque si bien no pueden reemplazar las funciones de un bosque, pueden ayudar a que tanto las fincas ganaderas como su entorno se adapte al cambio climático. También se debe considerar que en las quebradas y pendientes la ganadería es poco rentable por la energía que pierde el ganado en subir y bajar las pendientes. En estos lugares las plantaciones forestales podrían ser una alternativa económicamente atractiva para los dueños de finca.

En el contexto del cambio climático, para la definición de los objetivos y las metas de las iniciativas AbE, se debe considerar la caracterización del clima actual y futuro de Nicaragua, presentada en este estudio. El objetivo principal debe enfocarse en soluciones ante el problema del riesgo y la vulnerabilidad ante el cambio climático. Para los objetivos específicos se deben tomar en cuenta la sensibilidad de los diferentes municipios ganaderos (la disponibilidad de fuentes de agua, la presencia de áreas de bosques

como refugio climático, el acceso al crédito y la presencia de infraestructura clave, etc.); así como la capacidad adaptativa de los productores ganaderos (conocimientos, experiencias y capacidad de fuga).

Las metas se fijan en relación a las medidas de adaptación concretas y sus impactos. En este estudio, para la identificación de las medidas AbE a nivel municipal se basó en experiencias previas a nivel nacional e internacional. Para escoger las medidas específicas se recomienda analizar la realidad del sitio específico y en el caso óptimo demostrar científicamente la causalidad entre el esquema específico propuesto y la solución al problema del riesgo climático y otros cobeneficios esperados. Para reducir los costos de información, se recomienda hacer uso de investigaciones existentes.

3. Mecanismo de Mercado de Servicios Ecosistémicos provenientes de fincas ganaderas

En el mejor de los casos, las iniciativas AbE deberían de conectar la oferta y la demanda de SE, y de esta manera en consecuencia crear un nuevo mercado. Para identificar compradores y garantizar fuentes de financiamiento suficientes y de largo plazo, es recomendable diseñar una estrategia de financiamiento, definir bien el mecanismo de pago, la forma de recaudación, los beneficiarios y su disposición a pagar y la administración de fondos (por ejemplo, mediante la creación de un fondo fiduciario). Los SE pueden ser comercializados de manera individual; mediante agrupación de SE en paquetes para un mismo comprador; organizado en capas, donde cada SE es vendido a otro comprador; o mediante servicios paraguas como por ejemplo la madera certificada (OECD 2010).

Para los desarrolladores de las iniciativas AbE es muy importante considerar que el diseño del programa y creación de capacidades pueden requerir recursos por adelantado. Estos costos pueden incluir el financiamiento a corto plazo para la consulta de los ganaderos interesados, la investigación y la creación de las instituciones sobre todo legales, la recolección de datos, la asignación de contratos y la vigilancia. Una vez que el mecanismo inicia a operar requiere de una fuente de financiamiento sostenible. En el largo plazo existen diferentes costos que deben ser cubiertos; como los costos de aprovisionamiento de SE y de transacción, de oportunidad y de las actividades; así como los costos de mantenimiento del programa, que incluyen los costos del monitoreo, reporte y verificación (MRV) (OECD 2010).

Un criterio importante según OECD 2010, es el de la adicionalidad, que implica que solo se realicen pagos por SE adicionales a la línea base, osea por aquellos, que en ausencia de la iniciativa AbE se hubieran perdido. Según FAO (2006) los pagos por servicios ecosistémicos deberían de incentivar la inversión

inicial en sistemas ganaderos más sostenibles. En este caso el plazo del programa se enfoca en los primeros años después de iniciar con los sistemas silvopastoriles, hasta que la productividad del nuevo sistema ganadero sobrepase la productividad del sistema tradicional; y el mecanismo de pago de esta manera cumpla su meta. Esta lógica es la de un incentivo forestal y se contrapone a otros enfoques como la compensación de huellas ecológicas que persiguen una compensación constante. En este sentido también se debe discutir el diseño de pagos basados en resultados. Si la finalidad de un esquema de compensación es inducir el cambio y los costos de monitoreo demasiados elevados, entonces un pago por actividades en el marco de un programa de certificación puede ser más adecuado.

Un ejemplo interesante es el mecanismo silvopastoril que se desarrolló entre 2003 y 2007 en Matiguás y Rio Blanco y fue analizado por FUNIDES (2016[a]). La iniciativa desarrollo un índice de servicios ecosistémicos (ISE, ver cuadro 4) que establecía 28

Recuadro 2: Servicios ecosistémicos como fuentes de financiamiento

Como se describió en el capítulo de preparación y requisitos previos al diseño, para incentivar la adopción del enfoque AbE por parte de los productores ganaderos se deben considerar todas las potenciales fuentes de financiamiento. Debido a la baja disponibilidad a pagar por servicios AbE, en el caso de las plantaciones forestales con enfoque AbE, el aprovechamiento parcial de los servicios de aprovisionamiento como la madera y la leña producto del raleo, forman parte del atractivo de la actividad. Se debe considerar que un aprovechamiento de los servicios de aprovisionamiento más allá de lo necesario para el manejo del bosque, puede conllevar la reducción de otros servicios, por ejemplo, de aquellos con enfoque AbE. Por otro lado, la recuperación de la cobertura forestal aún con fines comerciales, puede contribuir sustancialmente a la adaptación al cambio climático.

Es importante considerar que además se generan SE con beneficios globales como son el secuestro de carbono que contribuye a la reducción del efecto invernadero y otros SE con beneficios más allá del entorno inmediato de las fincas, como la belleza escénica y el potencial de realizar agroturismo. Existen diferentes opciones de combinar la comercialización de estos SE con la explotación forestal: Una alternativa es que los ingresos provenientes de la comercialización (individual, agrupada o en capas) de estos SE amortigüen la fase inicial e intermedia hasta alcanzar la madurez de la madera. La otra alternativa es crear un servicio paraguas, que incluye aparte de los servicios AbE, a estos SE, como madera certificada, que incluye el secuestro de carbono, la biodiversidad y la belleza escénica.

categorías de uso de suelo con relación a la fijación de carbono y conservación de la biodiversidad (contribución estimada por hectárea). Mediante la creación de este ISE, la iniciativa pudo reducir sus costos de transacción porque el uso de proxies les ahorró los costos de medición y verificación de la provisión de SE.

Cuadro 5: Índice de servicios ecosistémicos (ISE) para diferentes usos de tierra.

Tipos de uso de la tierra	Índice carbono	Índice biodiversidad	Índice Total
Cultivos de ciclo corto	0	0	0
Pastizales degradados	0	0	0
Praderas naturales sin árboles	0.1	0.1	0.2
Pastizales mejorados sin árboles	0.1	0.4	0.5
Cultivos semiperennes sin sombra	0.3	0.2	0.5
Praderas naturales con escasa densidad arbórea	0.3	0.3	0.6
Praderas naturales con árboles recientemente plantados	0.3	0.3	0.6
Cerca viva recientemente plantada	0.3	0.3	0.6
Pastizales mejorados con árboles recientemente plantados	0.3	0.4	0.7
Plantaciones de monocultivos de frutales	0.3	0.4	0.7
Banco de forrajes de gramíneas	0.3	0.5	0.8
Pastizales mejorados con baja densidad arbórea	0.3	0.6	0.9
Banco de forrajes con especies leñosas	0.4	0.5	0.9
Pastura natural con alta densidad de árboles	0.5	0.5	1.0
Plantación de frutales diversificados	0.6	0.5	1.1
Cerca viva o rompevientos de varios estratos	0.6	0.5	1.1
Banco forrajero diversificado	0.6	0.6	1.2
Plantación de maderables en monocultivo	0.4	0.8	1.2
Cultivo de café con sombrío de árboles	0.6	0.7	1.3
Pastura mejorada con alta densidad de árboles	0.6	0.7	1.3
Bosque o plantación de guadua o bambú	0.5	0.8	1.3
Plantación de maderables diversificada	0.7	0.7	1.4
Sucesión vegetal o tacotal	0.6	0.8	1.4
Bosque ripario o ribereño	0.8	0.7	1.5
Sistemas silvopastoriles intensivos	0.6	1.0	1.6
Bosque secundario alterado	0.8	0.9	1.7
Bosque secundario	0.9	1.0	1.9
Bosque primario	1.0	1.0	2.0

Fuente: FAO 2006

Los pagos de los productores agropecuarios se calcularon sobre la base del aumento neto del ISE en comparación con la línea de base. El aumento podía estar entre los valores de 0, para el uso del suelo menos efectivo en cuanto a la fijación de carbono y conservación de biodiversidad; y 2, para el uso más efectivo. Los pagos se establecieron a un valor anual de US$ 75 por cada punto incremental del ISE. Los pagos no cubrían todo el costo de oportunidad, pero podían aumentar la rentabilidad de prácticas silvopastoriles costosas (Van Hecken et al. 2010). En el caso de las iniciativas AbE estos SE son considerados cobeneficios que son sumamente importante para el financiamiento de las iniciativas y se debería de incluir también SE enfocados en la adaptación en el índice, como la recarga hídrica y la retención del suelo, así como aspectos económicos como el aumento de la productividad del suelo (FAO 2006).

4. Elementos de soporte del mecanismo

La decisión sobre el tipo de pago; ya sea basado en resultados, en actividades o en proxies como el índice ISE; también va determinar los elementos de soporte como es el marco de monitoreo, reporte y verificación (MRV). En general los costos de monitoreo no deberían de ahogar el mecanismo propuesto, por lo que se debe alcanzar un balance entre la necesidad de mediciones precisas y el funcionamiento práctico del esquema. Si, por ejemplo, una iniciativa AbE enfocada en deforestación evitada y bosques degradados, se desarrolla a nivel nacional o regional en el marco de REDD+; entonces puede ser indispensable el establecimiento de un marco de MRV a gran escala, incluyendo líneas de base y proyecciones.

En este caso por efectos de escala, se reducen los costos de monitoreo por hectárea; mientras que en iniciativas AbE locales la evaluación del desempeño de SE específicos puede estar asociado a altos costos. También se debe considerar que cada SE tiene un grado de dificultad diferente en cuanto a su monitoreo. Esto también aplica para el uso de proxies, que pueden funcionar muy bien para el caso

de carbono, pero son más difíciles de establecer en el caso de la recarga hídrica.

Otro aspecto importante a considerar es el abordaje del riesgo de fugas, que se refiere a casos donde la protección y prestación de SE en un lugar, aumenta la presión en otro lugar (OECD 2010). Si, por ejemplo, una iniciativa AbE mediante un pago detiene el avance de la frontera agrícola en un lugar determinado, pero no logra aumentar la productividad del suelo, existe el riesgo que los ganaderos desvíen el cambio de uso de suelo a otra área. Las fugas se deben considerar tanto en el diseño del esquema de compensación como en el marco de MRV.

En el diseño de las iniciativas AbE también se deben considerar los riesgos que pueden afectar la permanencia; o, dicho de otra manera, la capacidad de garantizar la provisión de los servicios ecosistémicos en el largo plazo (OECD 2010). Siguiendo la argumentación de FAO (2006), donde el pago está limitado al periodo de transición hasta que el sistema de ganadería sostenible se vuelve más rentable que la actividad tradicional; la permanencia se asegura por la alta productividad, aun cuando el pago termina. Contra algunos riesgos como los incendios forestales o la tala ilegal, solo ayuda el establecimiento de un fondo de emergencia o el pago de un seguro (OECD 2010). El llamado "Tapón de riesgos" de la iniciativa de Carbono comunitario que existe en Somoto y San Juan de Limay desde el 2010, es un buen ejemplo de un mecanismo contra catástrofes. Este funciona mediante la retención de una parte del potencial de secuestro de carbono de cada productor, para garantizar la cantidad comprometida de carbono secuestrado, aun cuando se pierde parte de la cobertura forestal FUNIDES (2016ª).

5. Priorización de áreas de intervención considerando la rentabilidad económica

En el presente estudio se agregan las amenazas climáticas con las variables sociales la exposición y vulnerabilidad para producir una herramienta muy útil para la priorización de los municipios donde la intervención del enfoque AbE es más necesaria. Ante la realidad del financiamiento limitado, dentro de los municipios será necesario realizar una priorización de áreas de intervención específicas.

En primer lugar, se deberían de priorizar las áreas con los beneficios potenciales de SE más altos. Si por ejemplo, la iniciativas AbE está enfocada principalmente en la recarga hídrica, se deberían de priorizar aquellos potreros en las zonas de infiltración y las áreas riberinas para evitar que se den las escorrentías superficiales e inundaciones asociadas. Cuando las áreas de mayores beneficios son menos evidentes; las herramientas de mapeo, la valoración económica y el scoring de beneficios pueden ser muy útiles para la priorización (OECD 2010).

Después de haber seleccionado a un grupo de parcelas con beneficios potenciales altos, es necesario

analizar, cuáles de estas parcelas tienen los SE que están en mayor riesgo de pérdida o que necesitan incrementar su oferta. En el análisis de FUNIDES (2016[a]) se determinó que los planes de finca pueden ser una herramienta muy útil para identificar las áreas con mayor riesgo de degradación. En aquellas áreas con beneficios de SE idénticos y el mismo riesgo de degradación o pérdida, se puede priorizar según el costo de oportunidad. Si existen pagos diferenciados en función de los costos de oportunidad o el monto del pago no puede ser elevado por el financiamiento limitado, se pueden priorizar las áreas con los costos de oportunidad más bajos para aumentar el área total de la iniciativa. Para identificar los costos de oportunidad se puede realizar una subasta inversa, como alternativa menos costosa que un estudio sobre atributos que tienen correlación con los costos de oportunidad (OECD 2010).

VI. ESTUDIO DE CASO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO ESTELÍ

En el presente capítulo se presenta la aplicación práctica del enfoque AbE propuesto sobre un estudio de caso con enfoque de cuenca. El río Estelí tiene una subcuenca cuyos ecosistemas están altamente degradados y cuyo caudal ha bajado considerablemente en los últimos años. El mecanismo AbE aquí descrito es un aporte de FUNIDES a los esfuerzos por recuperar los SE de la subcuenca, al mismo tiempo de adaptar el sector ganadero de la zona. En un caso ideal el esquema piloto propuesto, será puesto en práctica en el marco del Fideicomiso para el Ordenamiento y la Recuperación del Río Estelí (FORREST), una iniciativa del banco BANPRO en cooperación con la Cámara Nicaragüense de Tabacaleros (CNT) y el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA). El mecanismo es diseñado de una manera flexible, para que pueda ser fácilmente adaptado y replicado por FAGANIC u otros grupos en el resto del territorio nacional. El diseño del mecanismo sigue los mismos pasos presentados en el capítulo anterior, para demostrar cómo estas indicaciones pueden aplicarse en la práctica.



A. Preparación y requisitos previos al diseño del mecanismo

Para asegurar la coherencia política del instrumento en la subcuenca del río Estelí, se podría crear un comité directivo multiactor constituido por los fideicomitentes del fideicomiso FORREST y otras instituciones relevantes como el Instituto Nacional Forestal (INAFOR). Para asegurar que los derechos de propiedad estén claramente definidos y se asegure que las inversiones actuales en buenas prácticas resulten en una compensación en el futuro; se realizó un análisis basado en los datos del Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO 2011). En este caso, el análisis sobre tenencia de la tierra considera los municipios que se traslapan con la subcuenca del río Estelí en su totalidad, sin incluir los municipios que están completamente fuera de la subcuenca, que son La Trinidad y San Juan de Río Coco.

Hay que tomar en cuenta que una explotación agropecuaria puede tener más de una parcela de tierra,

y que cada parcela puede tener datos diferentes sobre la tenencia de la tierra. Por lo tanto, el primer paso fue la identificación de las dos principales parcelas de cada explotación agropecuaria. Para definir la importancia de la parcela, se utilizó la extensión de la superficie de cada una. Se identificaron solamente las dos más importantes ya que, de acuerdo a los datos del CENAGRO, alrededor del 90 por ciento de las explotaciones agropecuarias poseen como máximo solamente dos parcelas.

Una vez que se obtuvieron los datos de tenencia de la tierra, se delimitó el universo de datos a solamente las explotaciones agropecuarias cuya principal actividad declarada en el cuestionario fuera la ganadería de leche, carne, doble propósito o de crianza (ésta última con al menos una vaca). Una vez delimitada, se obtuvo un universo de 1,389 explotaciones ganaderas.

Es importante aclarar, que para ser tomada en cuenta, la explotación ganadera debía declarar tener pastos cultivados o naturales en cualquiera

Cuadro 1: Tenencia de la tierra en los municipios que traslapan la subcuenca río Estelí

Municipio	Propia	Alquilada	Cedida	Otra	Total
Somoto	124	1	8	2	135
Totogalpa	29	0	2	0	31
Telpaneca	24	0	0	0	24
Palacagüina	99	1	7	0	107
San Lucas	18	0	2	0	20
Las Sabanas	11	0	0	0	11
San José de Cusmapa	2	0	0	0	2
Pueblo Nuevo	46	0	0	0	46
Condega	131	1	3	0	135
Estelí	461	4	4	3	472
San Juan de Limay	208	1	1	1	211
San Nicolás	33	0	0	0	33
Total	1,186	8	27	6	1,227

Fuente: Elaboración propia basada en datos del CENAGRO 2011

de sus dos principales parcelas. En este sentido, 162 explotaciones ganaderas, que representan alrededor del 11.7 por ciento del universo delimitado, no fueron tomadas en cuenta en el cálculo por no poseer pasto en ninguna de sus dos principales parcelas. Los datos reflejan que 1,195 explotaciones ganaderas poseían pastos para ganado en su parcela principal, para lo cual se utilizaron los datos de tenencia de la parcela principal. Del mismo modo, 32 explotaciones ganaderas no poseían pastos en su parcela principal pero sí en su parcela secundaria, para lo cual se utilizaron los datos de tenencia de la parcela secundaria. En total se obtuvo un universo de 1,227 explotaciones ganaderas.

De las 1,186 explotaciones ganaderas con tenencia propia, se procedió a calcular la proporción de explotaciones ganaderas que tuvieran cada una de los tipos de documentos de tenencia de tierra.

Se recomienda incluir únicamente aquellos productores cuyos derechos de propiedad estén claramente definidos, en otras palabras, las 840 explotaciones ganaderas con escritura pública. En el

Cuadro 2: Tipos de documentos de tenencia de tierra en los municipios seleccionados

Municipio	Escritura Pública	Título de Reforma Agraria	Documento de la Alcaldía	Otro	Total
Somoto	108	2	0	14	124
Totogalpa	23	1	1	4	29
Telpaneca	16	1	0	7	24
Palacagüina	75	1	0	23	99
San Lucas	17	0	0	1	18
Las Sabanas	10	0	0	1	11
San José de Cusmapa	0	0	0	2	2
Pueblo Nuevo	18	1	0	27	46
Condega	77	6	1	47	131
Estelí	383	11	0	67	461
San Juan de Limay	92	15	2	99	208
San Nicolás	21	0	0	12	33
Total	840	38	4	304	1186

Fuente: Elaboración propia basada en datos del CENAGRO 2011

caso de las explotaciones ganaderas con documento de la alcaldía debe revisarse que no tengan candado para no tener problema para su uso como colateral y en el caso de las explotaciones con título de reforma agraria solo deberían de ser consideradas si la procuraduría da una certificación de no objeción. Las 304 parcelas en la categoría "otro" no deberían de ser incluidas en el esquema porque tienen un documento diferente de los mencionados, el propietario desconoce sobre la tenencia o no tiene ningún tipo de documento. Lo importante es que este criterio este establecido en los requisitos generales de acceso al esquema y estos deberían de ser incorporados en la estrategia de comunicación con las comunidades.

La iniciativa debería de promover la asistencia a los productores para que estos realicen los trámites pertinentes para obtener sus títulos de propiedad y poder tener luego acceso a estos mecanismos. En línea con OECD 2010, para darle mayor seguridad a la iniciativa AbE, adicionalmente se deberían establecer convenios adjuntos a los títulos de propiedad de tierra que comprometen a los propietarios actuales y futuros.

B. Definir objetivos y metas de cada iniciativa

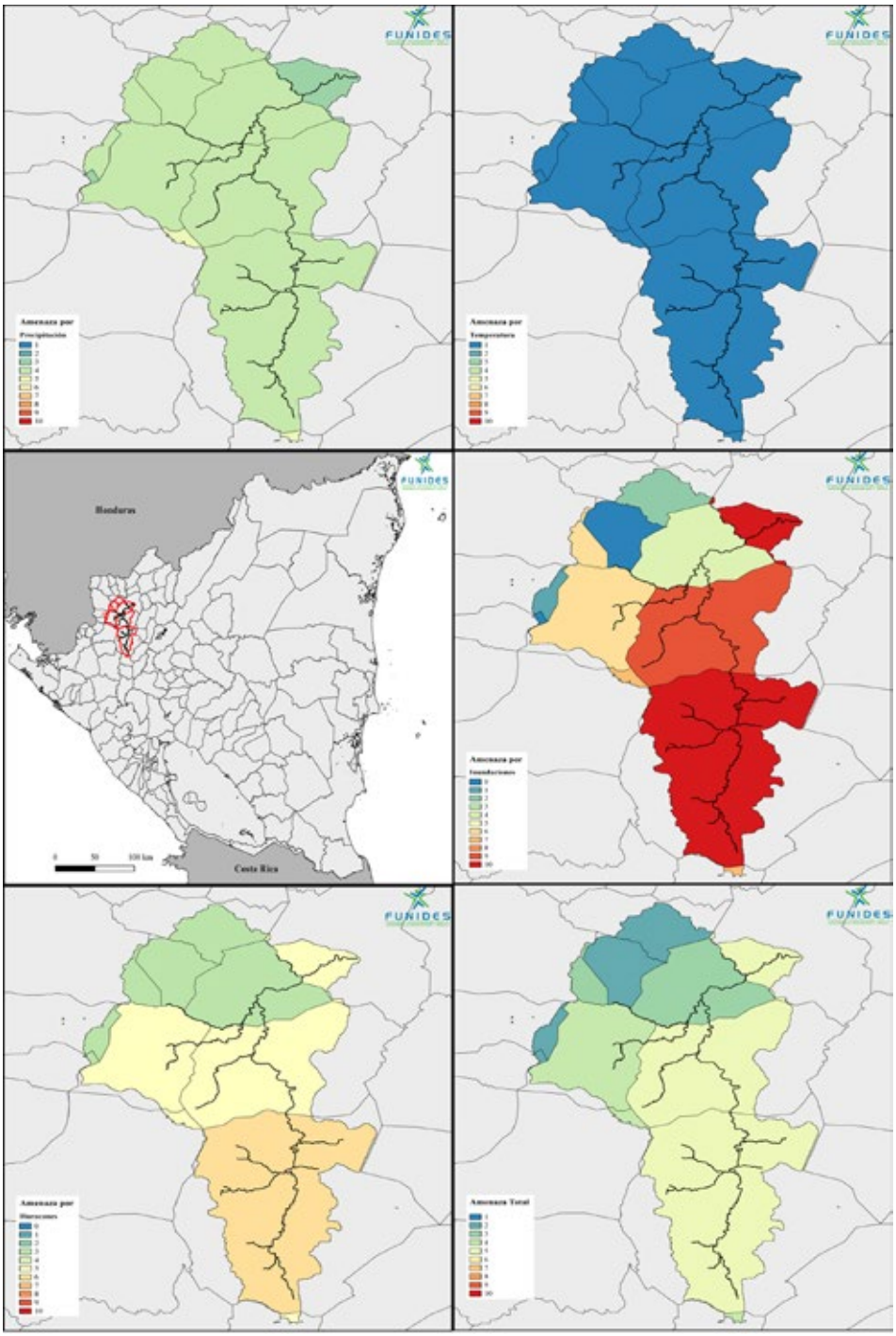
Tras la preparación y el abordaje exitoso de los requisitos previos es importante definir los objetivos y las metas del esquema a crearse. En el caso del esquema piloto en la subcuenca del río Estelí, si se busca comprender en qué condiciones se encuentra la subcuenca y las dinámicas socioeconómicas que podrían limitar las intervenciones de las iniciativas AbE, entonces se puede consultar el Plan de Manejo de la Subcuenca del Rio Estelí (2010), generada por el Proyecto Integral de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Agua y Saneamiento (MARENA-PIMCHAS)[18].

En el contexto del cambio climático, para la definición de los objetivos y las metas de las iniciativas AbE, se debe considerar sobre todo la caracterización del clima actual y futuro; el análisis de vulnerabilidad y del riesgo ante los efectos del cambio climático del sector ganadero; y las medidas de adaptación al cambio climático basadas en ecosistemas propuestas para el sector ganadero.

Las amenazas actuales de los municipios asociados con la subcuenca del río Estelí están resumidos en el Mapa 1, y se puede ver, que en términos de la amenaza por temperatura, los municipios en esta

18 Un proyecto del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) con la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional y ejecutado por un consorcio conformado por la Cooperativa de Asistencia y Auxilio en todas partes (CARE), empresa consultora TECSULT y la Universidad de British Columbia (UBC).

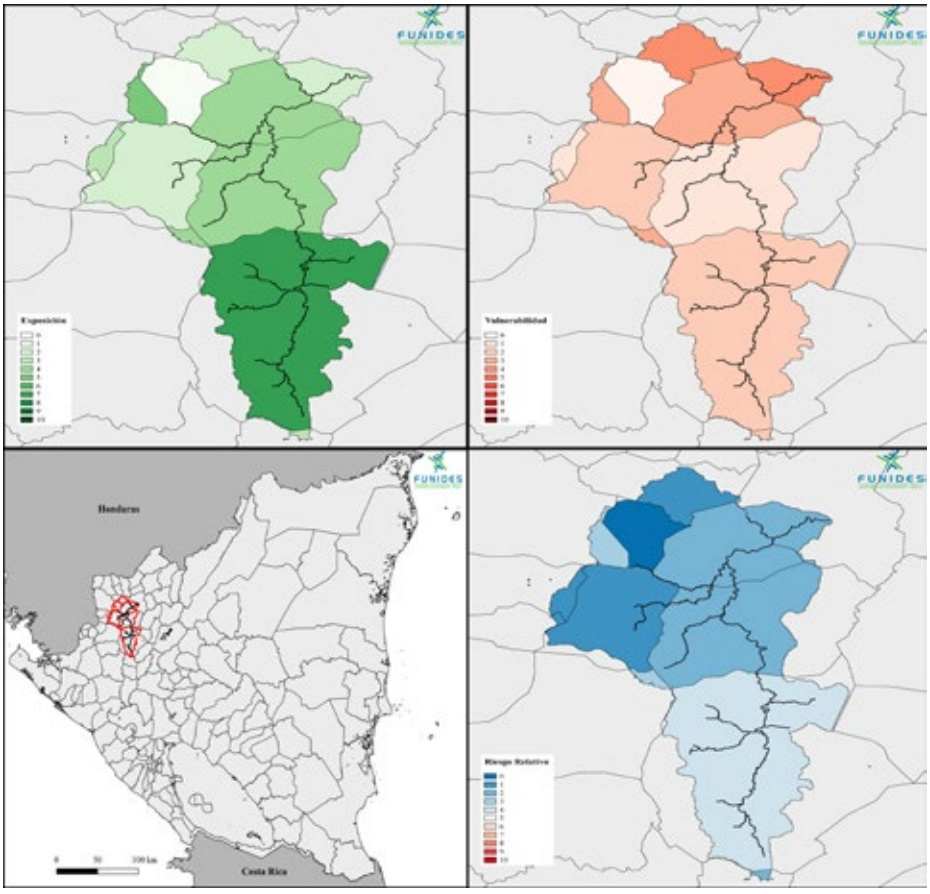
Mapa 1: Las amenazas individuales y la amenaza total (actual) en los municipios pertinentes de la subcuenca del río Estelí.



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010), WorldClim (Hijmans et al., 2005), INETER, 2001.

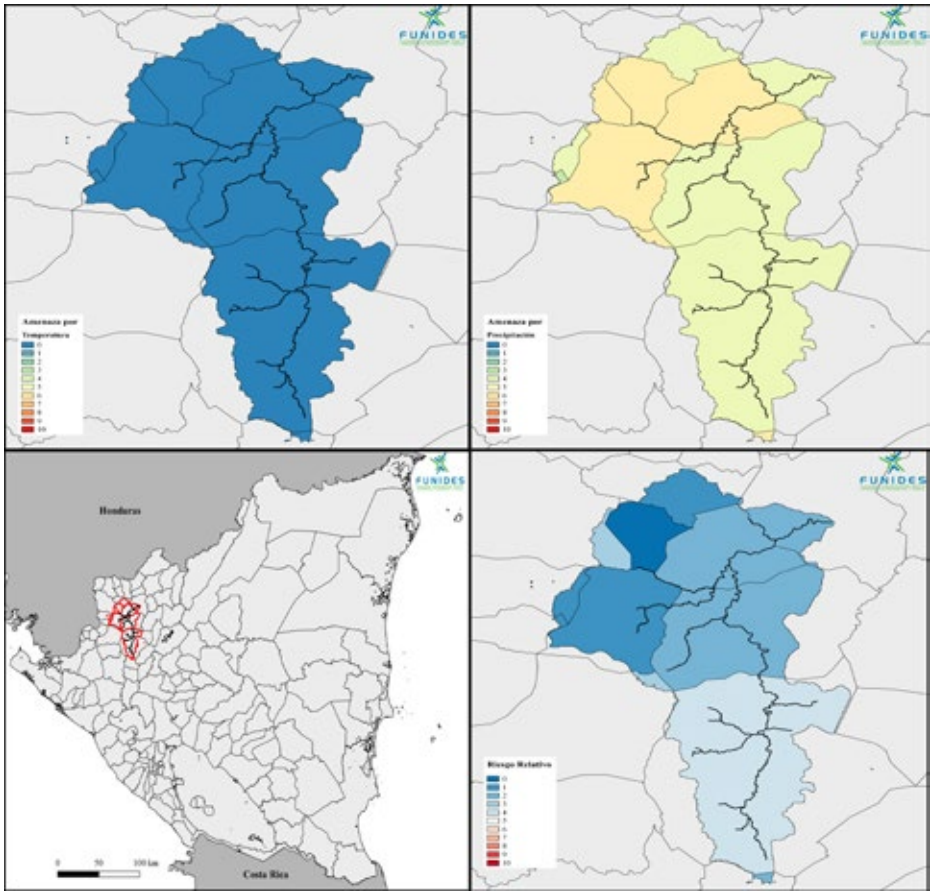
región están ubicados en el clima más fresco de las montañas. Sin embargo, las amenazas por huracanes, y especialmente por inundaciones son muy altos, lo que significa una tendencia por eventos extremos en esta región. La amenaza por precipitación, relativa al sistema climático actual, también está bastante alta en esta región por la ocurrencia de la canícula y por ser ubicado en el Corredor Seco. Estos factores se combinan para crear una amenaza total en estos municipios alrededor del promedio del país (4.27). En el caso de los factores sociales los municipios en esta región están alrededor del promedio, con la

Mapa 2: La exposición, vulnerabilidad, y el riesgo relativo (actual) en los municipios pertinentes de la subcuenca del río Estelí.



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010), WorldClim (Hijmans et al., 2005), INETER, 2001, CENAGRO 2011

Mapa 3: Las amenazas por temperatura y precipitación, y el riesgo relativo (proyectados, escenario pesimista RCP 8.5, 2030s), en los municipios pertinentes de la subcuenca del río Estelí.



Fuente: Elaboración propia basada en CCAFS (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010), WorldClim (Hijmans et al., 2005), INETER, 2001, CENAGRO 2011

excepción de una alta exposición en el municipio de Estelí (Mapa 2). El mismo municipio tiene un riesgo relativo significativamente más alto que el promedio (3.27).

Las proyecciones de las amenazas (bajo el escenario pesimista RCP 8.5 en las 2030s; Mapa 3) indican que la temperatura no será el mayor problema, sino que la disminución en precipitación, y la alta estacionalidad, lo que aumenta la amenaza por precipitación que está por encima del promedio (4.68). Sin embargo, este aumento solamente conlleva un aumento muy ligero en el riesgo relativo.

El análisis de vulnerabilidad y riesgo desarrollado para los municipios del departamento de Estelí, constituye el punto de partida para definir los objetivos y metas. En el caso de este esquema piloto el objetivo es crear un mecanismo AbE que apoye a los productores independientes y los miembros locales de la Federación de Asociaciones Ganaderas de Nicaragua (FAGANIC) en la subcuenca del río Estelí en sus esfuerzos por adaptarse a sí mismos y a su entorno ante el cambio climático. Derivado de este objetivo

principal, se pueden formular objetivos específicos entorno a la creación de un fondo revolvente en el marco del Fideicomiso FORREST como mecanismo financiero. De la misma manera se pueden formular metas a nivel de toda la iniciativa, como por ejemplo que los productores de la subcuenca implementen medidas AbE en un 70 porciento de las explotaciones ganaderas de la zona. La definición final de objetivos y metas estarán determinados por el alcance de la iniciativa.

C. Mecanismo de Mercado de Servicios Ecosistémicos

En el mejor de los casos, las iniciativas AbE deberían de conectar la oferta y la demanda de SE, y de esta manera en consecuencia crear un nuevo mercado. En el caso del esquema piloto en la subcuenca del río Estelí, los beneficiarios en el entorno directo de las fincas ganaderas son otros productores y la población en general que se benefician de un entorno con mayor resiliencia ante el cambio climático. Al implementar medidas AbE en las fincas ganaderas, se generan SE como la prevención de la erosión, la generación de un microclima y la recarga hídrica. Todos estos contribuyen a la adaptación al cambio climático. Para que los beneficiarios en el entorno de las fincas se establezcan como la demanda de SE de un nuevo mercado, deben tener suficiente disponibilidad a pagar por los SE enfocados en la adaptación al cambio climático.

Recuadro 1: Experiencias previas con la disponibilidad a pagar en la zona

Una de las iniciativas analizadas por FUNIDES (2016a), se enfocó en el aprovisionamiento de agua en el marco del "Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central (PASOLAC) de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Se desarrolló en El Regadío, Estelí, posteriormente se amplió a Miraflores con el apoyo del Instituto de Desarrollo Rural (IDR) y el Mecanismo para los Programas Forestales Nacionales (Facility) de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), entre otros. El plan era financiar la iniciativa mediante pagos de los beneficiarios de los SE, por lo que se propuso un canon de agua a los usuarios de Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios (ENACAL) y macromedidores en los pozos de los tabacaleros. El esquema de recaudación propuesto no funcionó, porque ambos grupos de beneficiarios no estaban dispuestos a pagar por los SE y argumentaban que no había base legal para que les obliguen a aportar para el fondo. En consecuencia, el consejo municipal no aprobó el reglamento del fondo.

Otra iniciativa que ENEL está preparando en el marco del proyecto "Gestión integrada de la cuenca hidrográfica de los lagos Apanás y Asturias", financiado por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF) a través del BID; tiene el objetivo de reducir la deforestación y conservar la cobertura forestal para reducir la erosión y la sedimentación en el lago de Apanás, Jinotega para mantener la vida útil del lago en relación a la operación hidroeléctrica. En el marco de la iniciativa se realizó un estudio de la disponibilidad a pagar por SE derivados de la conservación y el aumento de la cobertura forestal, usando una muestra de 300 productores. El resultado indicó que únicamente el 40 por ciento de los productores entrevistados tiene disponibilidad a pagar, resultando en un potencial volumen de recaudación anual de US$ 3 mil en total. Debido a que la disponibilidad a pagar de los productores de la zona es relativamente baja y el volumen potencial a recaudar de estos es insignificante ante los US$ 200 mil necesarios anualmente; en los primeros 5 años de funcionamiento de la iniciativa los responsables decidieron no considerar fuentes de financiamiento adicionales a ENEL.

FUNIDES (2016a) analizó dos iniciativas de pagos por servicios ecosistémicos en los alrededores de la subcuenca del río Estelí, en las que existía una disponibilidad a pagar baja por SE como la recarga hídrica y la prevención de la erosión y reducción de sedimentación (ver recuadro 1).

Por las entrevistas realizadas por FUNIDES en el marco del presente estudio, se llegó a la conclusión, que, debido a un cambio de paradigma en la lógica productiva de los actores principales de la zona, la disponibilidad de participar en un esquema AbE ha aumentado en relación a las experiencias previas, pero la disposición a efectuar un pago directo por

SE que contribuyen a la adaptación ante el cambio climático aún se debe incrementar para montar un sólido mecanismo de financiamiento. Como se describió en el capítulo de preparación y requisitos previos al diseño, para incentivar la adopción del enfoque AbE por parte de los productores ganaderos se deben considerar todas las potenciales fuentes de financiamiento. En este caso particular, la ganadería con enfoque AbE debería de montarse sobre la figura legal de las plantaciones forestales, donde el aprovechamiento parcial de los servicios de aprovisionamiento como la madera y la leña producto del raleo, forman parte del atractivo de la actividad. Se debe considerar que un aprovechamiento de los servicios de aprovisionamiento más allá de lo necesario para el manejo del bosque, puede conllevar la reducción de otros servicios, por ejemplo, de aquellos con enfoque AbE. Por otro lado, la recuperación de la cobertura forestal aún con fines comerciales, puede contribuir sustancialmente a la adaptación al cambio climático.

Según FAGANIC, la mayoría de los ganaderos está dispuesto a destinar parte de su propiedad al establecimiento de una cobertura forestal con un enfoque AbE, si es que esa actividad promete un ingreso anual asegurado. Por otro lado, existe una demanda por los productos forestales, como por ejemplo por la madera de cedro para producir cajas para puros. El problema radica en que los retornos de una inversión en una plantación forestal, aparte de los productos de poda y raleo, son de mediano plazo. Según las entrevistas realizadas con los actores relevantes las fábricas de cajas de puro están dispuestas a pagar en promedio US$ 1,200 por árbol, una vez, alcanzada su madurez tras 20 años. Según CATIE (2012) el cedro real (Cedrela ododrata) es de rápido crecimiento y puede aportar un volumen de madera de 5.3 m3, el cual se comercializa a US$ 238.1 el metro cubico, resultando en US$ 1262 por árbol. El mecanismo AbE debe lograr conectar una oferta que busca retornos anuales (ganaderos) con una demanda que acostumbra pagar contra entrega (productores de cajas de puro e industria tabacalera). Si bien la disposición a pagar por los SE enfocados en la adaptación al cambio climático aún debe aumentar, la comercialización de madera certificada, como servicio paraguas que incluye el aprovisionamiento de los servicios AbE, puede ser una alternativa viable.

En las plantaciones forestales con enfoque AbE además se generan SE con beneficios globales como son el secuestro de carbono que contribuye a la reducción del efecto invernadero y otros SE con beneficios más allá del entorno inmediato de las fincas, como la belleza escénica y el potencial de realizar agroturismo. Los ingresos provenientes de la comercialización de estos SE pueden cofinanciar la iniciativa, porque las plantaciones con enfoque AbE se hacen más atractivas con la movilización de recursos externos en la fase inicial e intermedia hasta alcanzar la madurez de la madera.

Para comprender mejor lo que implica el establecimiento de plantaciones con la especie arbórea cedro real de 100 árboles por hectárea, se deben considerar las actividades que implica y el rendimiento de la madera. Para tal efecto se define una temporalidad permanente por 20 años, un estrato horizontal 10 m x 10 m y estrato vertical de 10 m (López-Sánchez et al. 2007). Es importante considerar los costos asociados a las actividades de la plantación de Cedro Real (ver cuadro 3), que comprenden el establecimiento de la plantación y el manejo. Los costos reales dependerán de efectos de escala y del acceso a la tecnología de los diferentes productores, entre otros factores.

Cuadro 3: Calendario de las actividades de la plantación de cedro real

Cultivo/actividad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año Nr.
Establecimiento de la plantación													
Preparación del terreno				X	X								1
Trazo					X								1
Apertura de cepas						X							1
Plantación						X							1
Replante							X						1
Manejo													
Fertilización (Triple 17)						X							1-4
Control de maleza o limpias		X		X		X		X		X		X	1-5
Control de plagas y enfermedades				X	X	X							1-4
Podas				X	X								1-5
Aclareos					X								5,10,15
Brecha corta fuego				X	X								1-17
Cercado				X									1
Cosecha				X									18

Fuente: López-Sánchez et al. (2007)

Otro aspecto a tener en cuenta, es el rendimiento de los árboles de cedro real en cuanto a la producción de madera para la venta y su uso en la producción de cajas para puros de tabaco. Según como muestra el cuadro 4, después de todo el proceso de tratamiento de la madera, incluyendo el canteado y el cepillado, únicamente se cuenta con el 30 porciento en relación al volumen inicial de madera.

Cuadro 4: Cálculo del rendimiento de un árbol para estimar la producción para la venta

Variables	Árbol en pie (total)	Árbol en pie (comercial)	Troza	Después del aserrado con motosierra	Después del canteado y cepillado
Porcentaje en relación al volumen inicial	100%	60%	55.7%	40%	30%
Volumen (m^3)	12.88	7.73	7.17	5.15	3.86
Fórmula usada	Tradicional/básica V= π/4 x dap ^2 x Ht V = volumen, Dap = diámetro a 1.3 metros Ht = altura	V = π/4 x dap ^2 x Hc V = volumen, Dap = diámetro a 1.3 metros Hc = altura fuste comercial	V = π/8 x (D^2+ d^2)x L V = volumen, Dap = diámetro a 1.3 metros D^2 = Diámetro mayor d^2 = Diámetro menor L = largo	FRM	FRM
Producto	Árbol total	Fuste comercial	Troza	Tablón o bloque	Tablones cepillados

FRM (factor de recuperación de la madera) para determinar el rendimiento de los árboles tumbados: FRM = (Vol de madera aserrada en m^3) / (Vol en troza en m^3) x 100

Fuente: CATIE (2012)

A continuación, se presenta el esquema propuesto para la iniciativa piloto en la subcuenca del río Estelí.

1. Actores relevantes

La oferta está compuesta por los productores ganaderos que se convierten en proveedores del SE paraguas, madera certificada de cedro real con servicios ecosistémicos enfocados en la adaptación al cambio climático. Estos ganaderos pueden ser independientes o pertenecer a las asociaciones miembros de FAGANIC en la subcuenca del río Estelí. La demanda son las empresas productoras de cajas de puros que prefieren los productos certificados por servicios ecosistémicos enfocados en la adaptación al cambio climático. Algunas empresas están dentro de las tabacaleras, otras trabajan de forma independiente.

.

El intermediario del esquema es el Fideicomiso FORREST que administra el fondo y ayuda a cerrar la brecha entre los ganaderos que necesitan percibir retornos anuales y la demanda que paga contra entrega de productos; a través del establecimiento de un esquema de venta futuro y prenda forestal. Los facilitadores en este esquema deben ser FAGANIC y la Cámara de Tabacaleros como representantes de la oferta y de la demanda respectivamente.

2. Diseño de mercado

El servicio ecosistémico es el aprovisionamiento de fibras, concretamente el aprovisionamiento de madera de cedro para la producción de cajas de



Fuente: Imagen izquierda propia e imagen derecha de O. Navarrete, La Prensa

puros. La madera servirá como un SE paragua para los cobeneficios enfocados en la adaptación al cambio climático como son: la prevención de la erosión, la infiltración y regulación hídrica y el aumento de productividad en el suelo. En el diseño de la iniciativa se debe considerar el potencial de vender otros servicios por aparte, como son el carbono, mediante acercamiento a iniciativas existentes como Asociación de Profesionales para el Desarrollo Integral de Nicaragua (APRODEIN), TAKING ROOTS[19] ; el aprovechamiento de la belleza escénica a través de iniciativas de agroturismo y como atractivo adicional la biodiversidad, porque la iniciativa aumentara la conectividad de corredores bilógicos, lo que podría financiarse a través del sector privado, la cooperación u ONGs internacionales.

El mecanismo de pago es la venta a futuro, donde se establece un contrato de compra-venta de bien futuro. Es importante que el mecanismo realice pagos basados en resultados en relación a la cantidad exacta de individuos de cedro real. Se debe establecer un reglamento con las condiciones de pago que define el volumen de madera mínimo que debe tener cada individuo. En el reglamento también se deben definir las demás especies nativas y su función para la adaptación al cambio climático.

Un tema que se debe considerar es el de la certificación forestal, sobre todo el Consejo de Administración Forestal (FSC) que a futuro contará con un componente de certificación de servicios ecosistémicos. De 2011 a 2017 el proyecto "ForCES - Certificación Forestal para Servicios de Ecosistemas" está examinando qué cambios en el sistema FSC son necesarios para expandir la certificación a este nuevo enfoque. La finalidad es poder evaluar y recompensar la prestación de servicios críticos de los ecosistemas, como la conservación de la biodiversidad, la protección de cuencas y el almacenamiento y secuestro de carbono; para desarrollar indicadores de cumplimiento adecuados (FSC 2016). Se recomienda

Figura 1: Comercialización de SE bajo el paraguas del Aprovisionamiento de Madera



Fuente: Elaboración propia

19 ONG Canadiense que en Nicaragua opera a través en la Asociación de Profesionales para el Desarrollo de Nicaragua (APRODEIN).

seguir avanzando en el diseño de la iniciativa, pero actualizar el reglamento a finales de 2017, para incluir en él los nuevos estándares FSC para los administradores forestales que apunta a los servicios ecosistémicos clave.

Para asegurar que se obtendrán al menos 50 árboles por hectárea con las condiciones deseadas, se deben sembrar 100 árboles por hectárea donde el 50 porciento se desactiva en la contabilidad en el marco de un mecanismo de riesgo. Los árboles incluidos en el mecanismo de riesgo que no fueron utilizados para completar los 50 árboles del contrato de compra-venta de bien futuro; pueden ser comercializados por los ganaderos[20].

A cambio de los desembolsos anuales, al final de los 20 años el fondo obtendrá el derecho de uso de 50 árboles de cedro y su venta a las fábricas de cajas de puro para recapitalizar el fondo revolvente. Es necesario establecer un reglamento de la administración del fondo revolvente, donde se definen objetivos y alcance; procedimientos de solicitud y autorización; designación, utilización y prohibiciones; y el manejo y reposición del fondo.

D. Elementos de soporte

El elemento de soporte más importante es el marco de MRV. En el caso de un servicio ecosistémico paraguas como la madera certificada, que conlleva servicios enfocados en la adaptación; el mayor reto es cómo se puede vincular estos cobeneficios con la madera, sin que el costo de monitoreo se eleve demasiado. Para poder optar por la certificación ForCES del FSC, se debe armonizar el marco MRV con los lineamientos de la certificadora. FSC está buscando un proceso de monitoreo más detallado y quieren agregar 12 nuevos indicadores de impacto, que van desde los servicios de los ecosistemas y la biodiversidad hasta la seguridad y salud en el trabajo y otros aspectos sociales. Sin embargo, el consejo ha entendido que el comercio certificado de servicios ecosistémicos requiere un tipo adicional de monitoreo en conjunto con la comunidad (además del monitoreo de la implementación, efectividad y de validación); que es la medición real de los servicios proporcionados por el bosque con el fin de traducir estos en un precio de mercado (GEF 2011).

Los otros elementos de soporte que deben ser tomados en cuenta en el diseño del mecanismo AbE de la subcuenca del río Estelí; incluyen el abordaje del riesgo de fugas y asegurar la permanencia, entre otras cosas. Si bien es necesario analizar estos aspectos a nivel local y en conjunto con los ganaderos, para asegurar la coherencia con la certificación ForCES se debe esperar a finales de 2017 para establecer un sistema coherente con la certificación. En el documento de proyecto de

20 Si por ejemplo, cada uno de los 50 árboles por hectárea que se han sembrado genera un valor de US$ 1,200 después de 20 años, se obtiene un valor anual de US$ 3,000/ ha. Por otro lado, se deben considerar los costos de implementación y mantenimiento, así como costos administrativos del esquema, incluyendo el MRV.

esta certificación se menciona que el desafío es desarrollar métodos prácticos y científicamente sólidos que aborden criterios como las definiciones forestales ("lo que califica como bosque"); la adicionalidad ("cambios en SE en comparación con un escenario base"); nivel de referencia ("pagos se basan en una línea de base"); fuga y desplazamiento ("si el pago desplaza las actividades perjudiciales a otros lugares"); y permanencia ("cómo asegurarse de que los SE se mantienen permanentemente"). El documento también propone un modelo de costos de monitoreo compartidos entre los gestores forestales, desarrolladores de proyecto, verificadores externos, compradores, donantes e investigadores (GEF 2011).

Mientras la certificadora publica los nuevos lineamientos, es necesario considerar todos los factores mencionados en el diseño de los diferentes componentes del mecanismo. Sobre todo, aspectos como la permanencia deben ser plasmados en documentos legales, como por ejemplo convenios adjuntos a los títulos de propiedad de tierra que comprometen a los propietarios actuales y futuros a mantener la cobertura arbórea con enfoque AbE.

E. Priorización de áreas de intervención considerando la rentabilidad económica

Las áreas prioritarias de intervención en la subcuenca del río Estelí se definen en primer lugar por el análisis de riesgo climático realizado, donde los municipios de Estelí y Somoto presentan el riesgo relativo más alto.

Dentro de estas áreas se deberían priorizar las tierras situadas a la par del Río Estelí y sus afluentes, por tener los beneficios potenciales de servicios ecosistémicos más altos. Para aumentar la precisión de la priorización se recomienda usar métodos como la valoración económica, el scoring de beneficios y herramientas de mapeo.

Para el siguiente paso de priorización se debe evaluar si todavía hay ecosistemas intactos en las áreas priorizadas y si estos están en riesgo de pérdida, por lo que deberían de ser priorizados. Dependiendo de los servicios ecosistémicos en los que se quiera enfocar en casos específicos, se deberían de considerar los lugares de intervención. Es indispensable que se levante una línea base de los SE existentes para poder garantizar la adicionalidad del esquema.

Los costos de oportunidad en la Subcuenca del Río Estelí son muy heterogéneos, porque existen agroindustrias relativamente grandes a la par de pequeños campesinos de subsistencia. Como se propone un servicio paraguas que viene acompañado de los demás servicios, es cuestionable un pago diferenciado. En el caso de establecer un segundo mecanismo de cofinanciamiento enfocado en uno de los servicios que no está cubierto por el paraguas

de servicios de adaptación, como el carbono o la biodiversidad, se puede considerar un pago diferenciado según el costo de oportunidad, lo que permitiría priorizar las áreas con los costos de oportunidad más bajos.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Proyecciones climáticas, amenazas e impactos económicos

Los resultados de la media de todos los modelos indican un calentamiento significativo en las próximas décadas, sin embargo, con una magnitud considerablemente inferior en el escenario optimista (RCP 2.6), pero inclusive en ese caso, se espera que Nicaragua experimentará un calentamiento de 1,0 a 1,5 °C (relativo a la línea de base de 1960-1990) en las próximas décadas. Las proyecciones de precipitación bajo el escenario optimistas (de bajas emisiones) contienen incertidumbre significativa, pero aún reflejan un aumento en la estacionalidad.

La media del conjunto es sustancialmente más uniforme en el escenario pesimista (RCP 8.5, de altas emisiones) con grandes tendencias de calentamiento, alcanzando una temperatura media anual de hasta 4,0 °C más que el clima de referencia. Las tendencias de las precipitaciones muestran un fuerte consenso sobre condiciones significativamente más secas en todo el país, con un cambio relativamente más severo en la región del Pacífico y en el altiplano del norte central. La estacionalidad indicada por el coeficiente de variación en precipitación también se espera que aumente, particularmente en la región del Pacífico.



Las tendencias de calentamiento pueden agravar la presión sobre los recursos hidrológicos por una aceleración en los procesos de evapotranspiración, al igual que la continuación de pérdidas drásticas en la cobertura forestal natural. Los análisis que exploran la respuesta de la hidrología local podrían aclarar más los riesgos asociados con las tendencias de secado.

El desarrollo de métricas de validación de los modelos en Centro América, iniciado por Hidalgo y Alfaro (2014), podría resultar útil para producir promedios ponderados con los modelos más precisos en la región. Métricas adicionales que cuantifican la precisión de la reproducción de fases climáticas a más largo plazo, como la Oscilación Decadal del Pacífico, las temperaturas de la superficie del mar en el Atlántico Norte Tropical, y el CLLJ. La ampliación de la cobertura de las estaciones meteorológicas y un esfuerzo a gran escala para calibrar los productos de satélite también servirán para mejorar en gran medida los esfuerzos de validación de estos modelos.

Las comparaciones de las proyecciones de modelos climáticos globales (MCG) y modelos climáticos regionales (MCR) han demostrado ser útiles ya que cada una tiene sus fortalezas y debilidades. Los experimentos continuados de los MCR, inicializados con varios MCG de alta habilidad en reproducir condiciones de Centroamérica y medios de un conjunto de estos experimentos, podrían ayudar a reducir la incertidumbre asociada con la magnitud de las anomalías climáticas. Se han realizado grandes avances en la caracterización de los posibles cambios en el clima de Nicaragua y Centroamérica, sin embargo, cualquier estrategia de adaptación debe tener en cuenta las limitaciones de los modelos y las incertidumbres asociadas con los escenarios de emisiones.

Las amenazas climáticas como las temperaturas elevadas, la variabilidad de la precipitación, la frecuencia de los huracanes y la ocurrencia de inundaciones tienen efectos significativos en el sector ganadero. Con el aumento de las temperaturas en toda Nicaragua, aumentará el número de municipios que experimentarán valores promedio del índice de temperatura y humedad por encima del umbral normal para rumiantes, particularmente en la región del pacífico. En el caso de la amenaza por precipitación se observan considerables diferencias entre los escenarios

optimista (RCP 2.6), que muestra pocos cambios en la amenaza; y el escenario pesimista (RCP 8.5), que muestra condiciones considerablemente más secas y se proyecta una mayor estacionalidad que afecta particularmente los municipios de la región del pacífico. Las amenazas por huracanes se concentran principalmente en la zona de caribe, mientras que las amenazas por inundaciones están dispersas en el país con una mayor ocurrencia en el norte y en las zonas costeras. La amenaza total actual y proyectada es relativamente mayor en los municipios costeros y existen grandes diferencias entre los dos escenarios.

Los impactos del cambio climático sobre la economía nicaragüense son alertantes y en el caso del sector agropecuario, CEPAL estima que las pérdidas acumuladas al año 2100 representarían alrededor del 6 al 22 porciento del PIB del año 2007; y para el año 2095 se proyecta una disminución del valor de la tierra de alrededor de 38 porciento por la reducción de la precipitación y el aumento de temperatura. La producción pecuaria en Nicaragua alcanza su nivel máximo a una temperatura de 27.7°C o una precipitación de 1691mm. El ejercicio de fincas modelo para las regiones pacífico, central y caribe mostró que en los tres casos ocurre una reducción considerable de la producción de leche en el mes de abril, de diferentes años, efecto del estrés térmico. Las pérdidas por cabeza de ganado ascienden a montos entre 15 y 30 US$ por mes y cabeza.

Adaptación basada en ecosistemas, fuentes de financiamiento y mecanismos económicos

En los talleres con actores claves se identificaron medidas de adaptación basadas en ecosistemas, enfocadas en amenazas climáticas específicas. Para el caso del estrés térmico, se identificaron como medidas de adaptación los sistemas silvopastoriles para crear un microclima y reducir la exposición a las altas temperaturas. Los árboles en potreros pueden ser combinados con pastos mejorados y maní forrajero. Para la amenaza por precipitación reducida, se identificaron como medidas la recuperación de la cobertura arbórea en zonas de recarga hídrica y riberinas, combinándolo con bancos forrajeros energéticos y de leguminosas arbustivas para reducir la presión sobre el pasto en los potreros, lo que permite un uso más eficiente del agua y libera las zonas de recarga hídrica.

Las cercas vivas y las cortinas rompeviento pueden ayudar a amortiguar los fuertes vientos asociados a huracanes y evitar la erosión producida por los mismos. Para la amenaza de inundaciones se pueden crear zonas de amortiguamiento compuestos por bosques y pantanos entre el ganado y las potenciales zona de inundación. Es recomendable combinar esta medida con bancos forrajeros energéticos y de leguminosas arbustivas para reducir la vulnerabilidad en zonas propensas a inundación. Todas estas medidas de adaptación también ayudan al entorno de las fincas ganaderas a adaptarse

y generan importantes cobeneficios, como la fijación y el almacenamiento de carbono, la conservación de la biodiversidad y el agroturismo.

Los costos de establecimiento de estas medidas de adaptación van desde 228 hasta 778 US$ por hectárea por año en el caso de potreros con árboles y bancos de proteínas y forrajeros. En el caso de las cercas vivas, los costos de establecimiento varían entre 133 a 152 US$ por 100 metros lineales de cerca. Los costos de mantenimiento de potreros con árboles y bancos de proteínas van desde los 17 a 148 US$ por hectárea por año. En algunas de estas medidas se debe considerar adicionalmente costos de aprovechamiento, como en los bancos de proteínas y de forrajes, el cual oscila entre 128 y 485 US$ por hectárea por año; y 4.70 y 6.80 US$ por hectárea por año respectivamente.

El enfoque de adaptación basada en ecosistemas tiene grandes ventajas en cuánto al financiamiento, ya que el componente ecosistémico permite el acceso a diversas fuentes de financiamiento internacional y permite la creación de mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos a nivel local, nacional e internacional. En 2014 la mayor parte de los US$ 62,000 millones destinados para el clima provenía de fuentes privadas, por lo que la segunda Evaluación y Revisión de Flujos de Financiamiento para el Clima de la CMNUCC de noviembre de 2016 recomienda que se aumente el aporte de fuentes públicas en la arquitectura financiera internacional para el clima.

Para Nicaragua en el pasado algunos fondos bilaterales, como la Iniciativa Climática Internacional de Alemania (ICI) y el financiamiento inmediato de Japón (FSF), financiaron importantes iniciativas. Entre los fondos multilaterales que financiaron proyectos en Nicaragua en el pasado, se encuentra el Fondo de Adaptación, el Fondo Internacional para el Desarrollo Agropecuario (FIDA) y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). También los fondos enfocados en REDD+ son potenciales fuentes de financiamiento para las iniciativas de adaptación basadas en ecosistemas, que contribuyen a evitar la reforestación y en Nicaragua el fondo cooperativo para el carbono de los bosques (FCPF) apoya al Programa Nacional de Deforestación Evitada (ENDE-REDD+). A futuro el fondo de mayor potencial es el fondo para el clima, con la primera aprobación de proyectos en el año 2015.

Los mecanismos innovadores que se deben de crear para cerrar la brecha que deja el financiamiento climático internacional deben perseguir un doble dividendo, mediante la provisión de bienes públicos y recaudación de ingresos en paralelo. Los mecanismos económicos y financieros incluyen los pagos por servicios ecosistémicos, el financiamiento de carbono, los incentivos relacionados con REDD+, los mecanismos de compensación de biodiversidad, canjes de deuda por naturaleza, fondos fiduciarios de conservación, las certificaciones, los mercados verdes, los reconocimientos medioambientales, los impuestos y las cuotas negociables.

Vulnerabilidad y riesgo climático del sector ganadero de Nicaragua

La focalización en el riesgo permite a la sociedad nicaragüense jerarquizar los riesgos y beneficios potenciales. El riesgo climático está en función de la exposición, la vulnerabilidad y las amenazas climáticas. La exposición, que considera tanto la cantidad de ganado, como la densidad de población de los ganados en municipios, alcanza su máximo en los municipios de Mulukukú, Siuna, Villa El Carmen, El Almendo y Waslala. La vulnerabilidad climática está compuesta por la sensibilidad (que resultó ser más alto en la zona norte y centro del caribe y en los municipios alrededor de los lagos) y la capacidad adaptativa del sector ganadero (que resultó ser más alto en la región central, al norte y en el centro del pacífico). La vulnerabilidad compuesta es más alta en los municipios del norte y del centro de la región caribe y en los municipios ubicados entre los dos lagos.

Los municipios con el índice de riesgo relativo más alto son el Viejo, Vía el Carmen, Granada, Puerto Cabezas y el Rama. Los municipios con el riesgo relativo más bajo son San Lucas, Murra, Dipilto, San José de Cusmapa y las Sabanas. Los municipios mencionados mantienen su posición en el índice en la proyección RCP 8.5 al año 2030.

Recomendaciones puntuales

1. Se debe avanzar en la investigación científica sobre los efectos de variables como temperatura y precipitación sobre diferentes tipos de pasto y bancos de proteínas en Nicaragua; así como el impacto sobre la productividad de carne y leche.
2. Se recomienda incluir en el CENAGRO indicadores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa específicos para mejorar la creación de futuros índices de riesgo. Se debe avanzar además en el análisis de la genética del ganado e incluir una categorización básica en el CENAGRO.
3. El enfoque de adaptación basada en ecosistemas, debería de ser incluido en todos los planes, programas y políticas relacionadas al desarrollo del sector ganadero con un enfoque especial en la productividad.
4. Es importante tomar una postura proactiva ante los fondos y fuentes de financiamientos internacionales, proponiendo iniciativas innovadoras que apalanquen el financiamiento privado bajo una lógica de compensación por servicios ecosistémicos. Es vital la creación de iniciativas con múltiples fuentes y múltiples beneficios (adaptación ganadera, bosques, agua).
5. Para lograr un cambio en las dinámicas de cambio de uso de suelo, es preciso dejar de jerarquizar culpas y es necesario de empezar a identificar agentes de cambio que puedan contribuir a la transformación hacia una economía más sostenible, pero igualmente productiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRS Science Team/Joao Texeira (2013), AIRS/Aqua L3 Monthly Standard Physical Retrieval (AIRS+AMSU) 1 degree x 1 degree V006, Greenbelt, MD, USA, Goddard Earth Sciences Data and Information Services Center (GES DISC), Accessed [10-25 2016] DOI:10.5067/AQUA/AIRS/DATA319

BCF (2016): http://www.biocarbonfund-isfl.org/

BCIE (2016): http://www.bcie.org/inicio/

Bencomo, B. G. 2010. Manejo sanitario eficiente del ganado bovino: Principales enfermedades, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, Managua (Nicaragua); Instituto Nacional Tecnológico, Managua (Nicaragua).

Bengis, R., et al. 2002. Infectious animal diseases: the wildlife/livestock interface. Revue Scientifique et Technique-Office international des épizooties 21(1): 53-66.

Betancourt et al. (2003): Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. Agroforestería en las Américas, Vol. 10.

BID (2015): http://kp.iadb.org/Adaptacion/es/Paginas/CentrodeConocimiento/Fondo-de-Adaptaci%C3%B3n.aspx

Cai, W. and others 2014. Increasing frequency of extreme El Niño events due to greenhouse warming. Nature climate change 4: 111-116.

CATIE (2012): Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica, Turrialba, Costa Rica

Campbell, J. D., M. A. Taylor, T. S. Stephenson, R. A. Watson, and F. S. Whyte. 2011. Future climate of the Caribbean from a regional climate model. International Journal of Climatology 31: 1866-1878.

CENAGRO (2011): IV Censo Nacional Agropecuario, Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal

CEPAL (2010): Nicaragua, efectos del cambio climatico sobre la agricultura, Mexico.

CEPAL (2015): Financiamiento para el desarrollo en América Latina y el Caribe. Un análisis estratégico desde la perspectiva de los países de renta media.

CFU (2016): http://www.climatefundsupdate.org/

Collins, M. and others 2010. The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. Nature Geoscience 3: 391-397.

De Rensis, F. and R. J. Scaramuzzi 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—a review. Theriogenology 60(6): 1139-1151.

Diffenbaugh, N. S., and F. Giorgi. 2012. Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble. Climatic change 114: 813-822.

Diro, G., F. Giorgi, R. Fuentes-Franco, K. Walsh, G. Giuliani, and E. Coppola. 2014. Tropical cyclones in a regional climate change projection with RegCM4 over the CORDEX Central America domain. Climatic change 125: 79-94.

Emanuel, K. A. 1987. The dependence of hurricane intensity on climate. Nature 326: 483-485.
en Nicaragua. WEB. INETER. Dirección General de Meteorología. Managua.

ENDE 2016: http://enderedd.sinia.net.ni/index.php/2015-06-04-16-17-46/2015-06-04-16-19-34
Endo, H., and A. Kitoh. 2014. Thermodynamic and dynamic effects on regional monsoon rainfall changes in a warmer climate. Geophysical Research Letters 41: 1704-1711.

EM-DAT: International Disaster Database – www.emdat.be – Université Catholique de Louvain – Brussels – Belgium

FAO (2006): Informes de la FAO sobre políticas pecuarias No. 3, Ganadería y Deforestación, proyecciones 2000-2010.

FAWEC (2015): EFECTO DEL ESTRÉS POR CALOR EN LA PRODUCCIÓN DE LAS VACAS DE LECHE: UNA VISIÓN PRÁCTICA

Feser, F., B. Rockel, H. Von Storch, J. Winterfeldt, and M. Zahn. 2011. Regional climate models add value to global model data: a review and selected examples. Bulletin of the American Meteorological Society 92: 1181.

FIDA (2017): https://operations.ifad.org/es/web/ifad/operations/country/project/tags/nicaragua/1683/project_overview

Fondo de adaptación (2015): https://www.adaptation-fund.org/about

FSC (2016): http://forces.fsc.org/index.htm

FUNIDES (2016ª): Compensación por Servicios Ecosistémicos en Nicaragua, Criterios Claves para un Diseño Exitoso de Pagos por Servicios Ecosistémicos: Las Iniciativas en Nicaragua.
FUNIDES (2016b): Informe de Institucionalidad Económica –Derechos de propiedad y Seguridad jurídica.

GEF (2011): Expanding Forest Stewardship Council (FSC) Certification at Landscape Level through incorporating additional Ecosystem Services, ForCES Project Document.

GERMANWATCH (2017): GLOBAL CLIMATE RISK INDEX 2017, Who Suffers Most From Extreme Weather Events? Weather-related Loss Events in 2015 and 1996 to 2015

Giorgi, F., and L. O. Mearns. 1991. Approaches to the simulation of regional climate change: a review. Reviews of Geophysics 29: 191-216.

Giorgi, F., and L. O. Mearns. 1999. Introduction to special section: Regional climate modeling revisited. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 104: 6335-6352.

Gonzalez et al. (2014): Buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas de América Central, CATIE, Costa Rica

GTZ (2007): Economic Approaches to Climate Change Adaptation and their role in Project priorisation and appraisal

GUERRERO J.F, (2003), Evaluación de la temperatura y las precipitaciones
Guha-Sapir D., Below R., Hoyois Ph.

HBS (2016): La arquitectura mundial del financiamiento para el clima, Smita Nakhooda y Charlene Watson, ODI, y Liane Schalatek, Heinrich Böll Stiftung North America.

Hellin, J., M. Haigh, and F. Marks. 1999. Rainfall characteristics of hurricane Mitch. Nature 399: 316-316.

Hidalgo, H. G., and E. J. Alfaro. 2014. Skill of CMIP5 climate models in reproducing 20th century basic climate features in Central America. International Journal of Climatology 35: 3397-3421.

Hidalgo, H., E. Alfaro, and B. Quesada-Montano. 2016. Observed (1970–1999) climate variability in Central America using a high-resolution meteorological dataset with implication to climate change studies. Climatic Change: 1-16.

Hijmans, R. J., S. E. Cameron, J. L. Parra, P. G. Jones, and A. Jarvis. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. International journal of climatology 25: 1965-1978.

Holland, G. J. 1997. The maximum potential intensity of tropical cyclones. Journal of the Atmospheric Sciences 54: 2519-2541.

Hubbard, K., et al. 1999. A climatological perspective on feedlot cattle performance and mortality related to the temperature-humidity index. Journal of production agriculture 12(4): 650-653.

Hutchinson, M. 2004. ANUSPLIN Version 4.3. Centre for Resource and Environmental Studies, Australian National University.

Hutchinson, M. F. 1995. Interpolating mean rainfall using thin plate smoothing splines. International journal of geographical information systems 9: 385-403.

ICEFI (2016): Bases para el Desarrollo Rural en Centroamérica, Instituto Centroamericano de Estudios Fiscales para el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (FIDA), Guatemala.

ICI (2016): https://www.international-climate-initiative.com/en

INAFOR (2008). Programa nacional forestal del poder ciudadano. Managua: Inafor.
INAFOR (2016). Inventario Nacional Forestal. Obtenido de Instituto Nacional Forestal:http://www.inafor.gob.ni/inventario/html/Resultados.html#r11

INETER (2001): Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Amenazas Naturales en Nicaragua. Managua.

INF (2009): Inventario Nacional Forestal, INAFOR, http://www.inafor.gob.ni/inventario/html/Resultados.html

IPCC (2014): Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)]. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, Suiza, 34 págs.

IPCC SRES (2000), Nakićenović, N.; Swart, R., eds., Special Report on Emissions Scenarios: A special report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change (book), Cambridge University Press, ISBN 0-521-80081-1

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
JICA (2015): Manual de Sanidad Animal, Nicaragua

Kitoh, A., and H. Endo. 2016. Changes in precipitation extremes projected by a 20-km mesh global atmospheric model. Weather and Climate Extremes 11: 41-52.

Kitoh, A., H. Endo, K. Krishna Kumar, I. F. Cavalcanti, P. Goswami, and T. Zhou. 2013. Monsoons in a changing world: a regional perspective in a global context. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 118: 3053-3065.

Knutson, T. R. and others 2010. Tropical cyclones and climate change. Nature Geoscience 3: 157-163.

Knutti, R., and J. Sedláček. 2013. Robustness and uncertainties in the new CMIP5 climate model projections. Nature Climate Change 3: 369-373.

Läderach et al. (2012): Escenarios del Impacto del Clima Futuro en Áreas de Cultivo de Café en Nicaragua, CIAT, Managua

Läderach, P., C. Zelaya, O. Ovalle, S. García, A. Eitzinger, and M. Baca. 2012. Escenarios del impacto del clima futuro en áreas de cultivo de café en Nicaragua. Informe final. Cali, CO. Managua, NI.

Larson et al. (2004): Lo municipal y lo forestal: ¿cómo, hacia dónde, para quiénes?, Envio, UCA, Managua

Latif, M., and N. S. Keenlyside. 2009. El Niño/Southern Oscillation response to global warming. Proceedings of the National Academy of Sciences 106: 20578-20583.

Lavell, A., M. Oppenheimer, C. Diop, J. Hess, R. Lempert, J. Li, R. Muir-Wood, and S.

López-Sánchez (2007): Sistemas agroforestalec son cedro rojo, cedro nogal y primavera (…),Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 13(1): 59-66, 2007. Mexico
Mann, M. E., and K. A. Emanuel. 2006. Atlantic hurricane trends linked to climate change. Eos, Transactions American Geophysical Union 87: 233-241.

Myeong 2012. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D.

Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 25-64.

Magaña V, Amador JA, Medina S (1999) The midsummer drought over Mexico and central America. J. Clim 12:1577–1588

OECD (2010): Paying for Biodiversity: Enhancing the cost-effectiveness of payments for ecosystem services.

Pierce, D. W., T. P. Barnett, B. D. Santer, and P. J. Gleckler. 2009. Selecting global climate models for regional climate change studies. Proceedings of the National Academy of Sciences 106: 8441-8446.

PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo) 2007. Informe sobre desarrollo humano 2007-2008, La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido. New York. EE.UU.

Prisma (2010). Bosques, deforestación y monitoreo de carbono: una valoración de la potencia de REDD+ en Mesoamérica. El Salvador: Prisma.

Ramirez-Villegas, J., and A. Jarvis. 2010. Downscaling global circulation model outputs: the delta method decision and policy analysis Working Paper No. 1. Policy Analysis 1: 1-18.

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

Restrepo, C; Ibrahim, M; Harvey, C; Harmand, M; Morales, J. 2004. Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en ncas ganaderas en trópico seco en Cañas, Costa Rica. Agroforestería en las Américas 41-42:29-36.

Riahi, K. and others 2011. RCP 8.5—A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. Climatic Change 109: 33.

Rogelj, J., M. Meinshausen, and R. Knutti. 2012. Global warming under old and new scenarios using IPCC climate sensitivity range estimates. Nature climate change 2: 248-253.

Silanikove, N. 2000. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock production science 67(1): 1-18.

Small RJO, de Szoeke SP, Xie SP (2007) The Central American mid- summer drought: regional aspects and large-scale forcing. J Clim (in press)

Solé, J. M. and others 2016. Assessment of Climate Change in Nicaragua: Analysis of Precipitation and Temperature by Dynamical Downscaling over a 30-Year Horizon. Change 3: 6.

Souza de Abreu, MH. 2002. Contribution of trees to the control of heat stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in humid tropics. PhD. Thesis. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

St-Pierre, N., et al. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. Journal of dairy science 86: E52-E77.

Taylor, K. E., R. J. Stouffer, and G. A. Meehl. 2012. An overview of CMIP5 and the experiment design. Bulletin of the American Meteorological Society 93: 485.

Taylor, M. A., F. S. Whyte, T. S. Stephenson, and J. D. Campbell. 2013. Why dry? Investigating the future evolution of the Caribbean low level jet to explain projected Caribbean drying. International Journal of Climatology 33: 784-792.

Tebaldi, C., and R. Knutti. 2007. The use of the multi-model ensemble in probabilistic climate projections. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences 365: 2053-2075.

TEEB (2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations, Edited by Pushpam Kumar, UNEP, Earthscan, London and Whashington.

Timmermann, A., J. Oberhuber, A. Bacher, M. Esch, M. Latif, and E. Roeckner. 1999. Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming. Nature 398: 694-697.

UICN (2012). Adaptación basada en Ecosistemas: una respuesta al cambio climático, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, Quito, Ecuador.

UNAN (2006): Caracterización y evaluación in situ de una población de pasto gamba[…], presentado por Maradiaga, Bolaños y Guzmán, León

UNAN (2007): Identificación de factores que determina la eficiencia productiva y reproductiva en un hato Ganadero de doble Propósito […],presentado por Pérez y Sevilla, León

UNDP (2016): http://www.ni.undp.org/content/nicaragua/es/home/ourwork/environmentandenergy/successstories/salale--una-comunidad-que-se-adapta-al-cambio-climatico.html

UNISDR (2009): Terminología sobre Reducción de Riesgo de Desastres 2009. Para los conceptos de Amenaza, vulnerabilidad y riesgo

USC (2013): Estrés térmico, Universidad de Santiago de Compostela, Portugal

Valtorta, E., et al. 2000. Summer environmental effects on milk production and composition in an argentine grazing system. Proceedings of the sixth International Symposium on Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millennium. WCASP-50, WMO/TD.

Van Hecken et al. (2010) - PES in Nicaragua: Do Market-Based Approaches Work, Development and Change

Van Oldenborgh, G. J., S. Philip, and M. Collins. 2005. El Nino in a changing climate: a multi-model study. Ocean Science 1: 81-95.

Van Vuuren, D. P. and others 2011. The representative concentration pathways: an overview. Climatic change 109: 5-31.

Van Vuuren, D. P. and others 2011a. RCP2.6: exploring the possibility to keep global mean temperature increase below 2°C. Climatic Change 109: 95.

Vignola et al. (2015): Ecosystem-Based adaptaion for smallholder farmers: Definitions, opportunities and constraints, CATIE, Elsevier B.V.

Wang, C. 2007. Variability of the Caribbean low-level jet and its relations to climate. Climate dynamics 29: 411-422.

Watanabe, S., S. Kanae, S. Seto, P. J. F. Yeh, Y. Hirabayashi, and T. Oki. 2012. Intercomparison of bias correction methods for monthly temperature and precipitation simulated by multiple climate models. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 117.

Webster, P. J., G. J. Holland, J. A. Curry, and H.-R. Chang. 2005. Changes in tropical cyclone number, duration, and intensity in a warming environment. Science 309: 1844-1846.

West, J. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. Journal of dairy science 86(6): 2131-2144.
WorldClim: http://www.worldclim.org.

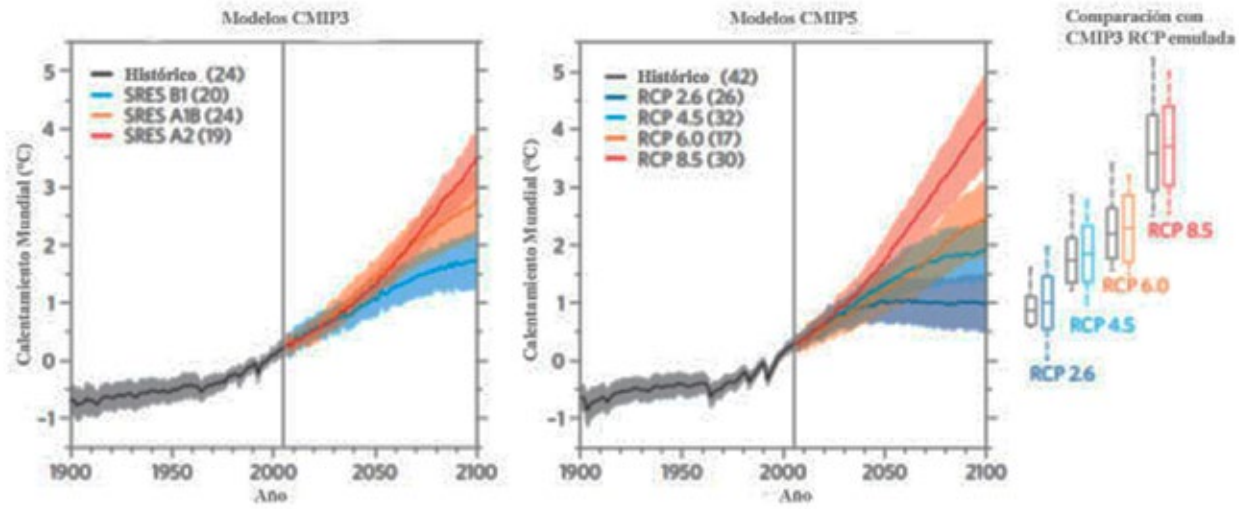
Wunder et al. (2011): Ecosystem-based adaptation to climate change: what scope for payments for environmental services?, CIFOR, artículo publicado en Climate and Development

ANEXOS

ANEXO 1 – ESTADO DE LA INVESTIGACIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO EN NICARAGUA

La gran mayoría de los análisis hechos anteriormente sobre el cambio climático en Centroamérica y Nicaragua se presentaron utilizando el Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones (SRES) 2012 del IPCC. Las comparaciones entre estos escenarios y los RCP (Gráfico 1) han indicado que los patrones espaciales de temperatura y precipitación son bastante consistentes (Knutti y Sedláček, 2012). Los productos de RCP reflejan una mayor gama de escenarios de emisiones, ya que RCP 8.5 demuestra tasas similares de calentamiento a SRES A1F1 ("business as usual"), mientras que RCP 2.6 demuestra tasas más bajas de calentamiento que el crecimiento lento en SRES B1 (Rogelj et al., 2012).

Gráfico 1: Cambio de temperatura global e incertidumbre. Cambio de temperatura global (media y una desviación estándar como sombreado) con relación a 1986-2005 para los escenarios SRES ejecutados por CMIP3 y los escenarios RCP ejecutados por CMIP5. El número de modelos se indica entre paréntesis. Para el modelo CMIP5 (colores) y para el modelo MAGICC calibrado a los modelos CMIP3 (negro), los diagramas de caja (media, una desviación estándar y mínima a máxima) se indican para los modelos 2080-2099, ambos con escenarios RCP.

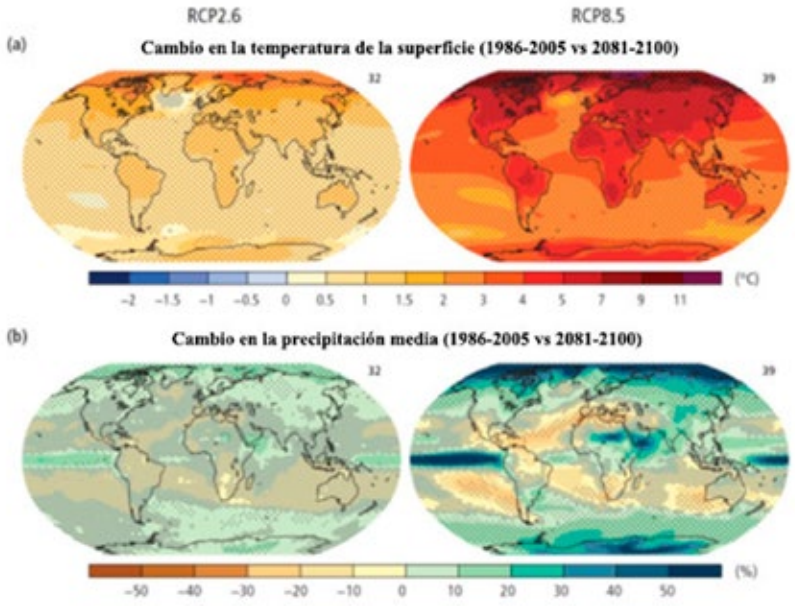


Fuente: Knutti y Sedláček, 2012.

Los resultados de los MCG publicados en los informes anuales del IPCC demuestran la necesidad de implementar técnicas de reducción de escala para interpretar proyecciones climáticas para Nicaragua. La resolución espacial de estos resultados del modelo limita su aplicación para las políticas de adaptación o mitigación. Los conjuntos de modelos múltiples en RCP 2.6 y RCP 8.5 indican un aumento de las temperaturas superficiales en los años 2081-2100 con respecto a la línea de base (1986-2005). Estos aumentos varían de 0,5 a 1,0 °C en el escenario de emisiones más bajas, y 3,0-4,0 °C en el caso de RCP 8.5 (Mapa 2).

El número de modelos utilizados para calcular la media de varios modelos se indica en la esquina superior derecha de cada panel. Stippling (es decir, puntos) muestra regiones donde el cambio proyectado es grande en comparación con la variabilidad interna natural y donde al menos el 90 porciento de los modelos están de acuerdo en el signo de cambio. Hatching (es decir, líneas diagonales) muestra regiones donde el cambio proyectado es menor que una desviación estándar de la variabilidad interna natural. En términos de precipitación, un claro consenso de los modelos demuestra cambios en la precipitación anual del orden de -10 a -20 porciento para RCP 8.5, sin embargo, la mayor variabilidad dentro de los resultados en el escenario RCP 2.6 dificulta la identificación de los cambios en precipitaciones proyectadas.

Mapa 2: Cambio en la temperatura media de la superficie (a) y el cambio en la precipitación media (b) basado en las proyecciones de la media de los modelos de CMIP5 para 2081-2100 en relación con 1986-2005 en los escenarios RCP 2.6 (izquierda) y RCP 8.5 (derecha).



Fuente: IPCC, 2014.

En general, tanto los MCG como las proyecciones del MCR indican cambios similares en el clima centroamericano bajo varios escenarios de emisiones (Véase Anexo 3 – Estudios Previos de Cambio Climático). Ambos demuestran reducciones significativas en la precipitación de la estación húmeda (aunque la magnitud varía considerablemente) probablemente asociada con la intensificación de las precipitaciones subtropicales del Atlántico Norte y las lluvias del verano en América Central. Las proyecciones de temperatura son aún más consistentes en todos los métodos con las tendencias regionales de calentamiento, generalmente de acuerdo con los promedios globales. Los resultados de los modelos de mayor resolución también indican una tendencia de calentamiento ligeramente mayor en la costa del Pacífico de Nicaragua en comparación a la costa Caribe.

La capacidad de los experimentos MCG y MCR ,por igual, para predecir la frecuencia y la intensidad de los eventos climáticos extremos, ha sido una fuente de incertidumbre considerable (para ENOS consulta el Recuadro 1). Los resultados de los modelos son significativamente más divergentes que en los resultados de los cambios climáticos a gran escala, como la precipitación global y las tendencias de la temperatura. En el caso de Nicaragua y Centroamérica el consenso general de los MCR, MCG, y conjuntos de datos históricos descritos en la sección anterior, demuestra una consistencia en la mayor influencia de la temperatura extrema y las anomalías de precipitación. Esto sugiere que las condiciones que resultan en eventos extremos serán más probables, sin embargo, en Nicaragua se ha generado poca investigación en cuanto a los cambios en la frecuencia y la distribución espacial de los eventos de inundación asociados con las tendencias climáticas recientes.

Recuadro 1: Oscilación Sur de El Niño (ENOS)

Al igual que se requiere una investigación más rigurosa sobre los cambios en los huracanes como resultado del cambio climático, también permanecen muchas preguntas sobre el efecto que tendrá el calentamiento global sobre la amplitud o frecuencia de ENOS. Sin embargo, se puede resumir el estado de los diferentes modelos, para caracterizar las tendencias globales para proporcionar un contexto del efecto de estos eventos bajo condiciones más cálidas.

Algunos de los resultados anteriores de los MCG con resolución adecuada para modelar la variabilidad de la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico tropical, sugirieron condiciones de El-Niño más frecuentes y fases de frío más fuertes (Timmerman et al., 1999). Sin embargo, las incertidumbres fueron señaladas por la capacidad limitada de reproducir la variabilidad observada de ENOS y otros análisis de modelos sugieren poco o ningún cambio bajo los escenarios de calentamiento (Van Oldenborgh et al., 2005).

Existen grandes discrepancias entre los modelos, que indican resultados muy diferentes (aumentos y disminuciones en la amplitud, o no cambio de ENOS) a pesar del aumento en la variabilidad interanual observada durante el siglo pasado (Latif y Keenlyslide, 2008). Otras dificultades surgen porque la variabilidad del ENOS depende de varios sistemas con retroalimentación positiva y negativa que pueden ser modificados bajo un sistema climático cambiante (Collins et al., 2010). Un análisis reciente que intentó aislar el mecanismo de las condiciones extremas de ENOS utilizando una agregación de los modelos de CMIP3 y CMIP5, encontró un calentamiento superficial más rápido en el Pacífico ecuatorial oriental, lo que conduce un aumento en la frecuencia de eventos de El Niño (Cai et al., 2014).

Los intentos de determinar el efecto del cambio climático sobre la actividad de los ciclones tropicales (Recuadro 2) contienen una serie de resultados contradictorios de los modelos, sin embargo, la mayoría de los modelos demuestran un aumento global en los ciclones tropicales más intensos (Diro et al., 2014) de acuerdo con los modelos teóricos propuestos por Emanuel (1987) y Holanda (1997). Knutson et al., (2010) proyectaron una disminución global en la frecuencia de los ciclones tropicales en 6-34 porciento, un aumento en la intensidad media de los ciclones en 2-11 porciento y una mayor frecuencia de los ciclones más intensos.

Recuadro 2: Inundaciones y Huracanes

Las inundaciones resultan cuando la intensidad de precipitación (o ruptura de una presa) sobrepasa la capacidad de absorción del suelo o la carga de un río. Inundaciones también ocurren en las zonas costeras cuando fuertes vientos suben las mareas a niveles altos.

Los ciclones tropicales son tormentas giratorias con un centro de baja presión y vientos fuertes de circulaciones ciclónicas que son conocidos como huracanes, tifones, y ciclones en diferentes partes del mundo. Los huracanes que afectan Nicaragua se desarrollan principalmente en el mar Caribe con una frecuencia de cada 2-4 años (promedio del siglo XX; INETER, 2001).

Específicamente en el Océano Atlántico, a partir de los años setenta, se observó un pequeño aumento en el número de huracanes que alcanzaron las categorías 4 y 5, mientras que el número de ciclones ha aumentado en el Atlántico Norte durante la última década del análisis (Webster et al. , 2005). Mann y Emanuel (2006) también demostraron estadísticamente que el efecto climático antropogénico es probablemente responsable de las tendencias a largo plazo en la actividad ciclónica en el Atlántico tropical. Las proyecciones de un MCR basada en los experimentos CMIP5 han demostrado un aumento similar en la frecuencia de los ciclones del Atlántico Norte, así como un aumento en el número de ciclones de larga duración y alta intensidad (Diro et al., 2014).

ANEXO 2
METODOLOGÍA Y BASES DE DATOS USADAS

A. METODOLOGÍA

1.Proyecciones climáticas

Una limitación significativa en las proyecciones climáticas es que el resultado de cada MCG contiene sus propios sesgos de precipitación y temperatura, evidente cuando se compara con conjuntos de datos históricos. Por esta razón, típicamente se trabaja con la media de un conjunto de muchos o todos los MCG en los experimentos de CMIP, porque se ha demostrado que reduce las incertidumbres (Tebaldi et al., 2007). El consenso de estos modelos puede limitar el impacto de modelos individuales con sesgos particularmente extremos, pero no eliminarlos por completo. Este método de conjunto también ha demostrado ser superior a la selección de cualquier modelo individual en estudios globales y regionales (Pierce et al., 2009). Por esta razón, se han desarrollado varios métodos de corrección de sesgo y se ha encontrado que son generalmente eficaces en la reducción de la desviación de los resultados entre los conjuntos de datos históricos (Watanabe et al., 2012).

El portal de datos de la CCAFS proporciona cuadriculas climáticas corregidas estadísticamente y redimensionadas a una resolución de 30" (latitud/longitud). El método empleado, denominado "método delta", calcula las anomalías climáticas entre los productos del MCG corrido por los experimentos climáticos actuales y futuros, y aplica estas anomalías a un clima de línea base. El método produce una superficie interpolada de alta resolución teniendo en cuenta posibles sesgos debido a la diferencia en la línea base para cada modelo respectivo. Sin embargo, este método asume que las relaciones entre las variables utilizadas para aplicar las interpolaciones no cambian o que los cambios en el clima sólo son relevantes en las escalas gruesas (Ramirez-Villegas y Jarvis, 2010).

Los cálculos de la diferencia entre el clima de línea base y las proyecciones climáticas utilizaron la base de datos WorldClim. Esta base de datos incorpora datos de las estaciones meteorológicas del Global Historical Climate Network Dataset v2, el Organización Meteorológica Mundial, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, el Centro Internacional de Agricultura Tropical, y varias bases de datos

regionales en América Latina (Hijmans et al., 2005). Estos datos climáticos fueron interpolados a una resolución de 30″ utilizando el paquete de software ANUSPLIN v4.3 (Hutchinson, 2004) que implementa un procedimiento de alisamiento descrito por Hutchinson (1995). El clima de la línea de base se calcula promediando las variables mensuales de temperatura y precipitación durante 30 años (1960-1990).

Recuadro 1: Trayectorias de concentración representativas (RCP)

El conjunto de los cuatro escenarios RCP se desarrolló como una colaboración entre modeladores del clima y de ecosistemas, además de los expertos en inventarios de emisiones, para reflejar toda la gama de escenarios de emisiones que se encuentran en la literatura. Estos escenarios se definen por las concentraciones de los gases de efecto invernadero del año proyectado 2100, pero también incorporan un amplio conjunto de datos de variables socioeconómicas y factores de emisión que incluyen: desarrollos tecnológicos, energía y uso del suelo, emisiones de contaminantes atmosféricos y los gases de efecto invernadero, así como cambios socioeconómicos (van Vuuren et al., 2011).

Los escenarios utilizados en el presente estudio, son RCP 2.6 y RCP 8.5, correspondientes a los cambios en la balancea de energía (calor) de la superficie con valores de 2,6 y 8,5 W/m2 en 2100, respectivamente. RCP 2.6 alcanza un máximo de 3.0 W/m2 hacia mediados del siglo XXI y comienza a disminuir, mientras que RCP 8.5 continúa aumentando a finales del siglo. En general, los escenarios de emisiones más bajas (como RCP 2.6) están basados en el supuesto de que se implementarán políticas climáticas más estrictas, sin embargo, este no es siempre el caso. Es decir, a pesar de que RCP 8.5 tiene emisiones globales más altas que RCP 2.6, eso no es necesariamente el caso en cualquier región específica. Además, los modelos de uso del suelo no se aplican unilateralmente según el escenario, sino que representan una mayor complejidad en la división regional de pastizales, pastures, vegetación natural, etc., y pueden tener efectos climáticos locales significativos.

Los escenarios utilizados en el presente estudio, son RCP 2.6 y RCP 8.5 (ver Recuadro1). Estos a escala global pretenden reflejar toda la gama de proyecciones climáticas que existen actualmente en la literatura (Riahi et al., 2011; van Vuuren et al., 2011a). El análisis del riesgo climático asociado a cada municipio de Nicaragua, se enfocará primordialmente en los resultados de las proyecciones RCP 8.5; sin embargo, los resultados de los experimentos RCP 2.6 también se presentan como una referencia para demostrar la diferencia en los escenarios de mitigación más pesimistas y más optimistas.

Se descargaron 25 proyecciones de los MCG estadísticamente reducidos de los experimentos CMIP5 (véase Anexo 3 Cuadro 1) a través del portal climático CCAFS para los escenarios RCP 2.6 y 8.5, y las décadas de 2030, 2050 y 2080. Las variables climáticas por cada década se calculan con el promedio de 30 años (2030s: 2020-2049, 2050s: 2040-2069, 2080s: 2070-2099). Después, se calcularon los medios de los 25 modelos para la precipitación anual total, el coeficiente de variación de precipitación, la temperatura media anual, y la temperatura media mensual. Estos productos fueron luego restados por los datos climáticos de referencia de WorldClim para demostrar cambios en las variables climáticas asociadas con cada escenario de emisiones y década.

2. Amenazas climáticas

Además de los análisis de temperatura y precipitación, los cálculos de los promedios de varios modelos se produjeron utilizando los paquetes de software GRASS (Geographic Resources Analysis Support System) de Quantum Sistema Geográfica (QGIS v 2.18. Se promediaron las capas ráster de las cuadrículas de datos mensuales y anuales y se calcularon las anomalías del clima de referencia utilizando la herramienta estadística GRASS y la calculadora de ráster QGIS incorporada.

Las mediciones de la humedad superficial relativa en las masas de aire durante el día se recolectaron a partir del instrumento AIRX3STD de la sonda infrarroja atómica a bordo del Sistema de Observación de la Tierra (EOS Aqua) y se descargaron a través de la base de datos en línea GIOVANNI, mantenida por el Centro de Goddard Servicios de Datos e Información de las Ciencias Terrestres (GESDISC). Los promedios mensuales de humedad relativa se calcularon a partir de los datos disponibles entre los años 2006-2015 en una cuadrícula espacial de 1° x 1° (latitud / longitud).

Los datos de mayor resolución de humedad relativa serían ideales en años coincidentes de nuestro conjunto de datos climáticos de referencia (1960-1990), sin embargo, esta estimación se considera conservadora, ya que bajo condiciones de calentamiento y lluvia reducida, se espera que la

humedad relativa promedio aumente (Kamalkar et al. Al., 2013), mientras que en nuestras proyecciones el valor de humedad se mantiene constante.

3. Impacto económico en las fincas modelo

En el presente estudio se realizó un análisis del impacto del estrés térmico sobre la producción de leche en fincas modelo en municipios selectos. En cada una de las regiones, entre los municipios con la mayor amenaza por temperatura, en función del índice de temperatura y humedad actual, se escogió un municipio para el estudio de las fincas representativas: El Viejo (Chinandega, Pacifico), Acoyapa (Chontales, Central) y Puerto Cabezas (RACCN, Caribe). Para caracterizar las fincas ganaderas en los municipios selectos, se analizó cada municipio según el propósito ganadero; incluyendo ganadería de leche, doble propósito y de carne.

En relación al índice de temperatura humedad (ITH), el cual se usó en la sección de amenaza por temperatura, se utiliza la relación presentada por FAWEC (2015): Por cada unidad de ITH por encima de 72, la producción de leche disminuye en 0,2 kg por vaca y día. Se escogió el mes más caluroso del año, abril, y se desarrolló el ejercicio para este mes en diferentes años y diferentes escenarios (RCP 2.6 y RCP 8.5). Para el ejercicio se establecen diferentes supuestos y definiciones.

4. Índice de riesgo climático

El riesgo climático es un índice que combina todas las amenazas climáticas con la exposición y vulnerabilidad para estimar el riesgo relativo entre todos los municipios ganaderos de Nicaragua. Para este fin se crean índices simples de sensibilidad y capacidad adaptativa y se les aplica una prueba de robustez estadística.

El riesgo relativo es una intersección entre todos los factores que aumentan o disminuyen los impactos de cambio climático en alguna comunidad o sector. Los cálculos del riesgo relativo son una multiplicación de los valores de la amenaza total, la exposición, y la vulnerabilidad, y normalizado entre 1-10 (con los municipios que no tienen exposición = 0). La máxima de la normalización está basada en el riesgo del municipio con el valor máximo bajo RCP 8.5, en las 2080s.

B. BASES DE DATOS USADAS

1. Proyecciones climáticas

Los modelos de circulación general (o modelos climáticos globales, MCG) son herramientas computacionales utilizadas para producir proyecciones de cambio climático a escala mundial. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) ha publicado en cada uno de sus informes anuales los resultados de las diferentes

fases del Proyecto de Intercomparación de Modelos Acoplados (CMIP), una colaboración dentro de la comunidad internacional de modelaje climático con el objetivo de organizar y facilitar mejoras en los modelos, además de proporcionar acceso a datos a investigadores independientes.

A pesar del considerable progreso de los últimos años, una importante limitación de los MCG es la resolución espacial relativamente baja de los resultados, que da lugar a conclusiones demasiado generales para regiones específicas de la superficie terrestre y por lo tanto limita la capacidad de elaborar planes de acción para abordar estos cambios. Los dos enfoques más comunes usados para refinar la resolución espacial de los resultados de los modelos son la reducción de escala dinámica y la reducción estadística (ver Recuadro 2).

Recuadro 2: Reducción de escala dinámica y la reducción estadística

La reducción de escala dinámica incorpora las condiciones marco inicializadas por un MCG que conduce a un modelo regional del clima de alta resolución (MCR) capaz de incorporar variables de menor escala como la topografía y la cobertura de tierra. Sin embargo, los MCR continúan limitados por los límites establecidos por el marco inicial del MCG, y demandan recursos computacionales significativos, limitando el número de experimentos que se pueden realizar (Giorgi y Mearns, 1999; Feser et al., 2011).

Los métodos de reducción de escala estadísticos o empíricos emplean un modelo estadístico para relacionar las características climáticas a gran escala con la fisiografía local, y se pueden aplicar rápidamente a una serie de resultados MCG de alta resolución espacial. Sin embargo, estos modelos estadísticos pueden ser limitados en regiones con topografía compleja y no pueden adaptarse a variables de cambios sistemáticos en el clima regional (Giorgi y Mearns, 1991).

En este análisis se incorporaron los resultados de 25 MCG de los experimentos CMIP5 (KE Taylor et al., 2012) estadísticamente reducidos, utilizando el portal de datos del Centro para el Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS) del Consorcio de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). Estos datos se proporcionan libremente para apoyar la investigación en la evaluación de impactos y adaptación al cambio climático. Estos datos climáticos de alta resolución se comparan con los datos históricos para determinar el grado de cambio climático en términos de temperaturas media mensual, precipitación acumulada anual y el coeficiente de precipitación mensual. Además, se presentan los resultados de las trayectorias de concentración representativas (RCP) 2.6 y 8.5 para las décadas del 2030, 2050 y 2080 para mostrar toda la gama de escenarios de emisiones representados en la literatura científica, y para mostrar los cambios en el clima, tanto a corto como a largo plazo.

2. Análisis de Vulnerabilidad y Riesgo

Para crear los índices de exposición, sensibilidad, capacidad adaptativa, vulnerabilidad y riesgo; así como para el cálculo económico, se hizo uso del IV Censo Nacional Agropecuario, realizado por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo y el Ministerio Agropecuario y Forestal, con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

ANEXO 3
ESTUDIOS PREVIOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

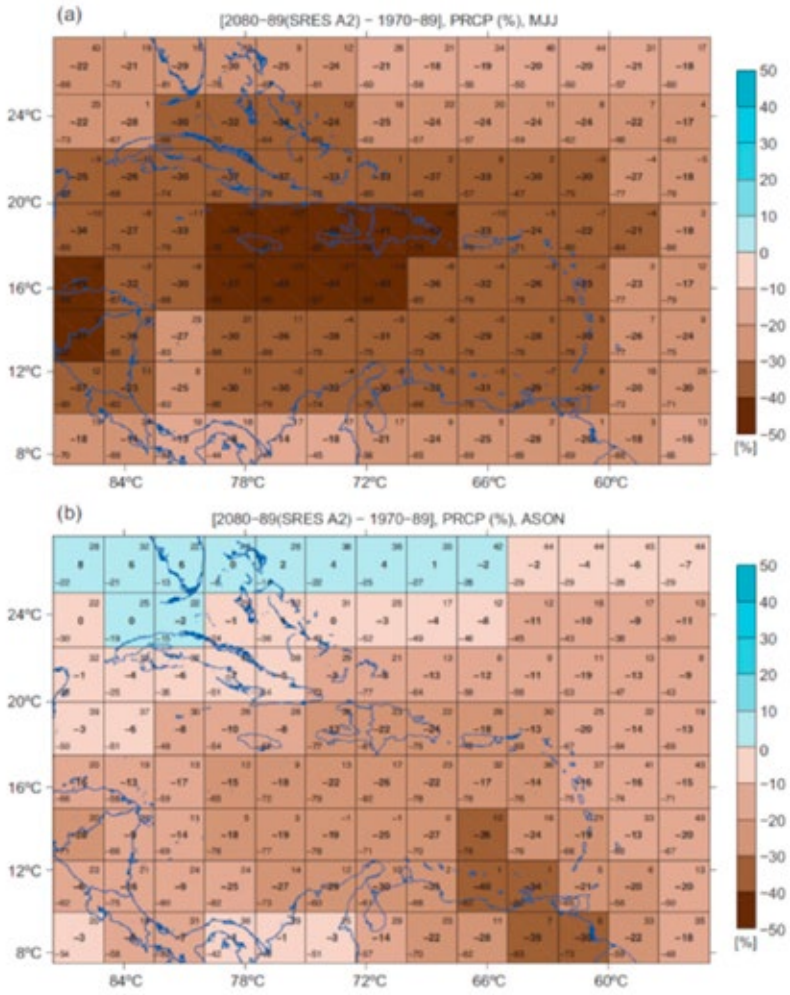
A. Modelos de Circulación General

Otros experimentos de los MCG que incorporan los escenarios RCP se han producido para proyectar aspectos más específicos del sistema climático cambiante. El MRI-AGCM3.2 de alta resolución se utilizó para calcular los cambios en la precipitación media anual incorporando proyecciones de temperatura superficial del mar de los modelos CMIP5. En América Central se observó que el índice de intensidad diaria simple (SDII), la precipitación anual máxima de 1 y 5 días y los días secos consecutivos anuales se aumentaron, mientras que la precipitación media anual disminuyó en el escenario RCP 8.5 (Kitoh y Endo, 2016). Esto sugiere que es probable que la precipitación generalmente disminuya para la región centroamericana, pero coincide con una mayor estacionalidad y precipitaciones extremas.

Análisis previos de los cambios en la estacionalidad en el SRES A1B (crecimiento rápido, pero un equilibrio de las fuentes de energía a mediados del siglo XXI; IPCC SRES, 2000) utilizando experimentos con el modelo de alta resolución MRI-AGCM3.2 también denotaron una disminución principalmente en la precipitación de la estación seca y aumentos ligeros en la costa Atlántica en la estación húmeda (Hall et al., 2013).

Las proyecciones más antiguas del conjunto de los experimentos CMIP3 identificaron incrementos similares en las temperaturas que van de 2-3 °C durante la estación seca y 3-4 °C en la estación húmeda para el año 2100 en el escenario de emisiones A1B (Giorgi y Diffenbaugh, 2008). Aunque estas proyecciones denotaban una disminución similar en la precipitación general en Centroamérica, la reducción de las lluvias fue persistente tanto en la estación seca (0 a -10 porciento) como en la estación húmeda (-10 a -20 porciento). Los autores también calcularon la desviación estándar de la temperatura interanual y el coeficiente de variación de la precipitación, ambos demostrando un aumento en la variabilidad interanual en esta región.

Mapa 1: Cambio proyectado de la precipitación (porcentaje) para el año 2080 bajo el escenario SRES A2 basado en el conjunto de modelos múltiples CMIP3 para la temporada siguiente (a) MJJ (estación húmeda temprana) (b) ASON (estación húmeda tardía). El cambio proyectado para los 2080s es relativo al clima medio de 1970-1989.



Fuente: Kamalkar et al., 2013

Los modelos del conjunto CMIP3 bajo SRES A2 demostraron una distribución similar de calentamiento y secado consistente en Centroamérica y el Caribe, con reducciones ligeramente más severas en la precipitación que ocurrieron al inicio de la estación húmeda que en la última parte de la temporada húmeda (Figura 1; Kamalkar et al. Al., 2013). En cada cuadrícula, el color indica la proyección media del conjunto y los valores en la esquina inferior izquierda y superior derecha indican proyecciones mínimas y máximas del conjunto respectivamente. Es importante señalar que la validación de estos MCG en Centroamérica en comparación con los datos climáticos históricos observados identifica sesgos

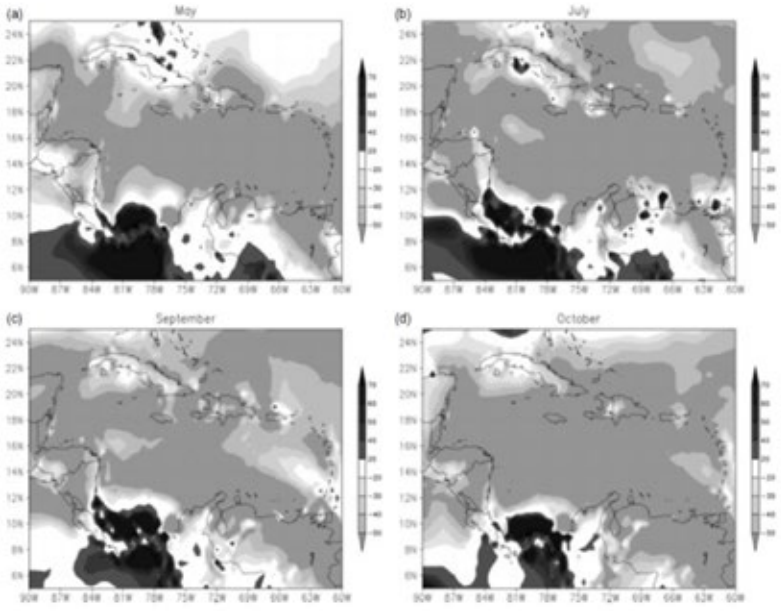
de precipitación en los resultados del modelo, sin embargo estos modelos, a pesar de su resolución limitada, capturan bien las características regionales de gran escala.

B. Modelos Climáticos Regionales (MCR)

Varios análisis de las proyecciones climáticas de Centroamérica y el Caribe se han realizado utilizando el modelo climático regional "Provisión de Climas Regionales para Estudios de Impacto" (PRECIS), desarrollado por el Hadley Centre, Reino Unido. El PRECIS es un modelo atmosférico y de la superficie terrestre reducido dinámicamente y diseñado para proporcionar proyecciones climáticas de alta resolución. Los requisitos computacionales de los modelos reducidos dinámicamente limitan el número de experimentos viables, en este caso las condiciones marco para el PRECIS son proporcionadas por los MCG de HadAMP3 y ECHAM4.

Varios estudios han demostrado el valor de este MCR en la recreación de la dinámica climática compleja dentro de las regiones subrepresentadas en el Caribe (Kamalkar et al., 2013; Campbell et al., 2011; Taylor et al., 2012). Las corrientes atmosféricas regionales tales como el Chorro de Bajo Nivel del Caribe y los patrones de precipitación bimodal se recrean razonablemente en estas series de modelos, sin embargo se necesita trabajo adicional para reducir las incertidumbres en la magnitud de los cambios de precipitación, en parte asociados con sesgos inherentes en el MCG inicializado.

Mapa 2: Porcentaje de cambio en lluvia por 2071-2100 de escenario A2. La comparación es con respecto a la simulación del clima actual; un sombreado más claro indica condiciones más secas.



Fuente: Taylor et al., 2012.

Los resultados de estos análisis corroboran en gran parte las conclusiones del cuarto informe anual del IPCC y el CMIP3, e indican una reducción sustancial de las precipitaciones anuales en el Caribe y Centroamérica (Taylor et al., 2013). Para 2071-2100 bajo SRES A2, se proyecta que las precipitaciones disminuirán entre 25 a 50 porciento en Nicaragua, con las reducciones más significativas ocurriendo en la estación húmeda, y los aumentos de temperatura entre 3-5 °C (Campbell et al., 2011).

Se desarrollaron experimentos adicionales utilizando el PRECIS para investigar las posibles causas de generación de un clima más seco en la región bajo condiciones más cálidas. Bajo las condiciones más cálidas el modelo regional demuestra una intensificación del Chorro de Bajo Nivel en el Caribe durante la estación húmeda, un fenómeno actualmente asociado con la sequía de mediados del verano, lo que resulta en condiciones más secas persistentes durante el verano boreal (Mapa 2; Taylor et al., 2012). Se apoya los hallazgos similares de experimentos anteriores de CMIP3 que indicaron una expansión hacia el oeste de la parte alta subtropical del Atlántico Norte y una zona de convergencia intertropical más al sur del Pacífico oriental (Rauscher et al., 2008).

Sole et al., (2016) demostraron dinámicas similares combinando el Pronóstico de la Investigación del Clima - Investigación Avanzada (Weather Research Forecasting- Advanced Research) MCR v3.7 con el MCG MPI-ESM-MR. Descubrieron en los pronósticos del corto plazo (2010-2040), bajo el escenario de RCP 4.5, poco cambio en la precipitación anual, sin embargo, marcado por un aumento en el inicio y final de la temporada húmeda y una reducción en la mitad del verano. Adicionalmente, encontraron un aumento del 5-10 porciento en el número anual de días secos y un aumento en la intensidad de la lluvia y en la frecuencia de eventos de lluvia con alta intensidad. Las proyecciones de temperatura indicaron un aumento en la temperatura media anual entre 0,6 - 0,8 °C, y un aumento en el número de días con temperaturas máximas mayor de 35 °C.

C. Observaciones Históricas

Es vital para cualquier contextualización de las proyecciones de los modelos climáticos que se observan las tendencias climáticas históricas derivado de las estaciones meteorológicas y / o las mediciones por satélite. Se han hecho avances significativos en la cobertura de las estaciones y en el muestreo, sin embargo, sólo se han desarrollado algunos análisis para intentar caracterizar las tendencias climáticas históricas en Centroamérica.

INETER realizó un análisis donde se utilizaron los datos de temperaturas, máxima y mínima, absolutas del aire de 10 estaciones meteorológicas principales, ubicadas en la región del Pacífico: Chinandega, Managua, Masatepe y Nandaime; en la región norte:

Condega y Jinotega; en la región central: Muy Muy y Juigalpa; y en la región del Atlántico: Puerto Cabezas y Bluefields. Las mediciones en dichas estaciones empezaron entre 1957 y 1970, y se dispone a la fecha de la información diaria de estos parámetros.

Los valores mensuales de las temperaturas máxima y mínima absolutas del aire presentaron aumentos progresivos con el tiempo en la mayoría de las estaciones. En todas las estaciones, los datos de temperatura mínima absoluta mostraron incrementos, entre décadas extremas, que varían de 0.2 °C a 1.6 °C. Aumentos similares presentaron las temperaturas máximas absolutas, con excepción de Chinandega y Masatepe que mostraron descensos del orden de –0.3 °C y –0.8 °C, respectivamente (Guerrero, 2003).

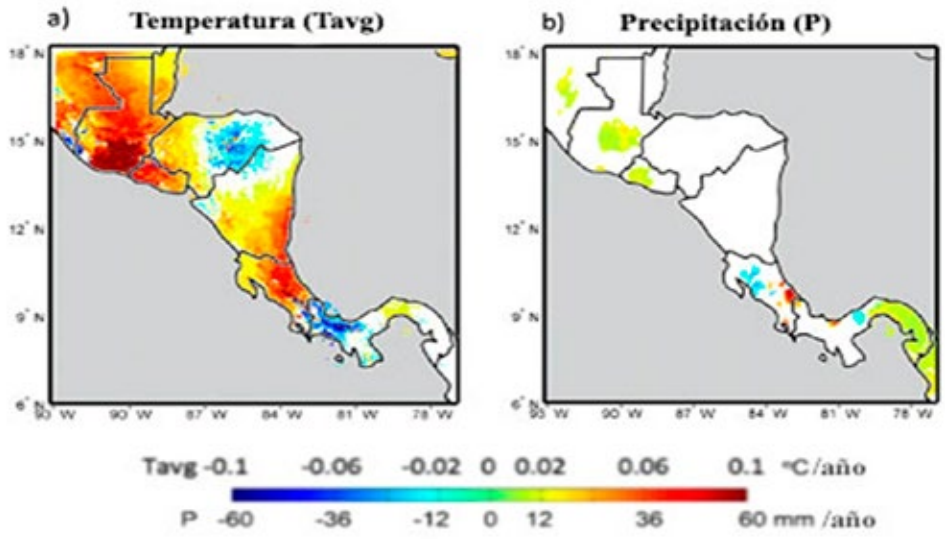
En el mismo estudio, se utilizaron los registros de dos estaciones establecido por la empresa Nicaragua Sugar Estate en Ingenio San Antonio y Granada, 1895. Se calcularon el promedio de precipitación acumulada por los primeros 30 años y últimos 30 años de los registros y se encontraron un disminución en la precipitación de 6-10 porciento, pero solamente describe dos ubicaciones en la región Pacifico.

Los resultados de un esfuerzo regional para organizar y controlar la calidad de los datos de las estaciones meteorológicas en toda América Central y el Caribe, ampliaron aún más la caracterización de las tendencias históricas de precipitación y temperatura. Aguilar et al., 2005 muestran la tendencia de los índices climáticos extremos durante el período 1961-2003. Las tendencias claras de calentamiento (especialmente evidentes durante la estación húmeda) son estadísticamente significativas y están espacialmente extendidas, también son varios índices de temperatura, como la ocurrencia de temperaturas máximas extremadamente altas. Por otra parte, las mediciones de precipitación muestran patrones espaciales mixtos con tendencias de secado de baja significación. Los aumentos en la intensidad de la precipitación producen una significación estadísticamente alta, al igual que la contribución de los días húmedos y muy húmedos a la precipitación total, lo que indica un aumento de la influencia de los las precipitaciones extremas.

Hidalgo et al. (2016) construyeron un conjunto de datos de resolución de 5km, que se incluye temperatura media y precipitación acumulada utilizando una combinación de estaciones meteorológicas de NUMEROSA, y datos climáticos de cuadrícula interpolados por el modelo PRISM modificado. En el análisis se demuestran las tendencias anuales estadísticamente significativas de la temperatura, con una indicación clara de que la región Atlántica de Nicaragua se ha calentado más rápidamente que la región del Pacífico (Mapa 3). Sin embargo, la precipitación anual no indica una tendencia estadísticamente significativa, como se

observaron en Aguilar et al. 2005, probablemente debido al predominio de una variabilidad interanual muy alta que es común en toda América Central. Todavía, los autores observan que bajo un pequeño cambio perceptible en la precipitación acumulada, las tendencias significativas del calentamiento implican probablemente un aumento del estrés hidrológico como resultado de la evapotranspiración acelerada.

Mapa 3: Tendencias anuales (1970-1999) de temperatura media en °C/año (izquierda) y precipitación en mm/año (derecha). Solamente tendencias estadísticamente significativa (p = .05) están mostrado (regiones coloreado).



Fuente: (Hidalgo et al., 2016).

Cuadro 1: Nombres de los modelos usados en este estudio e información de los centros de modelamiento.

Centro de Modelamiento	ID de Instituto	Nombre de Modelo
Beijing Climate Center, China Meteorological Administration	BCC	BCC-CSM1.1 BCC-CSM1.1(m)
College of Global Change and Earth System Science, Beijing Normal University	GCESS	BNU-ESM
Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis	CCCMA	CanESM2
National Center for Atmospheric Research	NCAR	CCSM4
Community Earth System Model Contributors	NSF-DOE-NCAR	CESM1(CAM5)
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization in collaboration with Queensland Climate Change Centre of Excellence	CSIRO-QCCCE	CSIRO-Mk3.6.0
LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences and CESS, Tsinghua University	LASG-CESS	FGOALS-g2
The First Institute of Oceanography, SOA, China	FIO	FIO-ESM
NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory	NOAA GFDL	GFDL-CM3 GFDL-ESM2G GFDL-ESM2M
NASA Goddard Institute for Space Studies	NASA GISS	GISS-E2-H GISS-E2-R
National Institute of Meteorological Research/Korea Meteorological Administration	NIMR/KMA	HadGEM2-AO
Met Office Hadley Centre (additional HadGEM2-ES realizations contributed by Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais)	MOHC (additional realizations by INPE)	HadGEM2-ES
Institut Pierre-Simon Laplace	IPSL	IPSL-CM5A-LR IPSL-CM5A-MR
Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), and National Institute for Environmental Studies	MIROC	MIROC-ESM MIROC-ESM-CHEM
Atmosphere and Ocean Research Institute (The University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology	MIROC	MIROC5
Max-Planck-Institut für Meteorologie (Max Planck Institute for Meteorology)	MPI-M	MPI-ESM-MR MPI-ESM-LR
Meteorological Research Institute	MRI	MRI-CGCM3
Norwegian Climate Centre	NCC	NorESM1-M

ANEXO 4
PRUEBA DE ROBUSTEZ PARA EL ÍNDICE SIMPLE: ANÁLISIS PRINCIPAL – COMPONENTE PCA

Bajo el enfoque de PCA, el cuadrado de los loadings[21] de cada componente predicho es igual a uno, por lo que dichos valores pueden ser interpretados estadísticamente como ponderaciones. En caso que el PCA concluya que un solo componente puede explicar más del 75 por ciento de la variación de la data, los loadings al cuadrado del primer componente pueden utilizarse para ponderar el índice simple; sin embargo, si para explicar al menos el 75 por ciento de la variación de la data se necesitan dos o más componentes, las ponderaciones a utilizar se calculan como el promedio de los loadings al cuadrado de cada componente ponderados por la variación explicada de cada componente a la variación total de la data.

El índice de sensibilidad se derivó en dos componentes, los cuales explicaban el 75 por ciento de la variación en la distribución. Por su parte, el índice de capacidad adaptativa se derivó en tres componentes, los cuales explicaban alrededor del 76 por ciento de la variación total de los datos. Usando esta técnica estadística, los pesos de cada variable quedaban de la siguiente manera:

Índice de Sensibilidad

Variable	Comp. 1	Comp. 2	Peso
Alta densidad de ganado	35.0%	2.4%	19.0%
Ausencia de fuentes de agua	17.8%	0.7%	9.4%
Ausencia de bosque	14.1%	0.6%	7.5%
Carencia de asistencia	12.7%	3.1%	8.0%
Problemas de crédito	18.9%	0.2%	9.8%
Ausencia de silos	0.7%	36.0%	18.0%
Ausencia de establos	0.0%	3.1%	1.5%
Ausencia de pilas	0.8%	53.9%	26.8%
Variación Explicada	51.0%	49.0%	100%

21 Bajo PCA, los loadings estimados de cada variable representan las correlaciones (o covarianzas) entre los valores de la variable original y el vector (eigenvector) estimado para cada componente.

Índice de Capacidad Adaptativa

Variable	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Peso
Capacidad de fuga	0.2%	3.3%	3.9%	2.0%
Bosques para agua	0.0%	0.2%	0.0%	0.1%
Pasto entre bosques	32.9%	0.2%	2.9%	15.5%
Cercas vivas en pastos	21.2%	18.4%	2.1%	16.3%
Rondas contra incendios	2.8%	5.7%	7.1%	4.7%
Pastoreo en plantaciones	0.3%	67.8%	0.0%	23.2%
Limpia y poda	42.4%	1.3%	0.0%	19.5%
Árboles en potreros	0.0%	0.1%	0.1%	0.1%
Cortinas rompevientos	0.1%	0.1%	83.9%	17.7%
Pertenece a organización	0.1%	2.9%	0.1%	1.0%
Variación Explicada	45.0%	34.0%	21.0%	100%

Dado que los índices calculados a través de un promedio simple y un promedio ponderado utilizando los pesos proveídos por el PCA tienen un coeficiente de correlación de más del 90 por ciento, se concluyó que los resultados estimados con el índice simple eran robustos.

ANEXO 5
INDICE DE RIESGO RELATIVO ACTUAL DE SISTEMAS GANADEROS EN LOS MUNICIPIOS DE NICARAGUA

Ranking	Municipio	Riesgo Relativo
1	El Viejo	8.62
2	Villa El Carmen	8.09
3	Granada	7.70
4	Puerto Cabezas	7.20
5	El Rama	6.96
6	Tipitapa	6.67
7	La Paz Centro	6.24
8	El Coral	6.13
9	Bluefields	6.11
10	San Miguelito	6.01
11	León	5.99
12	El Tortuguero	5.92
13	San Francisco Libre	5.87
14	Waspan	5.68
15	La Cruz de Río Grande	5.56
16	Chinandega	5.51
17	San Lorenzo	5.49
18	Mateare	5.42
19	Juigalpa	5.36
20	Morrito	5.18
21	Muelle de los Bueyes	5.05
22	Puerto Morazán	5.00
23	Ciudad Darío	4.96
24	Somotillo	4.95
25	Telica	4.94
26	El Castillo	4.90
27	Buenos Aires	4.89
28	Cuá - Bocay	4.86
29	Managua	4.83
30	Nagarote	4.76
31	Acoyapa	4.76
32	Kukra Hill	4.75
33	Teustepe	4.74
34	Villa Nueva	4.71
35	San Carlos	4.70
36	El Almendro	4.59
37	Posoltega	4.57
38	Jinotega	4.42
39	Potosí	4.42
40	Siuna	4.37
41	Rosita	4.34
42	Sébaco	4.28
43	El Jicaral	4.27
44	San Isidro	4.16
45	Estelí	4.13
46	El Ayote	4.12
47	Belén	4.11
48	Nueva Guinea	4.06
49	Diriamba	4.06
50	Jalapa	3.97
51	Santo Domingo	3.96
52	Tisma	3.91
53	Waslala	3.89
54	Larreynaga	3.83
55	San Rafael del Sur	3.83
56	Tola	3.80
57	El Sauce	3.80
58	Comalapa	3.73
59	Laguna de Perlas	3.54
60	Cárdenas	3.50
61	Nandaime	3.47
62	Prinzapolka	3.45
63	Wiwili (jinoteguita)	3.42
64	San Juan del Sur	3.36
65	Matiguás	3.28
66	Villa San Francisco	3.27
67	Masaya	3.25
68	El Tuma-La Dalia	3.24
69	Somoto	3.12
70	San Jorge	3.06
71	Rivas	3.04
72	Muy Muy	3.03
73	Santo Tomás	3.02
74	Nindirí	3.01
75	Camoapa	2.98
76	Río Blanco	2.98
77	Bocana de Paiwas	2.93
78	San Pedro de Lóvago	2.88
79	Quezalguaque	2.88
80	San Juan de Limay	2.86
81	Boaco	2.81
82	San Francisco de Cuapa	2.80
83	Matagalpa	2.79
84	Jinotepe	2.72
85	Telpaneca	2.70
86	La Libertad	2.69
87	Quilalí	2.67
88	Diriomo	2.65
89	Wiwili NS	2.65
90	El Realejo	2.63
91	Rancho Grande	2.61
92	Moyogalpa	2.49
93	San Ramón	2.47
94	La Conquista	2.43
95	San Rafael del Norte	2.43
96	Chichigalpa	2.42
97	Esquipulas	2.35
98	La Trinidad	2.33
99	Achuapa	2.31
100	San José de los Remates	2.28
101	Santa Rosa del Peñón	2.22
102	Ocotal	2.22
103	Terrabona	2.21
104	Desembocadura del Río Grande	2.19
105	Santa María	2.18
106	Altagracia	2.16
107	Palacaguina	2.16
108	San Juan de Río Coco	2.10
109	Condega	2.09
110	Santa María de Pantasma	2.07
111	San Fernando	1.97
112	San Nicolas	1.94
113	Nandasmo	1.94
114	Bonanza	1.93
115	La Concepci≤n	1.91
116	Santa Lucía	1.89
117	Totogalpa	1.85
118	Catarina	1.83
119	San Marcos	1.83
120	Santa Teresa	1.79
121	Cinco Pinos	1.77
122	San Dionisio	1.76
123	Ticuantepe	1.73
124	Masatepe	1.73
125	Mosonte	1.72
126	Ciudad Sandino	1.69
127	Niquinohomo	1.67
128	San Juan de Oriente	1.65
129	San Pedro del Norte	1.59
130	Pueblo Nuevo	1.58
131	La Concordia	1.57
132	Diriá	1.56
133	Santo Tomás del Norte	1.50
134	Macuelizo	1.49
135	El Rosario	1.48
136	Corn Island	1.46
137	La Paz de Carazo	1.44
138	San Francisco del Norte	1.41
139	San Juan del Norte	1.41
140	Ciudad Antigua	1.40
141	El Crucero	1.39
142	El Jícaro	1.38
143	San Sebastián Yalí	1.33
144	San Lucas	1.24
145	Murra	1.17
146	Dipilto	1.05
147	San José de Cúsmapa	1.04
148	Las Sabanas	1.00
149	Yalaguina	0.00
150	Dolores	0.00
151	Corinto	0.00

ANEXO 6
INDICE DE RIESGO RELATIVO PROYECTADO (RCP 8.5; 2030S) DE SISTEMAS GANADEROS EN LOS MUNICIPIOS DE NICARAGUA

Ranking	Municipio	Riesgo Relativo
1	El Viejo	9.06
2	Villa El Carmen	8.62
3	Granada	8.40
4	Puerto Cabezas	7.51
5	El Rama	7.41
6	Tipitapa	7.19
7	El Coral	6.68
8	La Paz Centro	6.66
9	San Miguelito	6.54
10	Bluefields	6.42
11	El Tortuguero	6.39
12	León	6.34
13	San Francisco Libre	6.26
14	San Lorenzo	5.99
15	Waspán	5.98
16	La Cruz de Río Grande	5.93
17	Mateare	5.91
18	Juigalpa	5.89
19	Chinandega	5.82
20	Morrito	5.52
21	Buenos Aires	5.44
22	El Castillo	5.40
23	Muelle de los Bueyes	5.37
24	Telica	5.34
25	Puerto Morazán	5.31
26	Ciudad Darío	5.30
27	Somotillo	5.26
28	Managua	5.20
29	Cuá - Bocay	5.17
30	Teustepe	5.17
31	Acoyapa	5.15
32	San Carlos	5.14
33	El Almendro	5.08
34	Nagarote	5.06
35	Villa Nueva	5.02
36	Siuna	5.00
37	Kukra Hill	4.99
38	Potosí	4.91
39	Posoltega	4.79
40	Rosita	4.68
41	Jinotega	4.62
42	El Jicaral	4.59
43	SΘbaco	4.59
44	Belén	4.46
45	El Ayote	4.43
46	Nueva Guinea	4.41
47	San Isidro	4.38
48	Diriamba	4.34
49	Estelí	4.31
50	Tisma	4.26
51	Waslala	4.23
52	Santo Domingo	4.19
53	Jalapa	4.17
54	Larreynaga	4.17
55	El Sauce	4.09
56	Comalapa	4.08
57	San Rafael del Sur	4.06
58	Tola	4.06
59	Nandaime	4.03
60	Cárdenas	3.72
61	Laguna de Perlas	3.67
62	Masaya	3.64
63	Prinzapolka	3.63
64	Wiwili (jinoteguita)	3.61
65	San Juan del Sur	3.60
66	Villa San Francisco	3.55
67	Matiguás	3.49
68	Nindirí	3.37
69	El Tuma-La Dalia	3.36
70	Somoto	3.34
71	San Jorge	3.30
72	Camoapa	3.30
73	Muy Muy	3.28
74	Río Blanco	3.26
75	Rivas	3.25
76	Santo Tomás	3.21
77	San Pedro de Lóvago	3.17
78	Bocana de Paiwas	3.16
79	Quezalguaque	3.09
80	San Francisco de Cuapa	3.07
81	Boaco	3.01
82	San Juan de Limay	3.01
83	La Libertad	2.92
84	Diriomo	2.91
85	Jinotepe	2.87
86	Matagalpa	2.87
87	Telpaneca	2.84
88	Quilalí	2.77
89	Rancho Grande	2.76
90	Wiwili NS	2.76
91	El Realejo	2.72
92	Moyogalpa	2.66
93	La Conquista	2.60
94	San Rafael del Norte	2.57
95	San Ramón	2.56
96	Chichigalpa	2.53
97	Esquipulas	2.48
98	San José de los Remates	2.45
99	Achuapa	2.44
100	La Trinidad	2.43
101	Terrabona	2.41
102	Santa María	2.39
103	Santa Rosa del Peñón	2.37
104	Ocotal	2.37
105	Palacaguina	2.33
106	Altagracia	2.28
107	Desembocadura del Río Grande	2.27
108	Santa María de Pantasma	2.19
109	Condega	2.19
110	San Juan de Río Coco	2.16
111	Nandasmo	2.16
112	La Concepción	2.09
113	San Fernando	2.04
114	Catarina	2.04
115	Bonanza	2.02
116	Santa Lucía	2.01
117	San Nicolas	1.99
118	Totogalpa	1.98
119	San Marcos	1.98
120	Santa Teresa	1.93
121	Cinco Pinos	1.93
122	Ticuantepe	1.89
123	Masatepe	1.89
124	San Dionisio	1.85
125	Ciudad Sandino	1.84
126	Niquinohomo	1.81
127	San Juan de Oriente	1.81
128	Mosonte	1.80
129	La Concordia	1.66
130	Diriá	1.65
131	San Pedro del Norte	1.65
132	Pueblo Nuevo	1.63
133	Santo Tomás del Norte	1.62
134	El Rosario	1.58
135	Macuelizo	1.54
136	Corn Island	1.54
137	La Paz de Carazo	1.51
138	San Francisco del Norte	1.47
139	El Crucero	1.46
140	San Juan del Norte	1.45
141	Ciudad Antigua	1.45
142	El Jícaro	1.42
143	San Sebastián Yalí	1.37
144	San Lucas	1.27
145	Murra	1.19
146	Dipilto	1.06
147	San José de Cúsmapa	1.05
148	Las Sabanas	1.00
149	Yalaguina	0.00
150	Dolores	0.00
151	Corinto	0.00