

Escenarios del Clima Futuro para Maíz y Frijol: Caminos para la Adaptación en Nicaragua



Escenarios del Clima Futuro para Maíz y Frijol: Caminos para la Adaptación en Nicaragua

ESCENARIOS DEL CLIMA FUTURO PARA MAIZ Y FRIJOL: Caminos para la adaptación en Nicaragua

Documento realizado por:

Enrique de Loma-Ossorio Friend. Instituto de Estudios del Hambre (IEH)
Almudena García Ruiz. Instituto de Estudios del Hambre (IEH)
Mauricio Jesús Córdoba Salinas. Agrónomos y Veterinarios sin Fronteras (AVSF)
Jaime Ribalaygua Batalla. Fundación para la Investigación del Clima (FIC)

Colaboradores:

Emma Gaitán. Fundación para la Investigación del Clima (FIC)
Javier Pórtoles. Fundación para la Investigación del Clima (FIC)
Robert Monjo i Agut, Fundación para la Investigación del Clima (FIC)

Maquetación:

Roger Argueta
Primera edición: abril de 2014

La publicación “ESCENARIOS DEL CLIMA FUTURO PARA MAIZ Y FRIJOL: Caminos para la adaptación en Nicaragua” fue posible gracias al apoyo financiero de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) en el marco del proyecto 11-PR1-0175.

Cita sugerida: De Loma-Ossorio, E.; García R., A.; Córdoba, M.; Ribalaygua, J. (2014). “Escenarios del clima futuro para maíz y frijol: Caminos para la adaptación en Nicaragua”, Instituto de Estudios del Hambre, Madrid, España.

© IEH 2014. Algunos derechos reservados – Para más detalles ver licencia de copyright

Autores: Enrique de Loma-Ossorio Friend y Almudena García Ruiz (IEH), Mauricio Córdoba Salinas (AVSF) y Jaime Ribalaygua Batalla (FIC).

Para más información contactar: IEH - Instituto de Estudios del Hambre, C/ Manuela Malasaña nº 24, 4º centro-izquierda, 28004 Madrid. España. Tel: +34 91-5913084, Email: info@ieham.org, Web: <http://www.ieham.org>

Esta publicación está realizada bajo licencia Creative Commons 3.0 España (Reconocimiento; Uso No Comercial; Sin Obra Derivada) <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/legalcode>.

Reconocimiento – Tiene que reconocer los créditos de la manera establecida por el autor.

Uso No comercial – No puede utilizar esta obra con fines comerciales.

No Obras derivadas – No puede alterar ni transformar esta obra, ni adaptarla o utilizarla para crear un trabajo derivado del original.

Pueden reproducirse secciones de este documento con finalidad no comercial sin autorización previa siempre que sea citada la fuente, sujeto a las condiciones establecidas en la licencia Creative Commons. Para cualquier reutilización o distribución deben de dejar claro a terceros los términos de la licencia de esta obra. En caso de utilizar esta obra, se solicita hacer referencia al IEH (www.ieham.org) y enviar una copia del trabajo realizado o un link a info@ieham.org a fin de utilizarlo on-line en nuestro archivo.

ÍNDICE

Siglas	5
1. Introducción	7
2. Metodología: Vinculando la ciencia del clima y la práctica del desarrollo	9
3. Caracterización de los tres territorios de estudio	17
3.1. Características del clima	18
3.2. Medios de vida	25
4. Escenarios locales de cambio climático	31
4.1. Escenarios de los municipios del Golfo de Fonseca (Chinandega)	31
4.2. Escenarios de Mozonte (Nueva Segovia)	33
4.3. Escenarios de San Dionisio (Matagalpa)	35
4.4. Conclusión de los escenarios	37
5. Efectos del cambio climático en maíz y frijol	39
5.1. Efectos en los periodos de cultivo	39
5.2. Efectos en maíz	44
5.3. Efectos en frijol	54
6. Conclusiones	69
6.1. Tendencias generales del clima futuro	69
6.2. Conclusiones para maíz	70
6.3. Conclusiones para frijol	71
7. Estrategias de adaptación	73
7.1. Objetivos de las estrategias de adaptación	73
7.2. Estrategia de adaptación de los sistemas productivos maíz y frijol	74
7.3. Estrategias complementarias para aumentar la resiliencia de los sistemas productivos	80
7.4. Estrategias generales a nivel de las unidades territoriales	81
Bibliografía	84
Anexo 1	86

Siglas¹

ACJ	Asociación Cristiana de Jóvenes en Nicaragua.
ADAA	Área de Desarrollo Agrario Rural de la UCA.
AECID	Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
AMC	Asociación Médica Cristiana.
APEN	Asociación de Productores y Exportadores de Nicaragua.
AVSF	Agrónomos y Veterinarios sin Fronteras.
BICU	Bluefields Indian and Caribbean University.
CanESM2	Canadian Earth System Model.
CC	Cambio climático.
CAPs	Comités de Agua Potable y Saneamiento.
CIDEA	Instituto de Investigación, Capacitación y Desarrollo Ambiental.
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5.
COMUSSAN	Comisión Municipal de Soberanía, Seguridad Alimentaria y Nutricional.
ENACAL	Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios.
GIZ	Cooperación Técnica Alemana.
IEH	Instituto de Estudios del Hambre.
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
FAREM-Estelí	Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí.
FCEE	Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la UCA.
FIC	Fundación para la Investigación del Clima.
GFDL ESM2M	Geophysical Fluid Dynamic Laboratory Earth System Model.
GPC	Gabinetes de Poder Ciudadano.
INETER	Instituto Nacional de Estudios Territoriales.
INTA	Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.
INPESCA	Instituto Nicaragüense de Pesca y Acuicultura.
IPCC-AR	Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático.
MC	Modelos Climáticos.
NCEP	National Centers for Environmental Prediction.
NOR	Modelo Noruego.
MPI	Max Planck Institute.
PMA	Programa Mundial de Alimentos.
RCPs	Representative Concentration Pathways (Sendas Representativas de Concentración).
UCA	Universidad Centroamericana.
UCOSD	Unión de Campesinos Organizados de la Cuenca de San Dionisio.
UNAG NS	Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos, filial Nueva Segovia.
UE	Unión Europea.

¹ Las siglas de los índices agroclimáticos y su descripción se encuentran en el anexo 1.



1. Introducción

Las simulaciones mediante modelos climáticos son elementos esenciales en cualquier estrategia de adaptación, ya que permiten una mejor planificación mediante la anticipación a los impactos futuros. Sin embargo, en la actualidad hay mucha dispersión en los esfuerzos realizados en esa dirección y no hay muchas instituciones u organizaciones de desarrollo que estén aplicando de manera práctica la modelización del clima en sus acciones de adaptación al clima futuro. A la hora de definir estrategias de adaptación las primeras preguntas que nos debemos de hacer son las siguientes “¿A qué clima tenemos que adaptarnos?” “¿Cómo podemos conocer de manera robusta el clima del futuro?”.

Por otro lado, aunque las causas del cambio climático adquieran dimensiones globales, las consecuencias van a ser locales por lo que para cada uno de nosotros el cambio climático va a tener implicaciones diferentes en función de nuestra localidad o de nuestros medios de subsistencia. Para ello es importante poder responder un segundo grupo de preguntas: “¿Cómo está previsto que cambie el clima en nuestra localidad?, ¿en qué medida nuestros medios de vida van a ser afectados o beneficiados?”.

La Fundación para la Investigación del Clima (FIC) y el Instituto de Estudios del Hambre (IEH) llevan trabajando desde 2009 en la aplicación de la simulación del clima para mejorar la seguridad alimentaria. El principio fundamental del enfoque que están aplicando es el de ser capaces de utilizar los avances científicos del clima en la práctica del desarrollo y “establecer puentes” entre estos dos esferas de conocimiento, frecuentemente aisladas una de la otra. Para ello, han desarrollado una metodología innovadora diseñada para analizar los efectos del cambio climático sobre los sistemas productivos y desarrollar estrategias de adaptación que fortalezcan la resiliencia de las poblaciones vulnerables. Esta metodología se basa en la adaptación y aplicación de una robusta herramienta de *downscaling*² que ha demostrado obtener excelentes resultados a la hora de generar escenarios locales de cambio climático y de “traducir” esta información al lenguaje de los técnicos que trabajan en desarrollo (extensionistas, facilitadores comunitarios, etc) y de las familias cuyos medios de vida dependen del clima (agricultura, pesca y recursos naturales) y que son las más vulnerables al cambio climático.

En el caso de Nicaragua esta metodología se ha aplicado con el apoyo de la Universidad Centroamericana (UCA) en las investigaciones realizadas por diversas organizaciones participan-

² Las técnicas de *downscaling* “traducen” la información atmosférica de baja resolución que proporcionan los Modelos Climáticos Globales, en el clima en la superficie (temperatura, precipitación) a nivel local..



tes³ en el Diplomado Superior en “Adaptación al cambio climático: aplicación a la Soberanía y la Seguridad Alimentaria y Nutricional”.

En concreto esta publicación resume el trabajo realizado en coordinación con Agrónomos y Veterinarios Sin Fronteras (AVSF), que han incorporado a esta metodología su conocimiento en procesos participativos a nivel comunitario, contribuyendo en el desarrollo de las acciones a nivel de agricultura familiar para conocer los efectos del cambio climático y definir estrategias de adaptación.

La publicación resume los resultados obtenidos en tres de las áreas más vulnerables al cambio climático de Nicaragua: Matagalpa, Nueva Segovia y Chinandega. En las tres áreas se encuentran poblaciones rurales cuyos medios de vida tienen una elevada dependencia de los recursos naturales (bosques, pesca) y de la agricultura de secano, en las que hemos presenciado un elevado impacto del fenómeno del Niño y de la Niña. Son áreas en las que la mayor variabilidad climática está incidiendo año a año en una menor resiliencia de sus medios de vida y consecuentemente en la pobreza de las comunidades rurales.

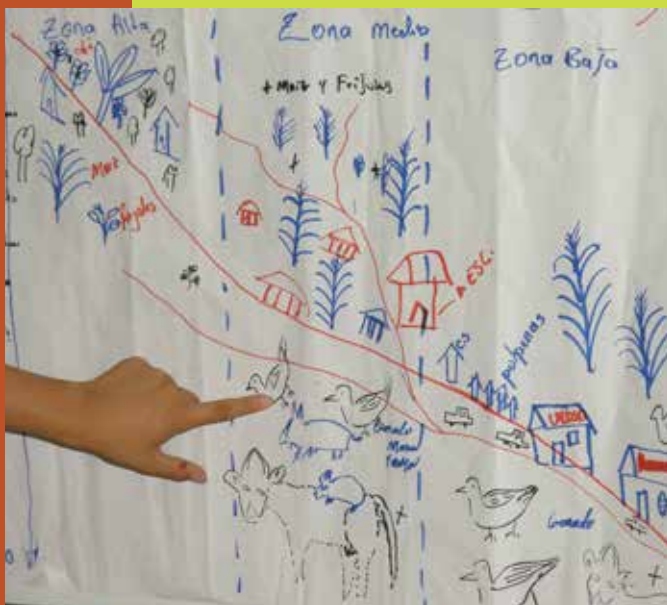
Con esta publicación se pretende también destacar las importantes diferencias que se pueden dar en las tendencias del clima futuro entre zonas con características climáticas similares y próximas entre sí. Esto refuerza la hipótesis de que el clima puede cambiar de manera diferente en áreas relativamente próximas, y que es fundamental analizar el cambio climático a nivel local, ya que cada localidad puede arrojar resultados muy diferentes y requerirá de estrategias de adaptación propias.

Los medios de vida analizados han sido el maíz y el frijol, que son productos claves para la seguridad alimentaria en Nicaragua, tanto por su aporte en las dietas alimenticias y su componente cultural, como por su contribución a la subsistencia de las poblaciones más vulnerables y al desarrollo económico del medio rural nicaragüense.

El documento inicia con la explicación de la metodología utilizada, dirigida a establecer vínculos entre la ciencia del clima y la práctica del desarrollo a nivel local. La siguiente sección identifica las características de los medios de vida en las tres áreas de estudio, así como la incidencia del clima.

A continuación se describen los resultados de la simulación de los escenarios de tendencias de cambio climático destacando las diferencias encontradas entre ellas. Una de las partes centrales del documento es el análisis de los efectos del cambio climático en el maíz y el frijol en cada uno de los tres territorios analizados. Esta es la información que sirve de base para la elaboración participativa de estrategias de adaptación para cada zona.

3 AMC, PMA, ACJ Nicaragua, Aldea Global, Nitlapan, Fundación San Lucas Nicaragua, FAREM- Esteli, BICU, Mundo Renovado, APEN, GIZ, ENACAL, ADAA, FCEE, Christian Reform World Relief Committee y el INPESCA.



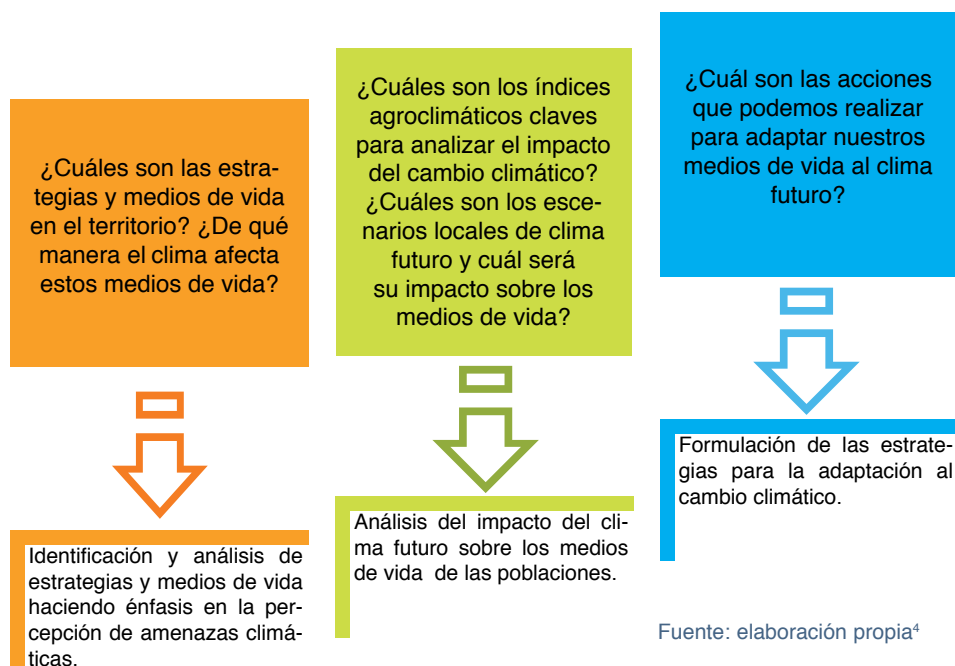
2. Metodología

Vinculando la ciencia del clima y la práctica del desarrollo

La metodología desarrollada por FIC e IEH, y aplicada con la colaboración de AVSF a Nicaragua posee diversos aspectos innovadores, como su capacidad para traducir el “lenguaje científico” sobre el clima al lenguaje que usan los expertos y los pequeños agricultores. Por un lado, cumple con los requisitos necesarios para la generación robusta de escenarios de cambio climático, ya que utiliza las proyecciones climáticas y metodologías de downscaling más avanzadas.

Por otro lado, emplea un método participativo que involucra a técnicos y pequeños agricultores en los procesos de identificación de los aspectos más vulnerables al cambio climático y la formulación de índices para evaluar cómo va a influir el cambio climático en un sistema productivo o cadena de valor en concreto.

Figura 1. Esquema de las etapas del proceso.



4 Todas las figuras de este documento han sido elaboradas por los autores.

El enfoque general utilizado contempla los tres aspectos necesarios para afrontar la adaptación al cambio climático:

- la descripción de las posibles condiciones del clima futuro;
- la evaluación de cómo va a influir ese clima futuro en los medios de vida;
- las recomendaciones para minimizar los impactos negativos identificados (y sacar provecho de los positivos), incluyendo medidas eficaces de adaptación al clima futuro.

La metodología de trabajo contempla seis etapas clave que se pueden agrupar en tres espacios de análisis, resumidos en la figura 1, y que responden a una serie de interrogantes planteadas.

a. Caracterización de la zona de estudio y de sus medios de vida.

El estudio se ha realizado en siete municipios ubicados en tres departamentos.

- Chinandega: Puerto Morazán, Chinandega, El Viejo, Somotillo y Villanueva
- Nueva Segovia: Mozonte
- Matagalpa: San Dionisio

En estos municipios se describió el clima actual a través del análisis de los datos históricos de las estaciones meteorológicas representativas de la zona. La descripción del clima de la zona fue elaborada a partir de datos históricos diarios de, al menos, 30 años de temperatura y precipitación, proporcionados por el Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER) de las estaciones meteorológicas de la zona que se exponen en el cuadro n°1.

Cuadro 1. Estaciones meteorológicas utilizadas					
Departamento	Municipio	Temperatura	Precipitación	Nombre de la estación ⁵	
Chinandega	Somotillo		58007	Somotillo	
	Villanueva		60008	Villanueva	
				60009	Villa 15 de Julio
	Puerto Morazán	64018	64018	Chinandega	
	El Viejo (Estero Real)		64018		Chinandega
				62001	Hacienda Cosigüina
	El Viejo (Reserva Padre Ramos)			62002	Potosi
Chinandega		64018	64018	Chinandega	
Matagalpa	San Dionisio		55016	San Dionisio	
	Muy Muy	55027	55027	Muy Muy	
Nueva Segovia	Macuelizo		45008	Macuelizo	
	Ocotal	45017	45017	Ocotal	

5 La estación de Chinandega se tomó como referencia para los municipios de El Viejo y Puerto Morazán, pues la otra estación que podría ser tomada como referencia con disponibilidad de dato de temperatura es Choluteca (Honduras), y los cambios previstos de temperatura son muy parecidos en ambas estaciones.

También se identificaron los actores y los medios de vida de cada lugar mediante reuniones con grupos focales con la participación de autoridades locales, organizaciones y familias productoras de la zona. A partir de mapas elaborados con la participación de las comunidades y con la realización de recorridos de campo se elaboraron transectos donde se ubican en el espacio las comunidades y los principales medios de vida.

b. Análisis participativo de la vulnerabilidad de los medios de vida al clima y de las estrategias implementadas por las comunidades para adaptarse a la variabilidad y al cambio climático.

Este paso es importante para conocer qué medios de vida son los más vulnerables al clima desde la percepción de la comunidad. Se recopiló información histórica sobre la influencia del clima sobre los medios de vida, las amenazas enfrentadas, así como las diferentes estrategias utilizadas para adaptarse a los cambios.

En este caso los principales medios de vida más influenciados por el clima en los tres territorios de estudio fueron el maíz y el frijol. El camarón, pesca, ganadería, plátano y ajonjolí, fueron también priorizados para la zona de Chinandega, en concreto en el Golfo de Fonseca y su estudio se encuentra en otra publicación⁶.

c. Identificación y verificación participativa de índices agroclimáticos claves por su incidencia sobre los medios de vida priorizados.

En esta etapa se profundiza el análisis del paso anterior para entender en qué aspectos concretos (etapas fenológicas, productivas...) el clima afecta al medio de vida. Para cada medio de vida seleccionado las comunidades determinan cuáles son los aspectos más críticos por su mayor sensibilidad y/o vulnerabilidad al clima (por ejemplo, una fase fenológica de un cultivo que es muy influida por altas temperaturas).

Posteriormente, con la colaboración de instituciones con experiencia en el ámbito agropecuario, acuícola y climatológico y la consulta de bibliografía especializada se procedió a la elaboración de “**índices agroclimáticos**” que miden cuantitativamente las necesidades de temperatura y precipitación de cada aspecto crítico.



La verificación de estos índices con las familias, productores y productoras y otros actores relevantes del territorio consiste en determinar si el comportamiento calculado del índice en el pasado se corresponde con la situación real observada por las comunidades (coincidencia en las tendencias obtenidas y las percepciones locales y también tomando años críticos como referencia). Los prin-

⁶ De Loma-Ossorio, E.; García R., A.; Córdoba, M.; Ribalaygua, J. (2014). “Estrategias de adaptación al cambio climático en municipios de Nicaragua del Golfo de Fonseca”, Instituto de Estudios del Hambre (IEH) y CIDEA, Madrid, España.

cipales índices agroclimáticos validados por medio de vida y también en función del territorio se encuentran en el anexo 1 de este documento.

d. Producción de escenarios de clima futuro y aplicación a los índices agroclimáticos.

Existen cinco aspectos claves que deberían ser considerados a la hora de una buena simulación del clima futuro, y que se recogen en esta metodología:

i) Utilización de los modelos climáticos (MC) más recientes. Los MCs están continuamente siendo renovados y mejorados. Lo normal es que aparezca una nueva versión cada 4-6 años, que es utilizada para el correspondiente IPCC-AR (Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático, por sus siglas en inglés). Los MCs empleados en este trabajo están entre los más recientes, los del CMIP5 (*Coupled Model Intercomparison Project Phase 5*), y fueron validados en Nicaragua. Para esta zona fueron empleados el *Canadian Earth System Model* (CanESM2), el *Modelo Noruego* (NOR), el alemán del *Max Planck Institute* (MPI) y el americano *Geophysical Fluid Dynamic Laboratory Earth System Model* (GFDL ESM2M). En cada uno de ellos se han utilizado 4 RCPs (Sendas Representativas de Concentración o *Representative Concentration Pathways*) para representar diferentes opciones sobre la posible evolución futura de la humanidad.

ii) Necesidad de escala diaria para las proyecciones futuras. Se precisan series diarias para explicar muchas características esenciales del clima (número de días consecutivos sin precipitación, precipitación máxima acumulada en 24 horas... o el efecto de días consecutivos de temperaturas extremas sobre la agricultura).

iii) Necesidad de proyecciones futuras con resolución local. El clima futuro traerá cambios con respecto al clima actual que serán muy diferentes en localidades cercanas, por lo que se requiere información local sobre el clima futuro para las actividades de adaptación. Sin embargo, las herramientas más poderosas disponibles para la simulación del clima futuro, los MCs, son configuraciones atmosféricas de baja resolución y no pueden representar los detalles del clima local. Para resolver este problema se han desarrollado las técnicas de *downscaling*. Estas técnicas obtienen los efectos en superficie a escala local (precipitación, temperatura) requeridos para la evaluación de impacto y la adaptación, a partir de la valiosa información que proporcionan los MCs. En nuestro caso la metodología de *downscaling* utilizada ha sido FICLIMA (más detalle en cuadro 2).

iv) Manejo de incertidumbres. La cuantificación de las incertidumbres inherentes a cualquier simulación climática es una de las áreas en las que la comunidad científica está centrando esfuerzos significativos. Para evaluar estas incertidumbres, en el proceso de obtención de proyecciones futuras se deben utilizar tantos MCs y escenarios de emisiones (RCPs) como sea posible. Cuanto más similares sean las proyecciones obtenidas de diferentes MCs y RCPs para una localización concreta, menos incertidumbres en la simulación del clima habrá para ese lugar.

v) Se deben realizar estudios completos de verificación y validación. Antes de producir las simulaciones futuras, las herramientas de *downscaling* deben ser verificadas y los MCs validados. Los procedimientos de verificación hacen posible evaluar si la herramienta de *downscaling* es capaz de “traducir” una información atmosférica de baja resolución (denominada “predictores”) a efectos en superficie de alta resolución (precipitación, temperatura, etc., denominados “predictandos”). Para esta verificación, la herramienta de *downscaling* se aplica a las “observaciones” (reanálisis

atmosféricos⁷) de los predictores y la simulación así obtenida se compara con las observaciones de los predictandos.

El proceso de validación permite evaluar si la simulación de un predictor mediante un MC refleja las configuraciones atmosféricas de esa área. Para ello, se aplica la herramienta de *downscaling* a los datos de control que proporciona cada MC para el pasado reciente (por ejemplo, 1960-2000) y se compara esta simulación con el clima observado.

La verificación y la validación deben realizarse y analizarse a escala local. Los resultados de verificación y validación locales proporcionan información útil para la cuantificación de las incertidumbres y para poder realizar un uso adecuado de los escenarios. Estos procedimientos de verificación y validación rigurosos y sistemáticos para todas las herramientas de *downscaling* y todos los MCs disponibles hacen posible identificar las fortalezas y debilidades de las distintas herramientas y MCs y encontrar complementariedades entre ellas.

Cuadro 2. La técnica de *downscaling* FICLIMA

Las técnicas estadísticas de *downscaling* consisten en establecer relaciones entre campos atmosféricos de gran escala (predictores) y variables de superficie de alta resolución como temperatura y precipitación (predictandos). Los escenarios se construyen aplicando esas relaciones a los resultados (simulaciones de los predictores para el futuro) que proporcionan los modelos climáticos (MCs).

La técnica de *downscaling* “FICLIMA”, desarrollada por la Fundación para la Investigación del Clima-FIC, ha sido verificada satisfactoriamente en diversos proyectos nacionales e internacionales y su aplicación a los estudios de impacto del cambio climático satisface los requisitos explicados previamente: FICLIMA utiliza los modelos climáticos más recientes de CMIP5, la mayoría de los cuales son Modelos del Sistema Tierra (ESM, por sus siglas en inglés), y sus resultados se utilizan para el Quinto Informe de Evaluación del IPCC; trabaja a escala diaria y genera series diarias de temperaturas máximas y mínimas, precipitación y otras variables, para cada proyección; utiliza información local de observatorios disponibles y genera en consecuencia escenarios locales; se consideran y cuantifican las incertidumbres mediante el *downscaling* de tantas proyecciones como sea posible (varios MCs con varias Sendas Representativas de Concentración –RCP- cada uno), y se llevan a cabo procesos de verificación y validación para cada variable, observatorio o punto de rejilla y MC (véase el ejemplo para la zona de Nueva Segovia con la estación meteorológica de Ocotal, figura 2 y 3).

Figura 2. Resultados de verificación para el departamento Nueva Segovia, estación de Ocotal correspondientes a la temperatura máxima (izquierda) y la temperatura mínima (derecha) para el periodo 1951-2011, en °C. En gris se representan los datos observados. En rojo y azul los datos simulados por FICLIMA por *downscaling* del reanálisis NCEP.

7 Un Reanálisis atmosférico es una representación tridimensional del estado de la atmósfera, a ciertas horas de cada día del periodo del pasado (el Reanálisis empleado ha sido el NCEP/NCAR que abarca 1951-2012). De esta manera, los Reanálisis se pueden considerar “observaciones” de los estados atmosféricos del pasado, y por tanto de los predictores (que son los campos atmosféricos de baja resolución que se utilizan como entrada para predecir los predictandos, que son la temperatura y la precipitación en superficie).

Cuadro 2. La técnica de downscaling FICLIMA

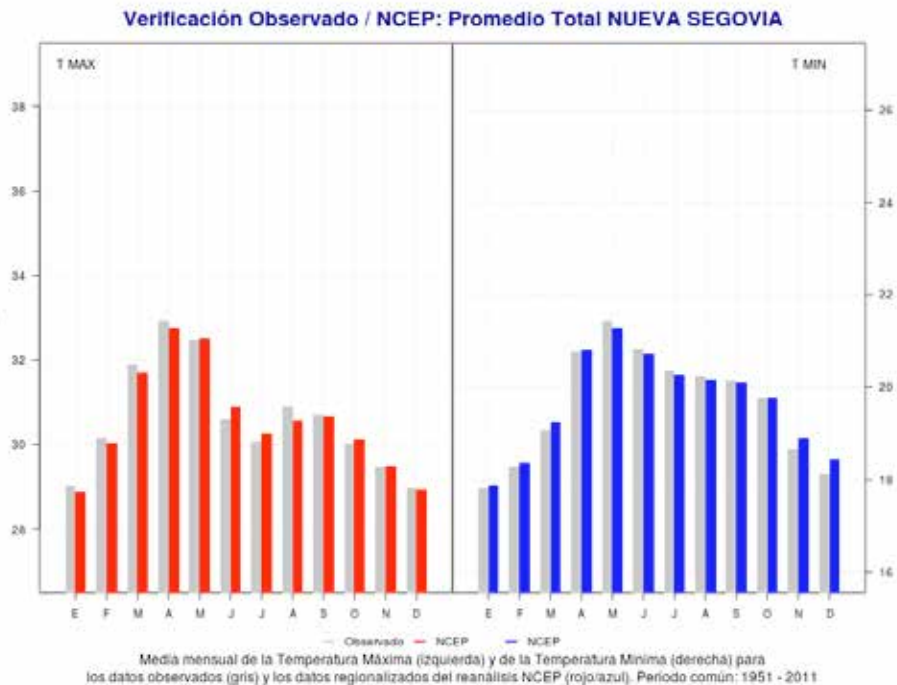
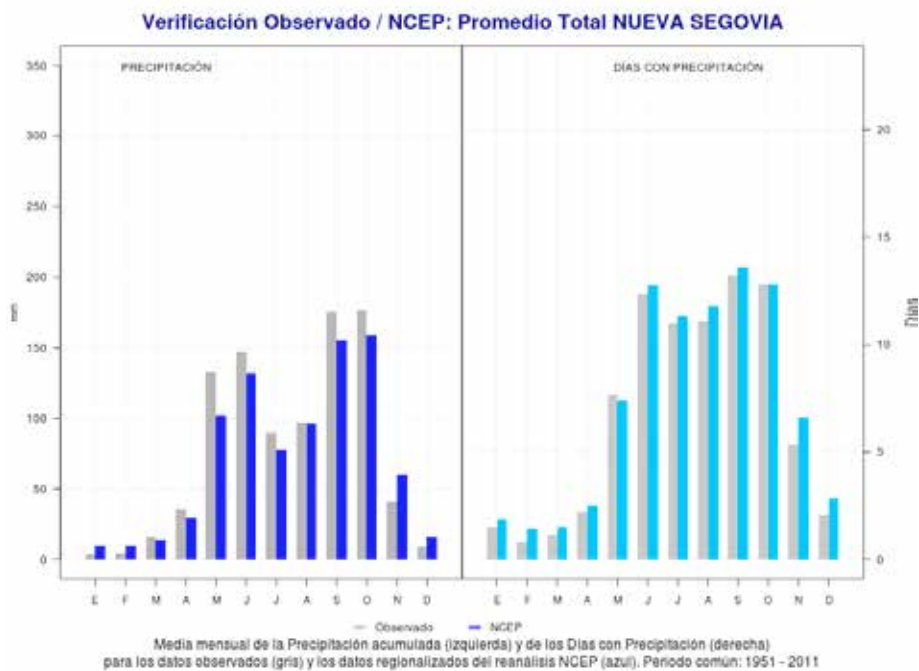


Figura 3. Resultados de verificación para el departamento de Nueva Segovia (datos promedio de las estaciones de Macuelizo y Ocotal) correspondientes a la cantidad de precipitación (izquierda) y el número de días con precipitación (derecha). En gris se representan los datos observados. En azul se representan los datos correspondientes al reanálisis NCEP. Unidades: mm y nº días.



Cuadro 2. La técnica de downscaling FICLIMA

Los resultados de verificación son excelentes para los tres departamentos estudiados, especialmente en el caso de la temperatura. Los resultados de validación son también buenos para el modelo alemán, tanto para precipitación como para temperatura, siendo el que mejores resultados ofrece de los cuatro utilizados para prácticamente todos los observatorios y variables. Para los restantes modelos los resultados son suficientemente buenos, excepto quizá para el caso del modelo GFDL que no simula adecuadamente el máximo relativo de precipitación de junio. En todo caso, salvo en las figuras 15, 17 y 19, se han utilizado en este trabajo las simulaciones de todos ellos, pero se deberá tener precaución en el análisis de precipitación de primera estimada por el GFDL.

Se pueden consultar más detalles de la técnica de downscaling FICLIMA en: www.ficlima.org/metodologia_downscaling_estadistica_FICLIMA.pdf

Una vez que se logra verificar y validar la metodología utilizada se producen simulaciones locales de clima futuro aplicando la técnica de downscaling a cada una de las proyecciones disponibles (una proyección para cada MC bajo cada RCP). Ver capítulo 4.

Las simulaciones se aplican a los índices agroclimáticos que fueron también verificados con las comunidades y expertos, lo que permite determinar la evolución temporal de estos índices y sus implicaciones para los medios de vida según diferentes MCs y RCPs, lo cual permite también cuantificar las incertidumbres.

e. Análisis de las amenazas y efectos previstos del CC sobre los medios de vida.

El análisis de las simulaciones obtenidas con las comunidades permitió identificar las principales amenazas y efectos del cambio climático en los medios de vida mediante grupos focales de familias productoras de la zona. En los mismos grupos focales se procedió a recopilar información sobre otros factores ambientales que influyen en el clima de la zona para incorporar estos factores como coadyuvantes del cambio del clima a nivel local.

f. Construcción de objetivos estratégicos, líneas de acción y acciones de adaptación.

A partir de las amenazas y efectos identificados en el paso anterior se procedió en los talleres con grupos focales (por medio de vida y a nivel municipal con los gobiernos locales) a la construcción de objetivos y líneas de acción para adaptación enfocados a la mejora de la resiliencia del sistema humano y natural ante el cambio climático. Esto implica definir qué ajustes es preciso introducir en los medios de vida priorizados, en este caso maíz y frijol.

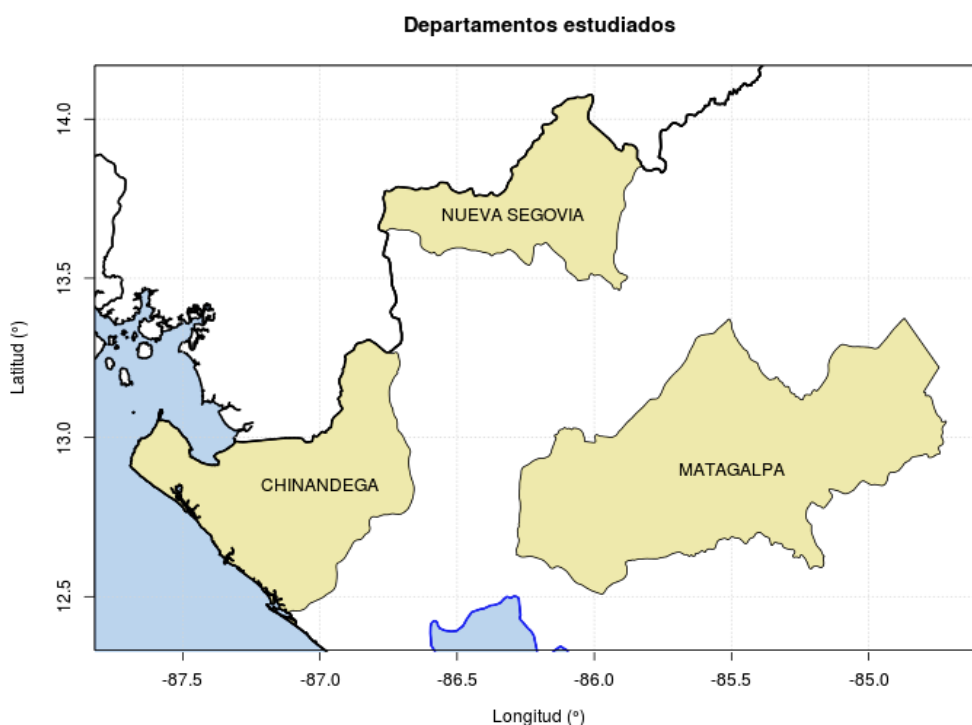


3. Caracterización de los tres territorios de estudio

Matagalpa, Nueva Segovia y Chinandega

Las zonas de estudio son tres de los territorios más vulnerables al cambio climático de Nicaragua: Matagalpa, Nueva Segovia y Chinandega, cuya ubicación geográfica se puede observar en la figura 4. Dentro de cada departamento se trabajó con organizaciones y comunidades de los siguientes municipios de referencia: San Dionisio (Matagalpa), Mozonte (Nueva Segovia) y Puerto Morazán, El Viejo, Somotillo, Chinandega y Villanueva (Chinandega). Los tres son territorios donde los medios de vida de las poblaciones rurales tienen una elevada dependencia de los recursos naturales (bosques, pesca) y de la agricultura de secano, en las que se ha presenciado un elevado impacto del fenómeno del Niño y de la Niña.

Figura 4. Ubicación geográfica de las áreas de investigación.



En este apartado se expone información sobre el clima de los municipios de estudio a través del análisis de las observaciones disponibles para, al menos, los últimos 30 años de precipitación y temperatura. A continuación se identifican los principales medios de vida de las zonas de estudio, especificándose aquellos que son más vulnerables al cambio climático desde la percepción de las comunidades donde se trabajó.

3.1. Características del clima.

El clima de Nicaragua está condicionado por su ubicación tropical e interoceánica, y por su orografía. Sus principales características son consecuencia de la interacción entre los fenómenos a escala planetaria (la Zona de Convergencia Intertropical, los anticiclones continentales procedentes de Norteamérica y los oceánicos procedentes de las Azores, los ciclones tropicales, y los fenómenos ENSO), los fenómenos a escala sinóptica (las ondas tropicales, las celdas convectivas y las vaguadas) y los fenómenos locales (brisas marinas y ondas de montaña).

Las características climáticas⁸ de los municipios de estudio se resumen en el cuadro 3.

Cuadro 3. Características de los departamentos de estudio: Chinandega, Nueva Segovia y Matagalpa			
	Chinandega-Golfo de Fonseca (5 municipios)	Nueva Segovia (Macuelizo-Ocotol)	Matagalpa (San Dionisio-Muy Muy)
Nº Observatorios Precipitación / Temperatura	7 / 2	2 / 1	2 / 1
T media anual	28-29 °C (Caliente)	24-25°C (Fresco)	25-26°C(Cálido)
T máxima media anual	34.2°C	30.6°C	30.4°C
T mínima media anual	22.9°C	19.5°C	20.8°C
P media anual promedio	1680 mm/año (Humedo)	1000 mm/año (semiseco)	1300 mm/año (sub-humedo)
P media anual en las zonas más húmedas	2000 mm/año	1200 mm/año	1800 mm/año
P media anual en las zonas más secas	1000 mm/año	800 mm/año	800 mm/año
Canícula	La canícula es benigna (10 a 15 días) en Chinandega; definida (15 a 20 días) en Pto Morazán y acentuada (20-30 días) y severa (más de 30 días) en las distintas áreas de Villanueva y Somotillo	La canícula es acentuada (20 a 30 días) en las zonas más altas y severa (más de 30 días) en las áreas medias y bajas	Aunque si hay canícula en algunos de los municipios de Matagalpa, en San Dionisio no se detecta

⁸ Obtenidas de las estaciones seleccionadas. Caracterización definida en el documento MAGFOR 2010, Nicaragua. Uso potencial de la tierra <http://www.magfor.gov.ni/descargas/publicaciones/mapas/CompendioMapas.pdf>

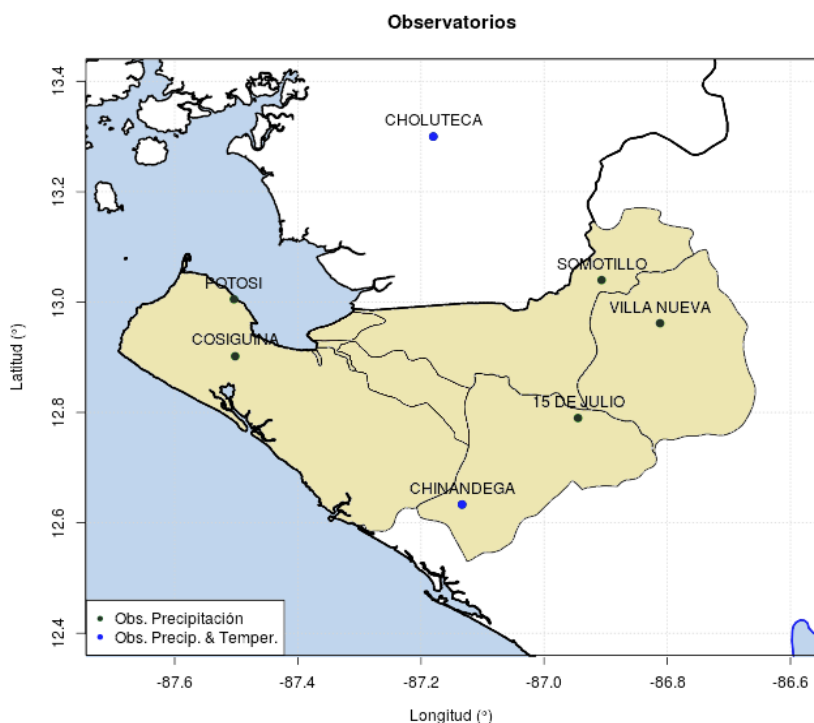
A grandes rasgos se puede hablar de tres zonas con importantes diferencias climáticas en Nicaragua: la zona del Atlántico, la zona norte y central, y la zona del Pacífico. Los departamentos identificados para esta investigación reflejan de una u otra manera estas diferencias climáticas. Los cinco municipios de Chinandega representarían las características del clima en la zona del Pacífico; y Mozonte y San Dionisio el Centro- Norte del país, ambas con un clima tropical seco, aunque la última de ellas sin periodo definido de canícula.

El Clima en Chinandega.

Atendiendo a la clasificación climática de Köppen, el departamento de Chinandega tiene un clima tropical seco con dos periodos bien marcados: un periodo de verano y un periodo lluvioso. El periodo de verano abarca desde el mes de noviembre hasta el mes de abril y el periodo lluvioso desde mayo a octubre.

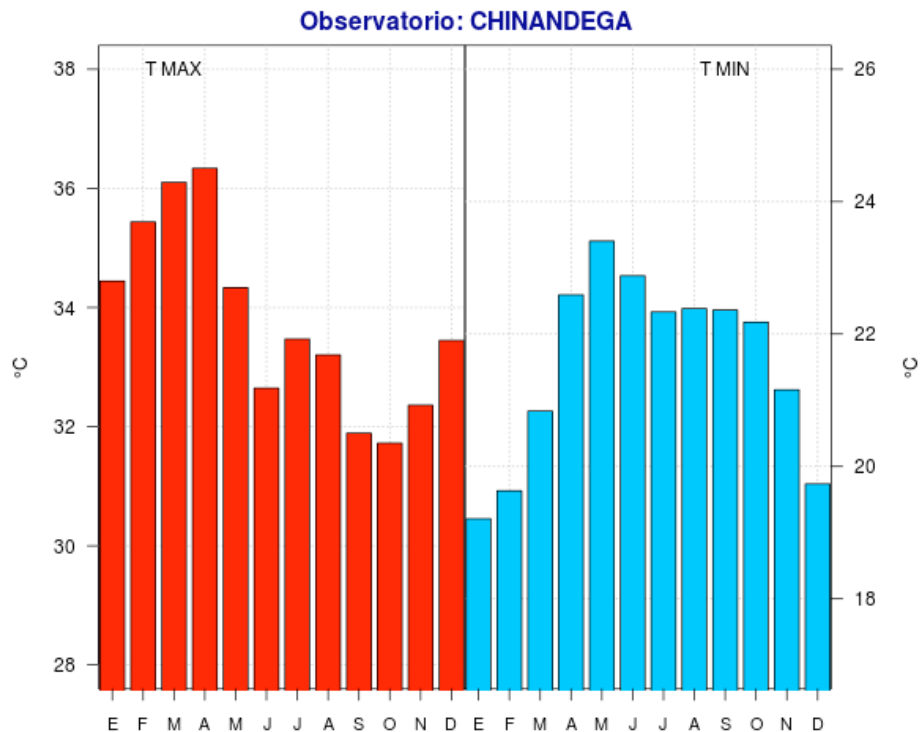
En la figura 5 se muestra la ubicación de los municipios de Chinandega, así como los observatorios meteorológicos utilizados en el estudio (en azul se muestran los observatorios con datos tanto de precipitación como de temperatura y en verde los que sólo tienen datos de precipitación).

Figura 5. Localización de los observatorios del Golfo de Fonseca en Chinandega. En verde se muestran los observatorios con datos de precipitación y en azul tanto los de precipitación como de temperatura.



El clima de la zona es caluroso durante todo el año. La oscilación térmica anual es baja (entre el mes más caluroso y el más fresco existe una diferencia de temperatura máxima inferior a 5°C y de temperatura mínima cercana a los 3°C). Las temperaturas máximas alcanzan valores superiores a los 30-32°C durante todo el año y las mínimas se sitúan por encima de los 20°C. La amplitud térmica diaria (diferencia entre la temperatura máxima y la mínima del día) es superior a 10°C en cualquier mes del año.

Figura 6. Climograma de temperatura máxima (izquierda) y mínima (derecha) correspondiente al promedio de las estaciones utilizadas para los municipios analizados del departamento de Chinandega. Unidades: °C.

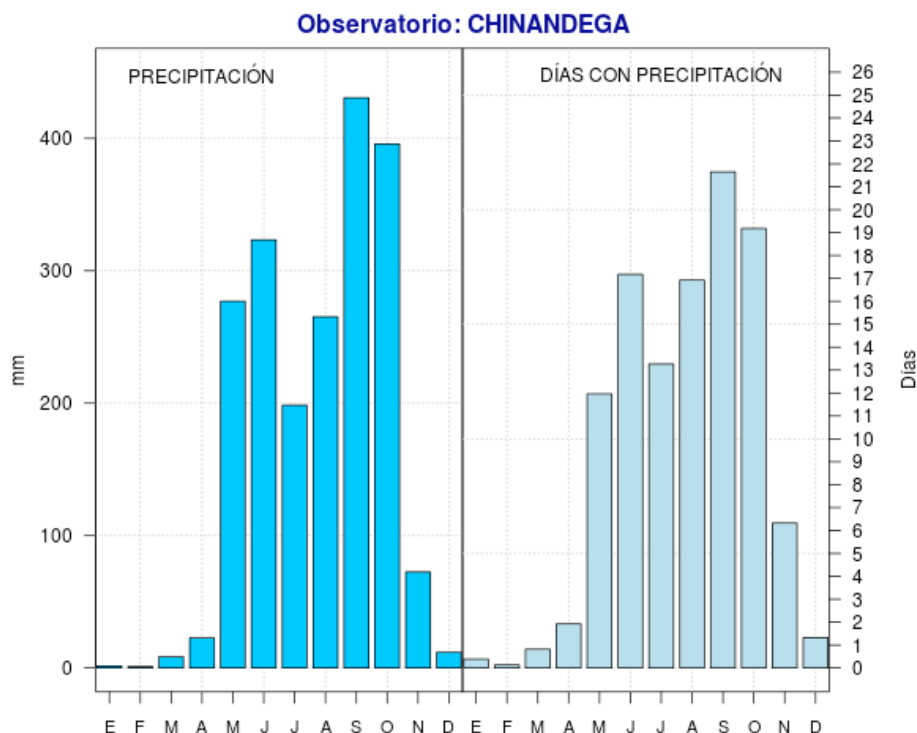


Las temperaturas máximas más altas se concentran entre febrero y abril (coincidiendo con la estación de verano), superándose los 35°C, y las temperaturas mínimas más altas en abril, mayo y junio cercanas a los 23°C. Los meses más frescos, en cuanto a temperatura máxima con unos 32°C, son septiembre y octubre y en el caso de la temperatura mínima, por debajo de 20°C, son diciembre y enero.

La precipitación anual es en las áreas más húmedas en torno a los 2000 mm y en los más secos alrededor de los 1000 mm, siendo el promedio de la precipitación anual de unos 1600-1700 mm. Los meses con mayor precipitación acumulada son los de septiembre y octubre, seguidos de mayo y junio. Entre ambos periodos con precipitaciones elevadas se observa el fenómeno de la canícula, que se caracteriza por un descenso de las precipitaciones entre la última quincena de julio y la primera de agosto (figura 7).



Figura 7. Climograma de cantidad de precipitación (izquierda) y número de días con precipitación (derecha) correspondiente al promedio de las estaciones utilizadas para los municipios analizados del departamento de Chinandega. Unidades: mm y días.



El Clima en Nueva Segovia.

El departamento de Nueva Segovia se caracteriza por un clima tropical con dos estaciones bien marcadas: una estación relativamente seca y una estación húmeda. El periodo seco va desde noviembre a abril y el periodo de lluvias se extiende desde mayo a octubre.

En la figura 8 se muestra la ubicación de los municipios de Nueva Segovia así como los observatorios meteorológicos utilizados en el estudio.

El clima es en promedio templado, con una temperatura media anual de unos 25°C. La oscilación térmica anual (diferencia entre el mes más caluroso y el más fresco del año) es también baja, de unos 4°C. Los meses con temperaturas máximas más altas son abril y mayo, por encima de los 32°C, y con temperaturas mínimas más altas abril, mayo y junio, situándose alrededor de los 21°C. Los meses más frescos son diciembre y enero con temperaturas máximas de unos 29°C y temperaturas mínimas cercanas a los 18°C. La oscilación térmica diaria (diferencia entre la temperatura máxima y la mínima del día) se sitúa en unos 10°C (ver figura 9).

Figura 8. Localización del Departamento de Nueva Segovia. En rojo se muestra el municipio donde se ha centrado el análisis con las comunidades. En azul se muestran los observatorios con datos tanto de precipitación como de temperatura y en verde los que sólo tienen datos de precipitación.

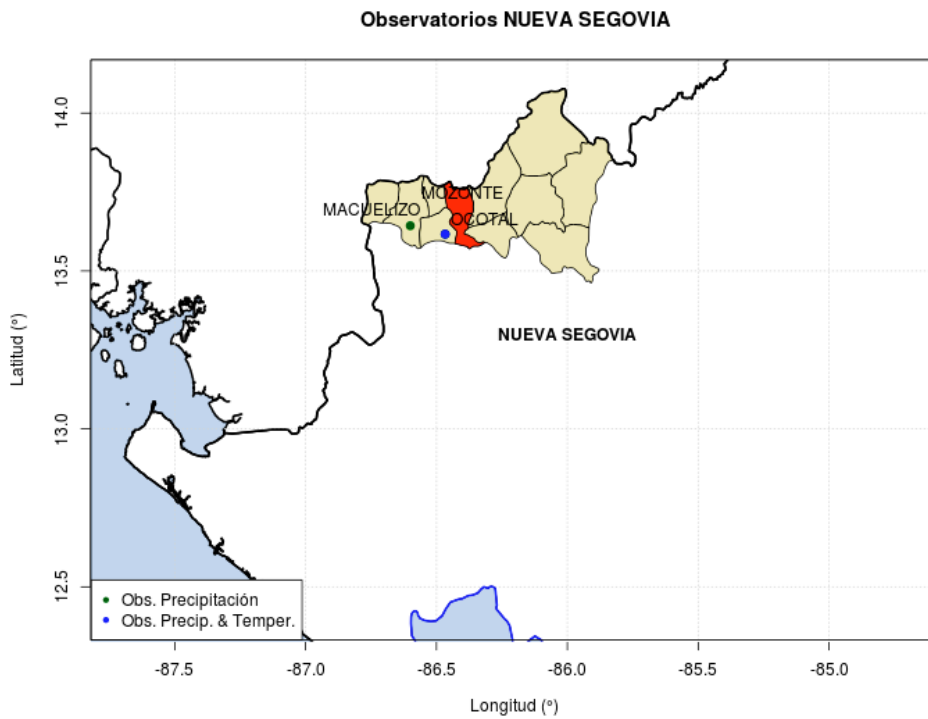
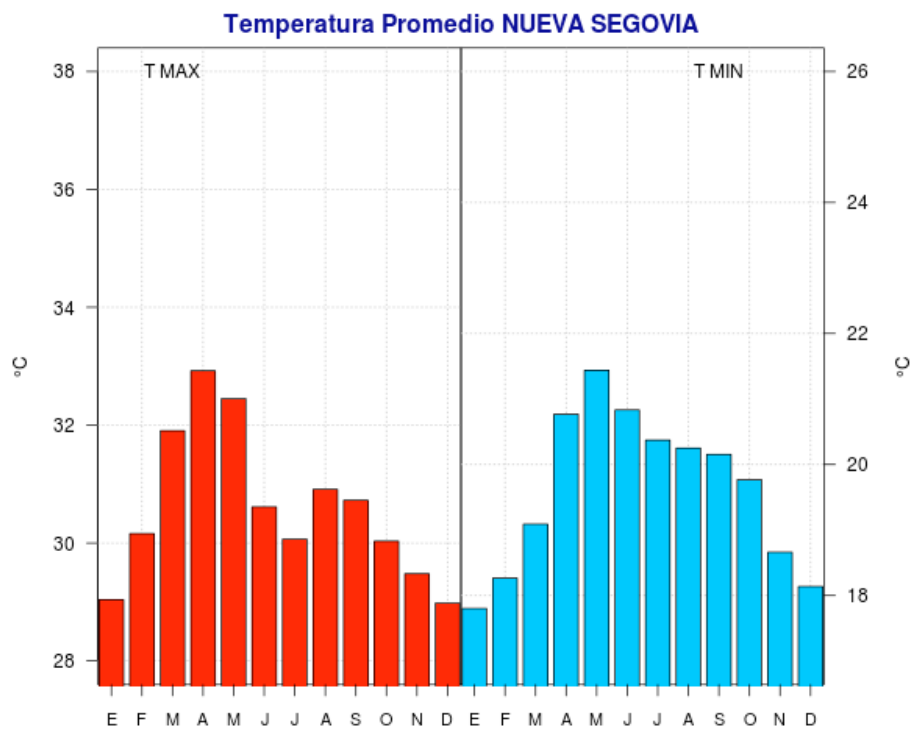
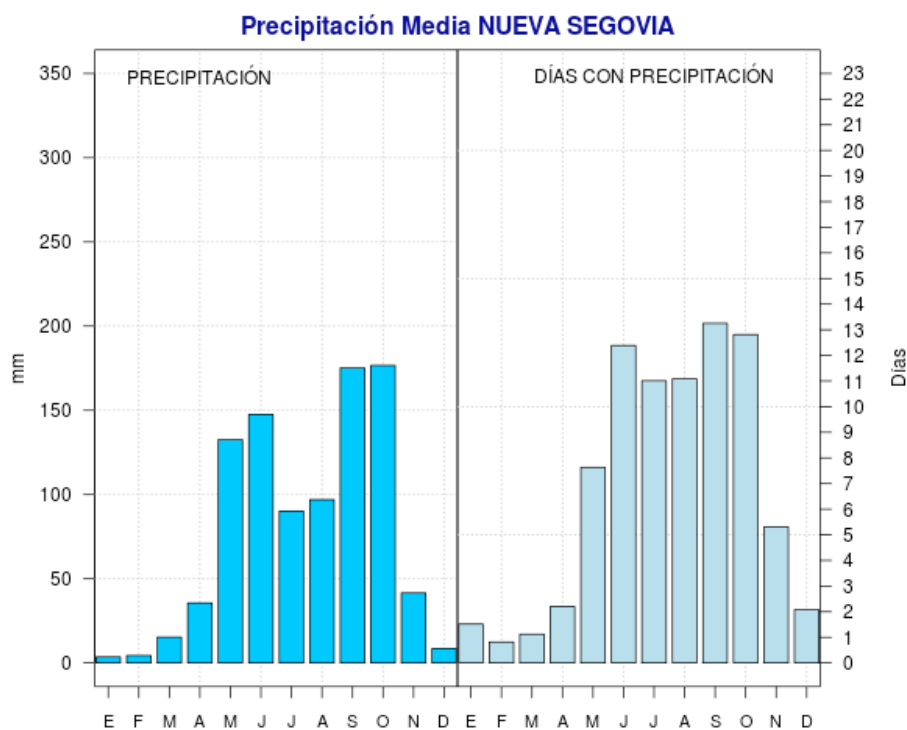


Figura 9. Climograma de temperatura máxima (izquierda) y mínima (derecha) correspondiente al promedio de las estaciones utilizadas para el departamento de Nueva Segovia. Unidades: °C.



Por su ubicación en el corredor seco, el municipio de Mozonte se ve afectado por una severa sequía que hace que las precipitaciones en esta parte del departamento sean inferiores a las de las otras dos zonas. La precipitación anual promedio se sitúa en unos 1000 mm/año, oscilando entre los 800 y los 1200 mm/año en las zonas más secas y más húmedas, respectivamente. La mayor cantidad de precipitación se concentra en los meses de septiembre y octubre (en torno a unos 175 mm/mes) seguidos de mayo y junio (por debajo de los 150 mm/mes). En los meses de julio y agosto se aprecia el fenómeno de la canícula, que se caracteriza por un descenso de las precipitaciones entre la segunda quincena de julio y la primera de agosto, con precipitaciones en torno a los 100 mm/mes. Todo ello se puede observar en la figura 10.

Figura 10. Climograma de cantidad de precipitación (izquierda) y número de días con precipitación (derecha) correspondiente al promedio de las estaciones utilizadas para el departamento de Nueva Segovia. Unidades: mm y días.



El Clima en Matagalpa.

En la figura 11 se muestra la ubicación de los municipios de Matagalpa así como los observatorios meteorológicos utilizados en el estudio. Para precipitación (Muy Muy y San Dionisio) y para temperatura (Muy Muy).

El clima de Matagalpa es caluroso, con una temperatura media anual que ronda los 26°C. La oscilación térmica anual (diferencia entre el mes más caluroso y el más fresco) es igualmente baja, 4°C en el caso de la temperatura máxima y 3°C en la temperatura mínima (ver figura 12).

Figura 11. Localización del Departamento de Matagalpa. En rojo se muestra el municipio donde se ha centrado el análisis con las comunidades. En azul se muestran los observatorios con datos tanto de precipitación como de temperatura, y en verde los que sólo tienen datos de precipitación.

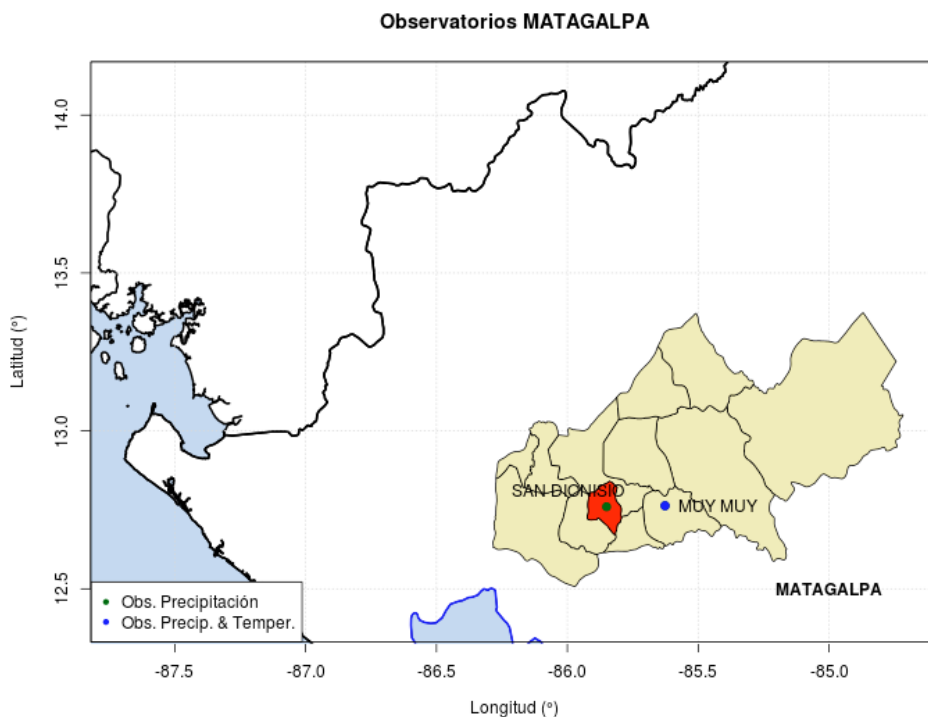
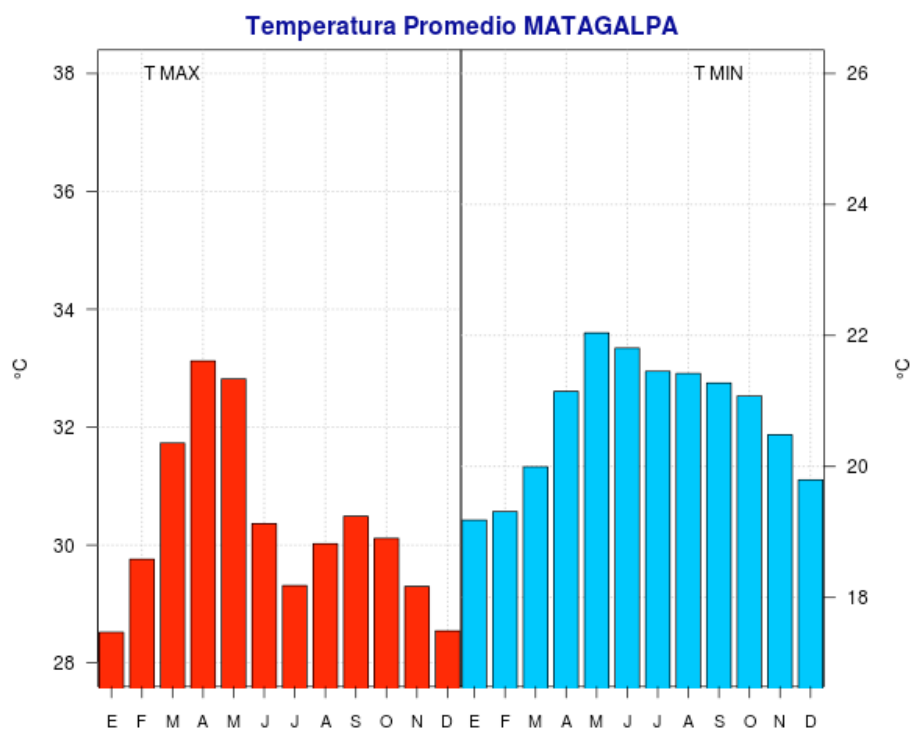
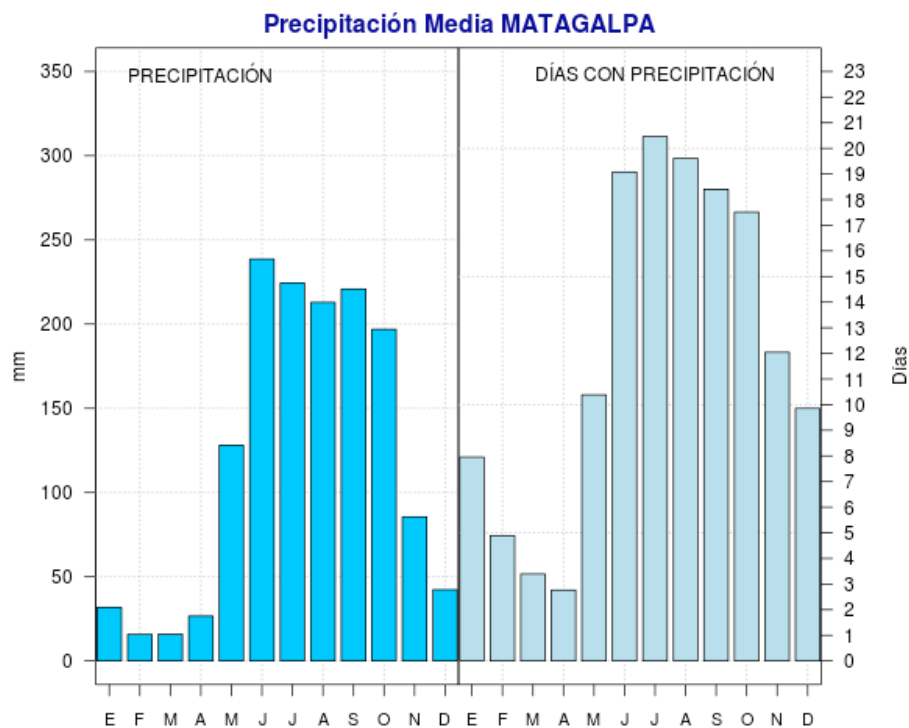


Figura 12. Climograma de temperatura máxima (izquierda) y mínima (derecha) correspondiente al promedio de las estaciones utilizadas para el departamento de Matagalpa. Unidades: °C



La precipitación obtenida de la información de los dos observatorios analizados (que puede no reflejar las características de todo el departamento) se caracteriza por un periodo relativamente seco, con precipitaciones que difícilmente alcanzan los 30 mm mensuales, y un periodo húmedo que va desde junio a noviembre. Durante estos meses se llegan a superar los 200 mm/mes. La precipitación anual en esta zona puede alcanzar desde los 800 mm/año en las zonas más secas hasta los 1800 mm/año en las más húmedas, con una precipitación anual promedio de unos 1300 mm/año. En el periodo de lluvias, no sólo hay bastantes más días de lluvia, sino que éstas son mucho más intensas. Por ejemplo, en el mes de diciembre llueven unos 40 mm repartidos en 10 días (4 mm/día de lluvia), mientras que en junio caen 240 mm en solo 19 días (12 mm/día de lluvia figura 13).

Figura 13. Climograma de precipitación (izquierda) y número de días con precipitación (derecha) correspondiente al promedio de las estaciones utilizadas para el departamento de Matagalpa. Unidades: mm y días.



3.2. Medios de vida.

Golfo de Fonseca (Chinandega).

La zona del Golfo de Fonseca de Nicaragua se encuentra en el departamento de Chinandega y la conforman cinco municipios: Chinandega, El Viejo, Puerto Morazán, Somotillo y Villanueva.

La fisiografía está conformada por planicies, lomeríos, serranías, conos volcánicos y zonas costeras de estuarios. Destacan las extensas y fértiles planicies que proporcionan un medio adecuado para el desarrollo de una amplia gama de cultivos. Los suelos son principalmente franco arcillosos y muy erosionados. En la zona costera, los suelos son francos con erosión leve⁹. El 21.6% del territorio del departamento es de vocación forestal. El 87% está conformado por terrenos con vocación agro-

9 IV Censo Nacional Agropecuario, Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE) y Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR). 2013

pecuaria propios para la producción de cultivos anuales, semiperennes, pastos y hortalizas y el 13% posee vocación pecuaria para el desarrollo ganadero.

Los medios de vida priorizados por su importancia económica y por ser más afectados por el clima son la pesca, la camaronicultura, el maíz, la ganadería, el ajonjolí y el plátano. A efectos de la presente publicación dirigida a comparar los efectos del cambio climático y construir estrategias de adaptación en tres zonas de Nicaragua se ha considerado el maíz e incluido el frijol.

Las comunidades con las que se realizó este análisis fueron:

- Puerto Morazán, Hato Grande, Tonalá, San Luis de Amayo, Silvio Castro y El Limonal en Puerto Morazán.
- El Bonete, Cayanglipe y Mata Palo en Villanueva.
- Palo Grande y Las Mesas en Somotillo.
- Los Playones de Catarina y Potosí en El Viejo.
- San Juan de la Penca en Chinandega.

En la actualidad en estos cinco municipios de Chinandega-Golfo de Fonseca se siembran en total 16,384 manzanas de maíz y 455 manzanas de frijol en postrera (INIDE-MAGFOR 2013).

El maíz es utilizado con un doble propósito: para autoconsumo, y para la generación de ingresos (este último desde los 90 por los cambios introducidos en variedades y rendimientos). Un aspecto que resalta las familias productoras es el actual costo de la producción, ya que antes el manejo tradicional y la alta fertilidad de los suelos permitían cultivar sin fertilizante. Actualmente la producción es más intensiva y se requiere invertir en fertilizante para cosechar lo suficiente y cubrir la demanda de consumo y los costos de producción. Los pobladores de las comunidades de Somotillo coinciden en que la producción de maíz se da principalmente en los ciclos de primera y apante.

Al ser principalmente un cultivo de secano, el régimen de lluvias juega un papel clave en sus rendimientos. Los despales que han sufrido los bosques de la zona han provocado mayor erosión y derrumbes y una mayor escasez de agua. Las prácticas de manejo de cultivo no adecuadas contribuyen también a bajos rendimientos de la cosechas y a riesgos de incendios. Es muy vulnerable a los cambios de clima, propenso a la sequía y al exceso de humedad. Las fuertes lluvias o sequías impiden su desarrollo.

El cultivo se ve afectado en:

Siembra: Si ha llovido mucho y los surcos están inundados, la semilla se ahoga y no hay buenos rendimientos. Si no llueve el maíz se atrasa en la germinación o no germina, o si germina no consigue desarrollarse.

Fertilización: Con presencia de lluvias puede provocar que el agua “lave” el fertilizante, y se pierda por escorrentías no siendo absorbido por la planta.

Cosecha: Se puede dañar la cosecha con presencia de agua, principalmente cuando se tapizca, ya que la mazorca tiene mucha humedad y se puede picar.

El frijol común, en general presenta baja tolerancia a las altas temperaturas. Se considera que las temperaturas óptimas para el cultivo del frijol son de 18-24 °C. La adaptación del frijol a zonas bajas

donde predominan temperaturas promedio superiores a los 27 °C es relativamente baja. El frijol es particularmente susceptible al estrés del calor durante el desarrollo reproductivo. Entre los efectos adversos de las temperaturas altas en el cultivo de frijol se encuentran: la reducción de la viabilidad del polen, el aborto de flores y vainas, y la reducción del tamaño de la semilla, entre otros.

El cultivo del frijol es particularmente sensible al clima ya que requiere de media entre 300-400 mm de precipitación bien distribuidos durante su ciclo, la etapa desde la prefloración hasta el llenado de vainas son las que tienen mayores requerimientos. En la etapa de cosecha y post-cosecha es especialmente susceptible a la humedad ya que altas precipitaciones inciden en el secado y, por tanto, en la calidad de la cosecha.

Mozonte (Nueva Segovia).

El estudio se centra en las comunidades de Las Cruces (Central y sector de Los Encuentros) y San Antonio. Ambas comunidades se encuentran ubicadas al sur del municipio en la parte baja de la sub-cuenca del Río Mozonte.

Un 90% de las familias se dedican al cultivo en primera y postrera de maíz y/o frijol. En menor escala también se cultiva sorgo y yuca. Las familias que poseen sistemas de riego se ubican, principalmente, en las riveras del Río Coco, y producen en verano cebolla, chiltoma, ayote, pipián, chayote, y sandía, entre otros. También poseen pequeñas producciones de traspatio: aves (huevo, pollo) y/o cerdos, y huertos familiares (cebolla, ayote, pipián, medicinales, entre otros), musáceas y frutales. Pocos cuentan con sistemas pecuarios de producción de leche y carne. El sistema forestal es de extracción de leña. Las combinaciones de medios de vida dependen del acceso a factores de producción, así como la trayectoria evolutiva en que se encuentre la familia (acumulación, estancamiento, descapitalización).

El destino de la producción agropecuaria es el consumo familiar y comercialización del excedente. Este ingreso es complementado por la migración temporal (70% de productores, fundamentalmente hombres, venden su fuerza de trabajo) para la cosecha de café en las zonas altas del municipio o en haciendas cafetaleras de los municipios de San Fernando o Dipilto, entre los meses de noviembre y enero.

Otras fuentes de ingreso las aportan las mujeres que viajan a Ocotal a trabajar como domésticas. Algunas personas también comercializan leña en Ocotal. En menor escala existen obreros de la construcción, actividad que también se realiza durante los “tiempos muertos” agrícolas, así como algunos jóvenes que viajan hasta la zona tabacalera (Estelí, Jalapa) para trabajar en las fábricas de puros.

Los medios de vida priorizados para el estudio fueron el maíz y el frijol, no solo por ser los rubros que desde la percepción comunitaria son más afectados por el clima, sino por ser considerados la base de la seguridad alimentaria y nutricional de estas comunidades.

Según estudio realizado por la UNAG NS (2013) en la comunidad de Las Cruces se establecen 205 manzanas de frijol por año y 78 manzanas de maíz por año; en la comunidad de San Antonio se establecen 904 manzanas de frijol por año y 236 manzanas de maíz por año.

Ambos rubros se cultivan en primera y postrera, sin embargo, se ha expresado que se prioriza la producción de maíz en la época de primera, considerando que las reservas familiares de este rubro

se agotan durante los meses de abril a junio y por ende se requiere de dicho abastecimiento. La retirada “temprana” del invierno ha incidido también para que durante la postrera se cultive más frijol, pues los riesgos de lluvias durante la cosecha disminuyen.

Según los comunitarios, en estas comunidades no hay variaciones significativas en cuanto al manejo agronómico del maíz y del frijol. En la época de primera las labores de preparación de suelos inician a mediados de abril (algunos productores/as todavía realizan quemadas después de las chapías), cuando inician las lluvias siembran y posteriormente hacen una limpia para esperar después la cosecha.

Durante la postrera hacen las mismas actividades con variaciones solamente durante la preparación de suelos, donde el uso de químicos es la práctica más común. En ambas épocas de siembra se hacen labores de control de plagas solamente cuando se considera necesario y algunos utilizan abonos en función de los medios de producción a que tienen acceso.

Entre las variedades de frijol cultivadas se encuentran, Dor-364 (Las Cruces,) Estelí-150, Estelí-90, h-44, Amarillo boaqueño, Azul, Balín, Barreño, Gato, Papa, Tico y Seda rojo. Entre las variedades de maíz se encuentran H-5 (San Antonio), NB-6, NB-30, Amarillo grande, Azul, Chinandega, Cubano, Olotillo, Pata de gato, Pujagua, Rocamel, Valenzuela y Salvadoreño.

San Dionisio (Matagalpa).

En el departamento de Matagalpa se ha trabajado en el Municipio de San Dionisio. El municipio se encuentra a una altura promedio de 380 msnm; con una extensión territorial de 152 Km². El análisis se ha realizado en 7 de las comunidades que componen el municipio: El Zarzal, El Corozo, San Cayetano, Piedra Colorada, el Carrizal, Susulí y El Zapote.

Dentro del Municipio se contó con la colaboración de La Unión de Campesinos Organizados de la Cuenca de San Dionisio (UCOSD) que actualmente cuenta con 579 socios/as de los cuales 177 son mujeres.

En San Dionisio, una gran parte de la población obtienen ingresos de la producción agropecuaria, los rubros principales en casi todas las comunidades mencionadas fueron el maíz, el frijol y el sorgo.

El ganado mayor también fue mencionado en cinco de las comunidades. Una de las comunidades, Susulí incluyó, además de los granos básicos, el café y el plátano. Se está promoviendo en las 7 comunidades la producción de hortalizas y frutales (árboles y parras), sin embargo, estos sistemas se están estableciendo a pequeña escala.

La mayoría de la población complementa el ingreso agropecuario neto mediante la venta de fuerza de trabajo familiar (actividades agrícolas) y/o remesas (migración temporal para cultivar o trabajar en diferentes actividades). Así mismo, hay otras actividades generadoras de ingresos como: pulperías, comedores, carpinterías, albañiles, panaderías, producción de ladrillo y tejas y venta de ganado menor.

Los medios de vida priorizados por los comunitarios, para la realización del estudio, fueron el maíz y el frijol, ambos porque su ciclo de producción está directamente relacionado con la distribución de las precipitaciones durante el año, además se expresó que el frijol se complica mucho desde la labor de siembra, pues si esta se realiza “adelantada” durante el ciclo productivo aparecen muchas



plagas y si se siembra “atrasado” la cosecha se complica por falta de tiempo (la floración coincide con temperaturas altas o se cosecha durante las lluvias, por ejemplo).

Tanto el maíz como el frijol se cultivan durante primera y postrera en el municipio de San Dionisio, no obstante, la estrategia al tomar la decisión sobre qué cultivar responde a la situación de seguridad alimentaria y nutricional relacionada con la disponibilidad del maíz en los hogares. En este sentido, el rubro maíz es priorizado por las familias en el ciclo de primera dado que en el mes de junio han agotado sus reservas. Las familias que poseen mayor superficie de tierra cultivan además frijol durante esta primera siembra. Otra estrategia que influye en la priorización del maíz durante la época de primera es el hecho de que en estas comunidades algunas familias migran temporalmente hacia los municipios de El Cua y Waslala, durante los meses de diciembre y enero, a cultivar frijol en la época de apante, lo que facilita la disponibilidad de frijol a lo interno de las familias hasta la época de postrera. Durante la época de postrera es el frijol el que ocupa las mayores extensiones de terreno con una lógica de mercado.

El promedio de área cultivada por socio de UCOSD es de 1.5 manzanas, el diagnóstico agro-socioeconómico (UCOSD 2011) plantea que los rendimientos promedios para maíz son de 15.57 quintales por manzana y para frijol se alcanza un promedio de 8.29 quintales por manzana. Las variedades de maíz más utilizadas son el NB-6 y el H-5, en frijol las más comunes son el INTA Rojo, DOR-364 y Estelí-90.

En conclusión los medios de vida más influenciados por el clima y de mayor importancia para la seguridad alimentaria nutricional son el maíz y el frijol en Mozonte y San Dionisio. En Chinandega-Golfo de Fonseca se estudian estos dos medios de vida a efectos de comparar la influencia del cambio climático con respecto a las otras dos zonas.



4. Escenarios locales de cambio climático

En este capítulo se analizan las simulaciones de futuro (escenarios) de temperatura y precipitación (en términos absolutos y relativos) de las estaciones más representativas de los tres territorios estudiados. En este documento tan sólo se recogen los análisis de temperaturas máximas (por ser un aspecto muy relevante para los granos básicos) y precipitación relativa, pues el análisis de los índices en próximos capítulos ofrecerá información más detallada para los granos básicos. En las figuras contenidas en este apartado se pueden observar las diferentes tendencias simuladas dependiendo de la época del año.

Las figuras indican en diferentes colores los resultados promedio de cada uno de los escenarios estudiados de concentración futura de gases de efecto invernadero, tanto el más optimista (RCP2.6), el intermedio (RCP4.5) como el más pesimista (RCP8.5), que muestran los cambios esperados con respecto al periodo histórico (1980-2010). En sombreado se representan los percentiles 95 y 05 correspondientes a cada uno de los escenarios (RCPs), que permiten tener una idea de la dispersión asociada a cada RCP.

Las gráficas permiten observar los cambios durante las diferentes décadas hasta el 2100 sin embargo para el análisis nos vamos a referir a mediados de siglo (2041- 2070).

4.1. Escenarios de los municipios del Golfo de Fonseca (Chinandega).

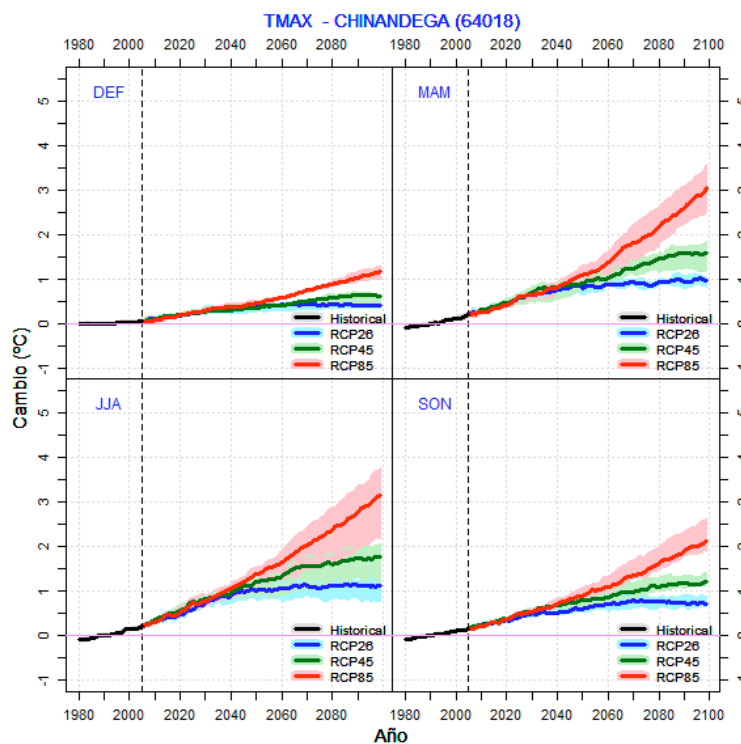
Respecto a los cambios que simulan los modelos para mediados de siglo (promedio 2041-2070), todos ellos coinciden en un claro aumento de las temperaturas máximas y mínimas, entre 1 y casi 2°C especialmente en los meses centrales del año.

En concreto se han analizado las simulaciones de futuro (escenarios) de las temperaturas máxima y mínima de la estación de Chinandega¹⁰ representativa de la zona. En la figura 14 se puede observar que existen diferentes tendencias dependiendo de la época del año. En general se detectan incrementos más acusados en las temperaturas mínimas que en las máximas en todas las épocas del año.

¹⁰ Se simulan cambios muy parecidos en otra estación para la que se tienen datos de temperatura en la zona (Choluteca), de ahí que se haya tomado como referencia para el análisis tan solo el caso de Chinandega pues representa las tendencias de cambio en la zona.

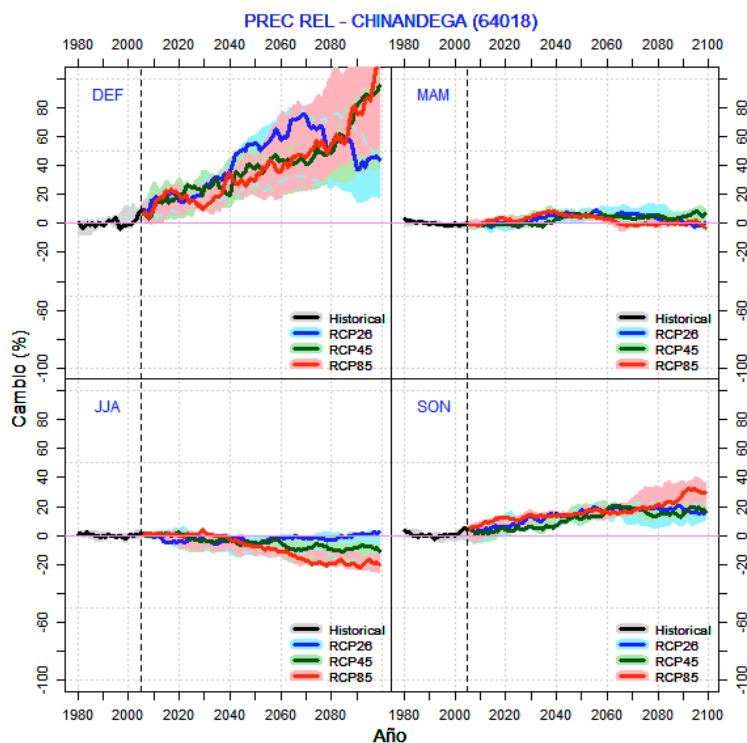
En relación a la temperatura máxima, para diciembre a febrero se esperan ligeras tendencias de aumento de la temperatura máxima para mitad de siglo, salvo en el escenario más pesimista (RCP 85) para el que se aprecian tendencias de aumento superiores a 0,5°C. En el trimestre de marzo a mayo, al igual que para el trimestre junio a agosto, se esperan tendencias de aumento en torno a 1°C para el escenario intermedio (RCP 45) y 1,5°C para el más pesimista. El periodo de septiembre a noviembre presenta unas tendencias de aumento de menos de 1°C para el escenario intermedio.

Figura 14. Incrementos de temperatura máxima respecto al periodo histórico (1980-2010) esperados a lo largo del siglo XXI para el observatorio “Chinandega” perteneciente al departamento de Chinandega. En la gráfica se representan los datos estacionales: Diciembre-Enero-Febrero (DEF), Marzo-Abril-Mayo (MAM), Junio-Julio-Agosto (JJA) y Septiembre-Octubre-Noviembre (SON). En gris oscuro se muestran los valores del periodo histórico. En azul, verde y rojo se muestran los valores obtenidos para los escenarios RCP26, RCP45 y RCP85, respectivamente (conjuntamente para los 4 Modelos Climáticos utilizados para el estudio). Unidades:°C.



En cuanto a la precipitación (figura 15), se simulan para mitad de siglo tendencias de un 30-40% de aumento de precipitación media en el periodo de diciembre a febrero en los diferentes escenarios considerados (es la época seca, por lo que pequeños aumentos, en torno a 6 mm/mes, suponen porcentajes importantes). En el periodo de septiembre a noviembre se esperan aumentos del 20% (unos 24 mm/mes), sin detectarse diferencias entre los distintos escenarios. De junio a agosto se predicen reducciones en torno al 10% (hasta 18 mm/mes de reducción). No se prevén cambios significativos entre marzo y mayo. Esta previsión es similar para las estaciones de Somotillo y Villanueva.

Figura 15. Cambios relativos de precipitación respecto al periodo histórico (1980-2010) esperados a lo largo del siglo XXI para el observatorio “Chinandega” perteneciente al departamento de Chinandega. En la gráfica se representan los datos estacionales: Diciembre-Enero-Febrero (DEF), Marzo-Abril-Mayo (MAM), Junio-Julio-Agosto (JJA) y Septiembre-Octubre-Noviembre (SON). En gris oscuro se muestran los valores del periodo histórico. En azul, verde y rojo se muestran los valores obtenidos como promedio de todos los RCP26, RCP45 y RCP85, respectivamente (conjuntamente para 3 Modelos Climáticos utilizados para el estudio, excluyendo el GDFL por sus insuficientemente buenos resultados de validación para precipitación). Unidades: % sobre los valores del periodo histórico.



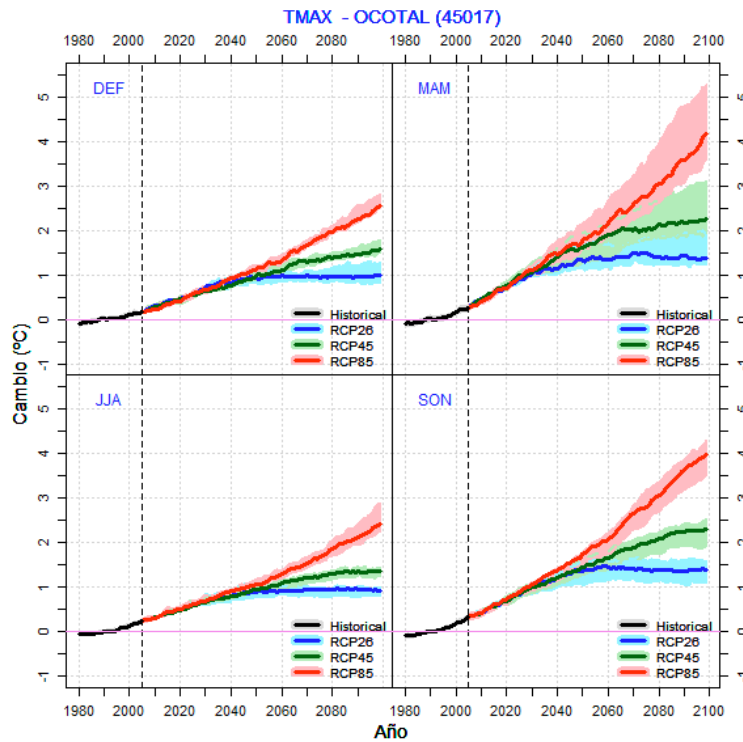
4.2. Escenarios de Mozonte (Nueva Segovia).

Las simulaciones realizadas sugieren que los mayores incrementos de temperaturas máximas y mínimas se darán de marzo a mayo y de septiembre a noviembre.

En relación a la temperatura máxima (figura 16), para el periodo de Diciembre a Febrero y de Junio a Agosto se observan tendencias de aumento de la temperatura máxima de aproximadamente 1°C para los tres escenarios contemplados. En el trimestre de Marzo a Mayo se observan tendencias de aumento de 1,5°, 2 y 2,3°C para los escenarios optimista, intermedio y pesimista respectivamente. En el periodo de Septiembre a Noviembre se observan aumentos entre 1,5 y 2 °C.

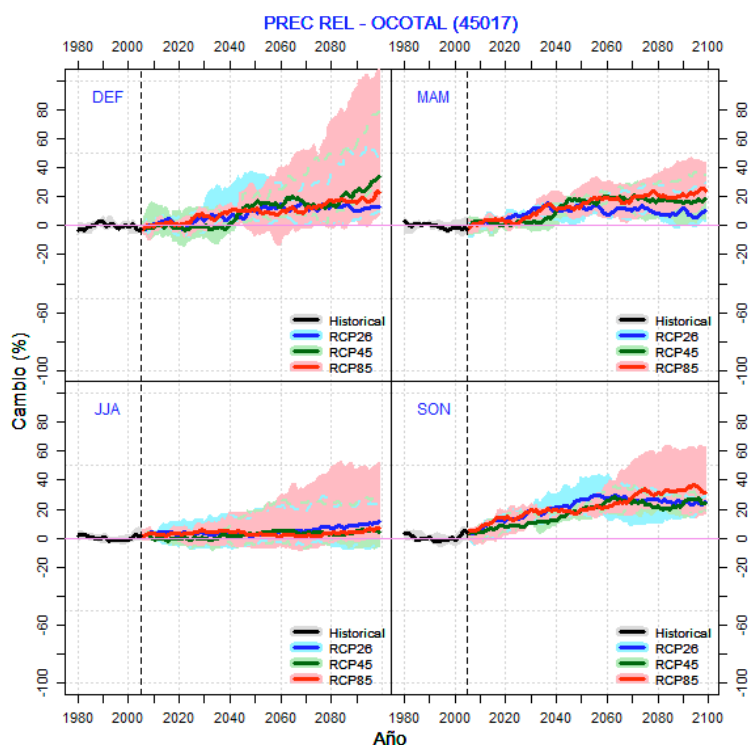
Los incrementos en las mínimas se prevén similares a las máximas en todas las épocas del año, excepto en la época de junio a agosto en que las mínimas simulan incrementarse más que las máximas (hasta casi 2°C para el escenario más pesimista).

Figura 16. Incrementos de temperatura máxima respecto al periodo histórico (1980-2010) esperados a lo largo del siglo XXI para el observatorio “Ocotal” perteneciente al departamento de Nueva Segovia. En la gráfica se representan los datos estacionales: Diciembre-Enero-Febrero (DEF), Marzo-Abril-Mayo (MAM), Junio-Julio-Agosto (JJA) y Septiembre-Octubre-Noviembre (SON). En gris oscuro se muestran los valores del periodo histórico. En azul, verde y rojo se muestran los valores obtenidos como promedio de todos los RCP26, RCP45 y RCP85, respectivamente (conjuntamente para los 4 Modelos Climáticos utilizados para el estudio). Unidades: °C.



Sobre la precipitación, los escenarios de clima futuro en la estación de Ocotal (figura 17) están más dispersos que en el caso de la temperatura (fundamentalmente en los meses de menor precipitación, en los que pequeños cambios en cantidad suponen grandes cambios en porcentaje) La simulación ofrece tendencias de un 20% de aumento de precipitación media en el periodo de diciembre a febrero, marzo a mayo y septiembre a noviembre en los diferentes escenarios considerados. Al ser la época más seca, los incrementos absolutos en diciembre a febrero son muy pequeños, de unos 6 mm/mes, sin embargo en los otros dos trimestres se prevén en torno a los 15 mm/mes. En el periodo junio a agosto no se pueden observar cambios significativos.

Figura 17. Incrementos relativos de precipitación respecto al periodo histórico (1980-2010) esperados a lo largo del siglo XXI para el observatorio “Ocotál” perteneciente al departamento de Nueva Segovia. En la gráfica se representan los datos estacionales: Diciembre-Enero-Febrero (DEF), Marzo-Abril-Mayo (MAM), Junio-Julio-Agosto (JJA) y Septiembre-Octubre-Noviembre (SON). En gris oscuro se muestran los valores del periodo histórico. En azul, verde y rojo se muestran los valores obtenidos como promedio de todos los RCP26, RCP45 y RCP85, respectivamente (conjuntamente para 3 Modelos Climáticos utilizados para el estudio, excluyendo el GDFL por sus insuficientemente buenos resultados de validación para precipitación). Unidades: % sobre los valores del periodo histórico.

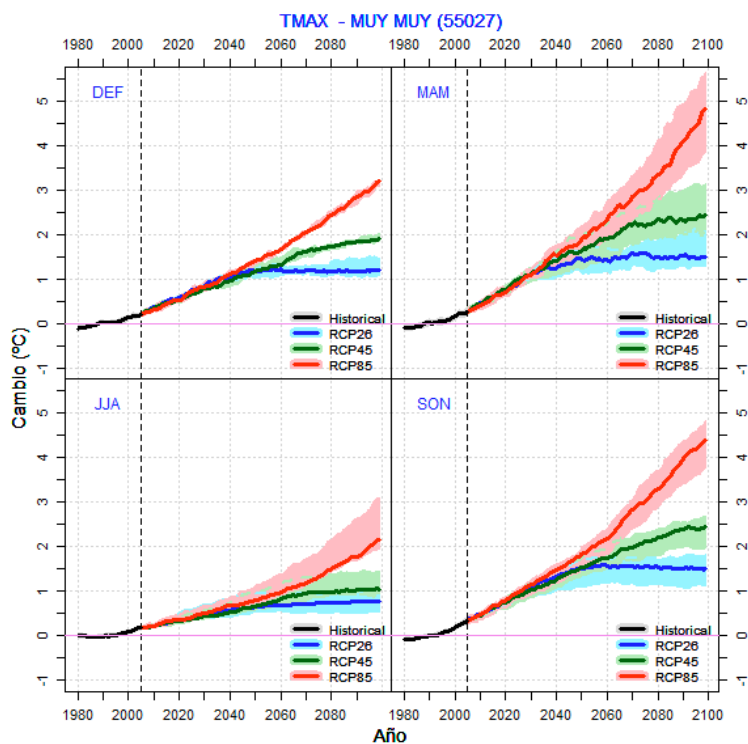


4.3. Escenarios de San Dionisio (Matagalpa).

Las simulaciones de futuro (escenarios) de las temperaturas máximas de la estación de Muy Muy, representativa de la zona (figura 18), indican que los incrementos mayores se darán también en los meses de marzo a mayo y de septiembre a noviembre.

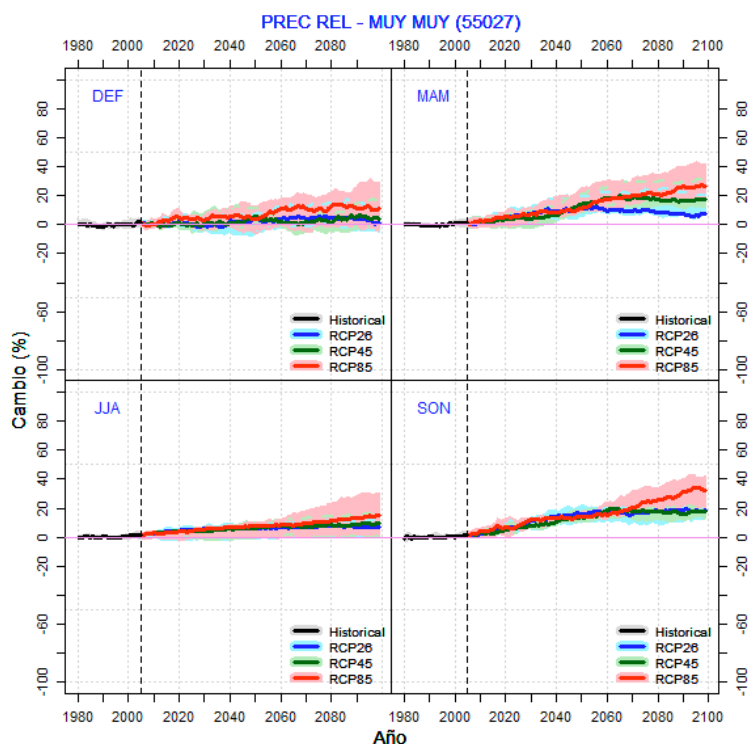
Para el periodo de diciembre a febrero se observan tendencias de aumento de 1° a 1,5° C para el escenario intermedio y pesimista respectivamente. Es en el periodo de marzo a mayo y en el de septiembre a noviembre en los que hay tendencias de aumento más elevadas, destacando el periodo de septiembre a noviembre con tendencias de aumento de 1,5°, 2 y 3°C para los escenarios optimista, intermedio y pesimista respectivamente (en ambas épocas el incremento de temperaturas máximas prevé ser mayor que el de las mínimas –en torno a 1,5°C en el escenario intermedio-). En el periodo de junio a agosto se observan aumentos de temperatura máxima de aproximadamente 1°C para los escenarios contemplados, aunque el incremento de las mínimas pueda alcanzar 1,5°C en escenarios intermedios y casi los 2°C en el más pesimista.

Figura 18. Incrementos de temperatura máxima respecto al periodo histórico (1980-2010) esperados a lo largo del siglo XXI para el observatorio “Muy Muy” perteneciente al departamento de Matagalpa. En la gráfica se representan los datos estacionales: Diciembre-Enero-Febrero (DEF), Marzo-Abril-Mayo (MAM), Junio-Julio-Agosto (JJA) y Septiembre-Octubre-Noviembre (SON). En gris oscuro se muestran los valores del periodo histórico. En azul, verde y rojo se muestran los valores obtenidos como promedio de todos los RCP26, RCP45 y RCP85, respectivamente (conjuntamente para los 4 Modelos Climáticos utilizados para el estudio). Unidades: °C.



En cuanto a precipitación, en la estación de Muy Muy (figura 19) se observan tendencias de un 20% de aumento de precipitación en el periodo de marzo a mayo (12-18mm/mes) y septiembre a noviembre (unos 21 mm/mes), fundamentalmente en este último trimestre. Entre junio y agosto el incremento se prevé en torno al 10%, con un incremento absoluto de unos 15 mm/mes. En diciembre a febrero el incremento absoluto y en porcentaje no es significativo. En este caso, al haber sólo dos observatorios de precipitación, las diferencias (amplitud de las áreas sombreadas) no son tan relevantes.

Figura 19. Incrementos relativos de precipitación respecto al periodo histórico (1980-2010) esperados a lo largo del siglo XXI para el observatorio “Muy Muy” perteneciente al departamento de Matagalpa. En las gráficas se representan los datos estacionales: Diciembre-Enero-Febrero (DEF), Marzo-Abril-Mayo (MAM), Junio-Julio-Agosto (JJA) y Septiembre-Octubre-Noviembre (SON). En gris oscuro se muestran los valores del periodo histórico. En azul, verde y rojo se muestran los valores obtenidos como promedio de todos los RCP26, RCP45 y RCP85, respectivamente (conjuntamente para 3 Modelos Climáticos utilizados para el estudio, excluyendo el GDFL por sus insuficientemente buenos resultados de validación para precipitación). Unidades: % sobre los valores del periodo histórico.



4.4. Conclusión de los escenarios.

Como conclusión para las tres áreas de estudio encontramos que los cambios más importantes para mediados de siglo podrían ser los siguientes:

En temperatura:

- Los incrementos mayores de temperatura se prevén para los meses de marzo a mayo, que coincide con la época en que las temperaturas son más altas y la pluviometría es menor. Las zonas de Mozonte¹¹ y San Dionisio¹² pueden tener un incremento mucho mayor de temperaturas máximas y mínimas en esta época. El incremento de la temperatura máxima podrá alcanzar en el escenario de emisiones más pesimista los 2,5-3°C.
- Para el trimestre septiembre a noviembre también se prevén incrementos notables de temperatura en Mozonte y San Dionisio, particularmente en esta segunda zona, donde podrán alcanzarse incrementos de las temperaturas máximas de hasta 3°C.
- Por el contrario, para los municipios del Golfo de Fonseca cuya estación utilizada de referencia

11 Observatorio de Ocotal.
12 Observatorio de Muy Muy

para temperatura es Chinandega, en estas dos épocas del año no se prevén incrementos tan sustanciales en temperatura máxima (en torno a 1- 1,5°C) aunque el incremento de la temperatura mínima sí podría alcanzar casi los 2°C.

- Los cambios previstos para temperatura serán leves en los meses de diciembre a febrero en las tres áreas de estudio.
- En relación al trimestre junio a agosto, se prevé que sea en Chinandega donde los incrementos de temperatura sean más acusados. En temperatura máxima de hasta 1,5°C y en temperatura mínima podrán alcanzarse los 2,5°C de incremento en el escenario más pesimista.
- Para las tres zonas el incremento de temperatura mínima se prevé mayor que el incremento esperado de las temperaturas máximas para los meses de junio a agosto. En el caso de Chinandega el incremento de las mínimas prevé superar al aumento de las máximas en todas las épocas del año.

En precipitación:

- Para mediados de siglo se prevén incrementos de hasta un 20% en la precipitación en las tres áreas en la época de postrera. En términos absolutos, los incrementos previstos serán importantes principalmente para Villanueva (unos 36 mm/mes), Chinandega, Somotillo y Potosi (unos 24 mm/mes) y San Dionisio (unos 21 mm/mes), aunque también en Mozonte (unos 15 mm/mes).
- En el trimestre marzo a mayo se prevé que las precipitaciones tiendan a incrementarse un 20% (en torno a 12-15 mm/mes) en Mozonte y en San Dionisio. Para los municipios del Golfo de Fonseca-Chinandega tan solo se esperan leves incrementos (6-9 mm/mes) en esta época del año.
- En el trimestre junio a agosto se simulan tendencias contrarias en las tres zonas. En Chinandega las precipitaciones parecen tender a disminuir un 10% (hasta 18 mm/mes en el escenario de emisiones más desfavorable). En Mozonte no se prevén cambios, y sin embargo en San Dionisio se sugieren incrementos de un 10%, (relevantes en términos absolutos 12-15 mm/mes).
- En el periodo menos lluvioso de diciembre a febrero se detectan incrementos en Chinandega de un 40% (pero en términos absolutos no superan los 6 mm/mes), y en Mozonte 20% (muy poco relevantes en términos absolutos).



5. Efectos del cambio climático en Maíz y Frijol

5.1. Efectos en los periodos de cultivo.

En primer lugar se analizaron una serie de índices generales que nos informan de cómo se prevé pueden cambiar fenómenos climáticos claves que afectan a los sistemas de producción de maíz y frijol en los municipios de estudio, como son el inicio del invierno, la canícula y la postrera.

5.1.1. Ciclo de Primera.

En relación al ciclo de primera se espera que tanto en la zona de San Dionisio como en los municipios del Golfo de Fonseca **el inicio del invierno se adelante ligeramente**, mientras que en Mozonte no se prevén tendencias de cambio. La **variabilidad interanual en la entrada del invierno prevé continuar siendo muy amplia** en las tres zonas, oscilando entre comienzos de mayo y la tercera semana de junio. La definición del índice utilizado se muestra a continuación.

Inicio del invierno: Primer día, a partir del 1 de Abril con precipitación superior a 2mm. en el que se inicia un ciclo de 4 días con precipitación acumulada superior a 20mm y en los 10 posteriores (terminado el ciclo de 4 días con $P > 20\text{mm}$) se da una precipitación acumulada superior o igual a 20mm.

Con relación al inicio de la canícula, en San Dionisio no hay canícula y no se prevén tendencias de cambio en relación a este periodo. En el caso de Mozonte no se prevén cambios en el inicio de la canícula. Por el contrario, para el área del Golfo de Fonseca se prevé un ligero adelanto en el escenario más pesimista (figura 20).

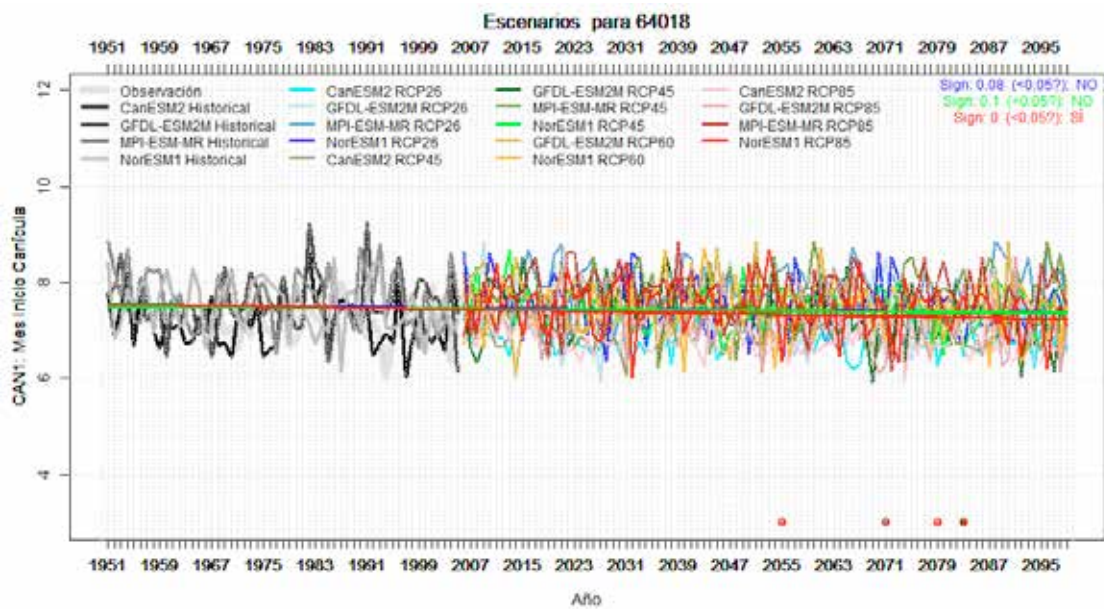
Inicio de la canícula: Primer día de la racha máxima de días consecutivos en el que la precipitación acumulada de ese día y los 9 posteriores es inferior a 5mm, entre los días 20 y 100 de inicio del invierno.

Combinando ambos índices observamos que en término medio en San Dionisio, Mozonte y Golfo de Fonseca **la duración del periodo entre el inicio del invierno y el comienzo de la canícula clave para el desarrollo de granos básicos en primera tenderá a mantenerse.**

Cuadro 4. Información para facilitar la interpretación de figuras de escenarios de índices

1. En ordenadas figura el valor del índice y en abscisas los años.
2. Las líneas grises de la izquierda corresponden a los valores del índice obtenidos a partir de las observaciones meteorológicas reales, y a partir de las simulaciones de los Modelos Climáticos para el pasado (lo que dicen los modelos que fue el clima en el pasado).
3. Las líneas coloreadas corresponden a los valores del índice obtenidos a partir de las simulaciones de los Modelos Climáticos para el futuro, bajo cuatro escenarios de emisiones diferentes (RCP26, RCP45, RCP60 y RCP85).
4. Las rectas azul, verde y roja representan las tendencias promediando los cuatro Modelos Climáticos para cada uno de los escenarios RCP26, RCP45 y RCP85, respectivamente. Para la RCP60 no se representa porque sólo 2 Modelos Climáticos tienen simulaciones para ese escenario de emisiones.
5. En la parte derecha superior figura la significancia estadística del cambio para cada una de las rectas de tendencias. “SI” quiere decir que el cambio es estadísticamente significativo y “NO”, que no lo es.

Figura 20. Tendencias de cambio en el mes de inicio de canícula en Chinandega.



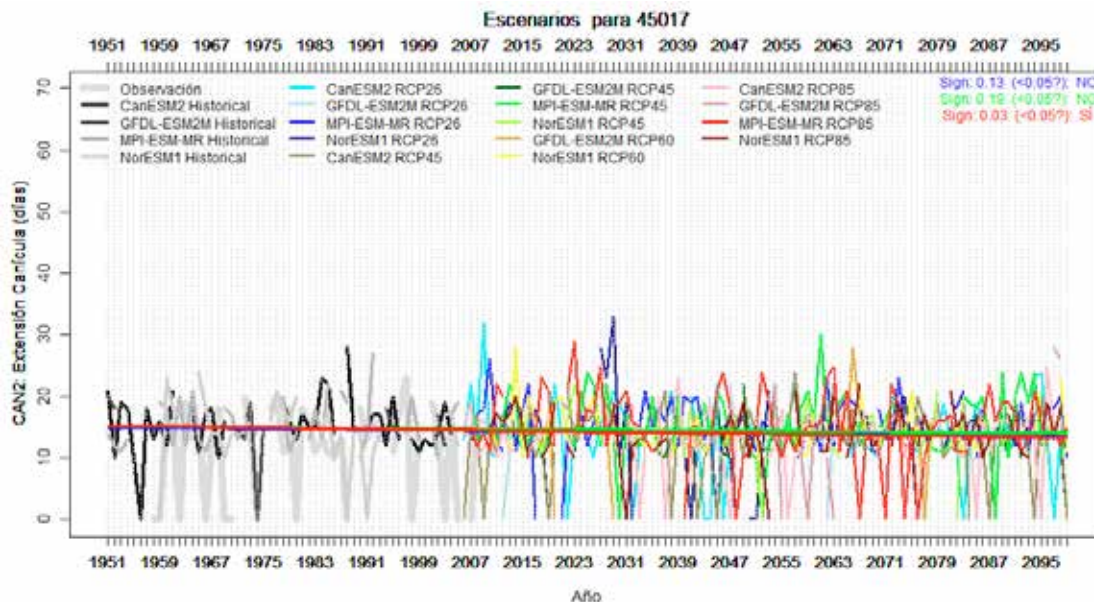
Al igual que ocurre con el inicio del invierno, el inicio de la canícula parece mantener una gran variabilidad interanual, pudiendo iniciarse desde comienzos de junio hasta la segunda semana de agosto, como se ve en el caso de Chinandega (fig. 20).

Duración de la canícula: Máximo número de días consecutivos en los que la precipitación acumulada de ese día y los 9 posteriores es inferior a 5 mm, entre los días 20 y 100 de inicio del invierno (sumando 9 al resultado final).

Al analizar la duración de la canícula las tendencias muestran que para mediados de siglo y para el escenario más pesimista, podrá disminuir levemente en Mozonte (figura 21) (pasando de una media de 15 días a 12 días de duración), mientras que en el área del Golfo de Fonseca la tendencia es a aumentar ligeramente de 12 a 15 días. La variabilidad interanual tiende a oscilar en ambas áreas entre los 5 y los 30 días, lo cual hace que se mantenga un **elevado riesgo para los cultivos de primera**. En San Dionisio esto no sucede por lo que **no se prevén mayores riesgos para los cultivos de primera relacionados con el periodo de canícula**.

No se prevén grandes cambios de tendencia en la duración del ciclo de primera en las tres áreas de estudio. En Mozonte y el Golfo de Fonseca la variabilidad interanual en la entrada del invierno y la duración de la canícula tenderá a mantenerse elevada, con elevado riesgo para los cultivos de primera.

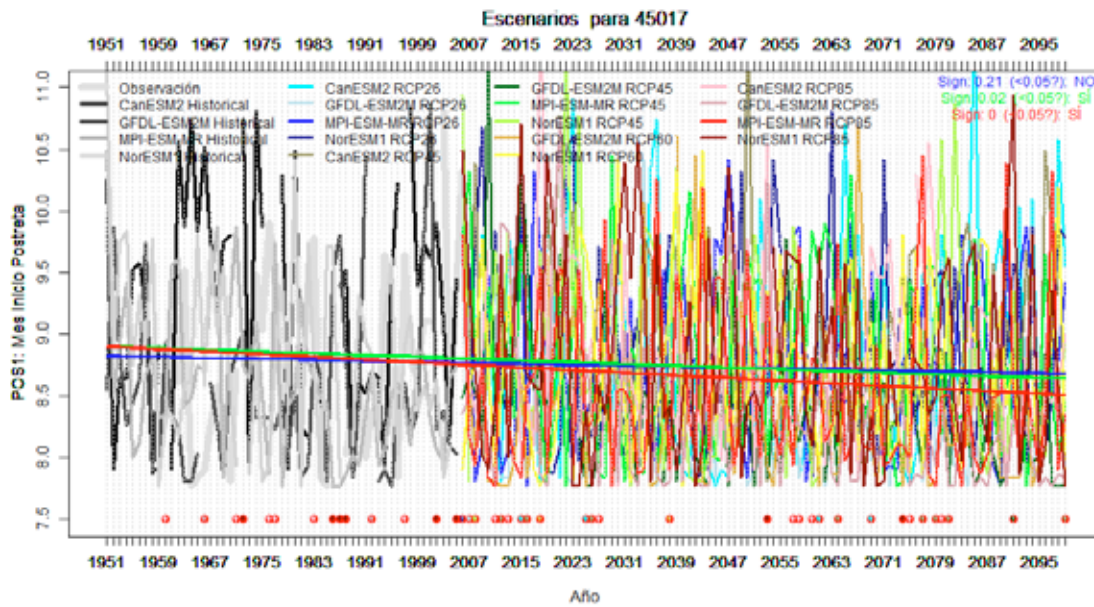
Figura 21. Tendencia de extensión de canícula en Ocotul.



5.1.2. Ciclo de Postrera.

El inicio de postrera no parece que sufrirá cambios en ninguna de las áreas de estudio. En Mozonte se prevé que se adelante una semana en los escenarios más pesimistas. La entrada de la postrera tiende a continuar siendo muy variable en esta zona oscilando desde comienzos de agosto hasta mediados de octubre lo que puede implicar riesgos para completar el ciclo productivo (figura 22).

Figura 22. Tendencia de mes de inicio de postrera en Ocotil.



El índice donde se predicen mayores cambios es el de finalización de la postrera.

La postrera suele finalizar en la primera semana de noviembre, con variaciones en los diferentes territorios. El fin de la postrera es importante para que se den condiciones de escasa lluvia que permitan poder secar la cosecha producida en ese periodo. El índice para poder medir el final de la postrera ha sido definido como:

Fin de postrera: Primera fecha a partir del 1 de noviembre en la que se dan 8 días consecutivos con precipitación acumulada igual o inferior a 2 mm.

En las tres zonas los modelos simulan tendencias de retraso de una a dos semanas, en San Dionisio podría llegar hasta mediados de diciembre en la zona media y baja y hasta comienzos de enero en las zonas altas, en Mozonte hasta finales de noviembre y en Golfo de Fonseca alcanzar la segunda quincena de noviembre. Ver ejemplos de las diferentes zonas en la figura 23, 24 y 25.

El retraso del fin de postrera en las tres zonas puede incrementar los problemas de secado para los granos básicos.

Figura 23. Tendencias de mes de finalización de precipitación en postrera en Ocotol.

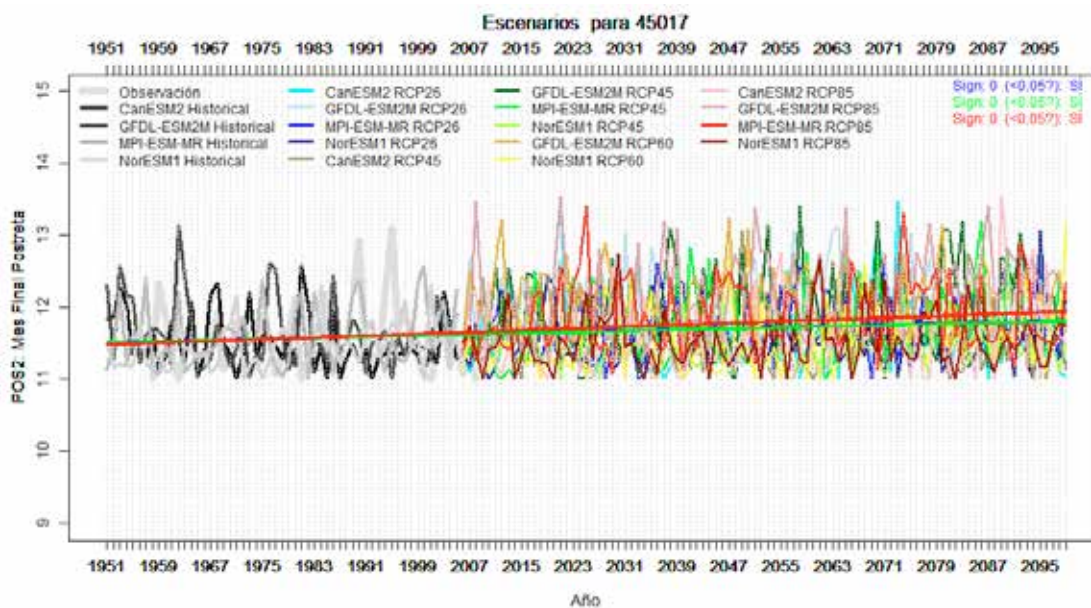


Figura 24. Tendencia de mes de finalización de lluvias en postrera en San Dionisio.

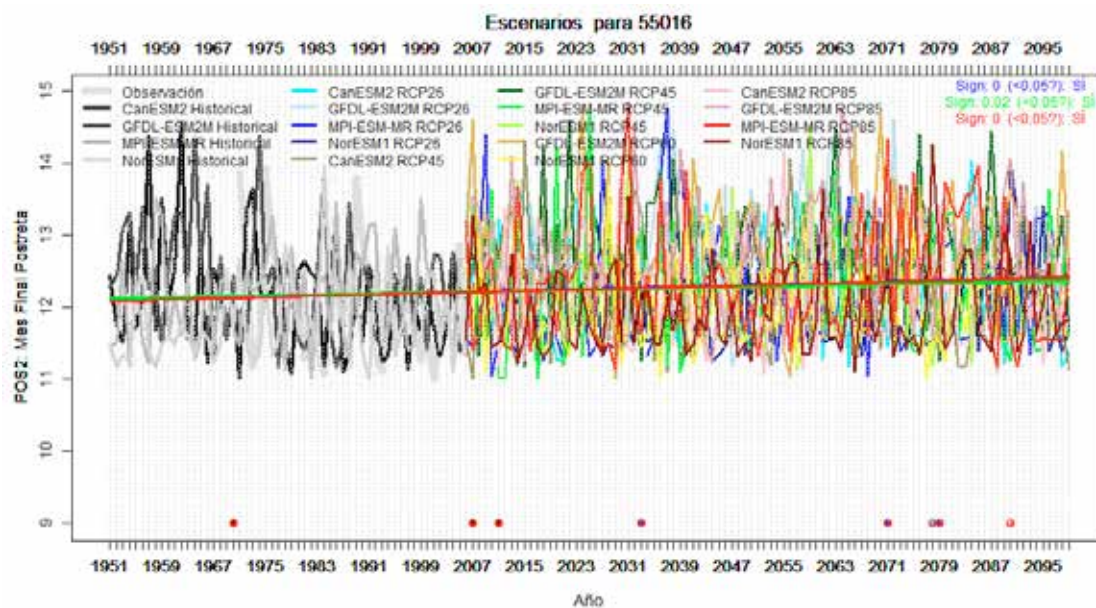
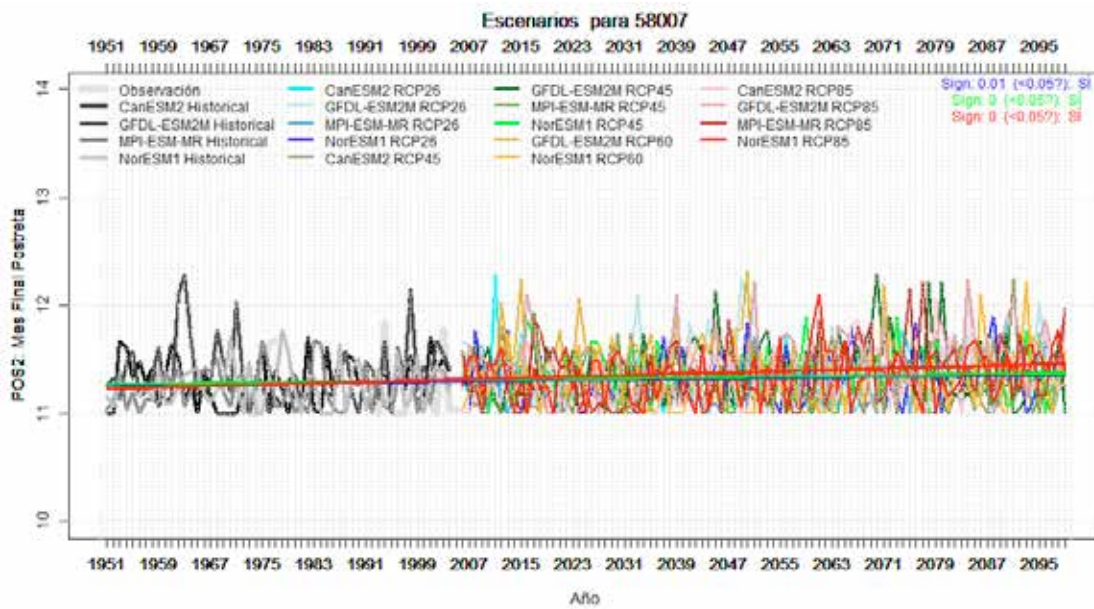


Figura 25. Tendencias de mes de finalización de lluvias en postrera en Somotillo.



El retraso del fin de postrera en las tres zonas puede incrementar los problemas de secado para los granos básicos (y también en otros cultivos como el ajonjolí en la zona de Chinandega-Golfo de Fonseca). Por otro lado, también podría ser positivo por **poderse completar el ciclo de postrera en años en que se haya retrasado al entrada de las lluvias**. En algunas zonas, como en la zonas altas de San Dionisio **podrían darse cultivos de apante** ya que el invierno puede llegar hasta comienzos de enero y en municipios del Golfo de Fonseca como Somotillo **o se podrían identificar zonas donde pueda cultivarse cultivos de ciclo corto en apante**, como sandía aprovechando las lluvias de diciembre – enero algunos años, aportando riesgo complementario.

5.2. Efectos en Maíz.

Las fases en las que se ha descompuesto el proceso productivo para identificar los aspectos más críticos en el maíz han sido cuatro: siembra y emergencia, floración, formación y maduración del grano, cosecha y post-cosecha. A continuación se analizan estas fases y los índices aplicados para cada una de ellas.

5.2.1. Siembra y emergencia en primera y postrera.

Es una fase crítica para el maíz debido a las implicaciones que tiene en la viabilidad del cultivo el adelanto o atraso de las siembras y la variabilidad de las condiciones para la misma. Para esta fase se utilizaron los siguientes índices¹³ :

Índice de siembra efectiva del Maíz en primera (ISMPri): Primer día desde el inicio del invierno en que llueve menos de 5 mm en tres días y los 10 posteriores llueve más de 20mm (para Mozonte y San Dionisio).

En Chinandega: Primer día a partir del 1 de abril en el que llueve menos de 5mm en 3 días, en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm.

13 En el caso de postrera las comunidades rurales verificaron un índice diferente para cada una de las tres áreas..

Índice de siembra efectiva del Maíz en postrera (ISMPos): Primer día a partir del 10 septiembre (para San Dionisio) y 15 de agosto (para Mozonte) en que llueve menos de 5 mm en tres días, que los 4 anteriores llueve más de 20mm y los 10 posteriores llueve más de 30 mm.
 Para Chinandega: Primer día desde el inicio de la postrera en el que en el que llueve menos de 10 mm en 3 días, en que los 4 anteriores llueve más de 20 mm y en los 10 posteriores llueve más de 20 mm.

Para San Dionisio y Mozonte las tendencias simuladas no hacen prever cambios de tendencia en las siembras efectivas de primera.

Los resultados obtenidos para el Golfo de Fonseca prevén **un ligero adelanto en término medio de las siembras de primera** en los escenarios más pesimistas, de alrededor de una semana desde inicios de junio a finales de mayo en Chinandega y de finales de mayo a la tercera semana de mayo en Villanueva. También se detecta **cierto incremento de la variabilidad interanual por lo que se prevé mayor incertidumbre en relación a la viabilidad de las siembras**. Como se observa en las gráficas (Figura 26 y 27) se prevé que se mantendrán situaciones en las que no se logran las condiciones para el cultivo de primera.

Los resultados del índice ISMPos en los tres territorios **no prevén cambios en las siembras de postrera**.

Figura 26. Tendencia de siembra efectiva de maíz en primera en Chinandega.

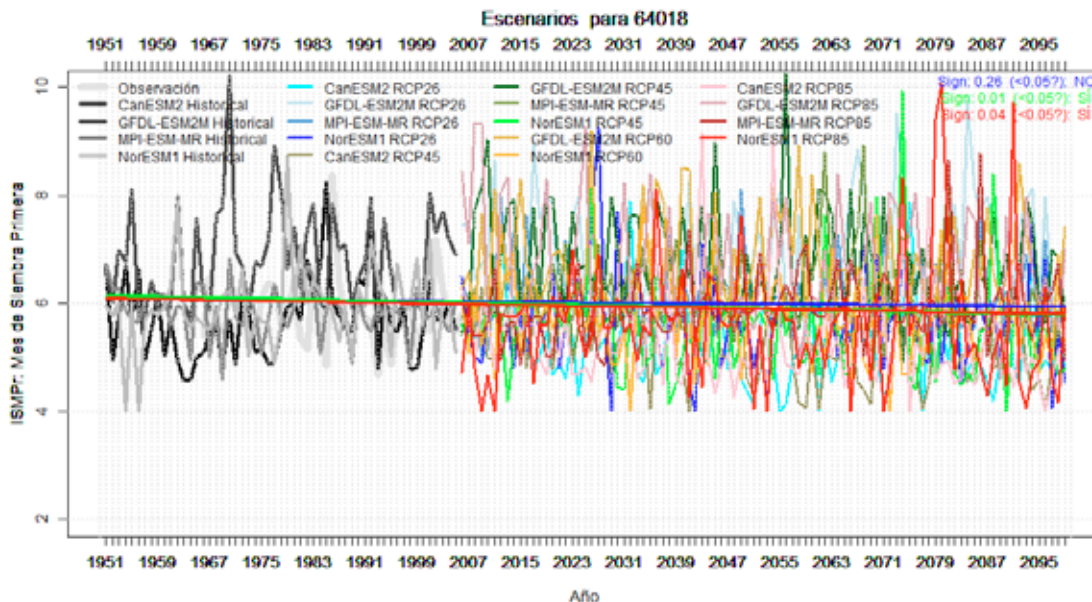
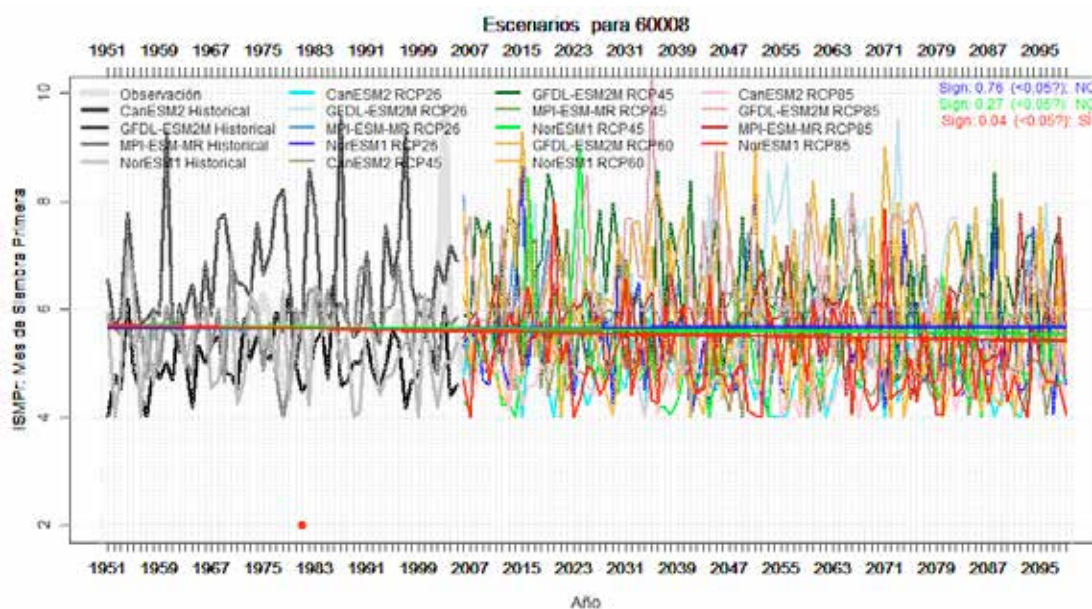


Figura 27. Tendencia de siembra efectiva de maíz en primera en Villanueva.



Los resultados del índice ISMPos en los tres territorios **no prevén cambios en las siembras de postrera.**

5.2.2. Floración en primera y postrera.

Es una fase crítica para el maíz tanto por la influencia de la temperatura como la precipitación en la floración. Por esta razón se utilizaron y analizaron dos índices que reflejan el comportamiento de estas dos variables.

a) Índice de temperatura para floración, dirigido a analizar las condiciones críticas de temperatura en la etapa de floración del maíz.

Índice de Temperatura en Floración (IFTPri/IFTPos): Número de días entre los 40 y 60 días después de ISMPrim/ISMPos en que la temperatura máxima supera los 30°C.

En el ciclo de primera se detectan diferencias relevantes en las condiciones futuras de temperatura en el periodo de floración entre San Dionisio y Mozonte, pues **se prevé un mayor aumento de temperatura en Muy Muy (San Dionisio) que en Ocotál (Mozonte).** En términos absolutos, para mediados de siglo en los escenarios más pesimistas, el número de días en que la temperatura máxima superaría los 30°C en San Dionisio (Muy Muy) tendería a duplicarse, pasando de 5-6 a 10-12 días (figura 28). En el caso de Mozonte (Ocotál) prevé incrementarse de 15 a 20 días (figura 29).

Figura 28. Tendencias de aumento de días con T^a máxima mayor de 30°C en primera en Muy Muy.

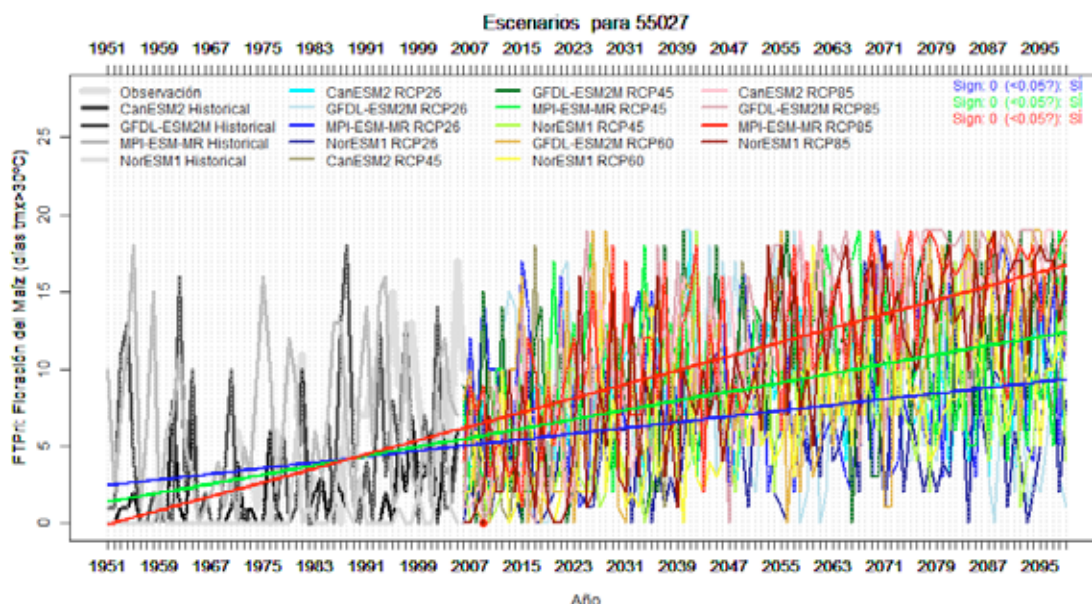
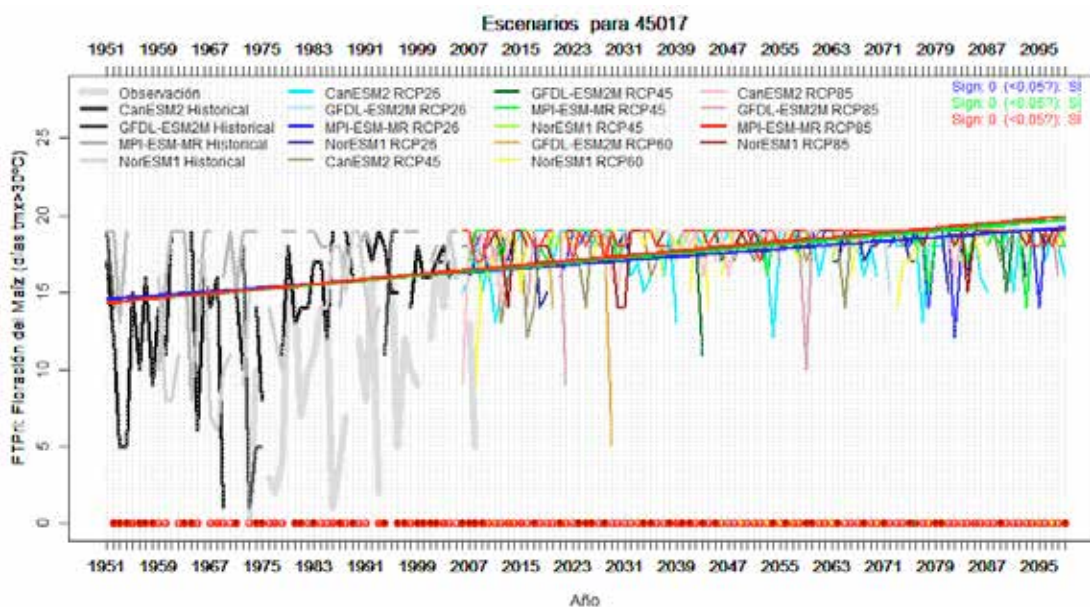


Figura 29. Tendencias de aumento de los días con T^a máxima mayor de 30°C en primera en Ocotlán.



Para el maíz de postrema, el incremento se prevé similar en ambas zonas con aumentos muy significativos de los días calurosos (se prevé pasar de los actuales 10- 12 con más de 30°C de máxima a los 18-20 días (prácticamente todo el periodo de floración con temperaturas elevadas).

En cuanto al área de Chinandega-Golfo de Fonseca los escenarios plantean un incremento de temperatura en el periodo junio-agosto (primera) más importante incluso que la obtenida para las otras dos áreas de estudio lo que influirá en una mayor evapotranspiración en momentos claves de crecimiento del cultivo (floración, formación y maduración del grano). Sin embargo para el caso de la postrera los incrementos de temperatura que se predicen son mucho menores.

b) Índice de precipitación para floración: Dirigido a analizar las condiciones de precipitación adecuadas para la floración.

Índice de condiciones para la floración (IFMPrim/IFMPos): Precipitación acumulada entre los 40 y 60 días después de la siembra de primera y postrera (ISMPrim/ISMPos) dividido entre 170 mm (El cociente es más favorable entre el rango de 0.7 y 1.5).

Tanto en Mozonte como en Golfo de Fonseca el previsible incremento de la temperatura en la época de floración en primera podrá dar lugar a mayores situaciones de déficit hídrico, pues en general las precipitaciones no tenderán a aumentar.

En primera en San Dionisio se prevé una ligera tendencia de aumento de la precipitación en el periodo de floración para los escenarios más pesimistas (fig. 30). Por el contrario en Mozonte no hay tendencias de cambio (figura 31). En ambos casos se detecta cierta tendencia a aumentar la intensidad de las lluvias (picos de las gráficas más pronunciados). Esto podría provocar aborto floral y baja polinización que puede disminuir los rendimientos de maíz.

El importante incremento de temperaturas dará lugar a mayor evapotranspiración que difícilmente estará compensado por el leve o nulo incremento de las lluvias predicho, por lo que podrán darse situaciones más frecuentes de déficits hídricos en floración.

Figura 30. Tendencias de precipitación para floración de maíz de primera en San Dionisio.

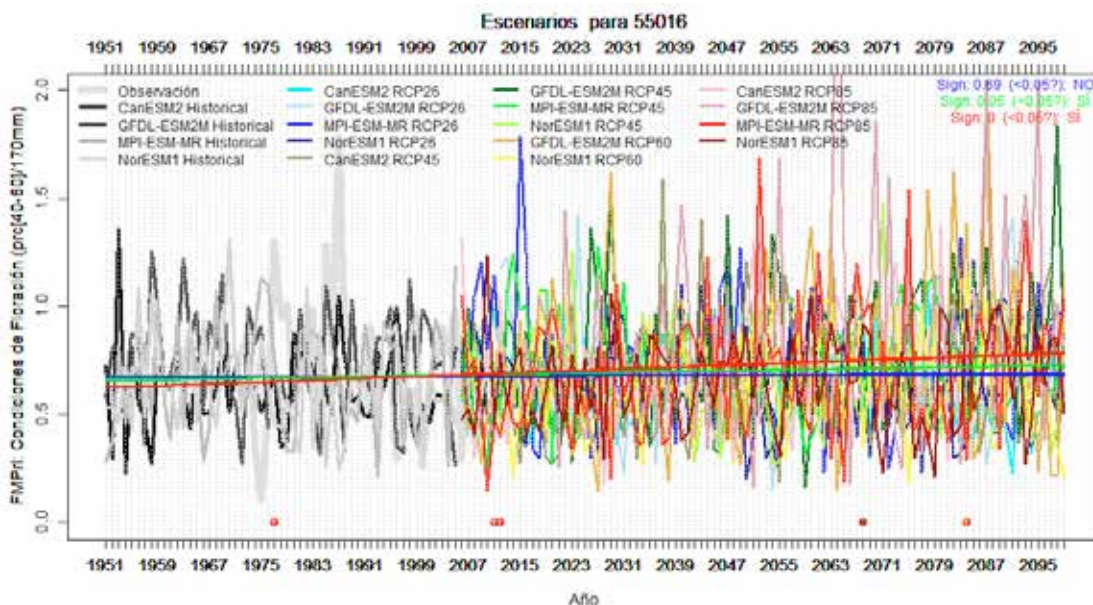
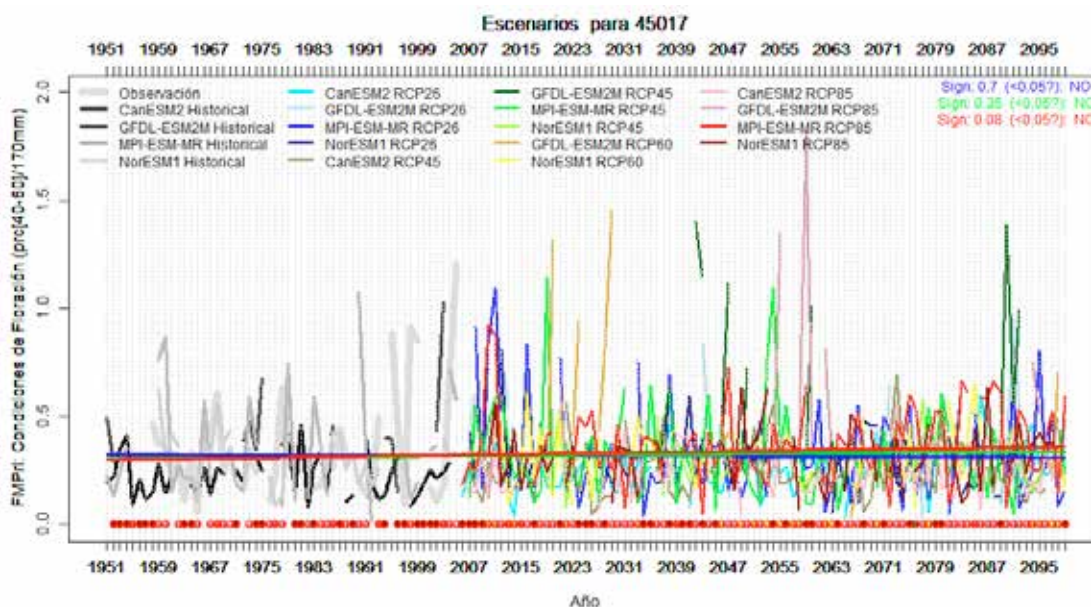


Figura 31. Tendencias de precipitación para floración de maíz de primera en Ocotal.



En postrera no se prevén cambios en esta etapa **para la zona media y baja de San Dionisio**. Dado que las temperaturas prevén incrementarse notablemente en este periodo, **podrán darse más situaciones de déficit hídrico en floración**. Por el contrario en la zona alta sí que se prevén incrementos en los escenarios más pesimistas, lo que podría **resultar en un exceso de agua** que podría provocar aborto floral y/o problemas de plagas y enfermedades **que pueden disminuir la cosecha en la zona alta**. En **Mozonte** se prevén ligeros incrementos de precipitación y además un aumento de la variabilidad, sin embargo debido al incremento de las temperaturas máximas, al igual que en el ciclo de primera **el maíz podrá enfrentar con más frecuencia situaciones de déficits hídrico**.

5.2.3. Formación y maduración del grano en primera y en postrera¹⁴.

Entre los numerosos factores que inciden en la formación y maduración del grano de maíz (factores de suelo, nutrientes) influyen las variables climáticas que pueden afectar la humedad del suelo. En este sentido se analiza la precipitación en este periodo. El índice utilizado es el siguiente:

Índice de condiciones para la formación y maduración del grano (FMGPrim/Pos): Precipitación acumulada entre los 60 y 100 días después de ISMPrim/ISMPos dividido entre 200 mm (El cociente es más favorable entre el rango de 0.7 y 1.5).

14 Esta fase no se analizó en el Golfo de Fonseca, sin embargo sí se analizó la fase de cosecha y postcosecha.

En primera en San Dionisio las condiciones continuarán siendo óptimas en las zonas medias y bajas, y en las zonas altas tenderán a estar más afectados por lluvias abundantes afectando el desarrollo del maíz.

En primera los resultados muestran que en **San Dionisio** se prevé una ligera tendencia de aumento de las precipitaciones en la zona media y baja (figura 32) y **una tendencia significativa de incremento para la zona alta** (figura 33). Por lo tanto las condiciones parecen que **tenderán a mejorar en las zonas bajas y medias**. Sin embargo, **para la zona alta**, el **incremento de las lluvias** en este periodo **podría tener efectos negativos** con inundaciones en los suelos más arcillosos incidiendo en una menor absorción de nutrientes por la planta¹⁵.

Figura 32. Tendencias de aumento de lluvias en formación y maduración de primera en San Dionisio.

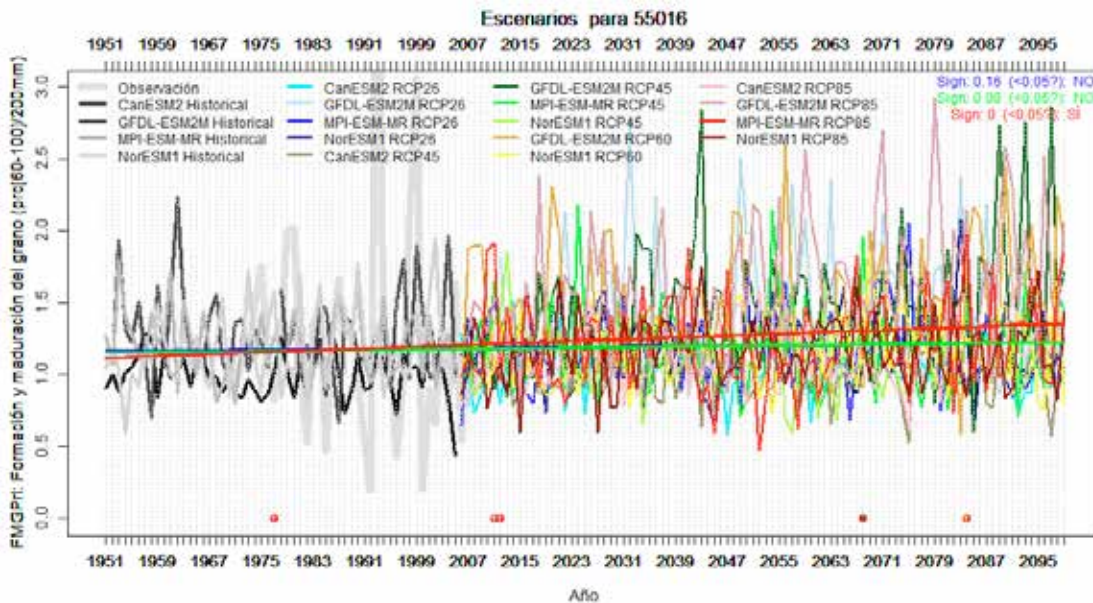
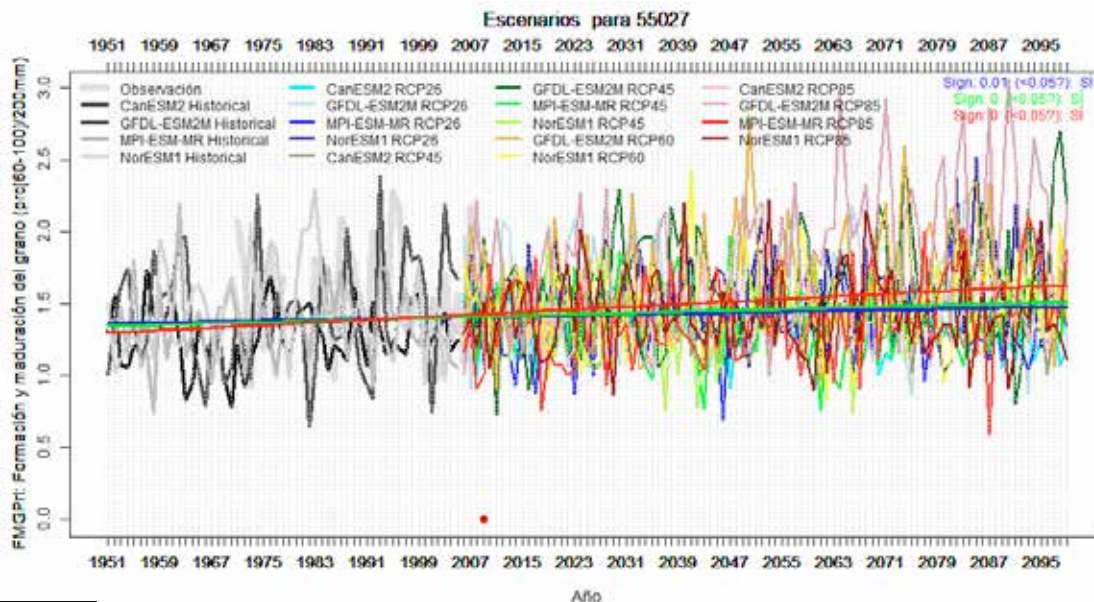


Figura 33. Tendencias de aumento de lluvias en formación y maduración de grano de primera en Muy Muy



En **Mozonte** no se prevén cambios en primera, manteniéndose así condiciones similares a las actuales en el régimen de precipitación, sin embargo dado que en general está previsto un incremento de las temperaturas **también para esta fase, se podrán enfrentar mayores situaciones de déficit hídrico en la planta.**

En **postrera** se prevén **leves incrementos de precipitación** para esta fase del cultivo en **San Dionisio y en Mozonte** en todos los escenarios (figuras 34 y 35) lo cual **puede favorecer las condiciones para el cultivo** de maíz en un escenario general de aumento de temperatura.

Figura 34. Tendencias de aumento de lluvias en formación y maduración de grano de postrera en San Dionisio.

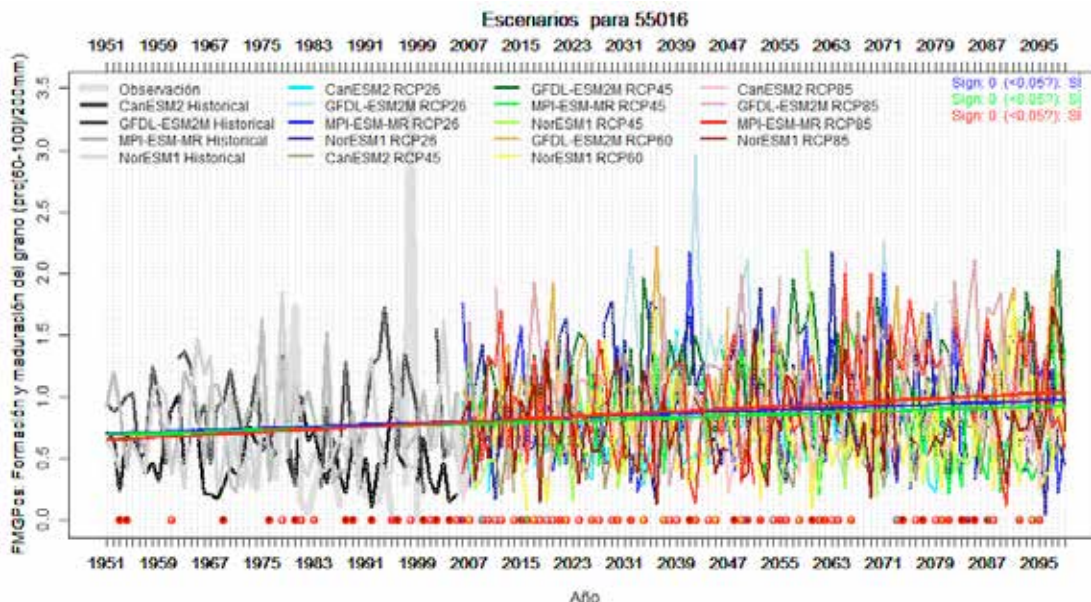
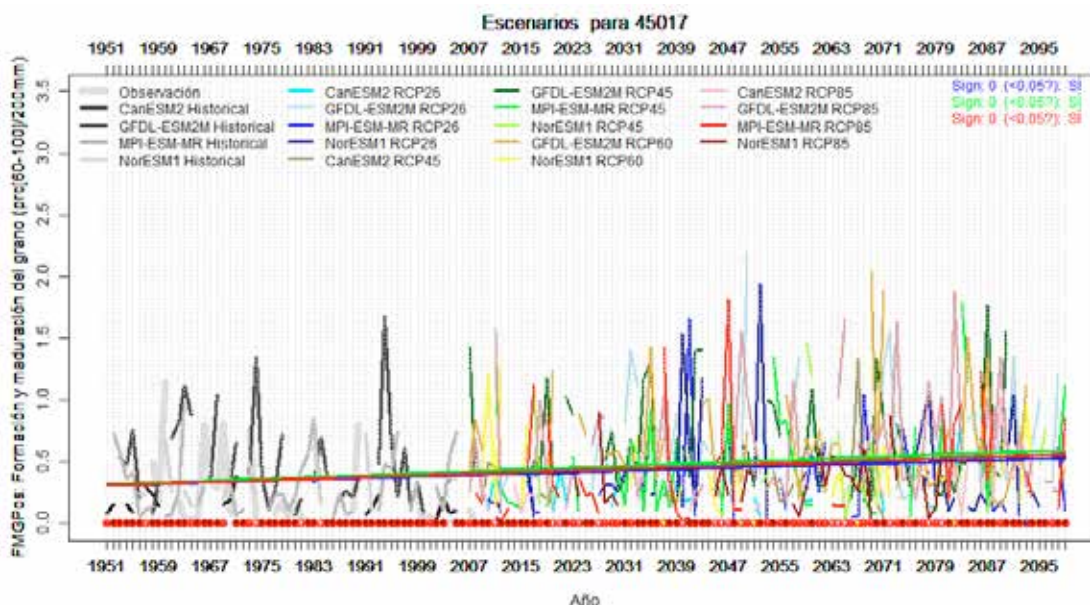


Figura 35. Tendencias de aumento de lluvias en formación y maduración de grano de postrera en Ocotal.



Para el maíz de postrera se prevé que se mantengan condiciones adecuadas para su desarrollo en San Dionisio. El mayor incremento de temperatura previsto para el área de Mozonte podrá generar un incremento de situaciones con déficit hídrico.

En el **Golfo de Fonseca** ni en primera ni en postrera se prevén cambios muy relevantes en las precipitaciones salvo ligeras disminuciones en primera y ligeros aumentos en postrera (ver figura 15). Dado que los incrementos de temperatura se darán en mayor medida en los meses de junio a agosto, será la **época de primera en la que el maíz podrá sufrir situaciones más habituales de falta de agua.**



La situación para el maíz de primera en el área de Chinandega-Golfo de Fonseca va a ser cada vez más complicada por el aumento previsible de la temperatura y leve disminución de precipitación.

5.2.4. Fases de cosecha y postcosecha en primera y en postrera.

Estas fases solo se han analizado en la zona de Chinandega-Golfo de Fonseca y se han identificado dos elementos críticos:

a) La viabilidad de la cosecha tras la dobla del maíz (actividad frecuente en la zona en la época de postrera) en la etapa previa a la cosecha¹⁶.

b) Las pérdidas por exceso de humedad en las etapas de cosecha y postcosecha.

a) La viabilidad de la cosecha tras la dobla del maíz en la etapa previa a la cosecha

El índice utilizado esta dirigido a medir el exceso de humedad tras la dobla y es específico para postrera¹⁷:

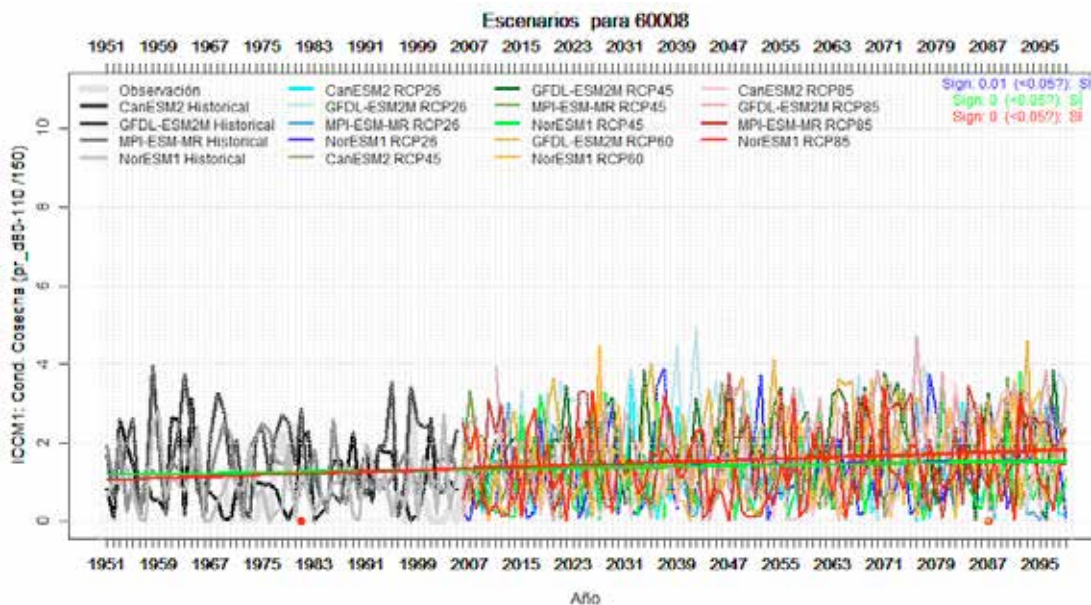
16 En postrera la dobla se produce aproximadamente a los 85-90 días de la siembra, y su finalidad es reducir la humedad de la mazorca, preparándola para la cosecha. Si en ese momento las precipitaciones son altas, el secado no será tan efectivo y la mazorca se hace más susceptible a plagas y enfermedades. Además, esto provoca un retraso en la fecha de cosecha, con consecuencias en la calidad del grano. Por otro lado, las lluvias intensas complican la entrada de maquinaria y mano de obra al campo para cosechar.

17 En cosecha de primera las condiciones de precipitación para tapizar y almacenar maíz se mantienen.

Índice de viabilidad de cosecha tras doble (ICCM1): Precipitación acumulada (mm) en el periodo 80-110 días desde siembra efectiva de postrera dividido entre 150 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).

En general, en el área de Golfo de Fonseca - Chinandega en **postrera** se detecta una **tendencia al aumento en la cantidad de precipitación** acumulada de hasta 20% para mediados de siglo. Véase a modo de ejemplo la figura 36 para el caso de Villanueva.

Figura 36. Tendencia de precipitación acumulada en postrera en Villanueva.



b) Las pérdidas por exceso de humedad en las etapas de cosecha y postcosecha.

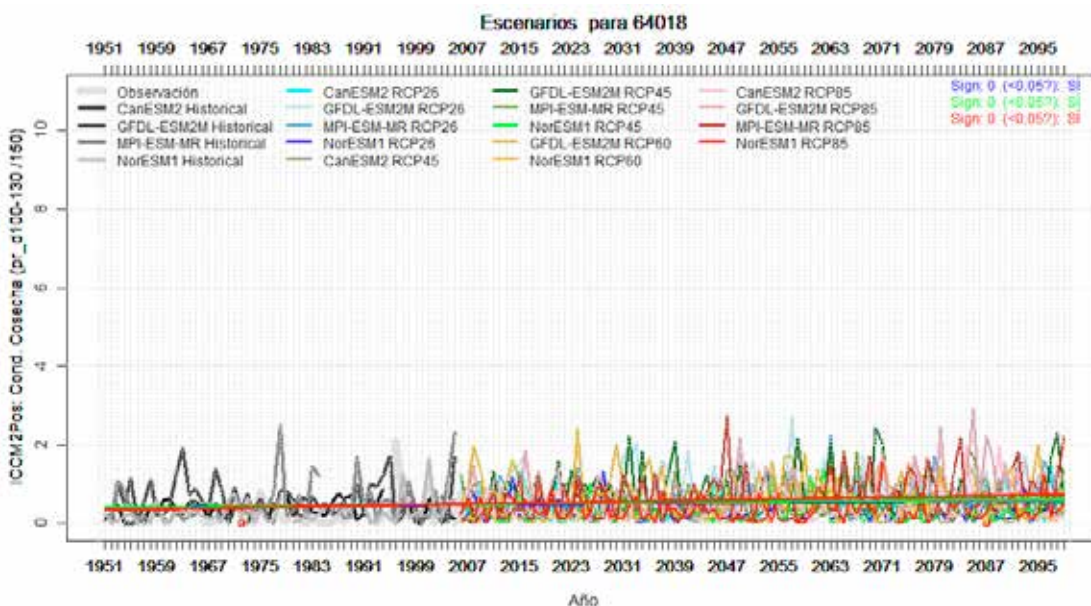
Aunque se prevé un incremento de precipitación en todas las zonas de Chinandega-Golfo de Fonseca éstas no llegan aún a alcanzar un umbral que sea desfavorable en las condiciones de cosecha y secado en postrera como se puede observar en la figura 37.

En otras dos zonas de San Dionisio y Mozonte, los incrementos previstos de precipitación en postrera y el retraso en el fin de este periodo auguran mayores problemas para la cosecha y el secado del maíz en postrera.

El retraso en la finalización de la postrera y los incrementos previstos en la precipitación al final del ciclo pueden llegar a complicar más las condiciones de cosecha y las tareas de recolección en los tres territorios analizados.

Índice de viabilidad de cosecha y post-cosecha (ICCM2Pos): -Teniendo en cuenta que la humedad adecuada para tapizar y almacenar el maíz debe ser <18- 20% -: Precipitación acumulada (mm) entre los 100-130 desde siembra efectiva de postrera dividido entre 150mm (es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).

Figura 37. Tendencia de exceso de humedad para maíz en postrera en Chinandega.



5.3. Efectos en Frijol.

En el análisis de aspectos críticos de frijol se ha tenido en cuenta tanto la época de primera como de postrera¹⁸. Las tres fases en las que se ha descompuesto el ciclo productivo del frijol para identificar los aspectos más críticos desde el punto de vista de la influencia del clima han sido las siguientes: siembra y emergencia de la planta, floración y llenado de vainas, secado y post-cosecha.

Se ha incluido un primer apartado de análisis del ciclo del frijol completo para poder evaluar los cambios en los umbrales críticos para este cultivo, porque el frijol exige unas condiciones de temperatura y precipitación determinadas para que sea viable.

5.3.1. Condiciones generales para el ciclo de frijol en primera y postrera.

En esta fase se han identificado dos aspectos críticos:

- a) Umbral de precipitación mínima acumulada
- b) Umbral de temperatura

¹⁸ En general, en los territorios analizados se siembra frijol en mayor escala en la época de postrera que en la de primera. En el caso de Chinandega el frijol de primera es muy poco habitual, razón por la cual tan solo se analiza para este apartado el frijol de postrera.

a) Umbral de precipitación mínima acumulada.

El cultivo del frijol requiere un mínimo de precipitación acumulada durante todo el ciclo productivo para que sea viable, que se estima en 300 mm. El índice utilizado es:

Umbral de precipitación mínima (UPMin): Precipitación acumulada en los 80 días siguientes de la siembra efectiva de frijol (en primera SFPri y postrera SFPo) dividido entre 300 mm (el cociente es más favorable entre el rango de 0.75 y 1.5).

Si el cociente es menor que 1 significa que en el periodo de desarrollo de la planta no ha llovido los 300 mm requeridos, lo que significa que la planta carecerá en general de unas condiciones de humedad necesarias para desarrollarse adecuadamente (muchos otros factores pueden influir en estas condiciones de humedad, pero el estudio se ha ceñido a analizar la precipitación).

En primera en Mozonte no parece alcanzarse el óptimo requerido para frijol, aunque se observa un leve incremento de la precipitación acumulada. Por el contrario, el aumento previsto de precipitación en San Dionisio en primera, alcanzando el índice 1,5 (450mm) en las zonas bajas y medias y 2 (600 mm) en las zonas altas, podría repercutir en que se puedan dar con mayor frecuencia condiciones de exceso de agua para el cultivo. La variabilidad continuará siendo elevada pudiéndose dar años con elevada precipitación en San Dionisio (superando los 600mm) y años con muy baja precipitación (por debajo de 200 mm) en Mozonte, lo cual se puede observar en las figuras 38 y 39.

Figura 38. Tendencias de umbrales de precipitación en el ciclo de primera de frijol en San Dionisio.

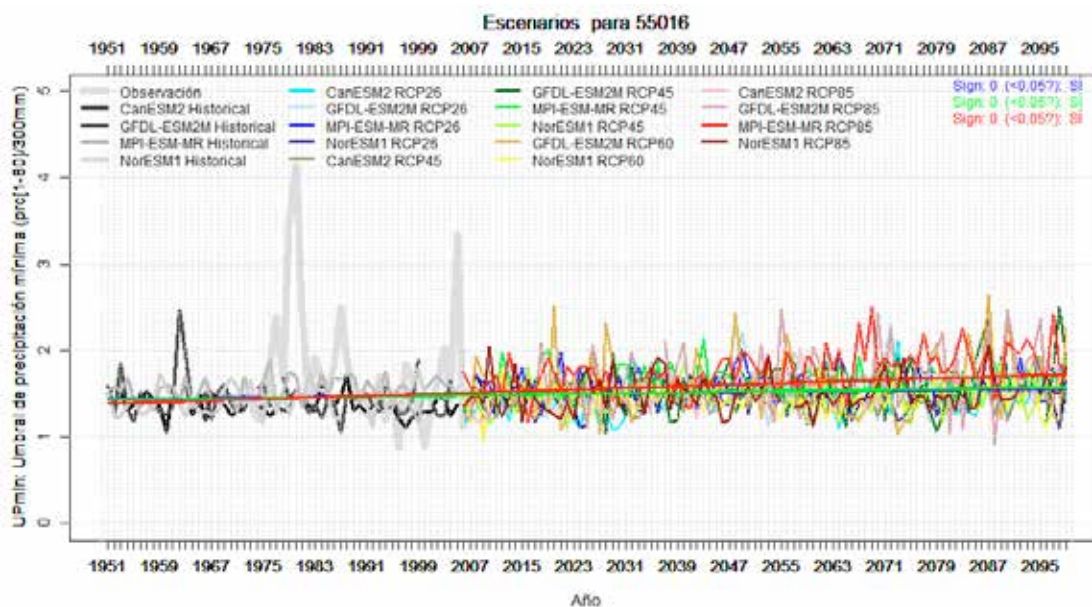
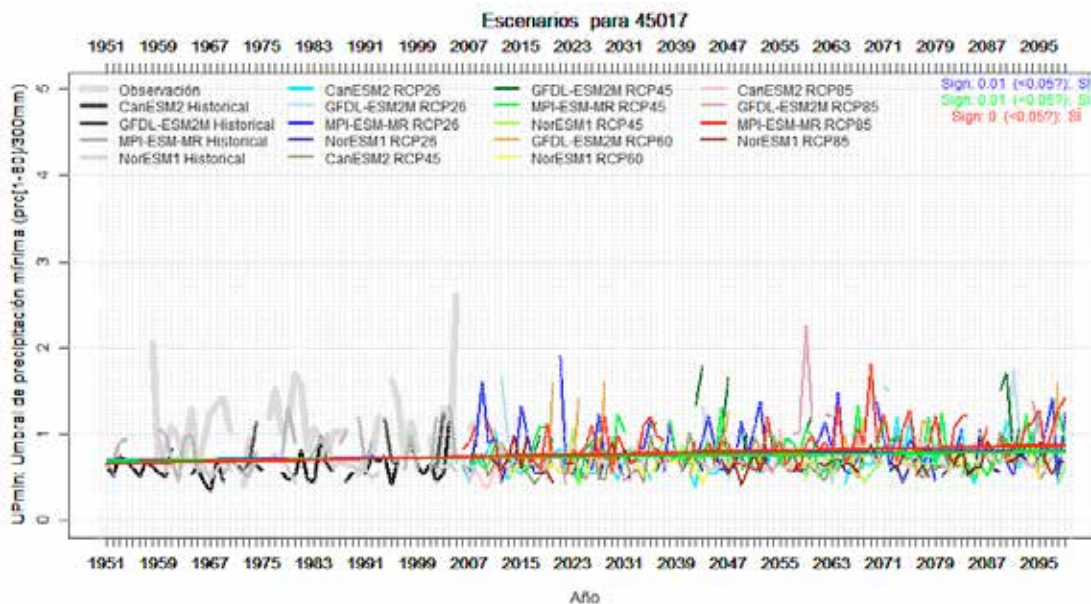


Figura 39. Tendencias de umbrales de precipitación en el ciclo de primera de frijol en Ocotal.



En postrera se prevé el incremento de precipitación en los tres territorios. Este incremento podrá ofrecer mejores condiciones de humedad para el cultivo del frijol en Mozonte (Figura 40). Sin embargo tanto en Golfo de Fonseca-Chinandega (ver ejemplo de Villanueva en la Figura 41) como en San Dionisio las precipitaciones pueden llegar a ser muy superiores a las exigencias del cultivo del frijol, superando en este último caso el 200% de las necesidades en todo el ciclo, lo que podrá repercutir negativamente en la producción de frijol.

Figura 40. Tendencias de umbrales de precipitación en el ciclo de postrera de frijol en Ocotal.

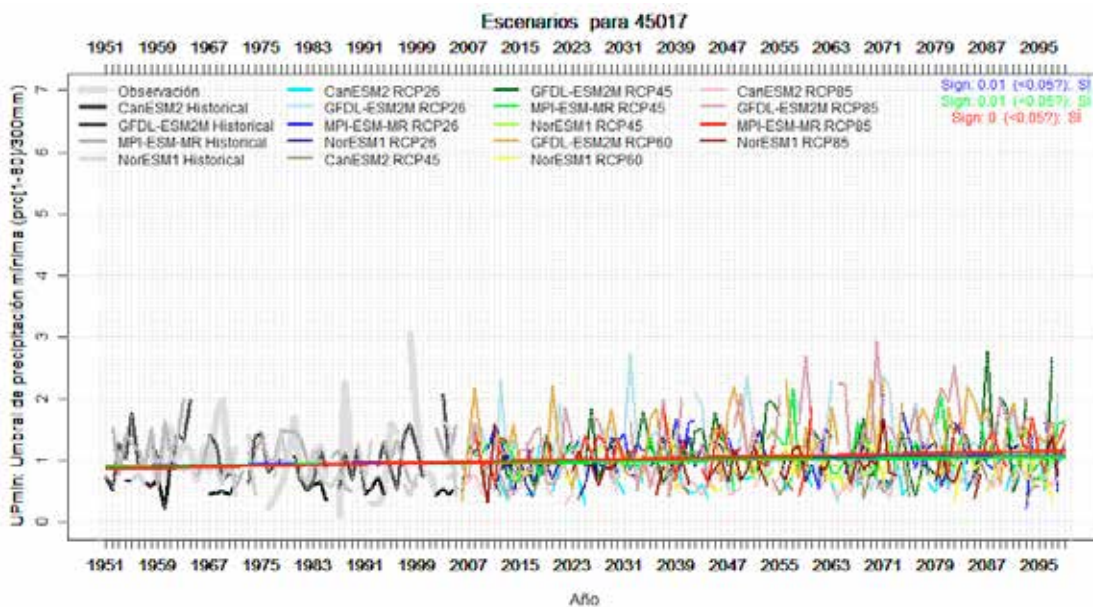
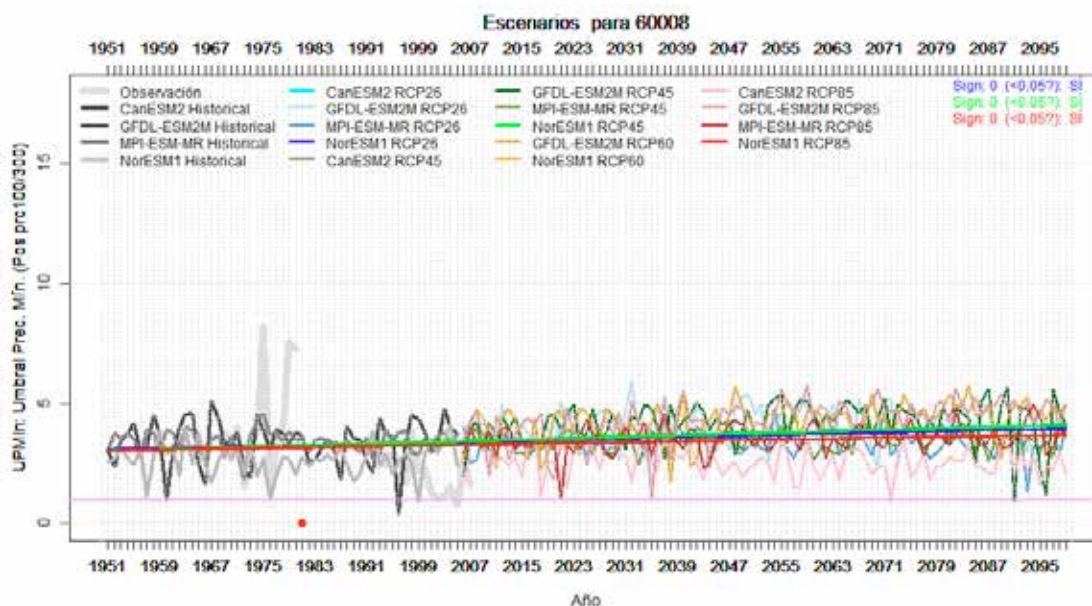


Figura 41. Tendencias de umbrales de precipitación en el ciclo de postrera de frijol en Villanueva.



b) Umbral de temperatura.

La planta de frijol es sensible a las altas temperaturas. El índice correspondiente verificado y analizado fue el siguiente:

Umbral de temperatura media en primera (UTMedFPri/ UTMedFPos): Máximo número de días consecutivos en los que la temperatura media diaria es mayor de 26°C en los 75 días siguientes a SFPri o SFPOs.

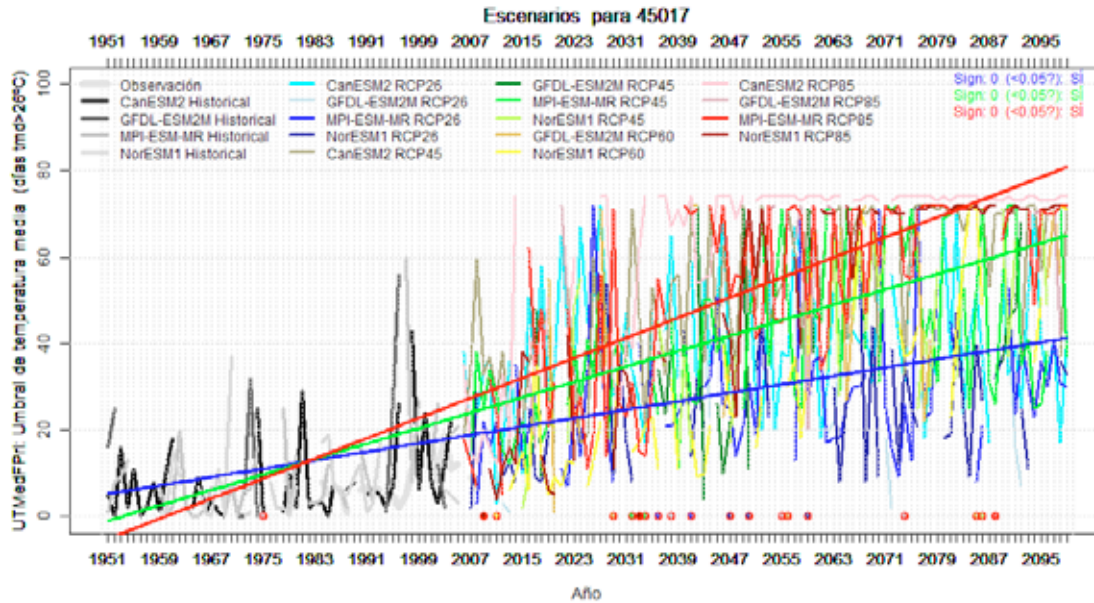
En primera, para mediados de siglo se observa una tendencia a duplicarse el número de días consecutivos con $t_{med} > 26^{\circ}\text{C}$ en San Dionisio y a triplicarse en Mozonte en los escenarios más pesimistas (figura 42).¹⁹

En ambos casos, podrán llegar a alcanzarse estas temperaturas todos los días del ciclo.



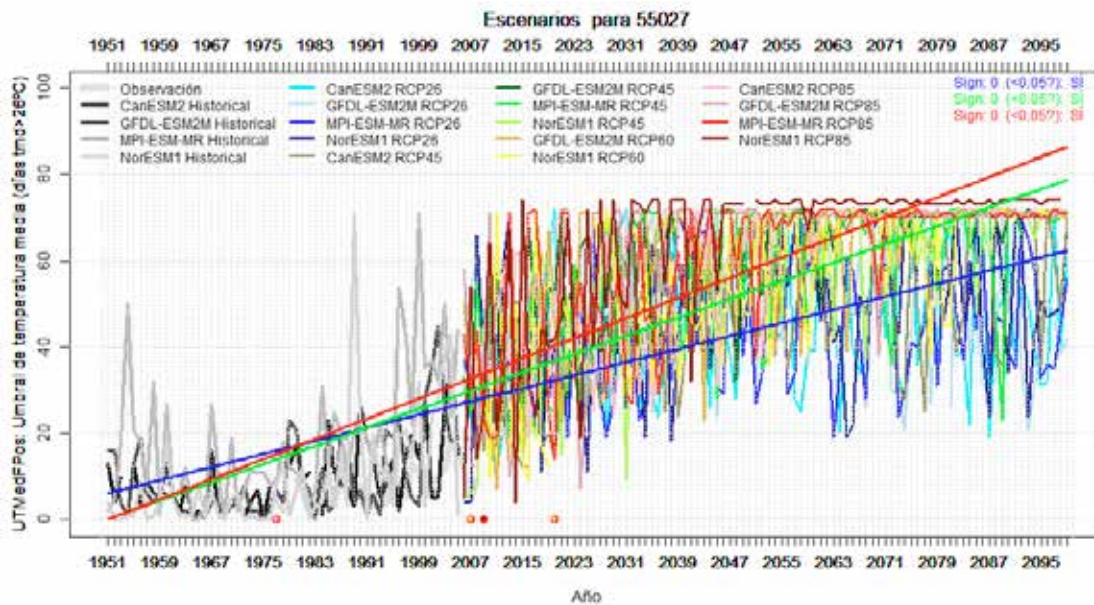
19 Temperatura óptima para el cultivo del frijol $>17^{\circ}$ y $<27^{\circ}$. Fuente CATIE/MIP AF Nicaragua.

Figura 42. Tendencias de n° de días con T^a media superior a 26°C en el ciclo de primera en Ocotlal.



En **postrera**, tanto para San Dionisio (Figura 43) como para Mozonte y el Golfo de Fonseca-Chinandega, hay una tendencia de aumento del número de días con temperatura media por encima de los 26°C. Estas temperaturas **podrían dar lugar a problemas de déficit hídrico, fundamentalmente para el caso de Mozonte**, donde se parte de una situación con menor disponibilidad de agua. Estas temperaturas **podrían dar lugar a mayores problemas de déficit hídrico**.

Figura 43. Tendencias n° de días con T^a media superior a 26°C en ciclo de postrera en Muy Muy.



5.3.2. Siembra y emergencia del frijol en primera y postrera.

Al ser un cultivo de ciclo corto, el frijol necesita que las condiciones climáticas se produzcan en el momento preciso para que el desarrollo de la planta se lleve a cabo adecuadamente. Por lo tanto necesita que las siembras se puedan realizar a tiempo con condiciones de humedad adecuadas (condiciones de tempero) y con lluvias regulares posteriormente para lograr una buena germinación. Para analizar estas condiciones adecuadas para la siembra se formula un índice denominado siembra efectiva para primera y postrera. Este último se definió de diferente manera para cada una de las tres zonas (tras la verificación del mismo con las comunidades analizadas).

Siembra efectiva del frijol en primera (SFPr²⁰): Primer día desde el inicio del invierno en que llueve menos de 5mm en tres días y los 10 posteriores llueve más de 20mm.

Siembra efectiva del frijol en postrera (SFPos) para Mozonte: Primer día entre el 15 de agosto y el 30 de septiembre en que llueve menos de 5 mm en tres días en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y los 10 posteriores llueve más de 20 mm.

SFPos para San Dionisio²¹: Primer día a partir del 10 de septiembre en que llueve menos de 5 mm en tres días en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y los 10 posteriores llueve más de 20 mm.

SFPos para Golfo de Fonseca: Primer día desde el inicio de la postrera en el que llueve menos de 10mm en 3 días en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm.

Los resultados obtenidos **no arrojan cambios importantes en la fecha de siembra efectiva de primera en San Dionisio y Mozonte.** La importante variabilidad interanual de este índice se mantiene y la siembra efectiva podrá variar desde comienzos de mayo hasta mediados de julio.

En relación a las **siembras de postrera**, no hay tendencias de cambio en la precipitación en los inicios de la postrera en ninguna de las tres zonas, por lo que **las fechas de siembra efectiva de frijol parecen mantenerse.** La alta variabilidad en la entrada de las lluvias se mantendrá en las tres zonas, donde las siembras se podrán dar en un rango muy amplio, entre mediados de agosto e inicios de octubre.

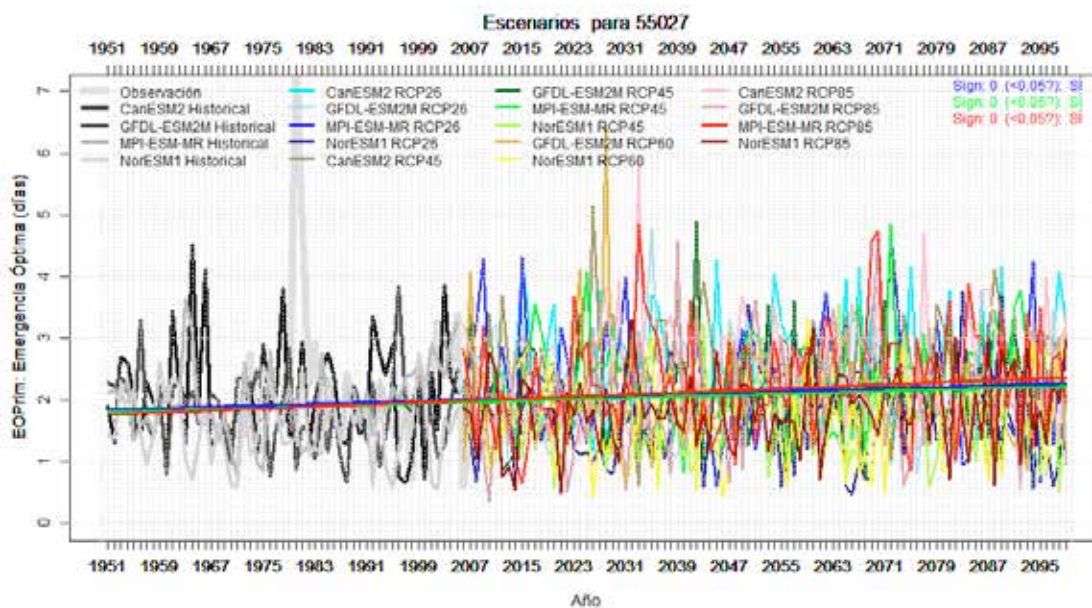
Las primeras fases de desarrollo del frijol pueden verse comprometidas cuando hay falta o exceso de humedad. El exceso de humedad va normalmente asociado a lluvias prolongadas en los primeros 15-20 días desde la siembra, y afecta a tres aspectos que pueden provocar la pérdida de parte de las semillas: en primer lugar, por la susceptibilidad a los hongos, al quedar la semilla desprovista de su protección química; en segundo lugar, por la compactación de la tierra, que impide que el brote rompa el suelo para salir, y en tercer lugar, porque esta humedad impediría las tareas de fertilización que tienen lugar en el momento de la siembra y a los 15 días de la siembra. El índice definido sería:

20 Para la siembra se requiere que la precipitación sea escasa, ya que de lo contrario no se puede entrar al campo a sembrar.
21 En San Dionisio no siembran antes del 10 de septiembre para poder recoger en periodo más seco y no perder la cosecha.

Emergencia óptima en primera y postrera (EOPrim/EOPos): Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos en los 20 primeros días después del SFPri/SFPos dividido entre 50 (Es más favorable en el rango entre 1 y 0.4, menor a este rango representa un índice de sequía. Es permisible entre 1 y 1.5 siempre y cuando sean variedades que toleran humedad y suelos con buen drenaje, más desfavorable cuanto mayor sea 1.5).

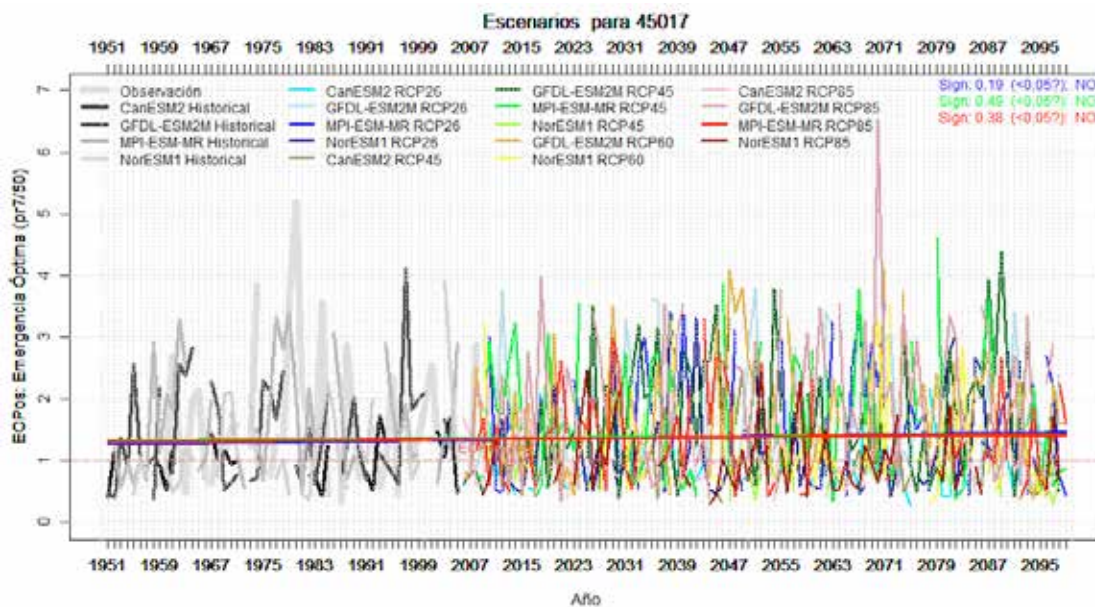
En el ciclo de primera, en San Dionisio (figura 44) hay una tendencia de aumento del volumen de precipitación, ya de por si elevado en el pasado, mientras que en Mozonte no se detectan cambios importantes. Por lo tanto en **San Dionisio** podrán darse con **mayor frecuencia problemas relacionados con el exceso de agua** en esta etapa.

Figura 44. Tendencias de emergencia óptima por precipitación en frijol de primera en Muy Muy.



Con relación a la postrera no se detectan cambios en el régimen de precipitación en los primeros estados de crecimiento del frijol en ninguno de los territorios analizados. Se puede ver en la figura 45 el ejemplo de Ocotil.

Figura 45. Tendencia de emergencia óptima por precipitación en frijol de postrera en Ocotal.



En cuanto a la temperatura en estos primeros estados del desarrollo, el óptimo está situado entre los 18 y 26 grados. El índice aplicado está dirigido a conocer los cambios en las condiciones de temperatura en el periodo más crítico de emergencia de la planta.

Temperatura óptima para emergencia de frijol en primera (TOEFPri): Número de días en que la temperatura media es mayor a 26°C en los 20 primeros días después del SFPri.

Tanto en San Dionisio como en Mozonte hay tendencias de aumento de temperatura media en los primeros días del cultivo en el ciclo de primera. Casi se duplica el número de días con Tmed > a 26°C. En el caso de San Dionisio este incremento de temperatura en primera unido a una aún más elevada precipitación (incremento de humedad) puede dar lugar a una mayor proliferación de plagas y enfermedades. En el caso de Mozonte el incremento de temperatura no acompañado con incremento de precipitación podría dar lugar a mayor déficit hídrico y por tanto pérdidas en las primeras etapas del cultivo. Ver figuras 46 y 47.



Figura 46. Tendencias de aumento de temperatura en emergencia de frijol en primera en Muy Muy.

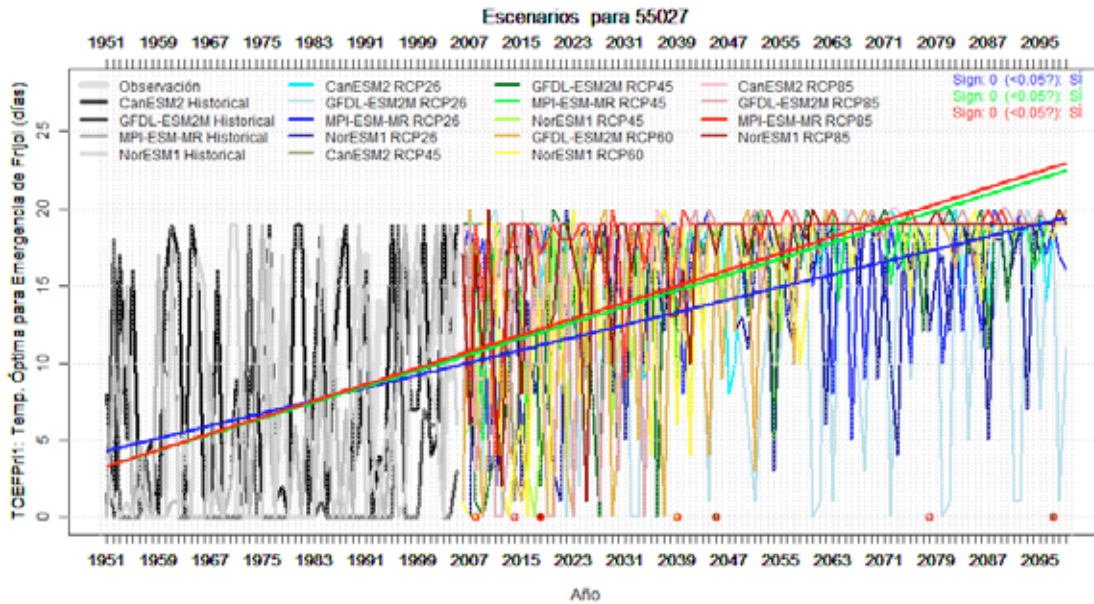
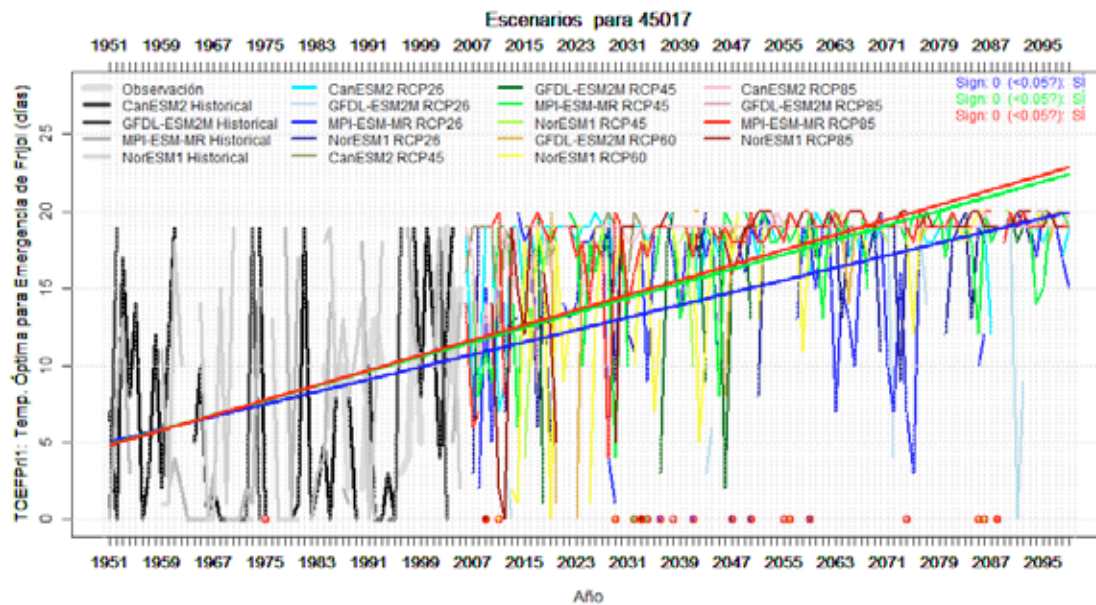


Figura 47. Tendencias de aumento de temperatura en emergencia de frijol en primera en Ocotlán.



5.3.3. Floración y llenado de vainas en primera y postrera.

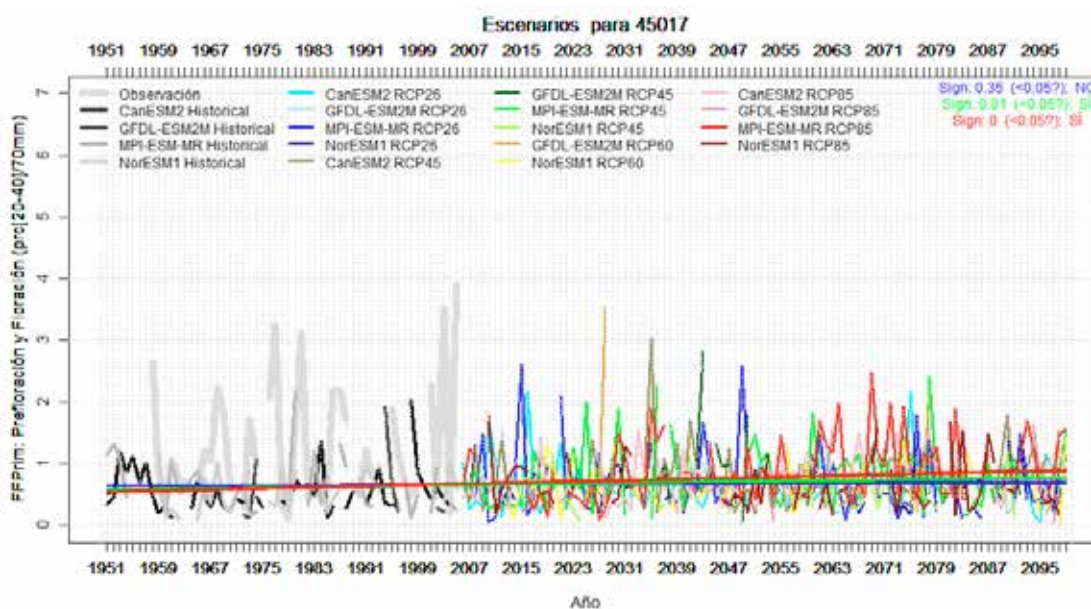
Entre los 20 a 40 días de la siembra se da la floración y se realizan tareas para el control de malezas, y entre los 40 y 65 días se da la formación y llenado de vainas. En ese momento el exceso o el defecto de agua puede tener implicaciones en el desarrollo del cultivo, tanto por afectar a la floración y por tanto al menor cuajado de grano y la formación de vainas, como por la mayor competencia de malas hierbas (lo que influiría en el rendimiento). Los índices definidos para este elemento crítico serían:

Prefloración y Floración en primera y postrera (FPrim1/FPoS): Precipitación acumulada (mm) entre los 20 y 40²² días después de SFPri/SFPoS dividido entre 70 mm. (es más desfavorable cuando el cociente se aleja del rango entre 0.8 y 1.2).

Formación y llenado de vainas (FV Prim/FVPos): Cantidad de precipitación acumulada entre los 40 y 65 días después de SFPri/SFPoS dividido entre 100 mm (el cociente es más favorable entre el rango de 0.8 y 1.3).

En primera, se prevé un leve incremento de la precipitación en el periodo de floración y llenado de vainas (solo en los escenarios más pesimistas), lo que podría resultar perjudicial en San Dionisio por el exceso de agua y beneficioso en Mozonte (Fig. 48).

Figura 48. Tendencia de precipitación en floración para frijol en primera en Ocotal.



En San Dionisio, el incremento previsto de precipitación en la época de floración, llenado y maduración del grano podrá afectar al frijol por exceso de humedad tanto en primera como en postrera, sobre todo en las zonas más elevadas.

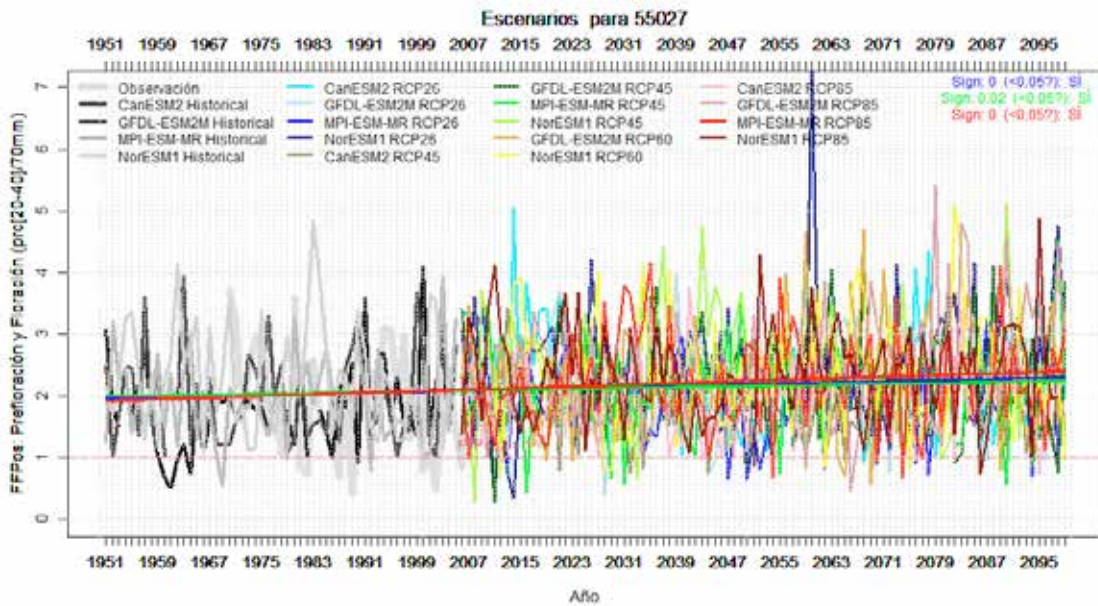
La zona de San Dionisio enfrentaría, como en la actualidad, situaciones recurrentes de lluvias intensas, perjudiciales para el frijol. En Mozonte se continuarían dando con cierta frecuencia años con déficit de precipitación en el momento del llenado de las vainas.

En **postrera** se detecta una tendencia al incremento de las lluvias. **En floración se prevén incrementos en la parte alta de San Dionisio** (figura 49) que alcanzarían más del doble de la precipitación óptima y no así en la parte baja y media donde no se detectan cambios en precipitación. En el

22 En este rango se encuentran contenidos los días hasta la floración de las variedades cultivadas en los territorios de la investigación.

periodo de llenado de vainas la precipitación se incrementa tanto en la zona baja como en la media y alta de San Dionisio. Esto puede ser perjudicial para el frijol.

Figura 49. Tendencias de precipitación en floración en frijol de postrema en zona alta de San Dionisio (Muy Muy).



En el caso de Mozonte no se aprecian cambios en la precipitación en la fase de floración (figura 50) y se detectan leves incrementos en la fase de llenado de vainas (figura 51) para los escenarios más pesimistas. En el Golfo de Fonseca no se aprecian cambios en la precipitación en la etapa de cuajado de grano.

Figura 50. Tendencias de precipitación en floración en frijol de postrema en Mozonte (Ocotil).

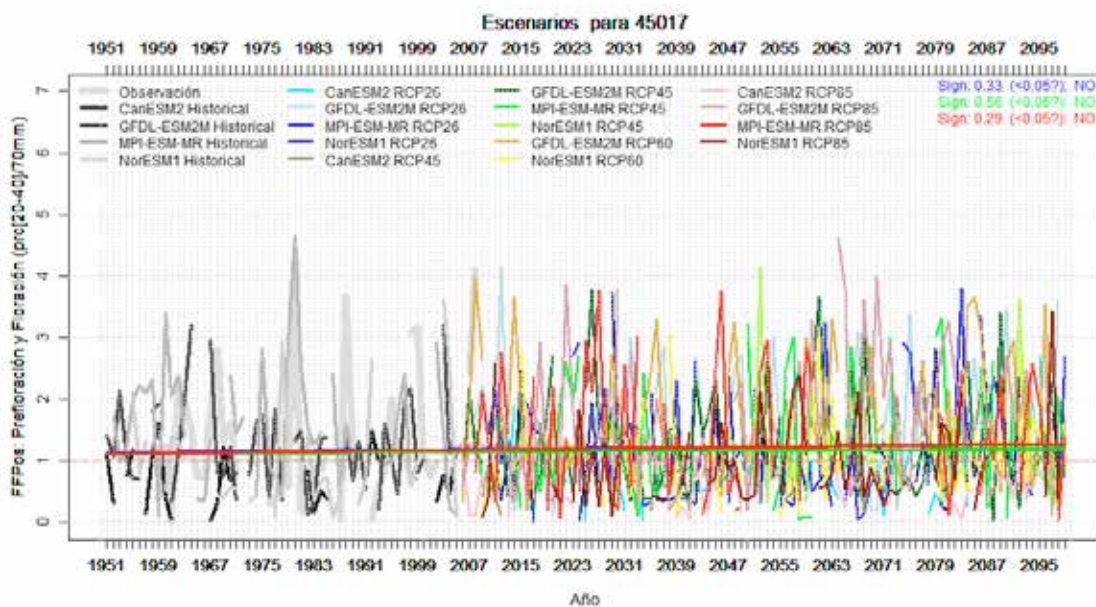
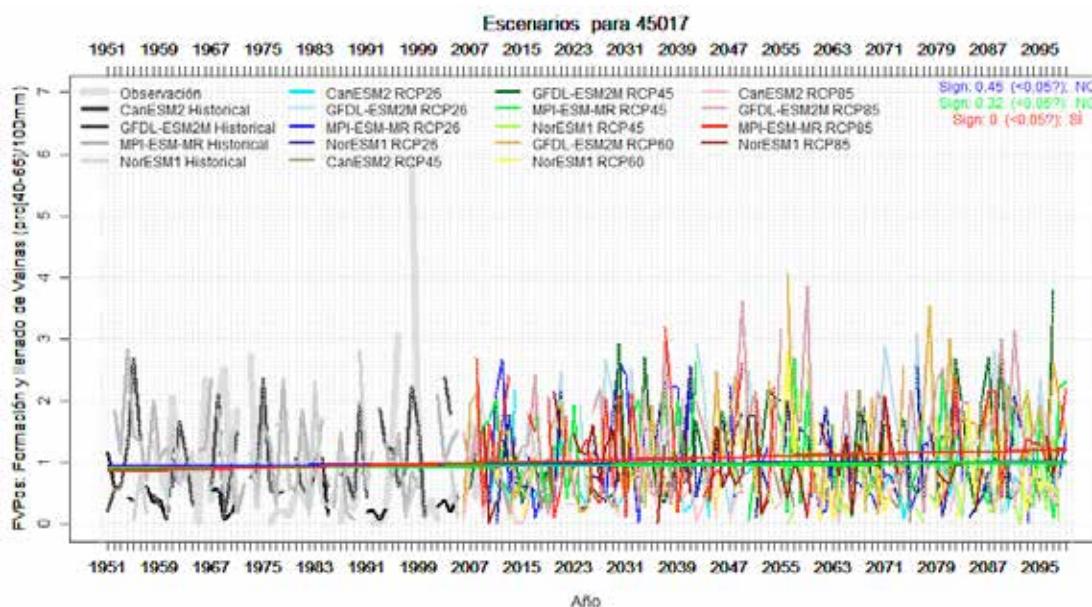


Figura 51. Tendencias de precipitación en formación y llenado de vainas en frijol de postrera en Mozonte (Ocotal).



En las primeras fases del cultivo es cuando se prevén situaciones de mayor déficit hídrico en Mozonte, tanto en primera como en postrera.

5.3.4. Secado y post-cosecha en primera y postrera.

Tras la cosecha, el grano se deja secando en el campo durante unos 10-15 días. Si se incrementan las lluvias, el frijol puede ser más susceptible a hongos, gorgojo y puede disminuir la calidad o perderse. Para medir la ocurrencia de lluvias en el momento del secado se propone el siguiente índice, que trata de medir cuántos días tras la cosecha se producen esas condiciones:

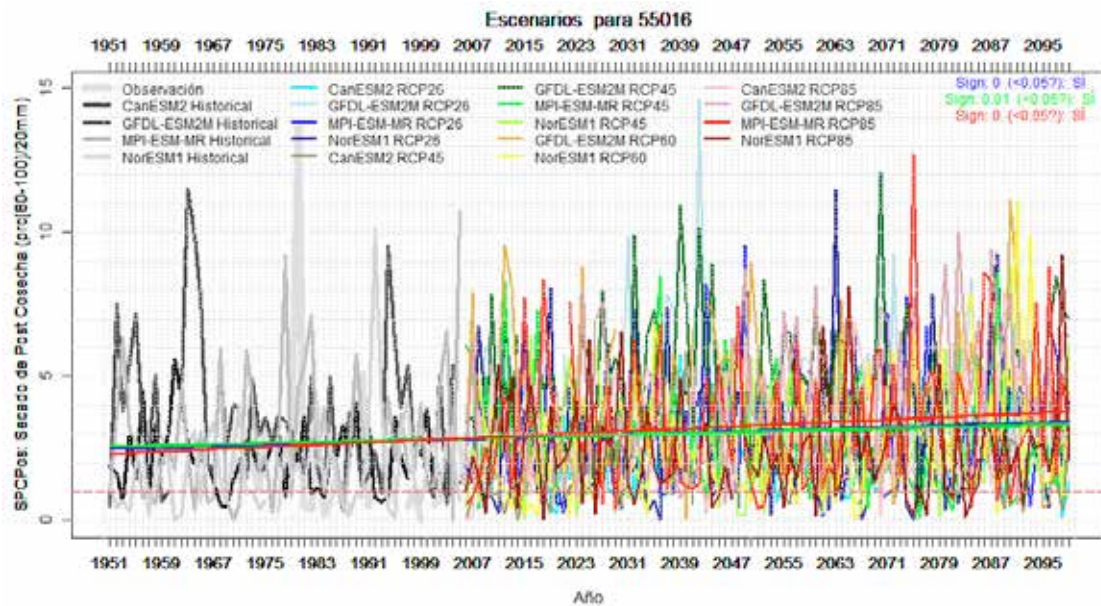
Secado post cosecha de primera/postrera (SPCPrim/SPCPos): Cantidad de precipitación acumulada entre los 80 y 100 días después del SFPri/SFPos dividido entre 20 mm (el cociente es más favorable cuanto menor sea de 1).

Para la primera, en San Dionisio se detectan incrementos de precipitación en el escenario más pesimista. El índice sobrepasa seis veces la cantidad de lluvias tomada como referencia, considerando que la precipitación en el presente es ya de por sí muy elevada. Para el futuro se esperan mayores dificultades para el secado del grano.

Por el contrario en Mozonte no se detectan cambios significativos en las lluvias en la post-cosecha, por lo que en esta área no parece que se vaya a complicar más el secado del frijol.

Esta misma situación se produce durante el ciclo de postrera en el que igualmente se prevé que puede haber dificultades para el secado en los tres territorios, **detectándose mayores dificultades para el secado de frijol en San Dionisio** (figura 52) que en Mozonte (figura 53) y el Golfo de Fonseca-Chinandega.

Figura 52. Tendencias de secado post-cosecha en frijol de postrera en San Dionisio.

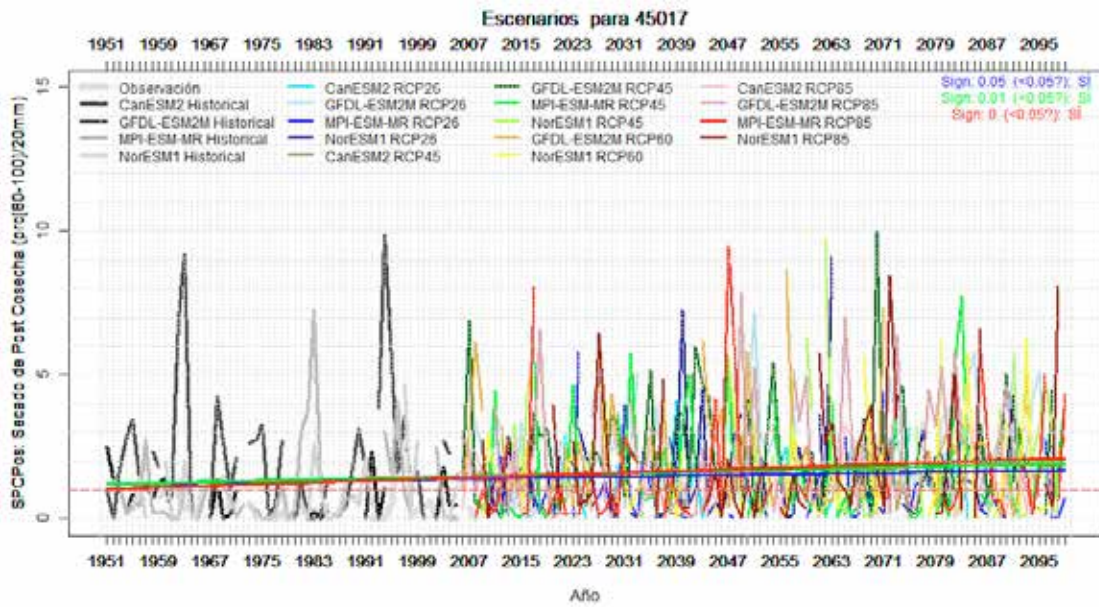


Para el caso de Chinandega, aunque los escenarios muestren aumentos significativos de las precipitaciones intensas en época de cosecha, sin embargo no superan un valor que implique mayores riesgos.



Se prevé para los tres territorios un aumento de las precipitaciones en el momento de la cosecha y post-cosecha, lo que afectará las condiciones de secado del frijol en postrera.

Figura 53. Tendencias de secado post-cosecha en frijol de postrera en Mozonte (Ocotal).





6. Conclusiones

6.1. Tendencias generales del clima futuro.

Las simulaciones realizadas concluyen que los cambios más importantes prevén ser el **incremento de temperaturas máximas y mínimas (en mayor medida estas últimas) de manera diferente en los tres territorios y a lo largo del año.**

Para mediados de siglo los **mayores aumentos se prevén de septiembre a noviembre y marzo a mayo en Mozonte y San Dionisio** que podrán alcanzar los **2,5-3°C**.

Por el contrario, **para los municipios del Golfo de Fonseca** en estas dos épocas del año no se prevén incrementos tan sustanciales en temperatura máxima (en torno a 1- 1,5°C) aunque el incremento de la temperatura mínima podría casi alcanzar los 2°C. En los meses de **junio a agosto**, se prevé que sea en estos municipios **donde los incrementos de temperatura sean más acusados (hasta 1,5°C de temperatura máxima y 2°C de temperatura mínima).**

Los cambios previstos para temperatura serán **leves en las tres zonas en la época de diciembre a febrero.**

En precipitación y para mediados de siglo se simulan para las **tres áreas incrementos de hasta un 20% en la precipitación en la época de septiembre a noviembre**, lo que en términos absolutos significa aumentos desde los 36 mm/mes de Villanueva hasta los 15 mm/mes en Mozonte.

También se prevén **aumentos entre marzo y mayo del 20% en Mozonte y en San Dionisio** (12-15 mm/mes) y más leves en los municipios del Golfo de Fonseca (6-9 mm/mes).

Los incrementos relativos de precipitación estimados para los meses de diciembre a febrero (30-40% en Chinandega y 20% en Mozonte) son muy poco relevantes en términos absolutos (pues la precipitación en estos meses es muy baja).

Para la época de junio a agosto las tendencias simuladas en la lluvia acumulada son diferentes en las tres zonas: En los municipios del **Golfo de Fonseca tienden a disminuir un 10%** (hasta 18 mm/mes). En Mozonte no se prevén cambios. En San Dionisio sugieren incrementos de un 10% (12-15 mm/mes).

6.2. Conclusiones para maíz.

6.2.1. Maíz en primera.

En general, las tendencias no hacen prever cambios en las condiciones para la siembra efectiva de primera en ninguna de las tres zonas estudiadas, excepto que se da un ligero adelanto de estas condiciones para el área de Chinandega-Golfo Fonseca, donde también se prevé un adelanto de la canícula. **Por lo tanto no se detectan tendencias de cambio en la duración de este primer periodo clave para la viabilidad del cultivo de primera.** Se prevé que la variabilidad interanual del calendario de siembra efectiva se mantenga elevada, por lo que los años en los que la canícula tienda a adelantarse se continuarán dando pérdidas importantes en Mozonte y Chinandega-Golfo de Fonseca.

El maíz deberá adaptarse a unas condiciones de temperatura más elevadas en las tres áreas. **En las primeras fases de desarrollo del cultivo desde la emergencia hasta la floración los aumentos de temperatura se prevén elevados** lo que tendrá efectos inmediatos en el incremento de la evapotranspiración y en el incremento de las necesidades hídricas del maíz.

Por el contrario **los escenarios de precipitación son diferentes en las tres áreas**, pues mientras que en Chinandega-Golfo de Fonseca parece que tenderán a disminuir levemente, en Mozonte se mantendrán y en San Dionisio tenderán a aumentar levemente.

El incremento previsto de la temperatura y la aparente reducción / mantenimiento de la precipitación **en Chinandega-Golfo Fonseca y Mozonte, darán lugar a situaciones más frecuentes de déficit hídrico en los primeros periodos de desarrollo del maíz de primera.** El incremento de temperatura previsto para **San Dionisio** parece que estará acompañado de un leve incremento de las lluvias, lo que en parte ayudará a **compensar esos déficits hídricos** en esta área. También se detecta cierta tendencia a aumentar la intensidad de las lluvias (picos de las gráficas más pronunciados).

En las fases más avanzadas del cultivo de primera (formación y maduración del grano), los incrementos mayores de temperatura prevén darse en el área de **Chinandega-Golfo de Fonseca**, acompañados con la previsible reducción de precipitación, lo que tendrá consecuencias en **condiciones más difíciles para el crecimiento y la maduración y por lo tanto menores rendimientos.** **En Mozonte** los incrementos de temperatura no serán tan relevantes pero tampoco se prevé un incremento de la precipitación, por lo que **las situaciones de déficit hídrico del maíz en estas zonas tenderán también a aumentar.** **En San Dionisio (zona media y baja)**, donde se prevé un ligero aumento de temperaturas y precipitaciones en este periodo, **se podrán mantener condiciones adecuadas para el maíz.** En las **zonas altas**, se prevé una **tendencia de aumento de precipitaciones** (sobre cifras absolutas ya muy elevadas) lo que **podría tener efectos negativos** por mayores inundaciones en los suelos más arcillosos incidiendo en una menor absorción de nutrientes por la planta **incremento de plagas y enfermedades, reducción de rendimientos y baja calidad de la cosecha.**

En resumen, las tendencias indican que la situación para el maíz de primera en el área de Chinandega-Golfo de Fonseca va a ser cada vez más complicadas por el aumento previsible de la temperatura y la disminución de precipitación.

Mozonte también enfrentará este problema pero más atenuado que el caso de Chinandega

pues las precipitaciones no muestran una tendencia a disminuir y las temperaturas se incrementarán en menor medida en este periodo. En San Dionisio las condiciones continuarán siendo óptimas en las zonas medias y bajas, y en las zonas altas tenderán a estar más afectados por lluvias abundantes lo que repercutirá en el desarrollo del maíz.

6.2.2. Maíz en postrera.

Los resultados obtenidos sugieren que no se prevén cambios relevantes en las fechas de siembra de postrera.

Se prevé que los **incrementos de temperatura serán importantes en San Dionisio y Mozonte durante todo el ciclo del maíz. Los incrementos se prevén menores para la zona de Chinandega-Golfo de Fonseca.**

En la fase de floración se prevén leves incrementos en la precipitación en San Dionisio y Mozonte. Debido al importante incremento de las temperaturas máximas el maíz podrá enfrentar con más frecuencia **situaciones de déficit hídrico sobretodo en el caso de Mozonte** (pues en San Dionisio el régimen de precipitación en postrera es mucho más alto). En **Chinandega-Golfo de Fonseca** no se detectan tendencias generales de cambio de la precipitación por lo que **leves aumentos de temperatura en esta fase pueden tener también implicaciones en una mayor frecuencia de déficits hídricos.**

En la fase más avanzada de desarrollo del cultivo (**formación y maduración del grano**) se da una situación parecida, en la que se prevén **leves incrementos de precipitación en Mozonte y San Dionisio que podrán compensar en alguna medida la mayor evapotranspiración por el incremento de temperatura previsto.**

En relación con la **cosecha y post-cosecha el proceso de secado del maíz** para que reúna las condiciones adecuadas de almacenamiento y post-cosecha se podrá ver dificultado por la tendencia generalizada de retraso del fin de la postrera en las tres zonas. El análisis más específico realizado para la zona de Chinandega-Golfo de Fonseca concluye que se prevé una **tendencia al aumento de precipitación** acumulada en el momento de la dobla del 20% y también en el momento de la cosecha con mayores dificultades en las tareas de cosecha y que se den condiciones más propicias para el desarrollo de enfermedades en la mazorca.

En definitiva para el maíz de postrera se prevé que se mantengan condiciones adecuadas para su desarrollo en San Dionisio. El mayor incremento de temperatura previsto para el área de Mozonte podrá dar lugar a un aumento desituaciones con déficit hídrico. El retraso en la finalización de la postrera y los incrementos previstos en la precipitación al final del ciclo pueden llegar a complicar más las condiciones de cosecha y las tareas de recolección.

6.3. Conclusiones para Frijol.

6.3.1. Frijol en primera.

En primera la temperatura media tiende a aumentar considerablemente tanto en San Dionisio como en Mozonte. En Mozonte las tendencias de incremento de temperaturas se estima que serán incluso mayores.

Se prevén también incrementos en precipitación acumulada durante todo el ciclo del frijol en San Dionisio y el mantenimiento o ligero incremento de las lluvias acumuladas en Mozonte. Este incremento será crítico para la zona de San Dionisio para todo el periodo de cultivo (desde la emergencia hasta la cosecha), pues el frijol podría verse afectado por el exceso de humedad. Durante las primeras fases de desarrollo en Mozonte el frijol pueden verse comprometido por mayor estrés hídrico dado que las precipitaciones tienden a mantenerse bajas y la temperatura tiende a aumentar.

En San Dionisio se prevén mayores problemas en el futuro para el secado del frijol, mientras que en Mozonte la situación no prevé que vaya a modificarse.

6.3.2. Frijol en Postrera.

En postrera la **temperatura media también tiende a aumentar en las tres áreas de estudio.**

En cuanto a precipitación, se prevén **incrementos leves en el ciclo de postrera.** El aumento de la precipitación se prevé que incidirá en las fases de floración, formación y maduración del grano en la zona alta de San Dionisio. En las zonas medias y bajas no se prevén cambios en la precipitación en la época de floración aunque si en la de **llenado y maduración** del grano. Este incremento **podrá afectar al frijol por exceso de humedad.** En el caso de **Mozonte el incremento de las lluvias prevé centrarse más en la fase de maduración, por lo que es en las primeras fases del cultivo donde podrá afectar más el incremento de temperatura y por lo tanto darse mayores déficits hídricos.**

Para **Chinandega no se detectan tendencias de cambio en la precipitación salvo en la etapa del secado,** lo cual indica que en general los mayores problemas en esta zona estarían en **mayores déficits hídricos asociados al incremento de temperatura durante gran parte del ciclo del frijol, y los excesos de humedad por el incremento de lluvia en el secado del grano.** El aumento de las condiciones de humedad en el momento de la cosecha y postcosecha también **prevé afectar al secado del frijol en San Dionisio y en Mozonte.**

En todos los casos **la variabilidad de la precipitación influirá durante todo el ciclo del cultivo.** Los años de excesos y déficits de lluvias podrán tener un impacto negativo muy fuerte en el frijol en todas las zonas.



7. Estrategias de adaptación

En este acápite se sintetizan las estrategias para la adaptación al cambio climático formuladas por los comunitarios de los territorios en estudio a partir del análisis de los efectos del clima sobre los medios de vida. Algunas de las estrategias planteadas ya están en ejecución, impulsadas por organizaciones presentes en las áreas de estudio, con objetivo de incrementar la resiliencia y las capacidades de adaptación. Sin embargo, la inclusión de los análisis climáticos en la metodología desarrollada ha permitido discutir en qué medida dichas estrategias son pertinentes en escenarios de clima futuros, así como plantear estrategias con objetivos específicos de gestión de riesgos climáticos y adaptación al cambio climático desde el análisis de sus impactos.

Se generaron estrategias específicas basadas en las discusiones en las comunidades acerca del impacto del clima futuro en maíz y frijol, a partir de los índices agroclimáticos analizados. También se formularon estrategias generales dirigidas a enfrentar la vulnerabilidad actual mejorando la gestión de los recursos naturales para adaptación al cambio climático.

En todas ellas se han definido acciones desde la percepción y experiencia comunitaria, por lo que, la observación de cuales “estrategias” han presentado buenos resultados en situaciones climáticas presentadas hasta la fecha, han sido complementarias al análisis de los escenarios de clima futuro y determinantes en la formulación participativa de estrategias de adaptación en los tres territorios.

Para cada territorio se ha generado un documento de estrategia local de adaptación, en donde se detallan los objetivos estratégicos, líneas estratégicas, acciones de adaptación e identificación de actores claves para su implementación. En el presente documento se hace un resumen de las mismas.

7.1. Objetivos de las estrategias de adaptación.

En los tres territorios se definieron objetivos estratégicos a dos niveles; (1) a nivel de los sistemas de producción agropecuarios donde las acciones se orientaron a disminuir los impactos del clima futuro en el maíz y el frijol, pero también a la disminución de riesgos mediante la diversificación y disminución de uso de insumos externos, (2) a nivel de las unidades territoriales, orientados a disminuir vulnerabilidades ambientales mediante el fortalecimiento de la gobernanza y el manejo integral de los recursos naturales en las cuencas hidrográficas.

En el cuadro 5 se definen los objetivos estratégicos propuestos por los comunitarios en cada uno de los territorios:

Cuadro 5. Objetivos Estratégicos		
Territorio	A nivel de los sistemas productivos	A nivel de las unidades territoriales
San Dionisio	Aumentar la resiliencia al cambio climático de los medios de vida agropecuarios en las 7 comunidades de incidencia de la UCOSD.	Fortalecimiento de las capacidades locales para la adaptación al cambio climático y el aumento de la resiliencia. Favorecer la concertación público-privada para mejorar la institucionalidad local en la adaptación al cambio climático
Mozonte	Incrementar la resiliencia de los sistemas de producción agropecuarios de las comunidades de Las Cruces y San Antonio en el municipio de Mozonte.	Contribuir a la gestión integral de la subcuenca del río Mozonte disminuyendo la vulnerabilidad ambiental en las comunidades Las Cruces y San Antonio.
Golfo de Fonseca	Aumentar la resiliencia al cambio climático de los medios de vida priorizados por los comunitarios.	Aumentar la resiliencia del sistema natural y humano del Golfo de Fonseca en Nicaragua.

7.2.- Estrategias de adaptación de los sistemas productivos maíz y frijol.

Estas estrategias surgen del análisis de los efectos del cambio climático en maíz y frijol. Están conformadas por propuestas de adaptación y ordenadas por las etapas fenológicas donde se presentaron mayores efectos del cambio climático y sobre las cuales los comunitarios enfocaron sus propuestas (ver cuadro 6, 7, 8 y 9 en las páginas subsiguientes).

a. Maíz Primera.

Cuadro 6. Maíz Primera

Etapas fenológicas	Zonas	Cambios previstos	Principales efectos del cambio climático	Prácticas de adaptación propuestas
Siembra efectiva	San Dionisio	Fecha de siembra efectiva con tendencia a mantenerse. Se prevé elevada variabilidad.	Posibilidad de que haya años en que las semillas no germinen o no se desarrollen por falta de humedad.	<ul style="list-style-type: none"> - Dejar la práctica de “sembrar en seco”. - Esperar las lluvias para sembrar, si estas se atrasan usar variedades de ciclo corto. - Uso de variedades criollas.
	Mozonte			<ul style="list-style-type: none"> - Uso de variedades criollas. - Fitomejoramiento participativo.
	Golfo de Fonseca			<ul style="list-style-type: none"> - Uso de variedades de ciclo corto.
De emergencia a floración	San Dionisio	Incremento de temperatura en las primeras etapas.	Incremento de evapotranspiración; incidencia en los ciclos de algunas plagas.	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor distancia de siembra. - Incorporación de rastrojos. - Fertilizantes agroecológicos.
	Mozonte	Se prevé un leve incremento de precipitaciones en las zonas altas de San Dionisio.	Problemas en la absorción de nutrientes por saturación de los fondos de valle. Incremento de plagas y enfermedades.	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer parcelas en sitios bien drenados, incluyendo laderas. - Obras físicas de conservación de suelos y agua en las parcelas.
	Golfo de Fonseca	Incremento de temperatura en las primeras etapas.	Incremento de evapotranspiración; incidencia en los ciclos de algunas plagas.	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor distancia de siembra. - Fertilizantes agroecológicos - Incorporación de rastrojos.
	Mozonte	No hay tendencias de cambio en precipitación y por tanto se prevén mayores posibilidades de déficit hídrico.	Riesgos de atrasos en el crecimiento del embrión con problemas para alcanzar las etapas de maduración.	<ul style="list-style-type: none"> - Siembras en fondos de valle. - Practicas para mantener humedad como cultivos de cobertura, uso de frijol abono, incorporación de rastrojos, entre otras.
	Golfo de Fonseca	Incremento de temperatura en las primeras etapas.	Incremento de evapotranspiración, incidencia en los ciclos de algunas plagas.	<ul style="list-style-type: none"> - Fertilizantes agroecológicos.
		Se prevé reducción de precipitaciones y por tanto mayores déficits hídricos.	Riesgos de atrasos en el crecimiento del embrión con problemas para alcanzar las etapas de maduración.	<ul style="list-style-type: none"> - Siembras en fondos de valle. - Uso de frijol abono, mulch, entre otros.

Etapas fenológicas	Zonas	Cambios previstos	Principales efectos del cambio climático	Prácticas de adaptación propuestas
Etapas de formación y maduración	San Dionisio	Potencial incremento en precipitación sobre todo en la zona alta. En las zonas bajas e intermedias, se pueden mantener condiciones adecuadas.	Zona alta con tendencias a excesos hídricos que puede provocar incremento de enfermedades fungosas, menor posibilidad de absorción de nutrientes, con repercusiones en la baja de rendimientos y calidad del producto.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de variedades resistentes a enfermedades fungosas. - Siembra en ladera. - Cambios de ubicación y tipos de cultivos, ejemplo cultivar arroz en las parcelas planas. - Incorporación de rastrojos. - Zanjas de desagüe o infiltración. - Siembra en bancales. - Siembra en asocio. - Microtúneles o invernaderos.
	Mozonte	Tendencias de un leve déficit Hídrico.	Reducción de biomasa y rendimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de variedades criollas y acriolladas. - Menor densidad de siembra. - Prácticas de cosecha de agua y microrriegos.
	Golfo de Fonseca	Tendencias de déficit hídrico para las etapas de formación y maduración del grano.	Reducción de biomasa y rendimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Obras de conservación de suelos y agua. - Siembras de labranza mínima o con cobertura, en la que se deja el rastrojo de maleza o cultivos anteriores y se siembra a espeque - Siembras al voleo, sin rotura del suelo.

b. Maíz Postrera.

Cuadro 7. Maíz Postrera

Etapas fenológicas	Zonas	Cambios previstos	Principales efectos del cambio climático	Prácticas de adaptación propuestas
Fase de floración	San Dionisio	Incremento leve de las posibilidades de déficit hídrico por leve incremento en la precipitación y acusado aumento de temperaturas.	Incremento de la asincronía entre la liberación de polen y la emergencia de los estigmas, provocando fallas en la polinización y por ende disminución del rendimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Disminución de la densidad de siembra. - Uso de semillas criollas y acriolladas. - Siembra en asociados. - Siembra en curvas a nivel. - Uso de semillas criollas. - Incrementar la distancia de siembra. - Obras físicas en las parcelas para incrementar humedad. - Uso de fertilizantes agroecológicos. - Cosecha de agua y microriego.
	Mozonte	Potencial déficit hídrico debido a incremento fuerte de temperatura no compensado por incremento leve de precipitación.		
	Golfo de Fonseca	Mayor frecuencia de déficit hídrico por incremento de temperatura sin cambios en precipitación.		
Cosecha y post-cosecha	San Dionisio	Retraso en el fin de la post-cosecha.	Dificultades para el secado y almacenamiento del grano.	<ul style="list-style-type: none"> - Fomento de casetas de secado y/o almacenamiento. - Fomentar el cultivo de maíz en pri-mera. - Fomento de casetas de secado y/o almacenamiento
	Mozonte			
	Golfo de Fonseca			

c. Frijol Primera.

Considerando que las mayores tendencias de cambio se presentan en etapas fenológicas diferentes entre uno y otro territorio, para el caso de frijol en la época de primera los resultados se presentan considerando el ciclo de cultivo de manera general.

Cuadro 8. Frijol Primera				
Etapas fenológicas	Zonas	Cambios previstos	Principales efectos del cambio climático	Prácticas de adaptación propuestas
Floración, llenado, maduración del grano y cosecha	San Dionisio	De manera general hay exceso de precipitación a lo largo del ciclo. Tendencia de aumento de precipitación en la fase de cosecha y post-cosecha.	Mayores posibilidades de inundación y saturación de parcelas provocando incremento de enfermedades fungosas con repercusiones directas en los bajos rendimientos. Dificultades para el secado.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de variedades resistentes a enfermedades fungosas y de portes altos. - Siembra en parcelas con buen drenaje y/o altos % de pendientes. - Construcción de zanjas de drenaje. - Uso de cultivos de cobertura. - Siembra en asoció. - Protección y presecado de frijol con cubierta plástica.
	Mozonte	Aunque mejoran las tendencias de la precipitación, aún no alcanza el nivel óptimo, persistiendo situaciones de déficit hídrico en las primeras etapas del cultivo debido al incremento de temperatura.	Peligro de marchitez desde las primeras fases, lo que tiende a reducir el área foliar pudiendo repercutir en el desarrollo de la planta y en los rendimientos productivos.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de variedades criollas. - Obras de conservación de suelos y aguas a nivel de las parcelas. - Siembra en fondos de valle. - Uso de abonos foliares agroecológicos.
	Golfo de Fonseca	No se cultiva frijol en la época de primera.		

d.- Frijol Postretera.

Cuadro 9. Frijol Postretera				
Etapas fenológicas	Zonas	Cambios previstos	Principales efectos del cambio climático	Prácticas de adaptación propuestas
Floración, llenado, maduración del grano y cosecha	San Dionisio	En las zonas medias y bajas no se prevé cambio durante la fase de floración, sin embargo, para las fases de maduración y llenado del grano los escenarios reflejan incrementos de precipitación.	Excesos de humedad que incrementan el riesgo de marchitez y aparición de enfermedades fungosas, así como las dificultades de absorción de nutrientes debido a la saturación de los suelos.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de variedades resistentes a enfermedades fungosas y de porte alto. - Siembra en pendientes. - Incorporación de rastrojos. - Zanjas de desagüe o infiltración. - Siembra en bancales. - Siembra en asocio. - Microtúneles o invernaderos.
		Incremento de humedad al momento de cosecha.	Dificultades para secado del grano, lo que puede provocar pudrición.	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas de secado como el uso de plásticos para secar al sol y tapar al momento de las precipitaciones. - Uso de los cercos para colgar matones. - Uso de hornos para secado.
	Mozonte	Incremento de las lluvias previsto más en la fase de maduración, sin embargo, en las primeras etapas del cultivo, puede presentarse déficit hídrico por incremento de temperatura.	Peligro de marchitez desde las primeras fases, lo que tiende a reducir el área foliar pudiendo repercutir en el desarrollo de la planta y por ende en la disminución de los rendimientos.	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de variedades criollas y acriolladas, principalmente las de porte alto. - Incorporación de rastrojos. - Siembras en asocio. - Obras de conservación de suelos y aguas a nivel de las parcelas. - Siembra en fondos de valle. - Uso de abonos foliares agroecológicos.
		Incremento de humedad al momento de cosecha.	Dificultades para secado del grano, lo que puede provocar pudrición.	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas de secado como el uso de plásticos. - Uso de los cercos para colgar matones. - Secado cerca de los cocineros (bajo techo).
	Golfo de Fonseca	Déficit hídrico en las etapas de floración, llenado maduración del grano asociado al incremento de temperatura.	Riesgo de marchitez desde las primeras fases, lo que tiende a reducir el área foliar pudiendo repercutir en el desarrollo de la planta y por ende en la disminución de los rendimientos.	<ul style="list-style-type: none"> - Siembra en asocios. - Uso de variedades resistente a sequía. - Siembra en parcelas ubicadas en fondos de valle.
Elevada humedad en el momento de cosecha y postcosecha.		Dificultades para secado del grano pudiendo provocar pudrición.	<ul style="list-style-type: none"> - Técnicas de secado como el uso de plásticos. - Uso de los cercos para colgar matones. 	

7.3 Estrategias complementarias para aumentar la resiliencia de los sistemas productivos.

Las estrategias complementarias formuladas tienen sus especificidades en cada zona, sin embargo coinciden en la importancia de mayores investigaciones para la validación de opciones tecnológicas de adaptación así como sobre la importancia de disminuir la dependencia de los granos básicos mediante procesos de diversificación productiva con prácticas agroecológicas y de gestión eficiente del agua (ver cuadro 10).

Cuadro 10. Estrategias complementarias		
Territorios	Estrategias	Líneas de acción concretas
San Dionisio	Experimentación, validación y adopción de proceso y tecnologías para aumentar la resiliencia de los sistemas de producción.	- Establecimiento participativo de parcelas experimentales-demostrativas para validar prácticas y tecnologías.
	Disminución de la dependencia de los granos básicos mediante sistemas agropecuarios, agroforestales y silvopastoriles diversificados manejados, principalmente, con prácticas agroecológicas.	- Establecimiento de sistemas agroforestales y silvopastoriles. - Uso de insumos verdes y orgánicos autogestionados. - Siembra escalonada de productos a pequeña escala. - Mejoramiento de la alimentación pecuaria a través de pasto de corte y leguminosas, árboles en linderos y potreros. - Siembra de cultivos en parras (calala en el Corozo y Carrizal). - Apoyo a la producción cafetalera en la zonas altas. - Mayor incorporación de frutas y verduras en dietas alimenticias.
	Incorporación de mayor valor agregado a la producción agropecuaria.	- Elaboración y comercialización de cereales y concentrados. - Articulación de la producción diversificada con mercados locales.
Mozonte	Implementar procesos de investigación-acción-participativa para aumentar la resiliencia de los sistemas de producción.	- Diseño de ensayos orientados a profundizar sobre los efectos del déficit hídrico en momentos claves y sobre las acciones que pueden minimizar dichos efectos. - Identificación de variedades más resistentes en momentos críticos de déficit hídrico, así como fechas de siembra óptimas. - Establecimiento de ensayos de cultivo en condiciones contrarias (más precipitación) para ampliar la gama de opciones ante variabilidad climática.
	Fomentar y promover estrategias ya en marcha para zonas secas.	- La diversificación productiva agroecológica con nuevos rubros con potencial (frutales, plantas medicinales, apicultura). - La cosecha de agua mediante diferentes sistemas (techo, acequias, entre otras). - La implementación de sistemas de microrriego.

Territorios	Estrategias	Líneas de acción concretas
Golfo de Fonseca	Estrategia general de diversificación de los sistemas productivos.	<ul style="list-style-type: none"> - Combinación de ganadería, granos básicos, acuicultura, miel y actividades de producción familiar (elaboración y venta de tortillas, producción de hortalizas y fruticultura a nivel de patio). - Incorporación de medios de vida menos dependiente de las condiciones climáticas y de gran potencial, como el ecoturismo.

7.4.- Estrategias generales a nivel de las unidades territoriales.

A nivel de todos los territorios las comunidades coinciden en la importancia de impulsar procesos de gestión concertada de los recursos naturales a nivel de cuencas y sub-cuencas para reducir la vulnerabilidad ambiental territorial. Así mismo, enfatizan la importancia de seguir investigando y divulgando informaciones sobre el impacto del cambio climático. Finalmente reconocen que el abordaje de esta problemática requiere procesos concertados y articulados entre los diversos actores presentes (ver cuadro 11).

Cuadro 11. Estrategias Generales		
Territorios	Estrategias	Líneas de acción concretas
San Dionisio	Manejo Integrado de microcuencas hidrográficas y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.	<ul style="list-style-type: none"> - Ampliación de cobertura de los sistemas de agua potable con la construcción de mini acueductos. - Fortalecimiento de la institucionalidad comunitaria para la gestión del agua. - Definición e implementación de planes de manejo integral de microcuencas. - Concientización acerca de los peligros de la contaminación de las aguas. - Cambio de sistema de aprovechamiento forestal de extractivo a productivo. - Fortalecimiento de las capacidades de incidencia de las comisiones locales con mandato en gestión de los recursos naturales.
	Establecimiento de alianzas estratégicas orientadas a la gestión de la información climática.	<ul style="list-style-type: none"> - Divulgar estudios relacionados al impacto del clima futuro en los medios de vida. - Fomento del uso de información climática y la identificación de nuevas formas de predicción producto de la observación, como es el caso de bio – indicadores. - Fomento de un proceso de concertación municipal para la definición de una estrategia de adaptación al cambio climático que concluya con una ordenanza municipal. - Sistematización de experiencias exitosas en materia de adaptación al cambio climático. - Asambleas de reflexión acerca de los efectos del cambio climático en los medios de vida.

Mozonte	Gestión integral de la subcuenca del Río Mozonte disminuyendo la vulnerabilidad ambiental de las comunidades Las Cruces y San Antonio.	<ul style="list-style-type: none"> - Formulación participativa de un plan de fortalecimiento e incidencia de los CAP's. - Establecimiento de alianzas estratégicas (con los Comités de Agua Potable y Saneamiento (CAP's) de la zona alta de la microcuenca, entre otros) para la gestión de recursos económicos y técnicos. - Establecimiento de viveros comunitarios (plantas energéticas y maderables) y campañas de reforestación de bosque ripario. - Identificación de zonas de desborde en quebradas y ríos para el establecimiento de diques de contención, empalizadas y gaviones. - Fomento de sistemas agroforestales. - Elaboración de planes de desarrollo comunitario con enfoque de cuencas. - Planificación de fincas con enfoque de manejo de cuencas derivados de los planes comunitarios y la promoción de obras de conservación de suelos y aguas.
Golfo de Fonseca	La gestión y acceso a la información sobre los cambios en el clima local.	<ul style="list-style-type: none"> - Mayor investigación sobre las tendencias del clima futuro, sus efectos sobre medio de vida y cómo dicho clima puede estar afectado por las acciones humanas de su propio entorno para poder comenzar a enfrentar las causas también desde el ámbito local. - Investigación sobre la influencia de otros factores no climáticos (comportamiento de variedades, químicos tóxicos en los recursos naturales, etc.) en los medios de vida. - Fortalecer el eje investigación-acción a través de la participación de los afectados en las investigaciones, - Acciones de sensibilización y educación sobre los efectos del cambio climático.
	La gestión del riesgo de las amenazas climáticas.	<ul style="list-style-type: none"> - Establecimiento de sistemas de alerta temprana robustos que aporten la información en tiempo y forma adecuados a las comunidades rurales cambios previstos en el corto y medio plazo (estacional) para poder prevenir situaciones de sequías o inundaciones.
	La planificación estratégica territorial para la adaptación.	<p>Estos planes deberían incorporar también acciones de contingencia ante fenómenos climáticos extremos (sequías y temporales) que incluyan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acciones preventivas: obras de drenaje, sistemas de almacenamiento de agua para riego, sistemas de conservación de suelos, reforestación y regeneración natural, obras de mantenimiento de fuentes de agua, recursos económicos para fortalecer los sistemas de producción, revisión de fechas de siembra, etc.. - Acciones de respuesta ante situaciones de desastre: reconstrucción de infraestructura, fondos de dotación de recursos para resiembra, etc.

Territorios	Estrategias	Líneas de acción concretas
	La reducción de las causas de la vulnerabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Gobernanza de los recursos naturales: campañas de sensibilización sobre las leyes existentes y sobre la necesidad de su aplicación, la vigilancia y control de las instituciones correspondientes y la declaratoria de parques ecológicos y reservas naturales públicas y privadas en la zona. - Conservación de suelos y agua y buenas prácticas agrícolas, pecuarias, forestales y acuícolas con acciones dirigidas a mejorar el manejo de las cuencas y al cambio del manejo de los bosques, pasando de sistemas de aprovechamiento extractivo a productivo, y a acciones de protección de los bosques de manglar. - Reforzar las acciones de investigación participativa y de capacitación a nivel local, con metodologías de aprendizaje como las escuelas de campo para reducir el uso de agroquímicos y el fomento de la agricultura agroecológica.

Bibliografía

ACH-MFEWS-USAID (2010), Nicaragua: perfiles de medios de vida (Resumen).

Agronomía Mesoamericana (2010), Mejoramiento genético para tolerancia a altas temperaturas y resistencia a mosaico dorado en frijol común.

ASOPROL- IICA-RED SICTA-COSUDE (2009), Guía técnica para el cultivo del frijol en Nicaragua. Nicaragua.

Cárdenas, J. (2014), Análisis Territorial para las Estrategias de Adaptación al Cambio Climático en comunidades de los municipios de Puerto Morazán y El Viejo, Chinandega. Nicaragua. CIDEA.

CEDAF (1998), Cultivo del Maíz. Guía técnica nº33. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal. Santo Domingo.

Córdoba, M.; Bravo, J. R. y García, A. (2013), Consolidado de estrategia de adaptación al cambio climático en el nivel comunitario para la definición de estrategias de adaptación en el Golfo de Fonseca. AVSF-CIDEA-IEH.

Cramer, W., Doherty, R., Hulme, M. And Viner, D. (2000) Climate Scenarios for Agricultural and Ecosystem Impacts, Proceedings of the EU Concerted Action Initiative ECLAT-2 Workshop 2, Postdam, Germany October 13th-15th, 1999, Climatic Research Unit, Norwich, UK, 120pp.

CSA (2012), Food Security and Climate Change. Committee on World Food Security. High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition. Rome. http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/hlpe/hlpe_documents/HLPE_Reports/HLPEReport-3-Food_security_and_climate_change-June_2012.pdf.

De Loma-Ossorio, E. y Lahoz, C. (2013), Marco conceptual y herramientas para la adaptación al cambio climático y el desarrollo. Ed. UCA, Managua.

Hahn, G. L.; Mader, R. A. and Eigenberg (2003), Perspectives on development of thermal indices for animal studies and management. Proc Symp Interactions between climate and animal production, EAAP Technical series N° 7, Pp 31-44.

Hall AJ, Vilella F, Trapani N, Chimenti CA. 1982. The effects of water stress and genotype on the dynamics of pollen-shedding and silking in maize. Field Crops Research, 5: 349 – 363.

INIDE-MAGFOR (2013), IV Censo Nacional Agropecuario, Instituto Nacional de Información de Desarrollo y Ministerio Agropecuario y Forestal.

INTA (2010), Guía tecnológica del cultivo del maíz. Managua.

Intergovernmental Panel on Climate Change (2007) Impacts, Adaptation and Vulnerability (Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change), (ed.) M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E.

Hanson; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, p. 7–22, URL: <http://www.ipcc.ch/SPM13apr07.pdf>

Murphy, J. (1999) Evaluation of statistical and dynamical techniques for downscaling local climate, *Journal of Climate*, 12, 2256-2284.

NCEP- National Centers for Environmental Predictions <http://www.ncep.noaa.gov/>

Nayra, M. A. (2014), Recopilación de experiencias validadas sobre prácticas o medidas de adaptación históricas al Cambio Climático en la zona del Golfo de Fonseca. Nitlapan.

Ribalaygua, J.; Torres, L.; Gaitán, E.; Quintana, J.; Pórtoles, J. and Monjo, R. (2012), Future Climate Simulations over the Gulf of Fonseca (Central America) using CMIP5 models under Statistical Downscaling. EMS Annual Meeting Abstracts. September 10- 14, Łódź, Poland.

Ribalaygua, J (2013), Simulación del clima futuro para la adaptación al cambio climático. Ed. UCA, Managua.

Ribalaygua, J. y De Loma-Ossorio, E. (2013). Análisis de los efectos del cambio climático sobre los medios de vida seleccionados en el Golfo de Fonseca. IEH-FIC.

Ribalaygua, J., Torres, L., Pórtoles, J., Monjo, R., Gaitán, E. and Pino, M.R. (2013) Description and validation of a two-step analog/regression downscaling method. *Theoretical and Applied Climatology*. Doi: 10.1007/s00704-013-0836-x. URL: <http://link.springer.com/article/10.1007/s00704-013-0836-x>

Taylor, K.E., Stouffer, R.J, and Meehl, G.A. (2012) An Overview of CMIP5 and the Experiment Design, *American Meteorological Society*, April 2012, 485-498

Trigo, R.M. and Palutikof, J.P. (2001) Precipitation scenarios over Iberia: A comparison between direct GCM output and different downscaling techniques, *Journal of Climate*, 14, 4422-4446

Von Storch, H. (1994) Inconsistencies at the Interface of Climate Impact Studies and Global Climate Research, Report 122, Max-Planck-Institut für Meteorologie.

Wilby, R.L. et al. (1998) Statistical downscaling of general circulation model output: A comparison of methods, *Water Resources Research* 34: 2995-3008

Zacharias, A.O., Camargo, M.B. and Fazuoli, L.Z. (2008) Modelo agrometeorológico de estimativa do início da florada plena do cafeeiro, *Agrometeorologia* 67(1):249-256, Bragantia, Campinas, Brazil.

Anexo

Índices Agroclimáticos Generales.

- 1. Inicio de invierno:** Primer día, a partir del 1 de Abril con precipitación superior a 2 mm. en el que se inicia un ciclo de 4 días con precipitación acumulada superior a 20mm y en los 10 posteriores (terminado el ciclo de 4 días con $P > 20\text{mm}$) se da una precipitación acumulada superior o igual a 20mm.
- 2. Inicio de la canícula:** Primer día de la racha máxima de días consecutivos en el que la precipitación acumulada de ese día y los 9 posteriores es inferior a 5mm, entre los días 20 y 100 de inicio del invierno.
- 3. Duración de la canícula:** máximo número de días consecutivos en los que la precipitación acumulada de ese día y los 9 posteriores es inferior a 5 mm, entre los días 20 y 100 de inicio del invierno (sumando 9 al resultado final).
- 4. Inicio de postrera:** primer día (con precipitación superior a 2 mm) a partir del 25 de julio en el que se inicia un ciclo de 4 días con precipitación acumulada superior a 20mm y en los 10 posteriores se da una precipitación acumulada superior o igual a 20mm.
- 5. Fin de postrera:** (dirigido a analizar humedad en periodo de cosechas de cultivos de postrera): primera fecha a partir del 1 de noviembre en la que se dan 8 días consecutivos con precipitación acumulada igual o inferior a 2 mm.

Índices Agroclimáticos Específicos.

Maíz

- 1. Índice de siembra efectiva del Maíz.** Dirigido a proyectar días de siembra óptima hasta que emerjen las primeras 4 hojas.

1.1. En primera (SMPri):

En Mozonte y San Dionisio: Primer día desde el inicio del invierno en que llueve menos de 5mm en tres días y los 10 posteriores llueve más de 20mm.

En Chinandega-Golfo de Fonseca: Primer día a partir del 1 de abril en el que llueve menos de 5mm en 3 días, en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm

1.2. En postrera (SMPos)²³.

En Mozonte: Primer día entre el 15 de agosto y 30 septiembre en que llueve menos de 5 mm en

²³ Según las consultas en el territorio de San Dionisio las fechas de siembra de postrera se sitúan entre el 20 de agosto y el 20 de septiembre, sin embargo, durante el proceso de verificación las familias productoras mencionaron que la fecha de referencia para siembra de postrera es el 10 de septiembre (fecha tomada para la formulación del índice de siembra efectiva de postrera en San Dionisio), debido a factores como tipo de variedad sembrada en el período de primera (ciclo corto o largo), y si disponen de recursos suficientes para poder invertir. En el territorio de Mozonte la siembra de postrera se realiza entre la segunda semana de agosto y el 20 de septiembre. En ambos territorios, las familias no se aventuran sembrar fuera de estas fechas, a menos que sea “en la montaña” para siembra de apante.

tres días, que los 4 anteriores llueve más de 20mm y los 10 posteriores llueve más de 30 mm.
En San Dionisio: Primer día a partir del 10 septiembre en que llueve menos de 5 mm en tres días, que los 4 anteriores llueve más de 20mm y los 10 posteriores llueve más de 30 mm.

En Chinandega-Golfo de Fonseca: Primer día desde el inicio de postrera en el que en el que llueve menos de 10mm en 3 días, en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm.

2. **Índice de condiciones de desarrollo vegetativo del Maíz (DVPri/DVPos).** Dirigido a analizar las condiciones de precipitación adecuadas para que la planta de maíz logre desarrollar las primeras 12 hojas durante la época de primera/postrera.
 - Cantidad de precipitación acumulada entre los 15 y 40 días después de SMPri/SMPos dividido entre 140 mm. (El cociente es más favorable entre el rango de 0.7 y 1.5).
3. **Índice de temperatura media (Tmed) optima para desarrollo vegetativo del maíz en primera (TOEMPrim).** Dirigido a conocer los cambios en las condiciones de temperatura²⁴ en el periodo más crítico de emergencia y desarrollo vegetativo de la planta.
 - Número de días en que la temperatura media excede los 28°C en los 40 primeros días después del SMPri.
4. **Índice de Floración (IFTPri/ IFTPos).** Dirigido a analizar las condiciones críticas de temperatura en la etapa de floración a del maíz.
 - Número de días entre los 40 y 60 días después de SMPri/SMPos en que la temperatura máxima supera los 30°C.
5. **Índice de condiciones para la floración (IFMPri/IFMPos).** Dirigido a analizar las condiciones de precipitación adecuadas para que la planta alcance la floración.
 - Precipitación acumulada entre los 40 y 60 días después de SMPri/SMPos dividido entre 170 mm (El cociente es más favorable entre el rango de 0.7 y 1.5).
5. **Índice de condiciones para la formación y maduración del grano (FMGPri/FMGPos).** Dirigido a analizar las condiciones de precipitación adecuadas para que la planta de maíz logre una adecuada formación y maduración del grano.
 - Precipitación acumulada entre los 60 y 100 días después de SMPri/SMPos dividido entre 200 mm (El cociente es más favorable entre el rango de 0.7 y 1.5).
6. **Índices de condiciones de cosecha y post-cosecha de maíz:** Dirigido a analizar las pérdidas por condiciones adversas para la cosecha en postrera (sólo para Chinandega-Golfo de Fonseca):
 - Cuando se dobla el maíz. Exceso de humedad tras dobla maíz. ICCM1: Precipitación acumulada (mm) en el periodo 60-90 días del inicio del invierno dividido entre 150 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).
 - Cuando el maíz no se dobla. Exceso de humedad para tapizcar y almacenar el maíz (<20% humedad). ICCM2: Precipitación acumulada (mm) entre los 90-120 días del inicio del invierno dividido entre 150²⁵mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).

24 Temperatura optima para el cultivo del maíz >14 ° y < 29°, Fuente INTA 2001

25 Se toma una media de 5 mm/día igual que indicador de inicio invierno

Frijol²⁶

- 1. Umbral de precipitación mínima (UPMin).** El cultivo del frijol requiere un mínimo de precipitación acumulada durante todo el ciclo productivo para que sea viable, que se estima en 300 mm en primera y en postrera.
 - Precipitación acumulada en los 80 días siguientes al SFPri/SFPos dividido entre 300 mm (el cociente es más favorable entre el rango de 0.75 y 1.5).
- 2. Umbral de temperatura media en primera” (UTMedFPri/ UTMEdFPos).** Máximo número de días consecutivos en los que la temperatura media diaria es mayor de 26°C en los 75 días siguientes a ISFPri/ISFPos.
- 3. Siembra efectiva del frijol:** Dirigido a proyectar días de siembras óptimos para el cultivo de frijol en la época de primera/postrera.

a. En primera (SFPri).

En Mozonte y San Dionisio. Primer día desde el inicio del invierno en que llueve menos de 5mm en tres días y los 10 posteriores llueve más de 20mm.

b. En postrera²⁷ (SFPos).

En Mozonte. Primer día entre el 15 de agosto y el 30 de septiembre en que llueve menos de 5 mm en tres días en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y los 10 posteriores llueve más de 20 mm.

En San Dionisio. Primer día a partir del 10 de septiembre en que llueve menos de 5 mm en tres días en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y los 10 posteriores llueve más de 20 mm.

En Chinandega-Golfo de Fonseca. Primer día desde el inicio de la postrera en el que en el que llueve menos de 10mm en 3 días en que los 4 anteriores llueve más de 20mm y en los 10 posteriores llueve más de 20mm.

- 4. Emergencia óptima en primera/postrera (EOPrim/EOPos).** Dirigido a analizar temporales/sequías que limiten la germinación de la semilla. Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos en los 20 primeros días después del SFPri/SFPos dividido entre 50 (es más favorable en el rango entre 1 y 0.4, menor a este rango representa un índice de sequía. Es permisible entre 1 y 1.5 siempre y cuando sean variedades que toleran humedad y suelos con buen drenaje, más desfavorable cuanto mayor sea 1.5).
- 5. Temperatura óptima para emergencia de frijol en primera (TOEFPri).** Dirigido a conocer los cambios en las condiciones de temperatura²⁸ en el periodo más crítico de emergencia de la planta.
 - Número de días en que la temperatura media es mayor a 26°C en los 20 primeros días después del SFPri.

26 En ambos territorios se siembra frijol en menor escala en la época de primera que en la época de postrera.

27 Ver pie de página 23.

28 Temperatura óptima para el cultivo del frijol >17 ° y < 27°, Fuente CATIE/MIP AF Nicaragua.

- 6. Prefloración y Floración en primera y postrera (FPrim/FPoS).** Dirigido a analizar condiciones favorables para la prefloración e inicio de formación de vainas.
- Precipitación acumulada (mm) entre los 20 y 40²⁹ días después de SFPri/SFPoS dividido entre 70 mm. (es más desfavorable cuando el cociente se aleja del rango entre 0.8 y 1.2).
- 7. Formación y llenado de vainas (FV Prim/FVPos).** Dirigido a analizar las condiciones de precipitación para la formación de vainas en el cultivo de frijol en la época de primera y postrera.
- Cantidad de precipitación acumulada entre los 40 y 65 días después de SFPri/SFPoS dividido entre 100 mm (el cociente es más favorable entre el rango de 0.8 y 1.3).
- 8. Secado post cosecha (SPC Prim/SPCPos).** Dirigido a analizar las condiciones de precipitación para el secado del grano una vez cosechado.
- *En Mozonte y San Dionisio.* Cantidad de precipitación acumulada entre los 80 y 100 días después del SFPri/SFPoS dividido entre 20 mm (el cociente es más favorable cuanto menor sea de 1).
 - *En Chinandega-Golfo de Fonseca (CCPC).* Indicadores “condiciones de cosecha y post-cosecha en postrera”. Dirigido a analizar las pérdidas por exceso de humedad en cosecha y post-cosecha.
 - **CCPC1:** Índice veranillo. Mínima precipitación acumulada (mm) en 12 días consecutivos entre el día 60 y 90 del inicio de la siembra dividido entre 2 mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente –condiciones de veranillo-).
 - **CCPC2:** Índice de temporal. Máxima precipitación acumulada en 7 días consecutivos entre los 60 y 90 días desde el inicio de la siembra dividido entre 300mm (es más desfavorable cuanto mayor de 1 sea este cociente -condiciones de temporal-, es más favorable cuanto menor de 1 sea el cociente).

El maíz y el frijol son claves para la seguridad alimentaria de los nicaragüenses, tanto por su aporte en las dietas alimenticias y su importancia cultural, como por su contribución al desarrollo económico del medio rural y a la mejora de las condiciones de las poblaciones más vulnerables.

Por esta razón debemos de investigar cómo estos sistemas productivos y las comunidades rurales que de ellos dependen van a ser afectados por el cambio climático y cómo pueden lograr mejorar su resiliencia ante las unas condiciones climáticas cada vez más inciertas. Para ello tenemos que ser capaces de responder a dos preguntas claves “¿A qué clima tendremos que adaptarnos?” y “¿Cómo podemos conocer de manera más robusta el clima del futuro?”.

Por otro lado, aunque las causas del cambio climático adquieran dimensiones globales, los cambios van a tener efectos locales y por lo tanto, tenemos que ser capaces de responder a otras preguntas: “¿Cómo está previsto que cambie el clima en diferentes zonas productoras de Nicaragua?, ¿en qué medida el maíz y el frijol van a ser afectados o beneficiados en cada una de ellas?”.

El contenido de esta investigación trata de responder a estas preguntas y a lograr respuestas de adaptación con la participación de las familias campesinas. La publicación es el resultado de un trabajo concertado entre científicos del clima y actores del desarrollo en Nicaragua, para traducir la información que aporta la ciencia climática al lenguaje y las realidades de las comunidades rurales nicaragüenses.

