

Enfoques innovadores en la simulación del cambio climático y su impacto en la seguridad alimentaria

La experiencia de Nicaragua



IEH
Instituto de Estudios del Hambre



Enfoques innovadores en la simulación del cambio climático y su impacto en la seguridad alimentaria



La experiencia de Nicaragua



Cita sugerida: Ribalaygua, J., De Loma-Ossorio, E., Córdoba, M., Torres, L., Lahoz, C., Arias, A. y Caicedo, A. (2011). “Enfoques innovadores en la simulación del cambio climático y su impacto en la seguridad alimentaria. La experiencia de Nicaragua”. Managua: Universidad Centroamericana de Nicaragua. Septiembre de 2011.

Publicado en 2011

© UCA, IEH y FIC 2011

Algunos derechos reservados Para mas detalles ver licencia de copyright

Autores:

Jaime Ribalaygua (FIC)

Enrique de Loma-Ossorio (IEH)

Mauricio Córdoba (UCA)

Luis Torres (FIC)

Carmen Lahoz (IEH)

Alvaro Arias (IEH)

Ana Caicedo (UCA)

Maquetación y diseño: Roger Argueta

Fotografía: Equipo UCA-IEH

Impresión: UCA

Financiamiento: Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo AECID

Para mas información contactar: IEH - Instituto de Estudios del Hambre, C/ Manuela Malasaña 24, 4º centro-izquierda, 28004 Madrid. España

Tel: +34 91-5913084

Email: info@ieham.org

Web: 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.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo del Instituto Nacional de Estudios Territoriales de Nicaragua (INETER), en particular el asesoramiento recibido por parte de los ingenieros Luis Mariano Gutiérrez y Meyling Sierra.

Se agradece también al Área Especializada en Desarrollo Agrario (ADAA) de la Facultad de Ciencias, Tecnologías y Ambiente de la UCA, en especial a Ricardo Ruiz, Laurent Dietsch y Vincent Panzani.

También van sus agradecimientos a los técnicos de terreno de la UCA Evelyn Loaisida, Napoleón Narváez y Felix Pavón por su papel de interlocutores y facilitadores con las comunidades rurales de la zona de Matagalpa, así como a los técnicos de Nitlapán por el trabajo desarrollado en las comunidades de la RAAN.

Mención especial merece la colaboración de las comunidades rurales de Dulce Nombre de Jesús, Potrerillo, Susulí y el Zarzal en Matagalpa y Sasha y Trusku Tara en la RAAN; así como el interés mostrado y el apoyo ofrecido por la Unión de Campesinos Organizados de San Dionisio (UCOSD).

ÍNDICE

»»»	Introducción	7
»»»	Metodología	9
»»»	Las poblaciones rurales y sus medios de vida. Perspectivas del cambio climático	19
»»»	Los escenarios de cambio climático a nivel local	25
»»»	Los efectos previstos. Análisis de indicadores con la población rural	33
»»»	Estrategias de adaptación al cambio climático de las comunidades rurales	41
»»»	Conclusiones y recomendaciones	47



Introducción

Existe un consenso unánime en la comunidad científica sobre la evidencia del cambio climático. Las observaciones de las últimas décadas registran ya un cambio moderado en el clima y las proyecciones de futuro alertan de cambios severos que afectarían notablemente a los sistemas socioeconómicos y naturales. Estas proyecciones muestran que, en el futuro, se darán cambios en los valores medios de temperatura y precipitación anual y también un aumento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos (olas de calor, precipitaciones) y sus efectos.

Nicaragua es un país con elevada vulnerabilidad a los cambios extremos del clima, lo que se ha evidenciado en los impactos de recientes eventos climáticos, como huracanes y sequías persistentes, sobre los medios de vida de la población. En cuanto a los procesos continuados de cambio en el clima, según el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), aunque en la próxima década no se perciban importantes variaciones en Nicaragua, a más largo plazo casi todos los modelos utilizados prevén que el cambio climático tendrá implicaciones en la reducción de las lluvias, que se prevé van a disminuir en torno al 0,25% anual¹.

Los gobiernos centroamericanos están diseñando estrategias y planes de acción para prever y abordar los efectos del cambio en el clima. Las organizaciones internacionales, los donantes y las ONGs han dado prioridad al apoyo a los gobiernos nacionales y locales en la definición de estas estrategias, y muchas de las acciones de desarrollo contemplan ya la mitigación y adaptación al cambio climático como dos de las principales áreas de trabajo en los próximos años. Sin embargo, las acciones previstas y las que ya están en marcha, se



están diseñando con base en el cambio climático percibido y no realmente con relación al cambio que se prevé en el medio y largo plazo. En los casos en que se llega a utilizar cierta predicción, se realiza con información a nivel macro, sin tener en cuenta las características climáticas propias de cada zona.

Por lo tanto, el gran reto es lograr evaluar el impacto del cambio climático a partir de predicciones científicamente contrastadas a escala local. Ello permitirá definir estrategias de adaptación adecuadas considerando las características propias de cada zona.

Para responder a este desafío, la Universidad Centroamericana (UCA), el Instituto de Estudios del Hambre (IEH) y la Fundación para la Investigación del Clima (FIC) implementaron en 2010 y 2011 el proyecto **“Fortalecimiento de las capacidades para la generación de escenarios de cambio climático, el análisis de sus efectos y la definición de**

¹Hellmuth M.E., Osgood D.E., Hess U., Moorhead A. and Bhojwani H. (eds) 2009. *Index insurance and climate risk: Prospects for development and disaster management*. Climate and Society No.2, International Research Institute for Climate and Society (IRI), Columbia University, New York, USA.

estrategias de adaptación con poblaciones en situación de inseguridad alimentaria en Nicaragua”. Esta iniciativa contó con la participación y apoyo del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y el financiamiento de la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

La presente publicación ilustra el trabajo realizado en seis comunidades de dos departamentos especialmente afectados por las consecuencias del cambio climático en Nicaragua: Matagalpa y la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN). El enfoque utilizado combina la generación de escenarios locales de clima a futuro para estas zonas con el análisis de los medios de vida de las comunidades, con énfasis en el análisis de las

percepciones y los efectos del cambio climático en la seguridad alimentaria y nutricional. Las conclusiones de este proyecto han contribuido a que las comunidades rurales definan sus estrategias de adaptación con base en los escenarios de clima futuro generados específicamente para estas áreas.

Aunque inicialmente el proyecto estaba enfocado hacia ciertas comunidades rurales, el interés generado en las instituciones nacionales nicaragüenses, como el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), ha llevado a utilizar esta metodología para generar escenarios locales en todo el país, y contar con un grupo de técnicos conocedores de las herramientas para poder generar futuros escenarios en Nicaragua.





Metodología

La metodología utilizada supone una importante innovación en la aplicación de herramientas de adaptación al cambio climático en procesos de desarrollo. El aspecto más relevante consiste en que las comunidades rurales puedan definir sus estrategias de adaptación con base en evidencias científicas contrastadas, y convenientemente tratadas para poder responder a sus demandas. Responde a uno de los grandes retos planteados en los estudios y la práctica del desarrollo, el de reducir la brecha existente entre ‘los generadores de información científica (en este caso sobre el clima) y los profesionales del desarrollo’². Se han utilizado dos herramientas complementarias para el análisis de los riesgos climáticos. La primera es una herramienta para identificar los riesgos del cambio climático basados en la vulnerabilidad existente de las poblaciones afectadas y centrada en el análisis de medios de vida. La segunda es una herramienta de información climática que permite predecir los escenarios de variación de temperatura y pluviometría a nivel local a lo largo de todo el siglo XXI.

La información obtenida de la aplicación de ambas herramientas permitió identificar los medios de vida donde los cambios climáticos pueden tener mayores efectos y realizar un análisis del impacto del clima futuro sobre los activos con los que cuenta la población, a través de una serie de indicadores.

Las comunidades rurales y las instituciones nicaragüenses implicadas participaron activamente en todos estos procesos, desde la identificación de activos donde podría existir mayor riesgo, en la definición de los indicadores y en la valoración de los impactos en sus medios de vida. A partir de este conocimiento pudieron



plantear medidas de adaptación acordes a sus medios e intereses.

Este proceso metodológico responde a las tres etapas necesarias para afrontar la adaptación al cambio climático:

- 1) la descripción de las posibles condiciones del clima futuro;
- 2) la evaluación de los impactos que ese clima futuro tendrá en la población y en diferentes sectores afectados; y
- 3) la definición de medidas y políticas de adaptación que minimicen los impactos negativos que se identifiquen y aprovechen los positivos.

Estas etapas deben afrontarse a escala local, ya que es a este nivel donde se definen muchas de las actuaciones de adaptación. La metodología siguió los siguientes pasos:

² Agrawala, S. and Van Aalst, M. (2008) ‘Adapting development cooperation to adapt to climate change’, *Climate Policy* 8.2: 183-193

a) Selección y caracterización de las áreas de actuación



La selección de las comunidades de actuación se inició con una serie de visitas de terreno y consultas institucionales. El proyecto se desarrolló en seis comunidades de los departamentos de Matagalpa y la RAAN para cuya selección se utilizaron los siguientes criterios: existencia de datos en las estaciones meteorológicas cercanas, presencia directa de la UCA o posibilidad de establecer alianzas con otras instituciones, comunidades en las que los medios de vida dependen básicamente del clima y relevancia de dichas áreas como referencia para la seguridad alimentaria en Nicaragua.



El departamento de Matagalpa se encuentra en la región central de Nicaragua y es uno de los departamentos secos y más montañosos del país, lo que determina su clima. En este departamento se seleccionaron las comunidades de Potrerillo y Dulce Nombre de Jesús en el municipio de Ciudad Darío; y El Zarzal y Susulí en el municipio de San Dionisio.

Al contrario que Matagalpa, la RAAN se encuentra ubicada en una gran planicie en la costa atlántica. Es una región con un clima más húmedo y con temperaturas más elevadas.

En la RAAN se seleccionaron dos comunidades: Tuskru Tara en el municipio de Waspan y Sashá en el municipio de Puerto Cabezas.

En ambos departamentos las actividades agropecuarias son los principales medios de vida de las poblaciones. Se practica una agricultura de subsistencia en torno al cultivo de granos básicos: frijol, maíz y sorgo en Matagalpa, y frijol y arroz en la RAAN. En ambos territorios hay ganadería menor (aves y cerdos). Además en la RAAN se cultivan raíces y tubérculos y se realizan actividades extractivas como la caza, la pesca y la recolección de frutas.

b) Análisis de vulnerabilidad al cambio climático

Para el análisis de vulnerabilidad en las áreas de actuación se utilizó el enfoque GERDAL³, con el que se pretende romper lógicas predefinidas desde las propias instituciones que promueven dicho análisis para adaptarse a la dinámica de las comunidades y a la realidad del contexto local. En el análisis se entiende un concepto de vulnerabilidad que va más allá de los efectos del cambio climático, y que depende de multitud de factores sociales y económicos, en lo que algunos autores denominan vulnerabilidad “de contexto”⁴. Es por esta razón, que el enfoque metodológico utilizado se plantea desde el análisis de los medios de vida de la población.

Un medio de vida se refiere a los medios que utilizan los hogares de una zona geográfica determinada para su subsistencia. Los medios de vida incluyen sus fuentes de ingresos y alimentos, así como las amenazas a las que se enfrentan y los mecanismos de respuesta que utilizan cuando se enfrentan a ellas⁵.

³ GERDAL (Grupo de Experimentación e Investigación: Desarrollo y Acción Local) es una propuesta metodológica que da relevancia a la interpretación de los fenómenos sociales, a los micro procesos de interacción social y a la manera con que los propios sujetos perciben y describen la realidad.

⁴ O'Brien, K.L., Eriksen, S., Nygaard, L. and Schjolden, A. (2007) 'Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses', *Climate Policy* 7.1: 73-88.

⁵ MFEWS (2010), 'Nicaragua, perfiles de medios de vida'. Sistema Mesoamericano de Alerta Temprana para la Seguridad Alimentaria.

Para tener una percepción comunitaria más amplia y completa, el proceso de análisis de medios de vida se realizó con cuatro grupos focales con percepciones, a priori, muy diferentes:

- jóvenes menores de 30 años (hombres y mujeres)
- mujeres amas de casa
- adultos mayores de 50 años (hombres y mujeres)
- adultos productores y productoras agropecuarios

En cada comunidad se realizaron 4 eventos, uno por cada grupo focal. El promedio de participantes por evento fue de 10 personas, y se utilizaron diferentes técnicas en función del número de participantes (trabajo de grupo, lluvia de ideas y debates orientados por los facilitadores). Las herramientas utilizadas fueron las siguientes:

- línea de tiempo para identificar los cambios ocurridos en los medios de vida.
- calendario de medios de vida, para definir los meses críticos o de mayor vulnerabilidad alimentaria.
- transeptos del territorio para caracterizar los medios de vida actuales en función de las zonas agroecológicas y socio-económicas en cada uno de los territorios⁶.

La información obtenida permitió conocer los activos más vulnerables al cambio climático, que quedaron recogidos en un informe para ser utilizado en las siguientes fases.

c) Información del clima futuro: Generación de escenarios

A continuación se describe la metodología utilizada para generar los escenarios a nivel local: modelos utilizados, metodología de regionalización, verificación y validación de la metodología (análisis de incertidumbres de los datos generados).

Modelos utilizados

La principal herramienta para predecir el clima futuro son los denominados Modelos de Circulación General (MCGs). Se trata de complejos

programas informáticos que se ejecutan en supercomputadores en centros de investigación internacionales. Los MCGs simulan, respetando las Leyes de la Física, la evolución del Sistema Climático, modelando acopladamente todos sus subsistemas: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera.

Las características del clima futuro que los MCGs simulan dependen fundamentalmente de la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera (que afecta a la relación entre la energía que entra al Sistema Climático - procedente del Sol fundamentalmente - y la que sale de él). Para estimar la concentración futura de GEI, el IPCC trabaja con diferentes hipótesis de la evolución socioeconómica, demográfica y tecnológica del planeta, y en base a ellas, estima las emisiones futuras de GEI. Son los denominados escenarios de emisiones de GEI, que están agrupados en cuatro familias (A1, A2, B1 y B2) que exploran vías de desarrollo alternativas⁷. En síntesis, las familias A suponen una evolución de la sociedad en la que se da prioridad a la economía y en las B se priorizan los temas ambientales, pero cada familia (con sus respectivas subfamilias) tiene sus propias consideraciones sobre la futura distribución de la riqueza en el planeta, la evolución de la población, el tipo de energía predominante - fósil, renovable...-, y otras circunstancias.

Para la generación de los escenarios locales de clima futuro en Nicaragua se utilizaron tres MCGs



⁶ Los transeptos o mapas verticales son gráficos elaborados de forma participativa que muestran de forma resumida, sobre un perfil, la heterogeneidad de la región de estudio y las principales informaciones sobre: capital ambiental, económico, social y político-institucional.

⁷ Para más información ver: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf>

de los utilizados en el Cuarto Informe de Evaluación del IPCC (ECHAM 5 Alemán, BCM2 Noruego y CNM3 Francés), ejecutados cada uno de ellos bajo tres escenarios de emisiones: A2 (elevadas emisiones), A1B (elevadas emisiones en la primera mitad de siglo, y bajas en la segunda) y B1 (bajas emisiones).

Metodología de Regionalización o 'Downscaling'

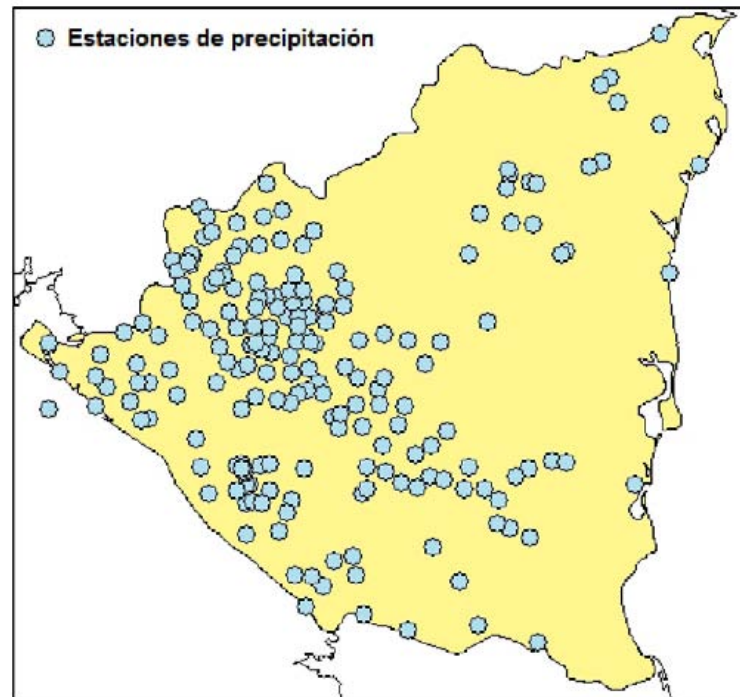
Los MCGs simulan adecuadamente las características generales del clima (células de Hadley, cinturones de borrascas extratropicales, grandes estructuras atmosféricas...), pero presentan limitaciones para simular el clima a escala local (régimen de precipitaciones o temperaturas en un punto del territorio). Ello se debe fundamentalmente a que los MCGs trabajan con una baja resolución espacial (celdas de unos 250 km), que no resuelve adecuadamente los factores que determinan las particularidades climáticas de cada punto del territorio (sobre todo la topografía). Por este motivo, es necesario contar con una metodología que permita adaptar la información de baja resolución aportada por el MCGs para generar escenarios climáticos a escala local, requeridos para definir estrategias locales de adaptación. Este proceso se denomina Regionalización o 'Downscaling'.

En el desarrollo de escenarios locales para Nicaragua, se empleó la metodología de regionalización denominada 'Método de Análogos en Dos Pasos' desarrollada por la FIC. Se trata de una metodología ya verificada y utilizada con éxito en diversas zonas del planeta que ha sido adaptada a las particularidades del clima centroamericano con la colaboración de los especialistas del INETER. Con esta metodología se pueden estimar para puntos específicos del territorio (observatorios meteorológicos) los efectos en superficie a escala local (precipitación y temperatura) a partir de los datos proporcionados por los MCGs (información de baja resolución sobre el estado de la atmósfera).

Datos

Los datos utilizados para aplicar esta metodología provinieron de observaciones meteorológicas de 17 estaciones en el caso de la temperatura y 197

estaciones en el caso de la precipitación correspondientes al periodo 1951-2009, proporcionados por las estaciones meteorológicas de INETER.



Para las comunidades participantes en el proyecto se utilizaron los datos de precipitación y temperatura de las estaciones meteorológicas más cercanas. En el caso de la precipitación y debido al gran número de estaciones con datos disponibles, la información de las estaciones es muy representativa de las comunidades⁸. Para temperatura sólo existen 17 estaciones, y por tanto las seleccionadas para cada comunidad se encuentran a cierta distancia, por lo que la incertidumbre sobre su representatividad es mayor⁹.

Las estaciones meteorológicas más cercanas, se identificaron con apoyo de INETER respondiendo a la interrogante ¿Cuál de las estaciones más cercanas a la comunidad representaba "mejor" el clima local de dicha comunidad? El período del futuro a considerar para realizar un análisis más profundo de cada variable se centra entre los años 2035-2065, ya que las actividades de adaptación se planifican a algunas décadas vista (además, para finales de siglo la incertidumbre en las simulaciones es mayor).

⁸ Las estaciones referenciadas para cada comunidad fueron: Susulí y El Zarzal (San Dionisio: código 55016), Potrerillos (La Labranza: código 55011), Dulce Nombre de Jesús (Bajo Los Ortigas: código 69060), Sahsa (Sahsa: código 51001), Tuskru Tara (Tronquera: código 49003).

⁹ Para Sahsa y Tuskru Tara se escogió la estación de Puerto Cabezas: código 47002, para las comunidades de Potrerillo y Dulce Nombre de Jesús, la estación de San Isidro: código 69132 y para las comunidades de Susulí y El Zarzal, la estación de Muy Muy: código 55027

Para cada estación meteorológica representativa de las comunidades estudiadas por el proyecto, se obtuvieron simulaciones de temperatura y precipitación, una serie diaria de temperaturas máxima y mínima y de precipitación acumulada en 24 horas por cada modelo con cada escenario de emisiones.

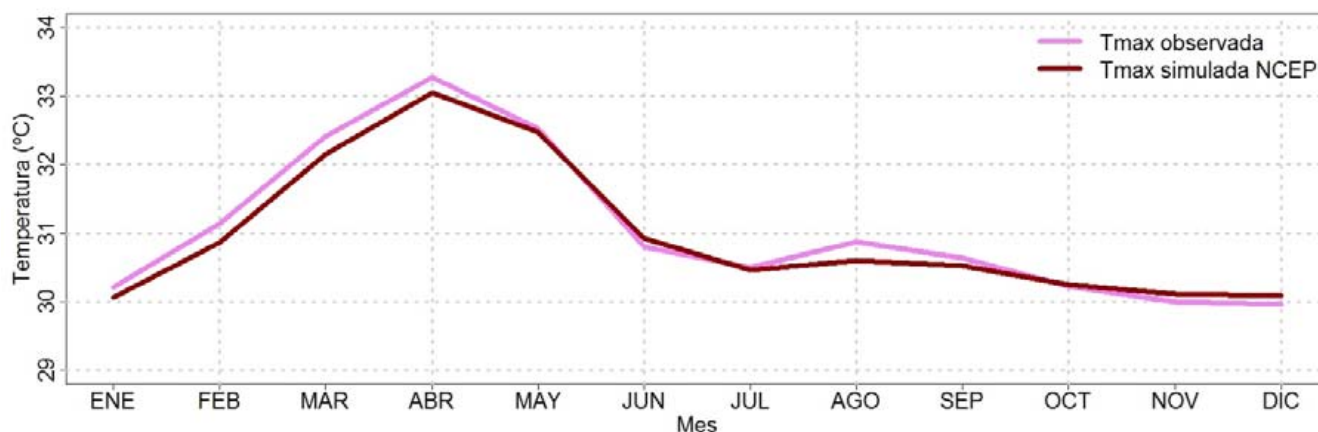
Verificación y validación de la Metodología

El proceso de verificación permitió determinar el grado de fiabilidad de la metodología para simular las variables de interés. Para ello, se requirió aplicar la metodología de regionalización a un re-análisis atmosférico, que ofrece información del estado de la atmósfera en el pasado. En este caso se utilizó el re-análisis NCEP/NCAR norteamericano¹⁰, correspondiente al período 1951-1999, obteniendo

para ese periodo series diarias simuladas de temperatura y precipitación en cada observatorio. Comparando esas series simuladas con las series de observaciones reales, se pudo evaluar la capacidad de la metodología para “traducir” información atmosférica de baja resolución en precipitación y temperatura a escala local.

El gráfico 1 muestra los resultados de verificación de la metodología de la FIC para temperatura máxima diaria en Nicaragua (se muestra el promedio de los 17 observatorios utilizados) para el período 1951-1999. Los resultados son excelentes ya que se simula la temperatura de todos los meses de forma casi perfecta. Esta verificación se ha realizado también a escala diaria (comparando lo simulado y lo observado día a día), y los resultados también son excelentes.

Gráfico 1. Verificación para la media mensual de las temperaturas máximas



Temperatura máxima diaria (°C) de Nicaragua para el período 1951-1999. Se muestra el promedio de los 17 observatorios utilizados para cada mes: datos observados y simulados por aplicación de la regionalización a los datos del NCEP/NCAR.

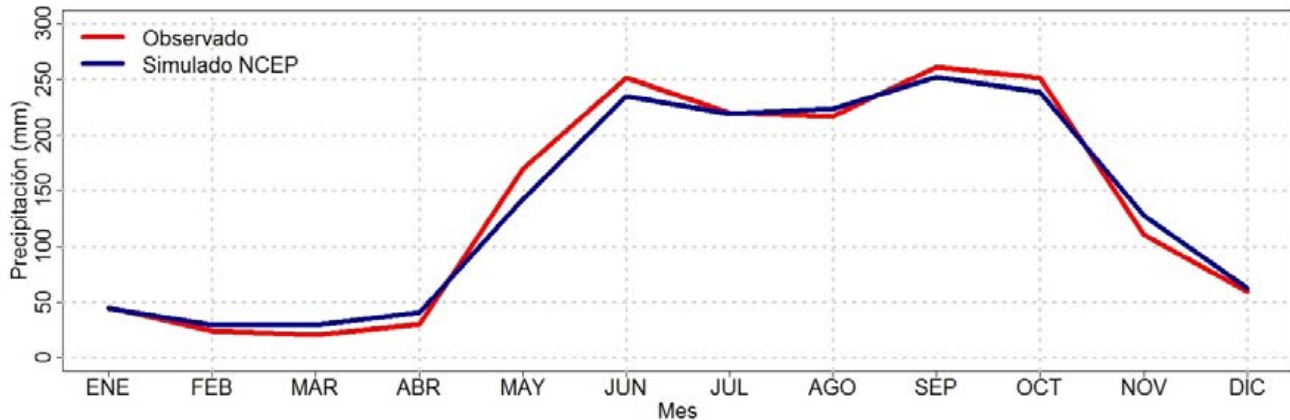
Los resultados de verificación para temperatura mínima son incluso mejores que para la máxima.

El gráfico 2 muestra los resultados de verificación para la precipitación (promedio de 197

observatorios), que también son excelentes, captándose perfectamente el ciclo anual (invierno, canícula...), tanto en fechas como en magnitud.

¹⁰ Para más información ver: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/reanalysis/reanalysis.shtml>

Gráfico 2. Verificación de la media de la precipitación mensual



Media de la precipitación mensual acumulada (mm) de Nicaragua para el período 1951-1999. Se muestra el promedio de los 197 observatorios utilizados para cada mes: datos observados y simulados por aplicación de la regionalización a los datos del NCEP/NCAR.

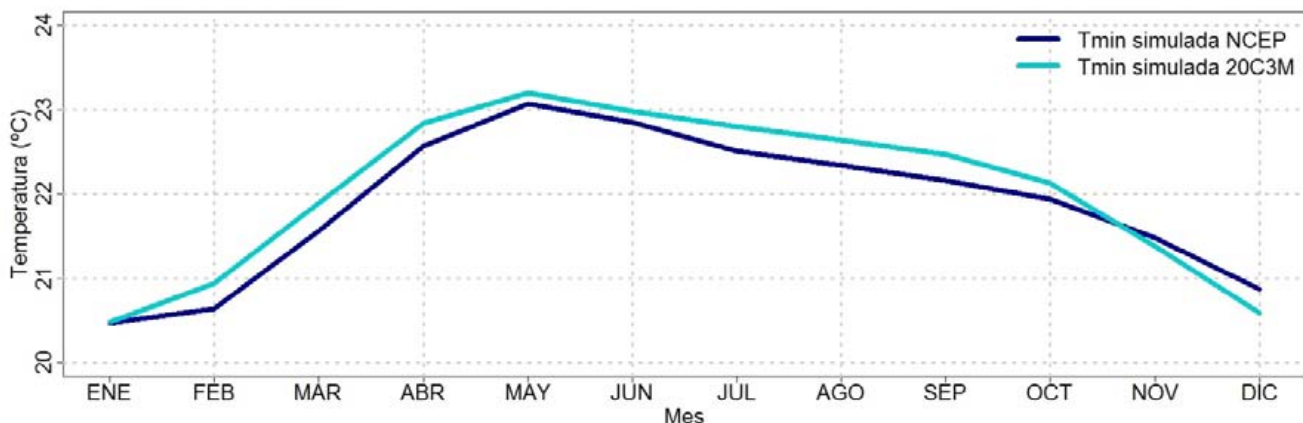
Todos estos resultados de verificación, tanto para temperatura como para precipitación, son notablemente mejores que los que se han obtenido en Europa. También parecen mejorar mucho los resultados de verificación de otras metodologías de regionalización que se han utilizado en Centroamérica, como PRECIS.

Una vez verificada con éxito la metodología, es decir, una vez comprobada su capacidad para simular los efectos en superficie a partir de “observaciones” de la situación atmosférica de baja resolución, se realiza el proceso de validación, que consiste en comprobar si los MCGs representan adecuadamente el clima actual. Este proceso se llevó a cabo aplicando la metodología de regionalización de la FIC al denominado 20C3M o simulación de control (simulación del MCG para el pasado, por ejemplo 1951-1999), obteniéndose una

serie de precipitación y temperatura simulada para cada MCG, que se compara con el clima pasado observado (representado por las simulaciones obtenidas por regionalización del NCEP/NCAR).

A modo de ejemplo, el gráfico 3 muestra la validación de un MCG, en este caso el ECHAM5 Alemán, para las temperaturas mínimas del período 1951-1999. Se observa que, a pesar de que las diferencias son algo mayores que en el caso de la verificación, el modelo es adecuado simulando temperaturas mínimas. Algo similar (aunque los errores de validación son ligeramente mayores) puede decirse para la temperatura máxima y la precipitación. Estos resultados de validación también mejoran con relación a los obtenidos en otras zonas del planeta por lo que se puede asegurar la robustez de la simulación realizada para las temperaturas y la precipitación en Nicaragua.

Gráfico 3. Validación para la media mensual de las temperaturas mínimas



Temperatura mínima diaria (°C). Se representa lo simulado por regionalización del re-análisis NCEP/NCAR y lo simulado por regionalización del 20C3M del MCG ECHAM5 Alemán.

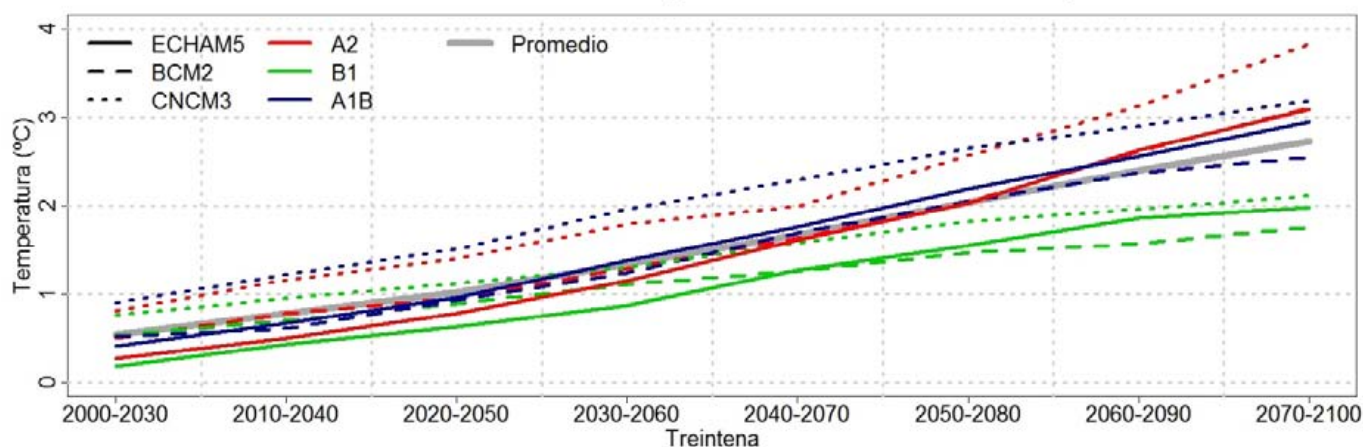
En base a los excelentes resultados de verificación y validación, puede concluirse que la adaptación de esta metodología ha sido muy exitosa, pudiéndose generar escenarios locales de clima futuro en Nicaragua con mucha solvencia técnica. Dicha solvencia es incluso mayor que en Europa, donde, aunque los resultados de verificación y validación son peores, los escenarios se utilizan de forma habitual en adaptación al cambio climático.

Escenarios Futuros

Una vez verificada la metodología de regionalización y validados los MCGs, se aplicó dicha metodología a las salidas de los MCGs para un período del futuro (2010-2100), obteniendo los valores de precipitación y temperaturas simulados para dicho período en cada uno de los observatorios en estudio y para cada una de las 9 salidas de los MCGs (3 MCGs x 3 escenarios de emisiones de GEI).

En el gráfico 4 se observa la simulación de la posible evolución de la temperatura máxima promedio (de las 17 estaciones) para Nicaragua durante el trimestre más cálido (Marzo-Mayo) para el período 2000-2100 (dividido en treintenas: 2000 a 2030, 2010 a 2040...), según los tres escenarios de emisiones (A1B, A2 y B1) de los tres modelos (ECHAM5, BCM2 y CNM3) utilizados. Estas simulaciones indican un aumento gradual de las máximas (entre 1 y 2 °C para mediados de siglo). Los resultados se muestran como la diferencia entre los valores de las series obtenidas por downscaling del futuro que ofrece el MCG (promedios para cada una de las treintenas del periodo 2000-2100) y los valores de las series obtenidas por downscaling del 20C3M (promedio del periodo 1951-1999) de ese mismo MCG. Es decir, se representa el calentamiento esperado para cada treintena, con respecto al clima actual que simula el MCG.

Gráfico 4. Variación de la media de la temperatura máxima diaria de marzo - mayo

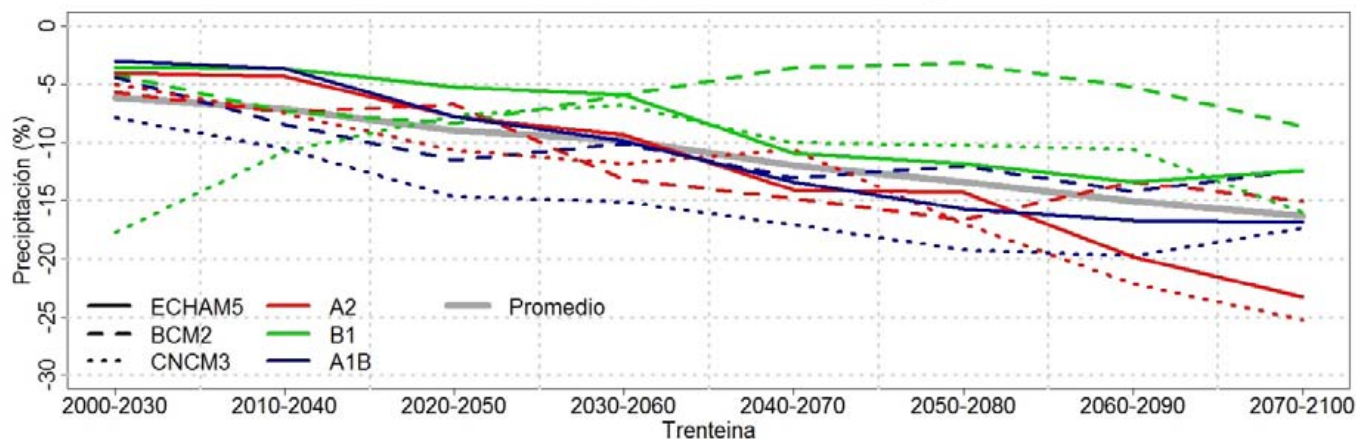


Representación de la evolución de la media de la temperatura máxima (°C) en Nicaragua para el trimestre Marzo-Mayo para el período 2000-2100 por treintenas, simulada para los escenarios de emisiones de GEI A1B, A2 y B1, para los tres MCGs empleados (ECHAM5, BCM2 y CNCM3).

En el gráfico 5 se representa la evolución prevista de la precipitación en Nicaragua (promedio de las 197 estaciones) a lo largo del siglo XXI, para un trimestre lluvioso (Junio-Agosto), expresada en porcentaje sobre lo simulado por cada modelo para 1951-1999. Aunque estas simulaciones de

precipitación tienen mayor incertidumbre (más diferencias entre las diferentes salidas de MCG), hay una coherencia general sobre la reducción de la precipitación en ese trimestre (el promedio de todas las salidas, en gris, indica una reducción entorno al 12% a mitad de siglo).

Gráfico 5. Variación de la precipitación media de junio - agosto



Representación de la evolución de la precipitación (en % sobre lo simulado para 1951-1999) en Nicaragua para el trimestre Junio-Agosto para el período 2000-2100 por treintenas, simulada para los escenarios de emisiones de GEI A1B, A2 y B1, para los tres MCGs empleados (ECHAM5, BCM2 y CNCM3).

d) Análisis del impacto del clima a futuro en la Seguridad Alimentaria



A partir del análisis de vulnerabilidad se concluyó que existían una serie de cultivos y una serie de situaciones a lo largo del año en las que los cambios en el clima podían tener importantes implicaciones en los activos de la población. Con dicha información y con los escenarios se procedió a analizar los impactos sobre los medios de vida más críticos (básicamente relacionados con la agricultura).

Para ello era necesario obtener, a partir de la información climática (precipitación y temperatura simuladas para el futuro), información relevante para los cultivos que más influyen en los medios de vida y la seguridad alimentaria. Con este objetivo se elaboraron junto a técnicos de instituciones

nicaragüenses una serie de indicadores de seguridad alimentaria relacionados con el clima.

La identificación y definición de los indicadores y sub-indicadores clave utilizados (cuadro 1) se realizó con la información aportada y participación activa del Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA).

Los indicadores claves están relacionados con los períodos agrícolas relevantes (período de cultivo de primera, canícula, período de postrera...). Así, se han construido programas informáticos que, a partir de la serie diaria de precipitación durante un año, identifica el día en el que en ese año empezó el período lluvioso de primera, el día en el que acabó dicho período (y por tanto comenzó la canícula), el día en que finalizó la canícula (y por tanto empezó el período de postrera), etc. Aplicando esos programas informáticos a cada uno de los años, tanto del pasado usando observaciones, como del futuro usando escenarios locales, se puede ver la evolución temporal de esos indicadores, y con ella, las implicaciones en la producción agropecuaria.

Esta manera de traducir los datos de precipitación y temperatura en información útil para las comunidades (que la entrada de las lluvias se va a retrasar, que la incertidumbre en la fecha de entrada de las lluvias va a aumentar, o que la precipitación acumulada en el período de primera va a disminuir) resulta necesaria para poder evaluar el impacto del clima futuro sobre los cultivos, y para

poder tener elementos para interactuar con las familias y las comunidades.

Una vez obtenida esta información, se contrastó con las comunidades para validar los resultados y rechazar, en su caso, aquellos indicadores en los que la información obtenida con relación al pasado no era la adecuada. Para ello, se realizaron entrevistas con actores clave¹¹ contrastando

información obtenida sobre años con fenómenos extremos (huracanes y sequías) y sobre años particulares en los que se registraron retrasos en el inicio del invierno, inicio y extensión de la canícula, y otros aspectos relevantes. La definición de algunos de los indicadores contrastados a nivel comunitario y finalmente aplicados al análisis se resume en el cuadro 2.

Cuadro 1. Indicadores y sub-indicadores clave definidos para las comunidades en estudio

Indicadores seleccionados	
Matagalpa	RAAN
<ul style="list-style-type: none"> ● Inicio y extensión de las lluvias de primera ● Inicio y extensión de la canícula ● Inicio y extensión de las lluvias de postrera 	<ul style="list-style-type: none"> ● Inicio y extensión del período menos lluvioso
Sub-indicadores (para cada uno de los períodos definidos con los indicadores anteriores)	
<ul style="list-style-type: none"> ● Número de días con precipitación en ese periodo ● Precipitación acumulada en todo el periodo ● Precipitación media diaria (precipitación acumulada / extensión del periodo) ● Precipitación media de los días con precipitación (precipitación acumulada / nº de días con precipitación) - que da idea de la intensidad de la precipitación ● Temperatura máxima diaria promedio de ese periodo ● Temperatura máxima diaria más alta de ese periodo (máxima absoluta) ● Temperatura mínima diaria promedio de ese periodo ● Temperatura mínima diaria más baja de ese periodo (mínima absoluta) 	

Cuadro 2. Definición de algunos indicadores

Inicio de las lluvias de primera: Primer día (con precipitación superior a 1mm) en que se inicia un ciclo de 4 días consecutivos con precipitación acumulada de 20 mm.

Periodo de canícula: Máximo número de días consecutivos con precipitación acumulada inferior a 10 mm en 5 días consecutivos, en el período comprendido entre el 20 de junio y el 31 de agosto.

Inicio de lluvias de postrera: Primer día (con precipitación superior a 1 mm) a partir del 25 de Julio en que se inicia un ciclo de 4 días con precipitación acumulada superior al doble de la 'precipitación media por día de lluvia en el periodo de postrera', siempre que en los 7 días siguientes a estos 4 se registre una precipitación acumulada superior al doble de la 'precipitación media por día de lluvia en ese periodo'.

¹¹ Personas que no necesariamente participaron en los grupos focales: dirigentes y técnicos de organizaciones presentes en las comunidades, alcalditos, líderes comunitarios de grupos sociales, técnicos de organizaciones gubernamentales a nivel central e investigadores independientes.

e) Análisis de los impactos del clima futuro y estrategias de adaptación

La última etapa consistió en el debate en todas las comunidades sobre los escenarios y sus efectos. En los talleres participaron los mismos grupos focales que habían estado presentes en el análisis de medios de vida.

Para discutir sobre los impactos del cambio climático (escenarios) en los medios de vida, se utilizaron los resultados obtenidos con los

indicadores. Se realizaron reuniones donde se lanzaron preguntas detonadoras del tipo: ¿Qué piensan ante los cambios previstos? ¿Qué les puede pasar a nuestras principales actividades económicas si no hacemos algo ante los cambios previstos en el clima? y se promovió el debate sobre los escenarios y sus efectos.

Finalmente, se facilitaron una serie de reuniones para iniciar la definición de estrategias de adaptación en cada una de las comunidades.



Las poblaciones rurales y sus medios de vida

Perspectivas del cambio climático

El análisis de medios de vida con las comunidades rurales seleccionadas puso de manifiesto cuál es la situación de inseguridad alimentaria que enfrentan las poblaciones y la influencia del cambio climático en la disponibilidad y el acceso a los alimentos de los hogares. También permitió conocer la percepción sobre el cambio climático y su vinculación con los medios de vida y comprender las estrategias utilizadas por las comunidades para sobrevivir en tiempos difíciles.

En general, los principales medios de vida de las poblaciones de las seis comunidades en estudio son las actividades agropecuarias de subsistencia.

El análisis permitió encontrar similitudes y diferencias en medios de vida y principales problemas que enfrentan las 6 comunidades. Obviamente las diferencias fueron más notables entre los dos departamentos (Matagalpa y RAAN), aunque también se encontraron algunas diferencias significativas entre las poblaciones de un mismo departamento, municipio, e incluso comunidad.

En el departamento de Matagalpa se identificaron tres zonas (alta, media y baja) con características homogéneas. En las cuatro comunidades analizadas de este departamento, la zona alta es la que cuenta con recursos naturales mejor conservados y donde los suelos tienen una mayor fertilidad. Las zonas medias y bajas están prácticamente deforestadas y concentran las actividades productivas y humanas.

La migración temporal hacia zonas con mayor actividad económica (áreas cafetaleras, zonas de frontera agrícola e industriales del país y de la región centroamericana) es una fuente de ingreso importante para los pobladores de estas comunidades.

En el municipio de Ciudad Darío, la comunidad de Potrerillo cuenta con escasos recursos económicos, pues la mayor parte de sus habitantes no son



propietarios de la tierra y viven de los escasos rendimientos del cultivo de granos básicos (maíz, frijol y sorgo) en tierras ajenas destinadas fundamentalmente al autoconsumo. En Dulce Nombre de Jesús, además de la producción de granos básicos, cuentan con ganado menor y mayor, y actividades de transformación y comercialización, que permiten generar mayores ingresos a las familias. Las diferencias en fuentes de ingreso entre ambas comunidades se traducen en mayores limitaciones en el acceso a la educación, salud e infraestructuras en Potrerillo.

En el municipio de San Dionisio, si bien las diferencias entre las comunidades de Susulí y el Zarzal no son tan notables como en las comunidades de Ciudad Darío, se observan algunas variaciones en los aspectos productivos: Susulí produce café y frutales, además de los granos básicos cultivados en ambas comunidades; y sociales: En el Zarzal hay más dificultades de acceso a tierra. En Susulí la carretera Matagalpa – San Dionisio facilita el acceso a salud y transporte y la presencia de las oficinas de la Unión de Campesinos Organizados de San Dionisio (UCOSD) facilita la conformación de redes sociales en esta comunidad.

Los granos básicos se cultivan en tres períodos de siembra:

- 1) Primera, con siembras entre el 10 y 20 de mayo dependiendo de la entrada del invierno, que se cosecha a final de agosto o inclusive inicios de septiembre.
- 2) Postrera, con siembras entre el 5 y el 15 de septiembre, que se cosecha a finales de diciembre.
- 3) Apante, aproximadamente las siembras se dan el 15 de noviembre y se cosecha en febrero. En este periodo se emigra para la siembra de frijol a zonas de frontera agrícola o “de montaña” (término usado en las comunidades), generalmente a La Dalia, Waslala y Rancho Grande, donde los

productores de los municipios de San Dionisio y Ciudad Darío deben negociar con los propietarios de la tierra de esas zonas.

En todos los casos, la agricultura es el principal medio de vida con una elevada dependencia del régimen de lluvias. En el gráfico 6 se observa el régimen de lluvias que define los periodos de cultivo, para la estación meteorológica representativa de la comunidad de Potrerillos (Ciudad Darío), durante el período 1951-2009. Se observa cómo las lluvias durante los meses de enero hasta abril son mínimas, mientras que de mayo a noviembre se incrementan sustancialmente, con un período corto de canícula (julio-agosto) en el que disminuye la precipitación. La precipitación mensual promedio en la zona oscila entre los 5 y los 200 mm.

Gráfico 6. Precipitación media mensual (1951-2009). Comunidad de Potrerillos (Estación 55011)

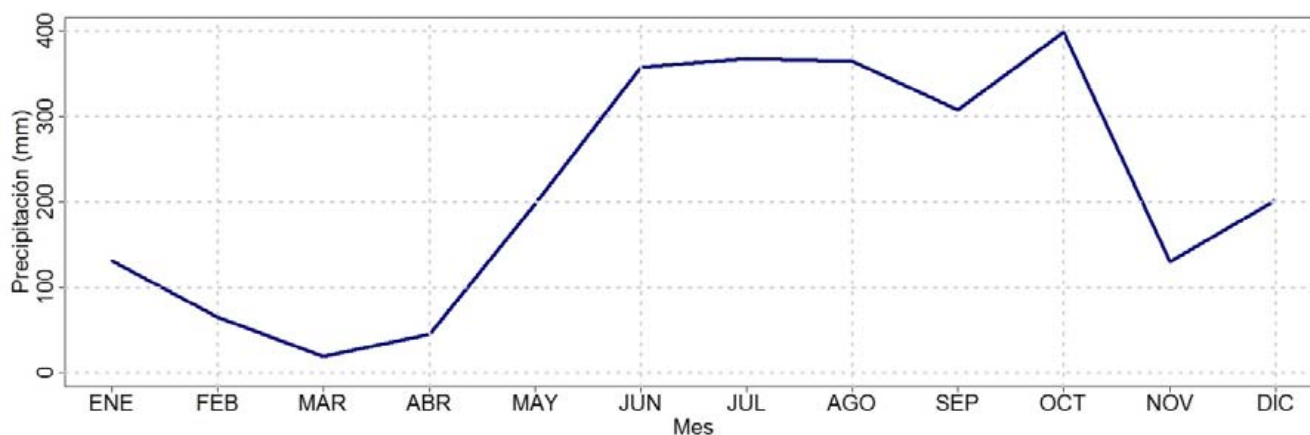


Promedio mensual para 1951-2009 de la cantidad de lluvia observada en la estación 55011 (comunidad de Potrerillos). Datos de INETER.

En la RAAN, las dos comunidades seleccionadas utilizan modelos productivos tradicionales de bajos insumos destinados básicamente al consumo familiar. Habitualmente se realiza una sola siembra en la época de apante (septiembre a diciembre) que se cosecha entre marzo y abril. El gráfico 7 representa las lluvias que caen por mes para la estación representativa de la comunidad de Tuskru

Tara, con medias del período 1951-2009. Las lluvias durante los meses de febrero a abril son mínimas, y de mayo a octubre incrementan sustancialmente para descender en noviembre e incrementarse levemente en diciembre y enero. La cantidad de lluvia mensual promedio en la zona oscila entre los 20 y los 400 mm a lo largo del año.

Gráfico 7. Precipitación media mensual (1951 - 2009). Comunidad de Tuskrú-Tara (Estación 49003)



Promedio mensual para 1951-2009 de la cantidad de lluvia observada en la estación 49003 (comunidad de Tuskrú-Tara). Datos de INETER.

Existen algunas diferencias entre las comunidades analizadas por las mayores facilidades de acceso y comunicación y la mayor influencia de culturas mestizas en Sahsa. La mejor calidad de los suelos y el desarrollo de actividades pecuarias han permitido una mayor generación de ingresos en esta comunidad, pero también han tenido un impacto negativo en la pérdida de bosques, la desaparición de especies silvestres, la disminución del caudal hídrico de fuentes de agua e incluso su contaminación como resultado de prácticas inadecuadas de pesca y minería artesanal.

Percepciones del cambio climático: variabilidad e incertidumbre

En todas las comunidades analizadas existe la percepción de que ha habido un aumento de variabilidad climática en los últimos años, que se pone de manifiesto en sequías prolongadas y tormentas tropicales con mayor intensidad de lluvias. Los sucesos extremos más graves que han afectado a estas comunidades han sido los huracanes Mitch (1998) y Félix (2007). Ambos fenómenos originaron pérdidas de cultivos, cosechas y hogares, además de provocar un gran deterioro en las vías de acceso y comunicación de las comunidades. En el caso de la RAAN y, en concreto en Sahsa, estos dos eventos han marcado la historia y conformación de esta comunidad.

En ambas regiones se hace referencia a “un antes y un después” del Mitch en cuanto a la variabilidad climática “antes del Mitch las siembran tenían fecha específica y no había problema, hoy en día no sabemos cuándo comenzar a sembrar”. En los hogares se percibe de manera generalizada que

estos eventos son cada vez más frecuentes, ante los cuales no se encuentran preparados.

En cuanto al régimen de lluvias, en las reuniones mantenidas en el Departamento de Matagalpa se planteaba “hubo sequía en el año 2009, excesos de lluvias en la época de primera en el año 2010 y nuevamente sequía en la postrera y apante del año 2010”.

Aparentemente, según los habitantes de San Dionisio y Ciudad Darío, el clima ha cambiado mucho en la última generación y se percibe en la irregularidad de los inviernos y entrada de los inviernos:

- “Anteriormente los inviernos eran buenos y estables, las lluvias comenzaban más temprano, comenzaba a llover en abril” (José León Escoto Orozco, Susulí).
- “Los ciclos de siembras (primera y postrera) eran exactos, esto porque los inviernos eran estables la primera se sembraba el 1 de mayo y la postrera el 1 de septiembre solo se hacían dos ciclos” (Cruz Reynosa, El Zarzal).
- “En algunos años no ha habido inviernos (sequías) a causa del fenómeno de El Niño, como es el caso del año 2009, o sucede lo contrario, que hay excesos de lluvias como en 2010” (Juan Pablo Ramos, El Zarzal).

En el cuadro 3 se muestra la percepción local en las comunidades sobre las variaciones en el inicio del invierno:

Cuadro 3. Percepción sobre el cambio en el inicio de las lluvias en las comunidades de Matagalpa

Indicador	Indicador / Semanas										
	Abril		Mayo				Junio				
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Cuando iniciaban las lluvias (El Zarzal)		■									
Cuando inician las lluvias (El Zarzal)						■	■	■			
Cuando iniciaban las lluvias (Potrerillos)				■							
Cuando inician las lluvias (Potrerillos)						■	■	■			
Cuando iniciaban las lluvias (D. N. de Jesús)		■	■								
Cuando inician las lluvias (D. N. de Jesús)						■	■	■			
Cuando iniciaban las lluvias (Susulí)		■									
Cuando inician las lluvias (Susulí)						■	■	■			

A este respecto, en la RAAN, los productores de Tuskru Tara comentaban “antes las primeras lluvias iniciaban por lo general en el mes de mayo, y el verano daba inicio en febrero. En los últimos años ya no sabemos cuándo entra el invierno y cuando finaliza, en cualquier mes del año puede salir el sol o estar lloviendo” (Reflexión de productores, grupo focal comunidad de Trusku Tara).

Los talleres de Sahsa y Tuskru Tara evidenciaron que en estas dos comunidades se han dado cambios significativos en la entrada y salida de la época de lluvia. Las primeras lluvias de invierno eran estables e iniciaban, por lo general, en la primera semana de mayo. Ahora son inestables y la lluvia se presenta entre la última semana de mayo y la tercera semana de junio. Ver cuadro 4.

Cuadro 4. Percepción sobre el cambio en el inicio de las lluvias en las comunidades de la RAAN

Indicador	Indicador / Semanas										
	Abril		Mayo				Junio				
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Cuando iniciaban las lluvias (Sahsa)			■								
Cuando inician las lluvias (Sahsa)						■	■	■			
Cuando iniciaban las lluvias (Truskru Tara)			■	■							
Cuando inician las lluvias (Truskru Tara)							■	■	■		

Las variaciones en el inicio del periodo de lluvia han ocasionado pérdidas en los sistemas productivos debido a la incertidumbre existente y las dificultades para la adaptación a esta variabilidad de las precipitaciones.

Las precipitaciones en el pasado eran más regulares y constantes, pero en la actualidad las lluvias se producen de forma copiosa por varios días y luego desaparecen. Estos cambios ocasionan el ahogamiento y/o requema de las siembras y cultivos en germinación y desarrollo, y la pérdida de los mismos.

Un segundo elemento de cambio percibido en la zona de la RAAN es la variabilidad en la salida del invierno. Anteriormente se daba en los meses de noviembre o diciembre, pero en la actualidad los patrones de lluvia se mantienen durante todo el año: “no deja de llover a finales de año, sino que se mantiene aun lloviendo en enero, febrero...”, No en abundancia pero siempre hay lluvia” (Participante en taller Tuskru Tara).

En cuanto al régimen de temperaturas, también se perciben importantes variaciones hacia temperaturas más elevadas. Estos cambios también

afectan al desarrollo de las plantas y al rendimiento de los cultivos.

En ambos territorios se tiene la percepción de que estos cambios climáticos tienen su origen en factores antropogénicos, producto de las actividades humanas y productivas, y que es ahora cuando más se están manifestando esos cambios, provocando efectos negativos en sus medios de vida.

La actividad más comúnmente referenciada es la deforestación o “despale”, alterando el ecosistema. Aunque este proceso se inició con el asentamiento de los primeros pobladores y la construcción de las primeras viviendas, se ha agravado con la ampliación de la frontera agrícola y la comercialización de productos forestales (leña y madera).

- “...hace 3 o 4 años que hay sequía o llueve mucho y se debe a que se han derribado las montañas (Pedro Baltazar Pérez Díaz, Dulce Nombre de Jesús).
- “...el hombre tiene la culpa por la erosión, el despale y la contaminación del ambiente. (Porfirio Ríos Blandón, Dulce Nombre de Jesús).

Los efectos más notables evidenciados son, entre otros, la disminución y en algunos casos pérdida de fuentes hídricas, la pérdida de la fertilidad de los suelos por el lavado de tierras fértiles en laderas, la pérdida de la biodiversidad, el aumento de la temperatura y la inestabilidad en los inviernos. En este sentido también se mencionan los efectos en la disminución en los rendimientos de los cultivos y su impacto en los medios de vida y la seguridad alimentaria.

Así plantearon los efectos en la producción los habitantes de Sahsa: “Los cambios en el clima en estos últimos años han sido severos, han ocasionado sequías, que conllevan al marchitamiento de las plantas y bajan la producción” (grupo focal productores de la comunidad de Sahsa).

Uno de los aspectos más destacados es la incertidumbre existente y la aparente falta de alternativas productivas para enfrentar esta variabilidad climática:

- “El tiempo ha cambiado, hay atrasos, las

lluvias no son normales, tenemos que ir cambiando las fechas de preparación para la siembra de los cultivos. Estas fechas de siembra son dispersas y no hay buenos resultados de ningún producto” (grupo focal productores comunidad de Sahsa).

- “La semilla criolla la tierra ya no la produce y aun así no hay semilla que resista los cambios de clima” (José León Escoto Orozco, Susulí).

En cambio, en las comunidades del municipio de Ciudad Darío la aplicación de técnicas de fertilización y manejo permiten plantear alternativas productivas al tradicional despale:

- “Antes se trabajaba artesanal sin técnicas, se tumbaba la montaña, se quemaba y se sembraba no se usaban insumos y se esperaba la cosecha. Ahora trabajamos utilizando técnicas nuevas como conservación de suelos, abonos orgánicos y químicos...” (Roger Ríos, Dulce Nombre de Jesús).





Los escenarios de cambio climático a nivel local

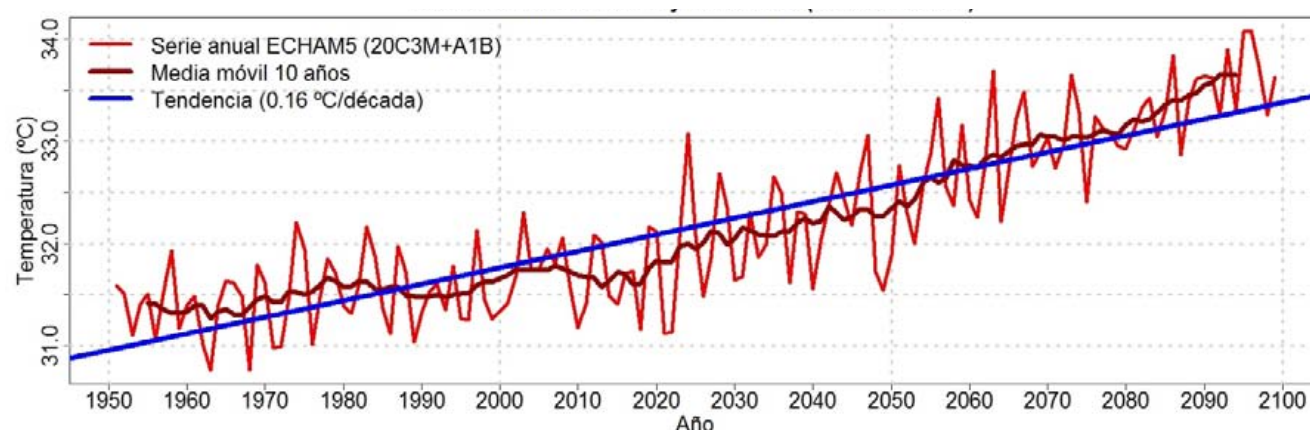
Escenarios para Matagalpa

Temperatura

El gráfico 8 muestra la evolución de la media anual de la temperatura máxima para las comunidades de Potrerillos y Dulce Nombre de Jesús, simulada por ECHAM5 (salida de control o 20C3M para el período 1951-1999, y escenario de emisiones A1B para 2000-2099). Se observan aumentos aproximados de 1°C para mediados de siglo, pasando de los 31.5°C a los 32.5 °C. La tendencia global para todo el periodo es de +0.16°C por década. La variabilidad interanual (las variaciones de un año para otro representada en la amplitud del “zig-zag” del gráfico) en las temperaturas máximas también experimenta un aumento.



Gráfico 8. Media anual de las temperaturas máximas diarias Dulce Nombre de Jesús y Potrerillos (estación 69132)

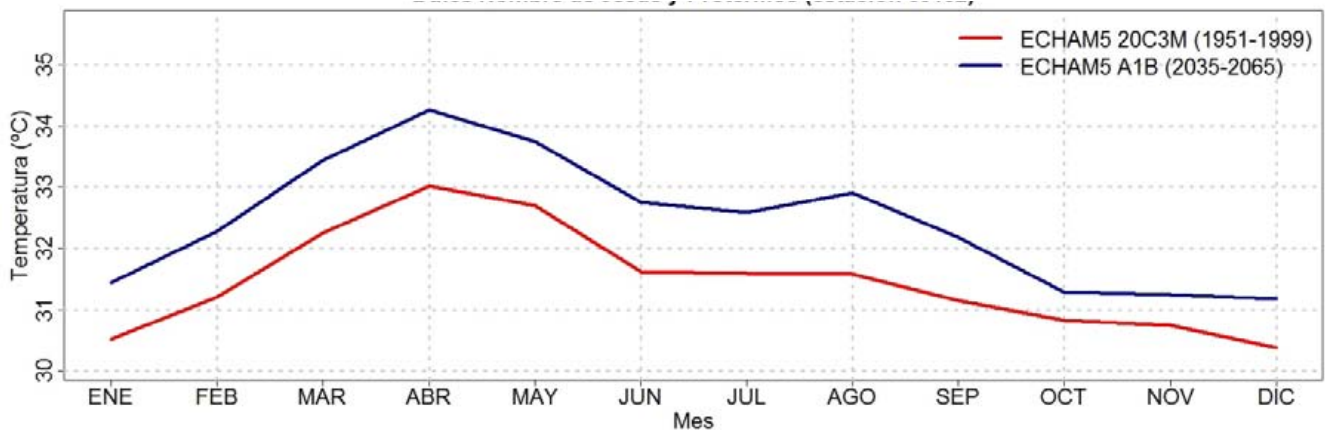


Evolución de la media mensual de la temperatura máxima para la estación 69132 (comunidades de Dulce Nombre de Jesús y Potrerillos), simulada por ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario A1B para 2035-2065).

También se esperan cambios significativos en la media de la temperatura máxima para los diferentes meses del año. El gráfico 9 muestra la diferencia entre la temperatura máxima media mensual simulada por downscaling del 20C3M (salida de control del MCG para el pasado) del modelo ECHAM5 para el período 1951-1999 (línea color rojo) y del escenario A1B del ECHAM5

(escenario que presenta cierto equilibrio en las emisiones) para el período 2035-2065 (línea color azul). Para mediados del siglo XXI se esperan aumentos de 0.5 a 1.5°C, siendo en los meses de abril y agosto los meses en que se darían mayores incrementos, mientras que en octubre los cambios de temperatura máxima serían menores.

**Gráfico 9. Evolución de la media mensual de las temperaturas máximas.
Dulce Nombre de Jesús y Potrerillos (estación 69132)**

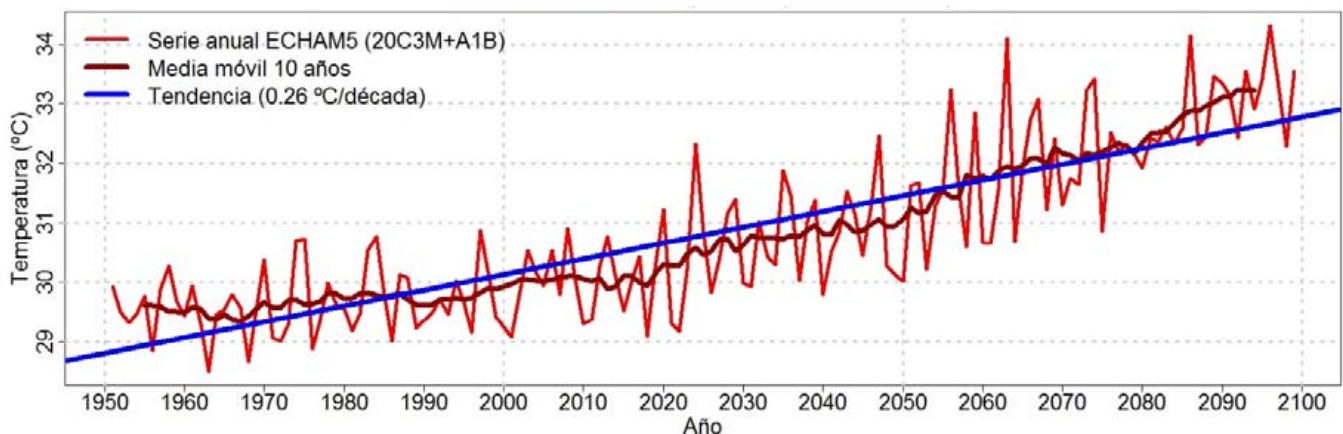


Evolución de la media mensual de la temperatura máxima para la estación 69132 (comunidades de Dulce Nombre de Jesús y Potrerillos), simulada por ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario A1B para 2035-2065).

Para las comunidades de Susulí y El Zarzal, el gráfico 10 muestra la evolución de la media anual de la temperatura máxima a lo largo del período 1951-2099 (también para ECHAM5 y A1B). Se observan mayores cambios, en torno a 2°C para mitad del

presente siglo, pasando de aproximadamente 29.5°C a 31.5°C. La tendencia es de +0.26°C por década. La variabilidad de las temperaturas de un año al siguiente, también tiende a aumentar.

**Gráfico 10. Media anual de las temperaturas máximas diarias
Comunidad de Sualí y Zarzal (estación 55027)**



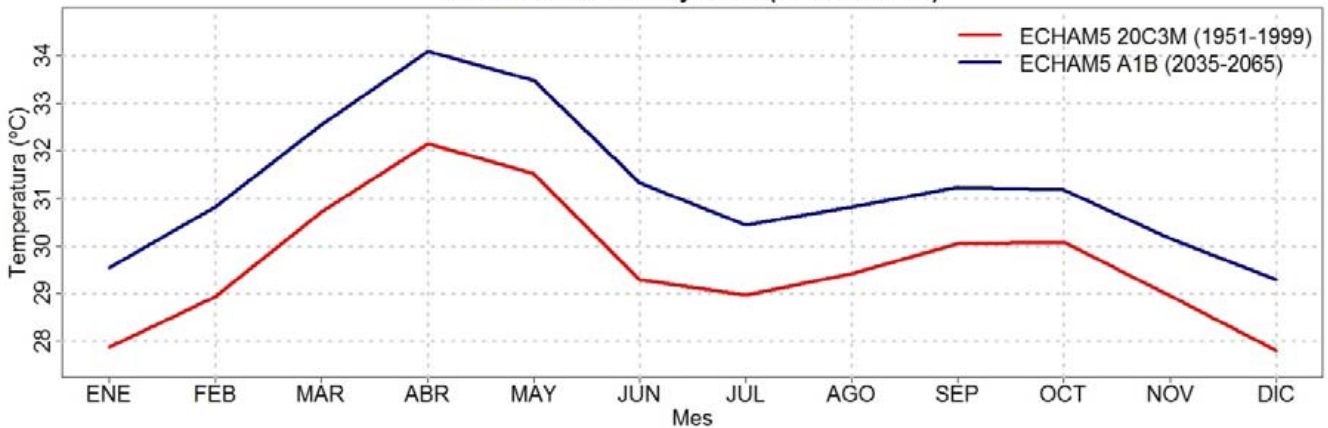
Evolución de la media anual de la temperatura máxima para la estación 55027 (comunidad de El Zarzal y Susulí), simulada por ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario A1B para 2000-2099).

El gráfico 11 presenta la comparación de la temperatura máxima media mensual en estas comunidades entre el período 1951-1999 (línea roja) y 2035-2065 (línea azul).

temperatura en los meses de abril-mayo-junio, mientras los meses de septiembre-noviembre experimentarán un menor aumento de temperaturas máximas.

Los cambios esperados para mediados de siglo oscilan entre 1 y 2 °C, con mayores incrementos de

Gráfico 11. Evolución de la media mensual de las temperaturas máximas Comunidad de Susulí y Zarzal (estación 55027)



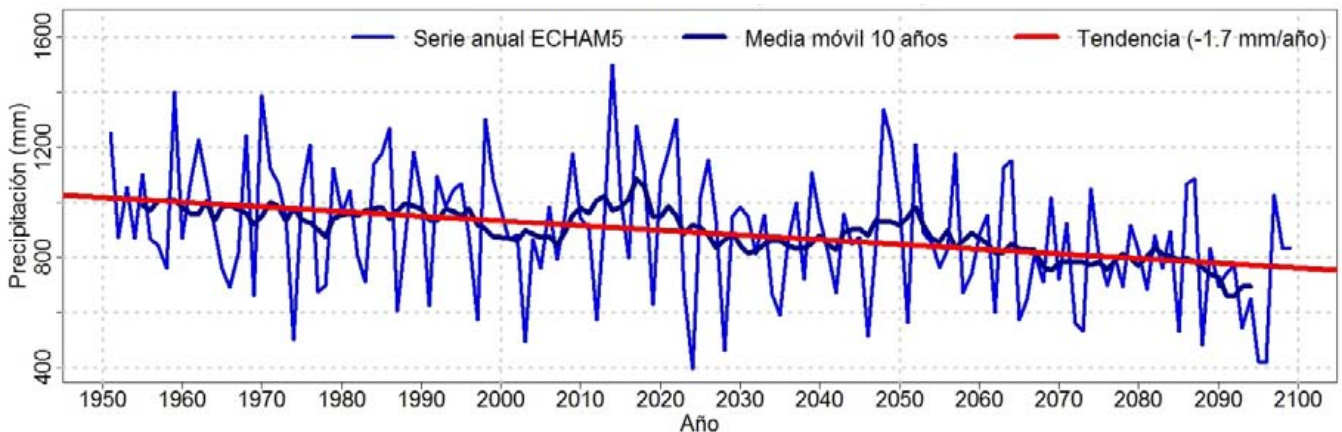
Evolución de la media mensual de la temperatura máxima para la estación 55027 (comunidades de Susulí y El Zarzal), simulada por ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario A1B para 2035-2065).

Precipitación

El gráfico 12 muestra la evolución de la precipitación anual acumulada simulada con ECHAM5 (salida de control o 20C3M para el período 1951-1999, y

escenario de emisiones A1B para 2000-2099), para la comunidad de Potrerillos. Este escenario confirma una reducción sustancial de la cantidad de lluvia de cerca del 2% por década.

Gráfico 12. Precipitación anual. Comunidad de Potrerillos (estación 55011)

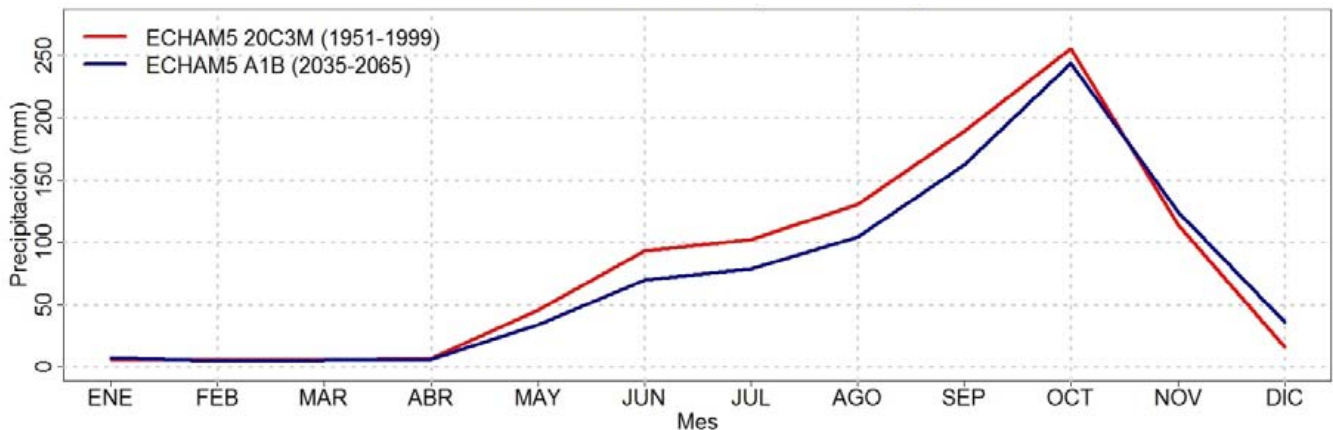


Evolución de la precipitación anual acumulada para la estación 55011 (comunidad de Potrerillos), simulada por ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario A1B para 2000-2099).

El gráfico 13 presenta, para Potrerillos, la comparación entre lo simulado por ECHAM5 para el período 1951-1999 (20C3M) y para el período 2035-2065 (escenario A1B). Los escenarios indican

disminuciones en las lluvias de entre 20 y 30 mm mensuales durante parte del período lluvioso (mayo-septiembre).

**Gráfico 13. Evolución de la media de la precipitación mensual.
Comunidad de Potrerillos (estación 55011)**

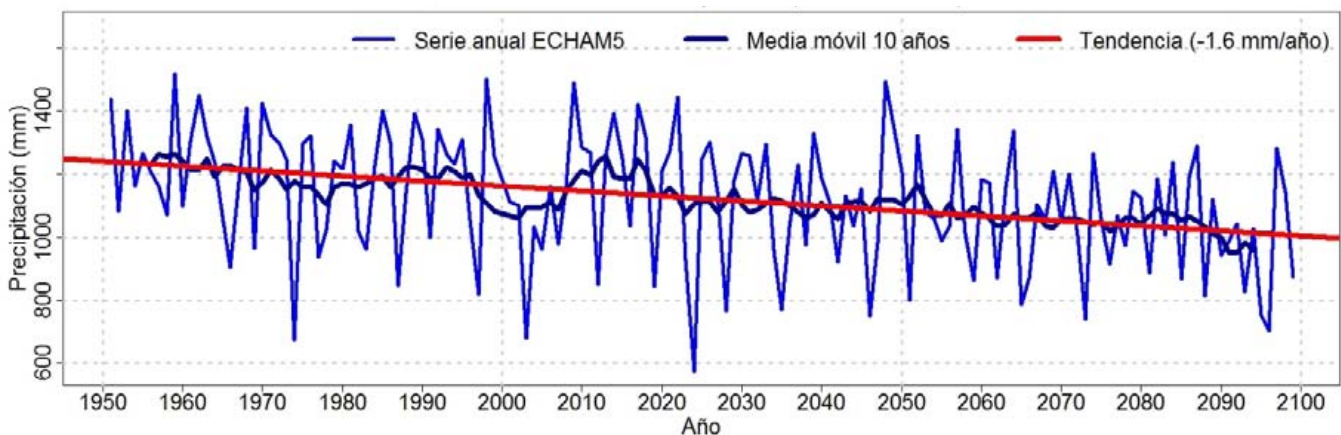


Evolución de la media de precipitación mensual acumulada para la estación 55011 (comunidad de Potrerillos), simulada por ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario A1B para 2035-2065).

El gráfico 14 muestra la evolución de la precipitación anual acumulada para las comunidades de Susulí y El Zarzal (para la misma simulación, ECHAM5 20C3M y escenario A1B). Al

igual que en Potrerillos, en este caso también se espera que la cantidad de lluvia anual disminuya, a un ritmo similar.

**Gráfico 14. Precipitación anual.
Comunidades de Susulí y Zarzal (estación 55016)**

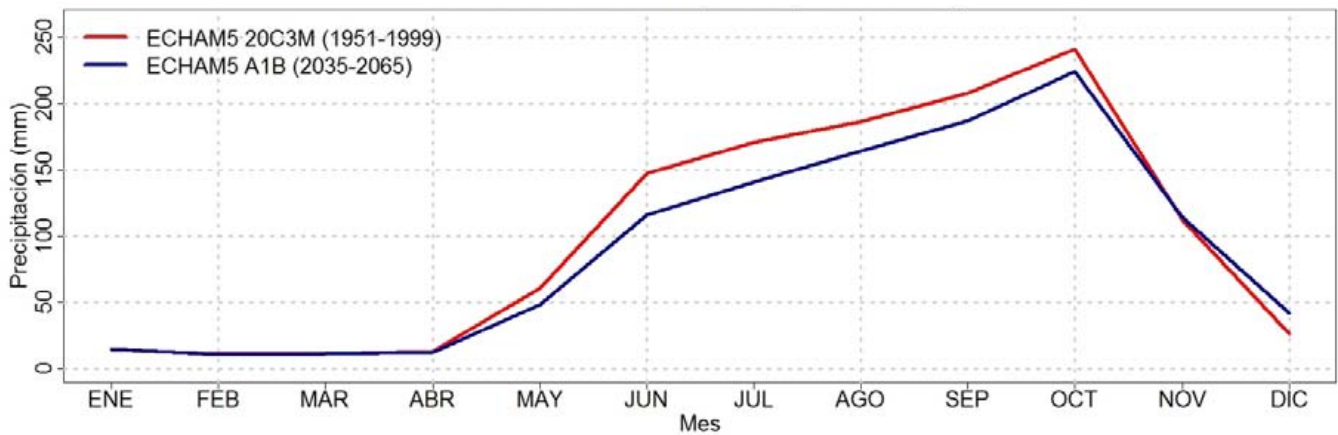


Evolución de la precipitación anual acumulada para la estación 55016 (comunidades de Susulí y El Zarzal), simulada por ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario A1B para 2000-2099).

El gráfico 15 presenta la variación de la precipitación mensual en estas comunidades, comparando, para ECHAM 5, el período 1951-1999 con 2035-2065. Para

mediados de siglo se esperan disminuciones de las precipitaciones mensuales en 30 mm para el período junio-octubre.

**Gráfico 15. Evolución de la media de la precipitación mensual.
Comunidades de Susulí y Zarzal (estación 55016)**



Evolución de la media de precipitación mensual acumulada para la estación 55016 (comunidades de Susulí y El Zarzal), simulada por ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario A1B para 2035-2065).

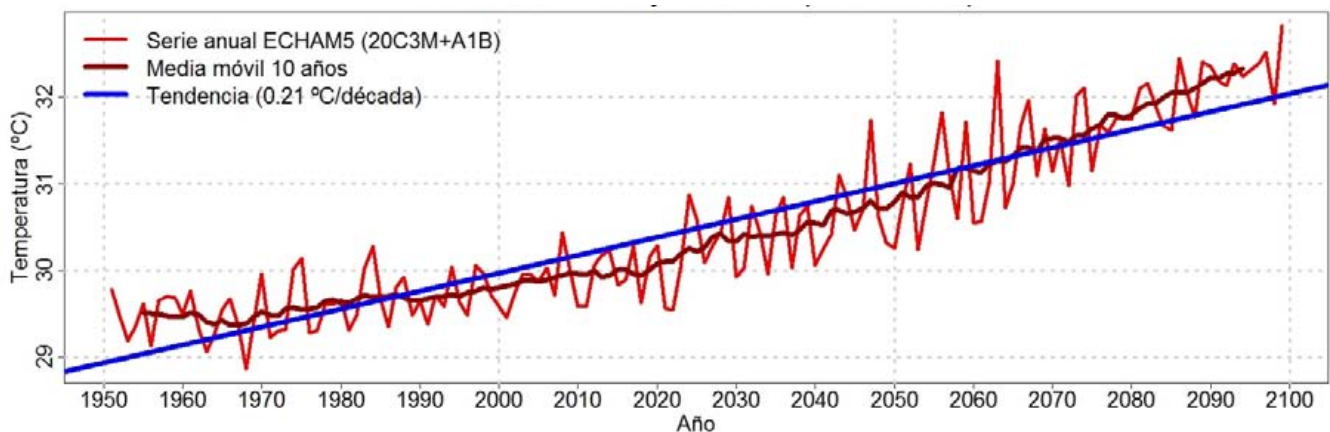
Escenarios RAAN

Temperatura

El gráfico 16 muestra que, a medida que avanza el siglo, en las comunidades de Sahsa y Tuskru Tara se espera un incremento de las medias de las temperaturas máximas (según la simulación de ECHAM5), aumentando a un ritmo medio de $+0.21^{\circ}\text{C}$ por década. También se prevé un aumento en la variabilidad de las mismas. El incremento de temperatura promedio para mediados del siglo estará en el rango de 1.5°C .



**Gráfico 16. Media anual de las temperaturas máximas diarias.
Comunidad de Sahsa y Tuskru Tara (estación 47002)**

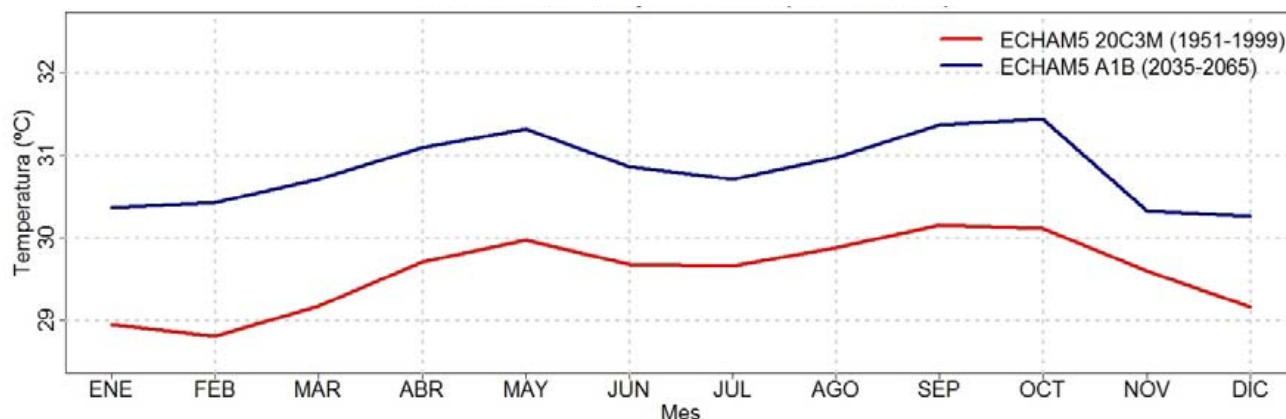


Evolución de la media anual de la temperatura máxima para la estación 47002 (RAAN), simulada por el ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario de emisiones A1B para 2000-2099).

En el gráfico 17 se muestran las temperaturas medias de las máximas simuladas por ECHAM 5 para la zona de Sahsa y Tuskru Tara para el período 1951-1999 (salida de control o 20C3M, línea color

azul) y el escenario A1B para el período 2035-2065 (línea color rojo). El calentamiento esperado es de aproximadamente 1 a 1.5 °C según los meses.

Gráfico 17. Evolución media mensual de las temperaturas máximas Comunidad de Sasha y Tuskru Tara (estación 47002)



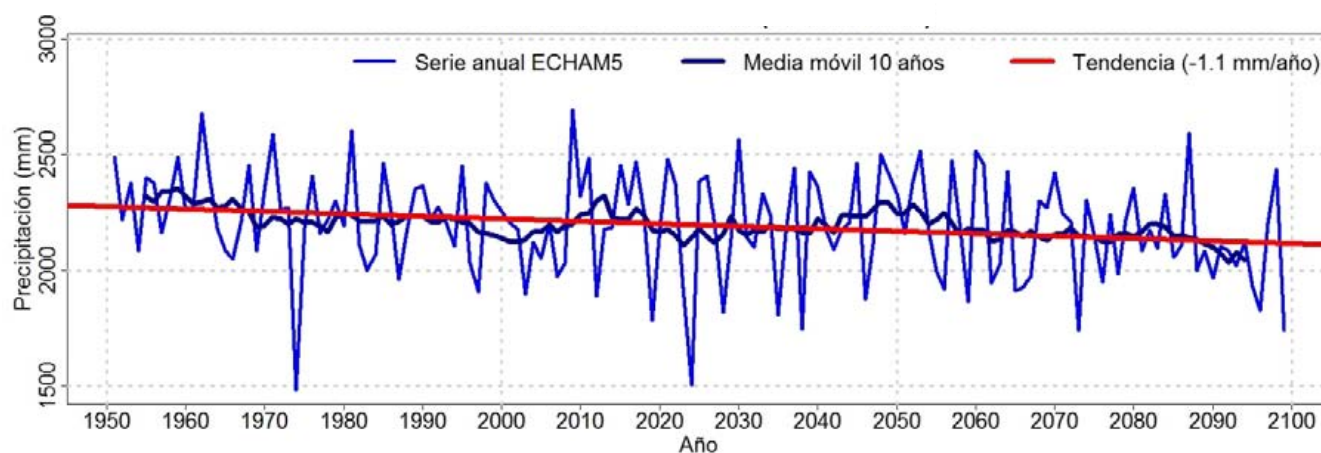
Evolución de la media mensual de la temperatura máxima para la estación 47002 (comunidades de Sasha y Tuskru Tara de la RAAN), simulada por ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario A1B para 2035-2065).

Precipitación

En el gráfico 18 se muestra el comportamiento de la precipitación anual acumulada simulada por ECHAM5 (20C3M para 1951 a 1999, y escenario A1B para 2000-2099) para la comunidad de Tuskru-Tara. Como se puede observar, en términos de precipitación, la gráfica no presenta mucha

variación entre lo que el modelo simula para el pasado (desde 1951 hasta el 2000) y lo que simula para el futuro. Se observa una tendencia hacia la disminución de la precipitación (menor que en la zona de Matagalpa, tanto en mm/año como sobre todo en porcentaje, entorno a -0,5% por década) y una mayor variabilidad interanual en los años futuros.

Gráfico 18. Precipitación anual. Comunidad de Tuskru Tara (estación 49003)

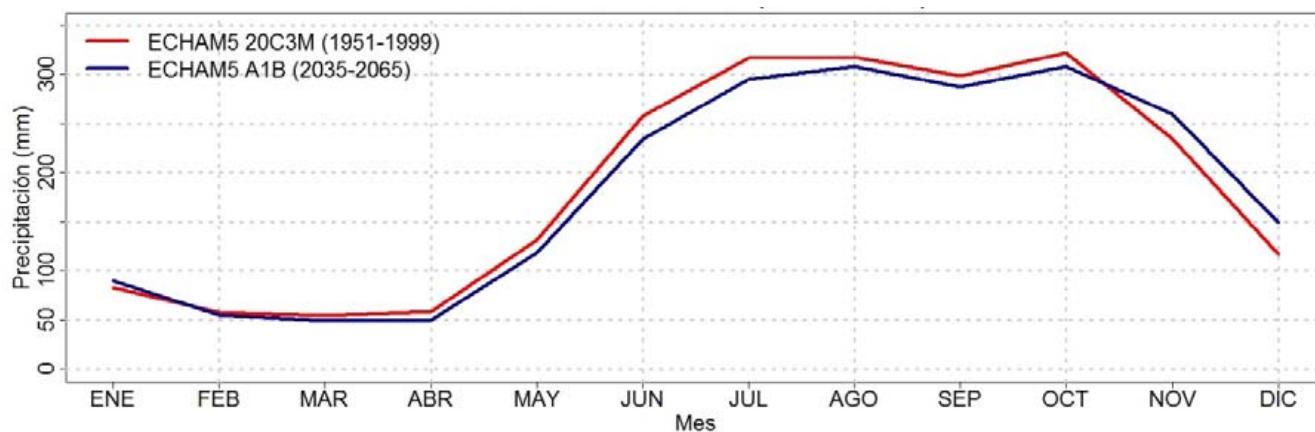


Evolución de la precipitación anual acumulada para la estación 49003 (zona de Tuskru Tara), simulada con el modelo ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, escenario A1B para 2000-2099).

El gráfico 19, que compara las precipitaciones mensuales simuladas por ECHAM5 para 1951-1999 (salida de control o 20C3M) con las simuladas para 2035-2065 (escenario A1B), indica que para

mediados del presente siglo se espera una leve disminución de las lluvias en los meses más lluviosos y un incremento de las lluvias al finalizar el año.

**Gráfico 19. Evolución de la media de la precipitación mensual.
Comunidad de Tuskru Tara (estación 49003)**



Evolución de la media de precipitación mensual acumulada para la estación meteorológica 49003, representativa para la comunidad de Tuskru Tara, simulada empleando el modelo ECHAM5 (20C3M para 1951-1999, y el escenario A1B para 2035-2065).





Los efectos previstos

Análisis de indicadores con la población rural

En este apartado se sintetizan los resultados de aplicar los escenarios de temperatura y precipitación a los indicadores de seguridad alimentaria de mayor interés para la población de las comunidades seleccionadas. En todos los casos se muestran las simulaciones obtenidas a partir del MCG ECHAM5 alemán (salida de control o 20C3M para 1951-1999, y escenario de emisiones A1B para 2000-2099).

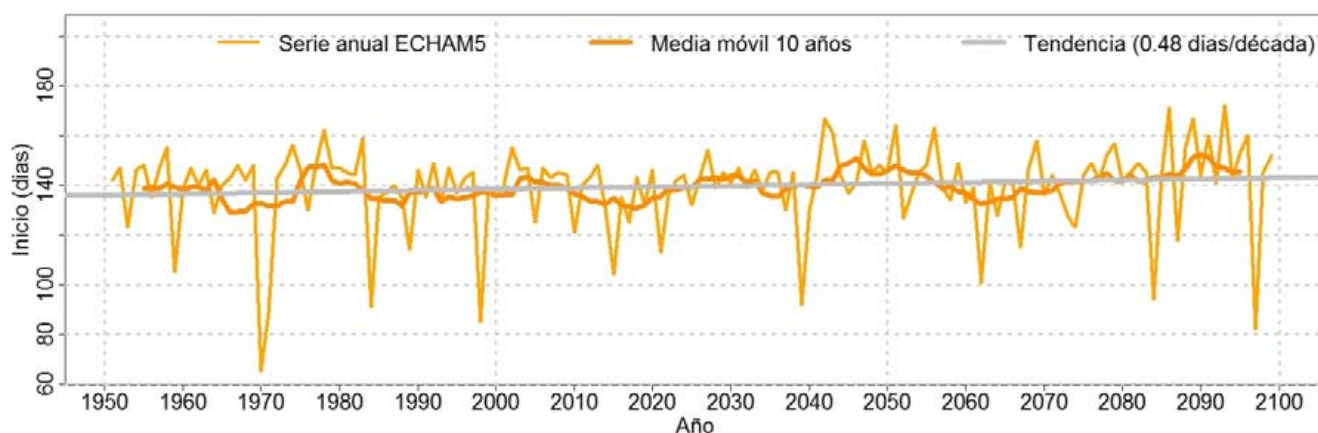
MATAGALPA:

Época de Lluvias de primera

El gráfico 20 muestra que para las comunidades analizadas en el Municipio de San Dionisio, se prevé una ligera variación en las fechas previstas para inicio de la época de lluvias a medida que avanza el siglo (unos pocos días de retraso en torno al 20 de mayo).



Gráfico 20. Inicio de la época de lluvias de primera (estación 55016)



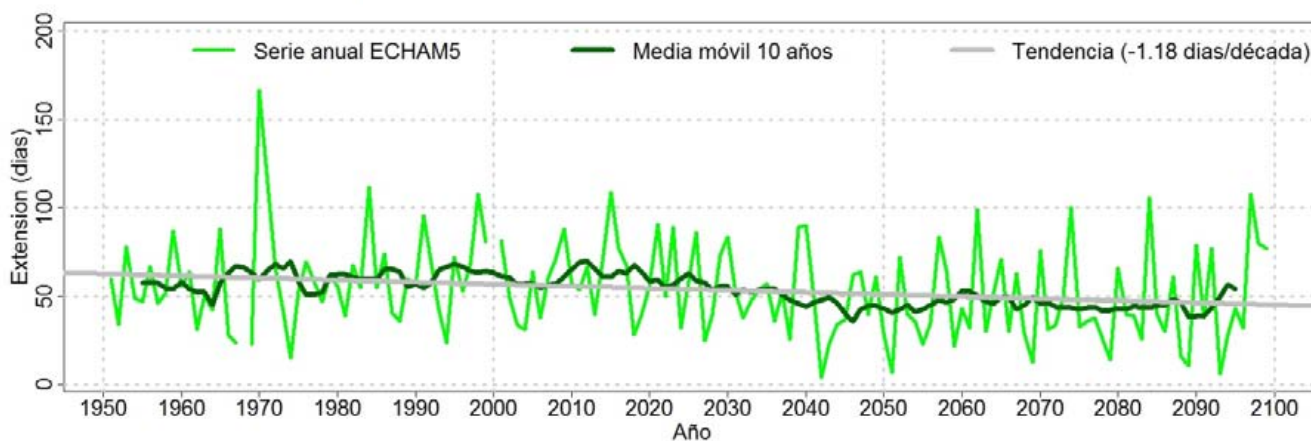
Inicio de la época de lluvias de primera. Variaciones del indicador a lo largo del período 1951-2099, para las comunidades de Susulí y El Zarzal (San Dionisio). (140 días = 20 mayo). (ECHAM5: salida de control o 20C3M para 1951-1999, y escenario de emisiones A1B para 2000-2099).

También se ha analizado la extensión en días del periodo de lluvias de primera en esa misma estación (gráfico 21), que muestra una reducción considerable, pasando de alrededor de 60 días a algo menos de 50 en la segunda mitad del siglo.

El gráfico 22 muestra la evolución de uno de los sub-indicadores del cuadro 1, en particular la

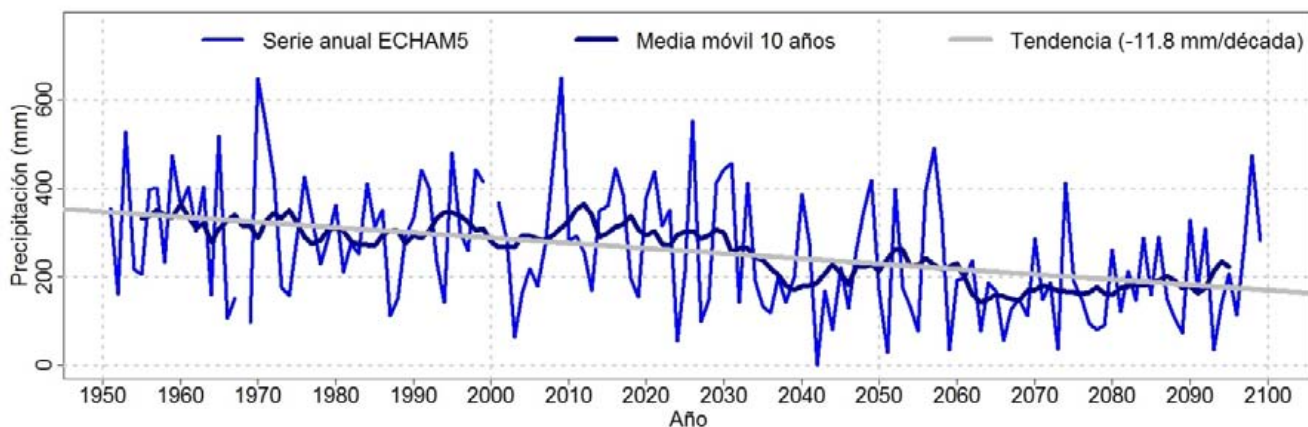
precipitación acumulada en el periodo de lluvias de primera, que se reduciría de forma muy notable, pasando de unos 300 mm a 200 a mitad de siglo (lo que supone una reducción de más del 30%, a un ritmo promedio del -4% por década).

Gráfico 21. Extensión de la época de lluvias de primera (estación 55016)



Extensión de la época de lluvias de primera. Variaciones del indicador para las comunidades de Susulí y El Zarzal (San Dionisio). (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).

Gráfico 22. Precipitación acumulada en la época de lluvias de primera (estación 55016)

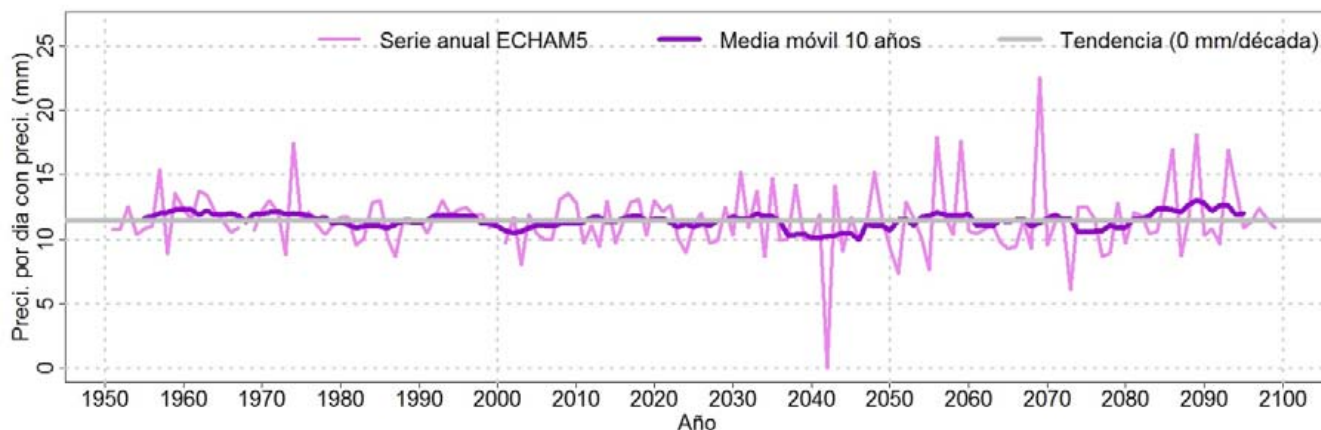


Precipitación acumulada en la época de lluvias de primera. Variaciones del indicador para las comunidades de Susulí y El Zarzal (San Dionisio). (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).

La evolución simulada de otro sub-indicador, la precipitación por día de lluvia del periodo húmedo de primera, se representa en el gráfico 23. En él puede verse que, aunque no se esperan cambios en

los valores medios, sí podría aumentar en la segunda mitad del siglo la frecuencia de años con valores altos, es decir, con intensidades de precipitación altas.

Gráfico 23. Precipitación por día de lluvia en la época de lluvias de primera (estación 55016)

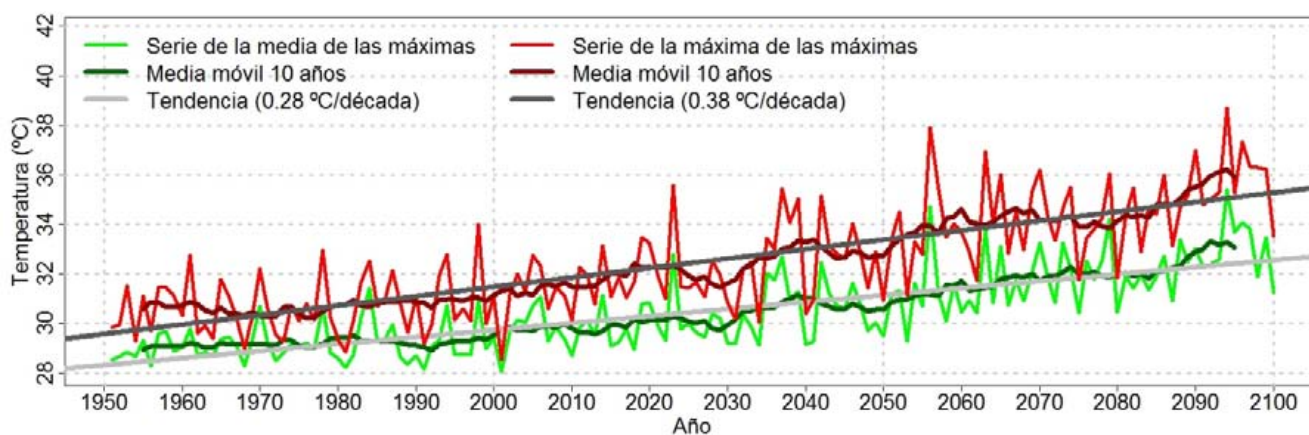


Precipitación por día de lluvia de la época húmeda de primera. Variaciones del indicador para las comunidades de Susulí y El Zarzal (San Dionisio). (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).

También se ha hecho el análisis de los sub-indicadores de temperatura. Se presenta como ejemplo en el gráfico 24 la evolución de la media de las temperaturas máximas en el periodo de lluvias de primera, y de la máxima absoluta en ese mismo periodo. Puede verse un considerable aumento de

las medias de la máxima ($0,28^{\circ}\text{C}$ por década), y aún mayor de las temperaturas extremas ($0,38^{\circ}\text{C}$ por década). La influencia de estos aumentos de temperatura sobre los cultivos en el periodo vegetativo de primera debe ser objeto de estudios más detallados.

Gráfico 24. Temperaturas máximas de la época de lluvias de primera (estación 55027)

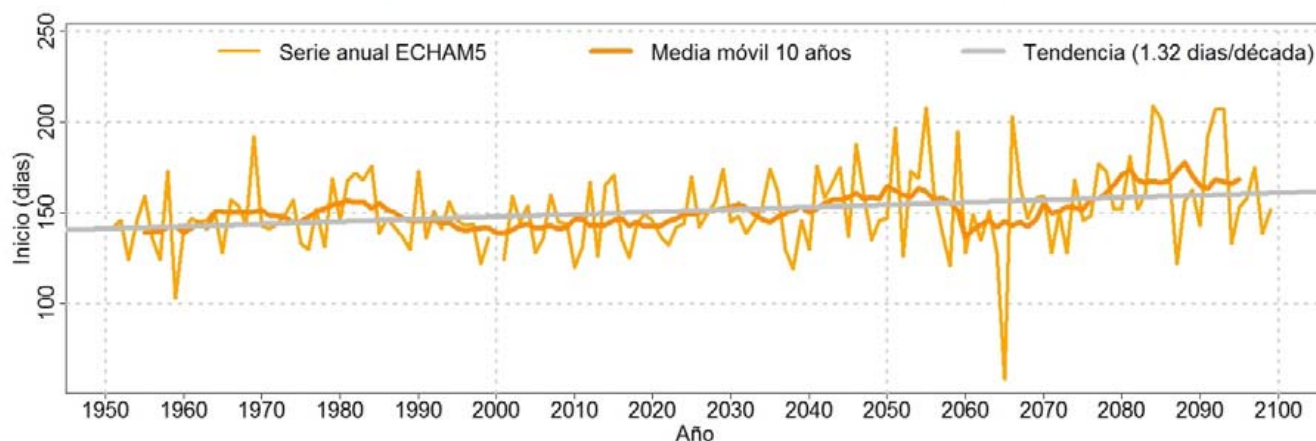


Media de las temperaturas máximas, y máxima absoluta, de la época de lluvias de primera. Variaciones de los indicadores para las comunidades de Susulí y El Zarzal (San Dionisio). (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).

En resumen, para las comunidades de Susulí y El Zarzal (San Dionisio), según la simulación del ECHAM5 escenario A1B, se puede esperar que a medida que avance el siglo, el periodo de lluvias de primera se vaya retrasando, se vaya reduciendo en extensión, y traiga asociadas precipitaciones acumuladas bastante menores, así como temperaturas sensiblemente mayores. Se trata por tanto de cambios en el clima bastante relevantes, cuya interpretación desde un punto de vista agronómico se facilita al estar expresados los cambios a través de estos indicadores.

En el caso del Municipio de Ciudad Darío, se han realizado análisis similares, de los que se muestra sólo el cambio en el inicio del invierno, cambio que es mucho más relevante que en San Dionisio, tal y como se refleja en el gráfico 25. Así, en el caso de Dulce Nombre de Jesús, se prevé un retraso en el inicio de las lluvias de unos 20 días (a un ritmo de $1,32$ días por década), además de incrementar la variabilidad (es decir, parece que habrá mayor incertidumbre sobre este inicio, con años en los que el invierno empiece bastante más tarde de lo habitual).

Gráfico 25. Inicio de la época de lluvias de primera (estación 69060)



Inicio de las lluvias de primera en la comunidad de Dulce Nombre de Jesús. En ordenadas días desde 1 de enero (150 días = 30 mayo). (ECHAM5: salida de control o 20C3M para 1951-1999, y escenario de emisiones A1B para 2000-2099)-

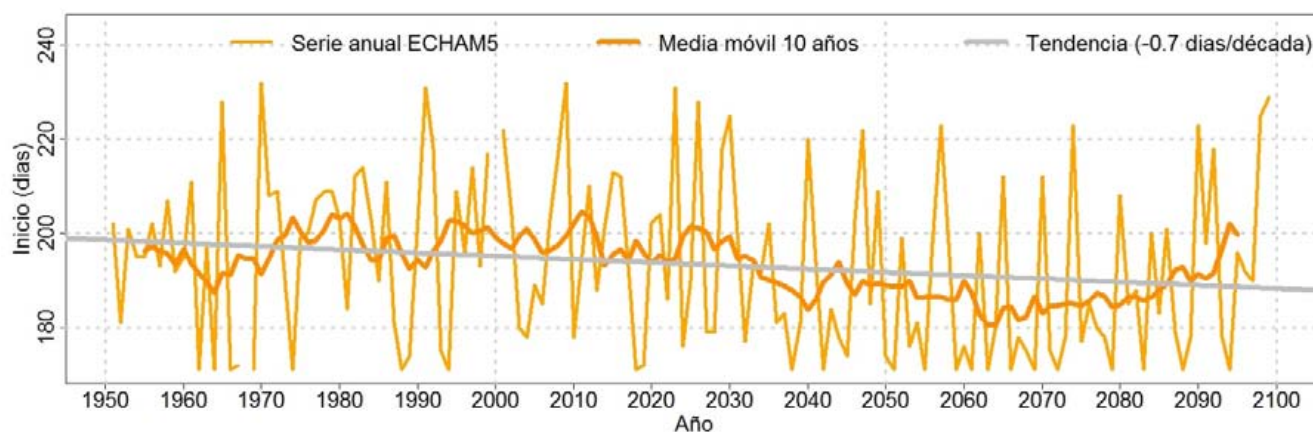
Esta mayor incertidumbre puede tener un gran impacto en la pérdida de cosechas. En el pasado cuando las lluvias llegaban en cierta fecha más (o menos) unos pocos días de retraso (o de adelanto), un/a agricultor/a podía decidir sembrar 15 días antes de esa fecha, y salvo en situaciones excepcionales, las lluvias llegaban a tiempo para salvar la siembra. Pero si la variabilidad aumenta como indican las simulaciones, en el futuro será frecuente que las lluvias se retrasen tanto con respecto a la fecha promedio, que las siembras se pierdan con mucha mayor frecuencia.

Canícula

Tal y como se refleja en la evolución del indicador en el gráfico 26, la aplicación de los escenarios

(ECHAM5 A1B) indica un significativo adelanto de la canícula y también un incremento de la variabilidad interanual del comienzo de este periodo de menor lluvia en las comunidades de San Dionisio. La estimación indica que si actualmente el comienzo de la canícula es el 15 de julio, a mediados de siglo la canícula podría iniciarse unos 10 días antes, y cada vez con una mayor incertidumbre (en unos años el inicio de la canícula tiende a adelantarse más mientras en otros se atrasa más). El adelanto de la canícula puede deducirse también analizando los indicadores del periodo de lluvias de primera que se han mostrado antes, ya que, aunque el inicio de este periodo de lluvias se retrasa un poco, su extensión se va reduciendo a mayor velocidad.

Gráfico 26. Inicio de la canícula (estación 55016)



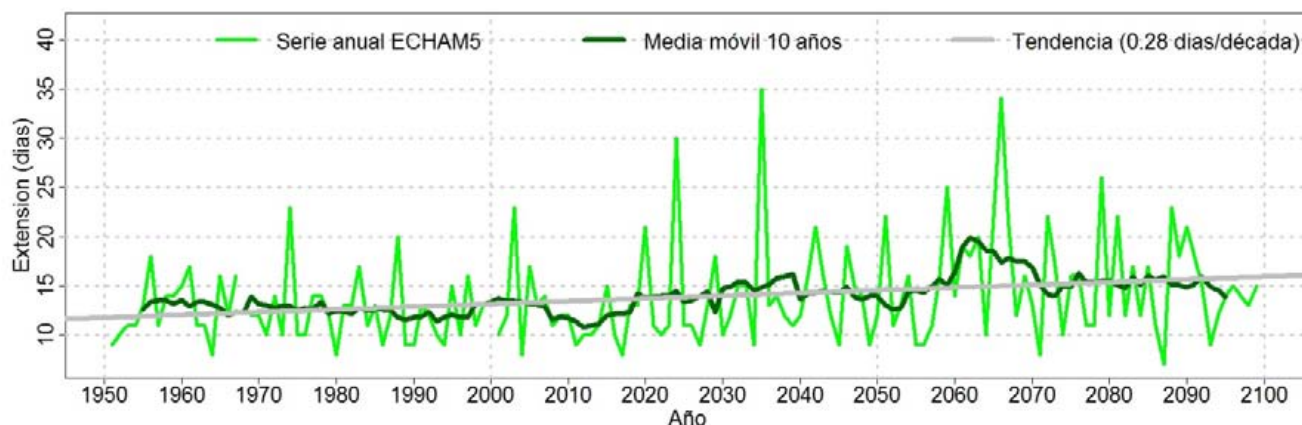
Inicio de la canícula para las comunidades de Susulí y El Zarzal (San Dionisio). En ordenadas días desde 1 de enero (200 días = 17 julio) (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).

En estas comunidades de San Dionisio, la canícula, además de adelantarse, va creciendo en extensión a medida que avanza el siglo, como puede verse en el gráfico 27. Y seguramente más importante que el incremento en la extensión de la canícula sea el aumento de su variabilidad, de forma que, por ejemplo, si la frecuencia de años con más de 20 días de canícula ha sido en el pasado muy baja, en el

futuro esa frecuencia sería considerablemente mayor.

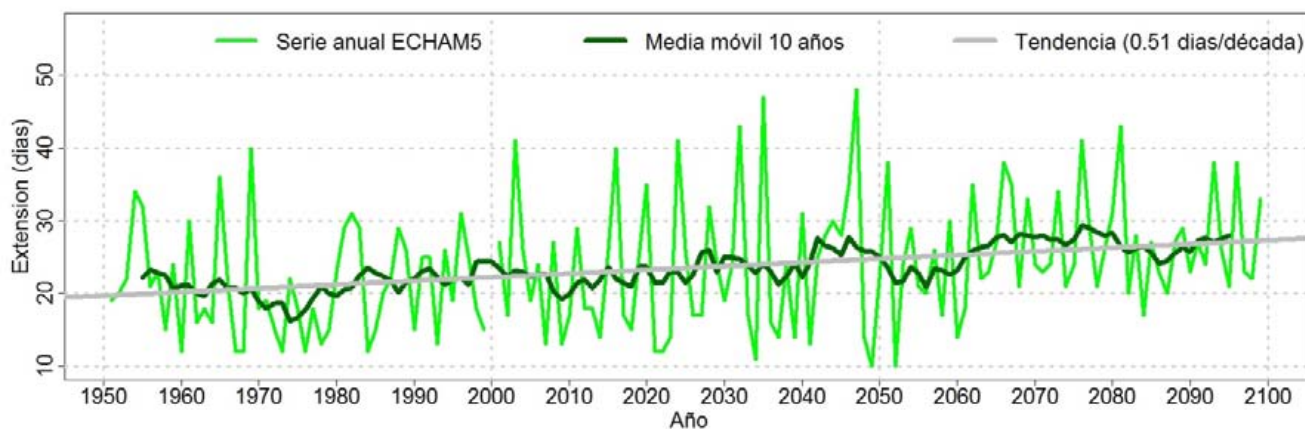
El gráfico 28 correspondiente a las comunidades de Ciudad Darío muestra una situación similar, aunque con un incremento de la extensión de la canícula algo más pronunciado.

Gráfico 27. Extensión de la canícula (estación 55016)



Extensión de la canícula para las comunidades de Susulí y El Zarzal (San Dionisio). (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).

Gráfico 28. Extensión de la canícula (estación 55011)



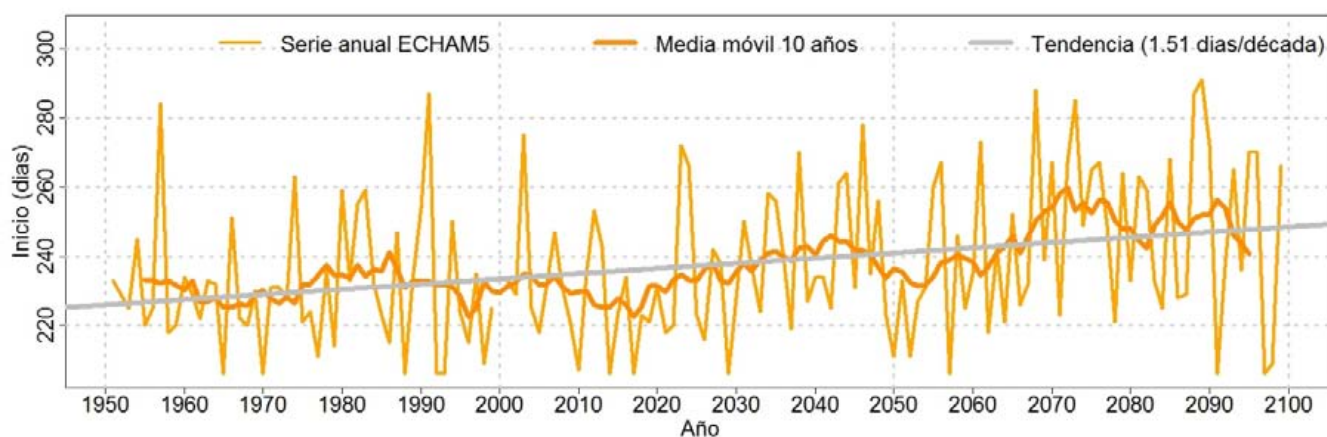
Extensión de la canícula para la comunidad de Potrerillos (Ciudad Darío). (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).

En definitiva, para las comunidades de San Dionisio y Ciudad Darío estas proyecciones son preocupantes desde el punto de vista de la viabilidad de las cosechas de primera, claves para la seguridad alimentaria. Sin lugar a dudas, si los escenarios nos indican que la tendencia del inicio del invierno es retrasarse y que las probabilidades de adelanto de la canícula son muy elevadas, ello implica que el período de lluvia se acorta en invierno y las consecuencias serán la de la pérdida cada vez más acentuada de las cosechas de primera y la de la incertidumbre cada vez mayor para la planificación de las siembras de primera (sorgo y maíz fundamentalmente).

Periodo de lluvias de postrera

Con relación al inicio de las lluvias de postrera, la aplicación de los escenarios de precipitación al indicador muestran escasas variaciones en el caso de las comunidades de San Dionisio. Sin embargo, como se ve en el gráfico 29, la estación 55011, asociada a Potrerillos (Ciudad Darío), sí muestra un retraso en la reaparición de las lluvias, a medida que avanza el siglo. De presentarse esta situación, un retraso en la reanudación de las lluvias tendría repercusiones directas en la planificación de las

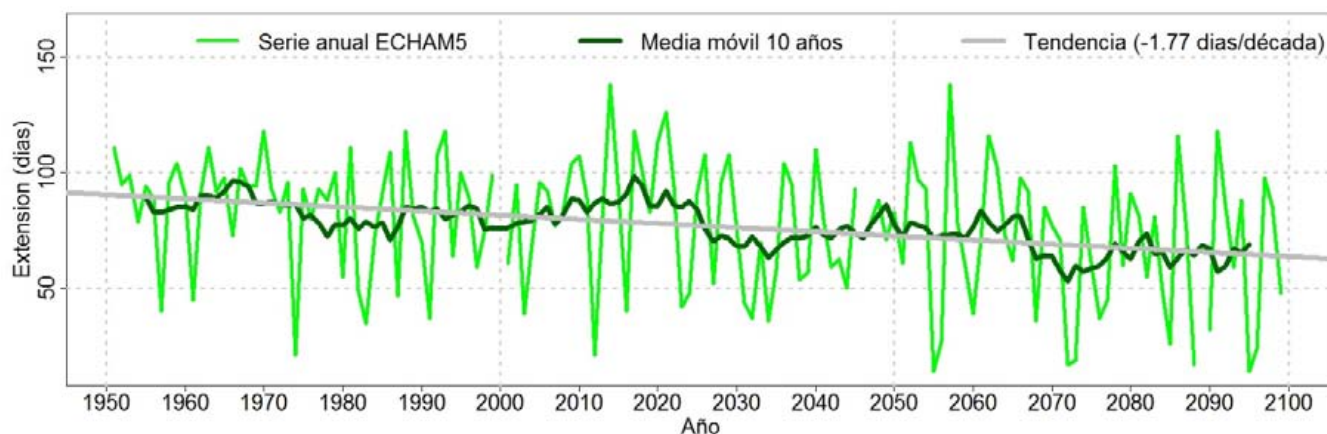
Gráfico 29. Inicio del período lluvioso de postrera (estación 55011)



Inicio de las lluvias de postrera para la comunidad de Potrerillos. En ordenadas días desde 1 de enero (220 días = 8 agosto). (ECHAM5: salida de control o 20C3M para 1951-1999, y escenario de emisiones A1B para 2000-2099).

El gráfico 30 muestra la evolución de la extensión del periodo de lluvias de postrera en la misma comunidad de Potrerillos. Como puede verse, esa extensión se reduce muy considerablemente, a un ritmo de casi 2 días por década.

Gráfico 30. Extensión del período lluvioso de postrera (estación 55011)

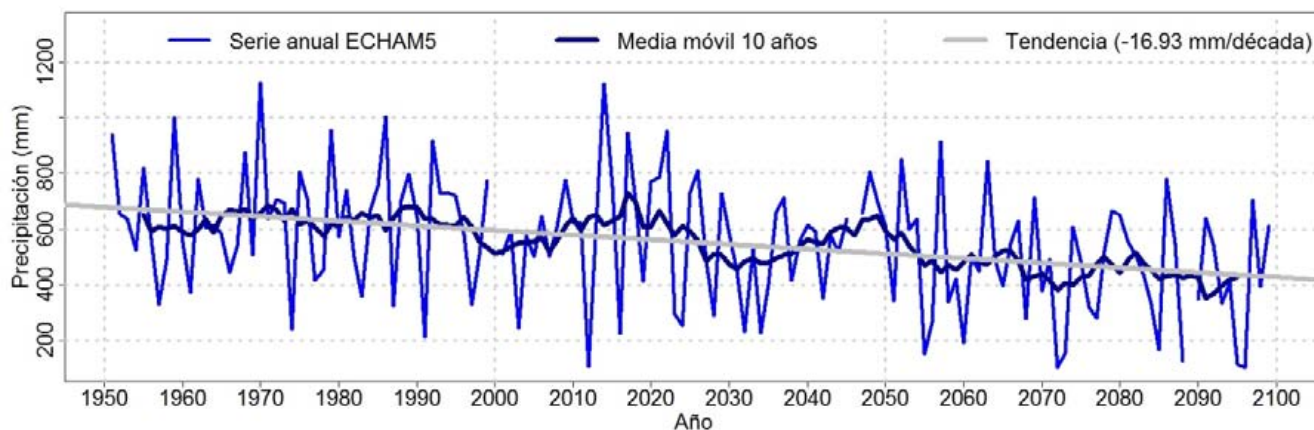


Extensión del periodo lluvioso de postrera para la comunidad de Potrerillos. (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).

Y el gráfico 31 muestra la evolución de la precipitación acumulada en el periodo lluvioso de postrera, en la misma comunidad de Potrerillos. Como sucedía para primera, se espera una notable disminución de la precipitación acumulada en este periodo de cultivo, que puede poner en riesgo también las cosechas de postrera.

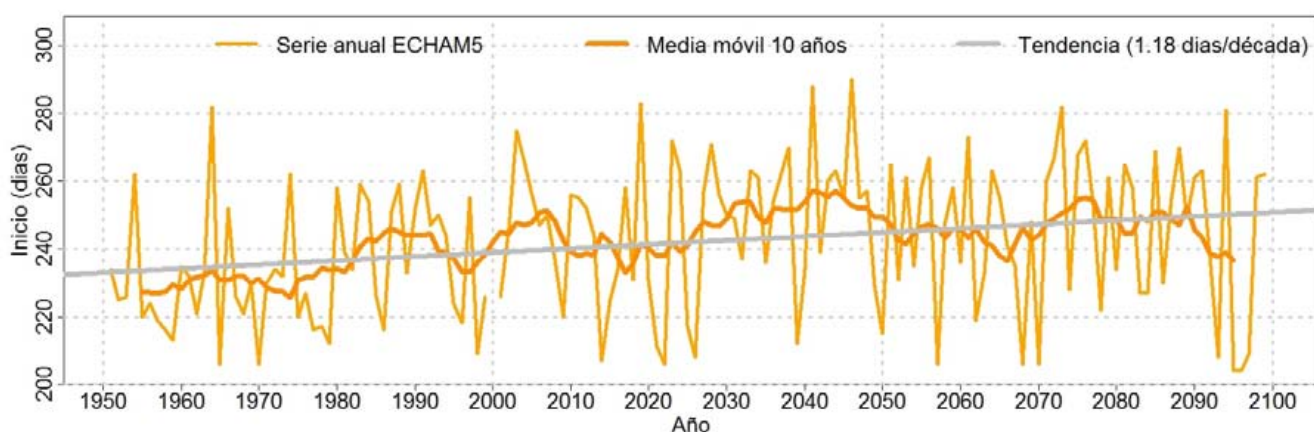
También en el caso de la comunidad de Dulce Nombre de Jesús en Ciudad Darío se observan importantes retrasos en la reanudación de las lluvias tras la canícula, como lo muestra el gráfico 32.

Gráfica 31. Precipitación acumulada en el período de postrera (estación 55011)



Precipitación acumulada en el periodo lluvioso de postrera para la comunidad de Potrerillos. (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).

Gráfico 32. Inicio del período lluvioso de postrera (estación 69060)



Reanudación de las lluvias de invierno para la comunidad de Dulce Nombre de Jesús. En ordenadas días desde 1 de enero (230 días = 18 agosto). (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).

En ambos territorios (San Dionisio y Ciudad Darío), el fin del invierno ó período lluvioso se mantiene durante el mes de noviembre, sin grandes variaciones, lo que es coherente con el retraso de la reanudación de las lluvias junto a la disminución de la extensión del periodo húmedo de postrera, que se han analizado anteriormente.

El análisis de los resultados de la aplicación de los escenarios de precipitación a estos indicadores puede concluir en que en las áreas seleccionadas los periodos de lluvia tienden a acortarse, fundamentalmente en el periodo de primera, en el que la tendencia es a que cada vez se retrase más la entrada del invierno y adelante el inicio de la canícula. El período de primera parece ser el que tiene un futuro más incierto en cuanto al régimen de precipitación, con cada vez mayores incertidumbres en el inicio y fin del régimen de lluvias y en la disponibilidad de un periodo de humedad en el

suelo lo suficiente amplio para permitir todo un ciclo de cultivo. Por lo tanto, hacia este periodo es hacia el que se deberá priorizar la definición de estrategias de adaptación.

RAAN:

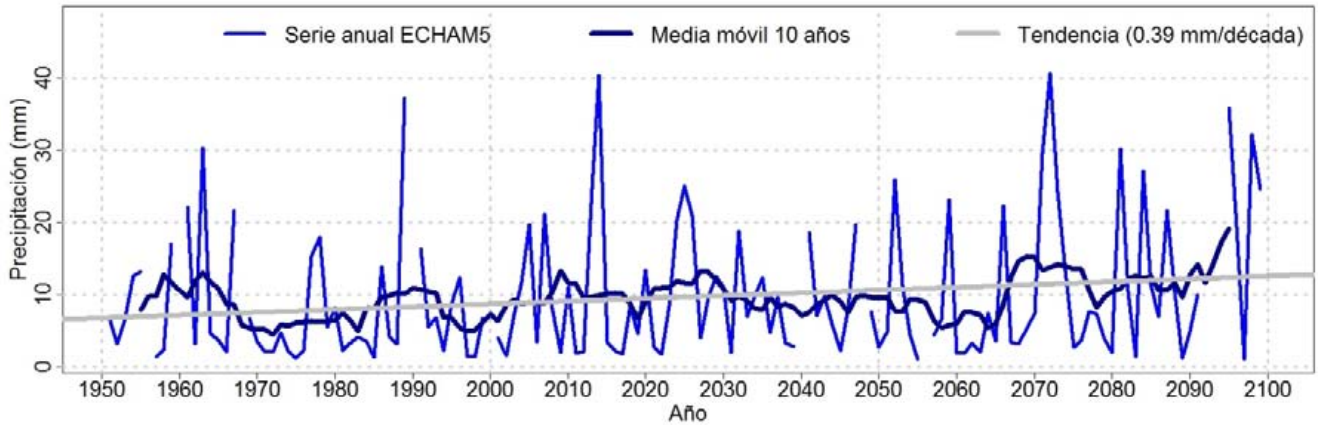
Dadas las características de los sistemas de producción y del régimen de clima de la RAAN, en lugar de realizar los cálculos con los indicadores establecidos para el trópico seco, se definieron indicadores relacionados a la identificación del período menos húmedo (febrero-abril), clave para evitar pérdidas de cultivo por falta de periodos suficientemente secos que aseguran procesos de maduración adecuados y eviten pérdidas post-cosecha.

Así, se han definido indicadores sobre el inicio y la extensión de ese periodo menos húmedo, cuyo

análisis no ofrece cambios significativos. Sin embargo, si pueden observarse algunos cambios en el sub-indicador de la precipitación acumulada en ese periodo, como se refleja en el gráfico 33. Los

aumentos en la precipitación acumulada en ese periodo menos seco advierten del aumento del riesgo de pérdidas de cosechas por insuficiente secado del grano.

Gráfico 33. Precipitación acumulada en el período menos húmedo (febrero -abril, estación 49003)



Precipitación acumulada en el periodo menos húmedo (febrero-abril) en la RAAN, para la comunidad de Trusku-Tara. En ordenadas días desde 1 de enero (230 días = 18 agosto). (ECHAM5: 20C3M para 1951-1999, A1B para 2000-2099).



►►► Estrategias de adaptación al cambio climático de las comunidades rurales

Los análisis realizados con las comunidades motivaron tanto la reflexión sobre las estrategias históricamente implementadas en situaciones extremas, como el debate y análisis sobre cómo adaptarse a las situaciones climáticas proyectadas por los escenarios del clima futuro que les fueron presentados.

En general, aún es necesario un importante esfuerzo de adaptación no sólo frente a los efectos del cambio climático a medio y largo plazo, sino también a las consecuencias de los fenómenos climáticos que actualmente enfrentan. Los productores y productoras de las comunidades seleccionadas plantearon en las reuniones mantenidas sus dificultades para adaptarse, enfrentándose en los últimos años a continuas pérdidas y reducción en los niveles de producción. Algunos productores plantean que sus estrategias de adaptación han llegado a consistir en “*saber sobrevivir de cualquier manera*”, como manifestaba una productora de Dulce Nombre de Jesús: “*Nos hemos alimentado con Juanpera¹² en los momentos difíciles*”.

En décadas anteriores podían planificar sus siembras tanto que en las comunidades de Ciudad Darío era muy común la estrategia de “sembrar en seco”, es decir unos 15 días antes de que inicien las lluvias. No sólo planificaban la producción sino también el destino y los beneficios de la misma, por lo que su acceso al crédito y a la inversión era más seguro: “*Desde antes de sembrar sabíamos la cantidad aproximada de producción, entonces, podíamos saber la cantidad de excedente para la comercialización y cuanto de la producción íbamos a vender, por lo tanto, si trabajábamos con prestamos teníamos una idea de cuánto pedir prestado (Productor de la comunidad de Dulce Nombre de*



Jesús)”. La variabilidad climática de los últimos años no sólo ha incrementado la incertidumbre en el momento de planificar las siembras, sino que ha provocado pérdidas considerables en las cosechas, principalmente de granos básicos (maíz y frijol).

Estrategias de adaptación en Matagalpa

En las comunidades de este Departamento la producción de granos básicos es uno de los medios de vida más arraigado en las familias rurales. En este sentido, las estrategias priorizadas por los participantes en el análisis de los escenarios estuvieron centradas en proponer cambios en las fechas de siembra, el uso de variedades más precoces y las modificaciones en el manejo de los cultivos con la introducción de la agroecología. En todo caso, las propuestas se plantearon en torno a los medios de vida que históricamente han venido siendo la base de su subsistencia.

Al analizar integralmente los indicadores en las comunidades, se confirmó que el ciclo de primera

¹² Juanpera: Fruta que se desarrolla en plantas tipo enredadera que parasitan algunos árboles y se consume asado o cocido en tiempos de crisis alimentaria.

tiende a disminuir, no solo la duración del período de lluvias durante esta época, sino, en la cantidad de precipitación.

En San Dionisio, una estrategia de adaptación ante la mayor incertidumbre sobre el inicio de las lluvias de primera ha sido la desaparición de la práctica de “sembrar en seco”, aunque desde tiempos remotos esta práctica permitía obtener cosechas antes que en otras zonas, beneficiándose de mayores precios en el mercado. En muy pocos

casos se sugirieron cambios sustanciales, como la agroforestería o una mayor diversificación de fincas, que se concretan en resultados concretos en proyectos muy puntuales. En el cuadro 5 se resumen algunas de las estrategias, tal y como fueron expresadas por los pobladores de las comunidades de Susulí y el Zarzal, ante el comportamiento del clima futuro, específicamente de los resultados relacionados con los cambios previstos en las lluvias de primera.

Cuadro 5. Estrategias de adaptación frente a la incertidumbre del inicio de lluvias de primera

Indicador	Comunidad de Susulí	Comunidad El Zarzal
Inicio del invierno	Cuando la entrada del invierno es tardía se pueden utilizar semillas de ciclo corto como el INTA rojo y el NIC en fríjol, y Nb6 en maíz.	Utilizar semillas de ciclo corto en fríjol. Para que no afecte la entrada tardía del invierno.
	Sembrar árboles frutales de mango, aguacate, cítricos, papaya, como alternativa de la variabilidad en la entrada de los inviernos.	Cuidar la regeneración natural de las fuentes de agua.
	Cambiar a otros rubros de ciclos más cortos cuando los inviernos entren tarde, como pipián y pepino.	Sembrar otros tipos de cultivos de ciclos cortos o resistentes a la sequía cuando el invierno sea corto, como pepino, cebolla, pitahaya, sorgo.
	Diversificar la producción con otros rubros como, yuca, malanga, quequisque, tomate, chiltoma.	Cuando el invierno entre temprano utilizar semillas de maíz y fríjol que sean resistentes a la humedad y los hongos.
	Potenciar y fortalecer la actividad ganadera tanto mayor como menor.	Implementar sistemas de riego cuando el invierno entre tarde. Trabajar en sociedad para la obtención de sistemas de riego cuando se presenten sequías.
	De no ser rentable la agricultura, cambiar de actividad económica a comercio y/o transformación.	Emigrar a otras zonas del país a buscar trabajo.
		Capacitar a personas para que se desempeñen en trabajos de artesanías.

Una de las estrategias más debatidas fue la reducción a una sola siembra de granos básicos para el futuro, lo que puede tener implicaciones de diversa índole. Por ejemplo, aunque en las comunidades se cuenta con conocimientos para el manejo post-cosecha y almacenamiento del maíz por un largo período, el frijol es más complicado

para lograr un mantenimiento en condiciones. Así mismo, el frijol representa el rubro central para la comercialización, por lo que la reducción en rendimientos y cantidad de producción implicaría tener que buscar un nuevo rubro para mantener la capacidad adquisitiva y adquirir otros alimentos no producidos en la zona. A partir de este análisis se

plantearon estrategias de capacitación, de diversificación y la necesidad de identificación de nuevos rubros con oportunidades de negocio.

Para el caso de productores en situación menos vulnerable, como aquellos que cuentan con acceso a riego, y por lo tanto pueden cultivar en diferentes momentos del año, sus estrategias están enfocadas a la conservación de suelos y fuentes de agua. En este sentido se propusieron estrategias comunitarias, como los pozos comunitarios para el riego de pequeñas parcelas y el manejo adecuado de las cuencas.

Aunque son aún escasos los productores que se han aventurado a diversificar su producción, algunas organizaciones están promoviendo como estrategia de minimización de riesgos la diversificación de fincas con rubros como musáceas (plátano y guineo), verduras, legumbres, y otros que se puedan producir en zonas específicas (como la soya en Dulce Nombre de Jesús, la chíá y la linaza en Potrerillo, y el café y hortalizas en San Dionisio). Sin embargo, debido a la necesidad de una mayor inversión en los sistemas de producción hortícolas y a la escasa experiencia en el mercado, estos productos tienen por el momento como principal destino el consumo familiar.

Existen otras iniciativas de diversificación, como la introducción de la apicultura y especies menores (cabras y ovejas) promovida por la UCA en Ciudad Darío o la promoción de sistemas agroforestales y forestales con potencial de mercado, llevada a cabo por la UCOSD en San Dionisio. En algunas zonas, como en la comunidad de El Zarzal, la falta de acceso a la tierra dificulta enormemente estas estrategias de diversificación.

En situaciones extremas, las comunidades han puesto en marcha diversas estrategias de supervivencia. Las personas mayores de la comunidad de Dulce Nombre de Jesús recuerdan que en las peores sequías de los años 40 y 60, al no poder cultivar, tuvieron que sobrevivir alimentándose de raíces y frutos de árboles autóctonos que ya no existen, mientras un familiar viajaba varios días en busca de alimentos. Estas estrategias relacionadas a cambios temporales de la dieta y reducción de la cantidad de alimentos y del número de comidas (de 3 a 2 e incluso a 1), son las más comunes en tiempos de crisis.

Desde que existen vías de acceso a las comu-

nidades y los territorios están más poblados, los efectos de las crisis no son tan severos, pues es más fácil acceder a los alimentos a través de la migración temporal a visitar familiares donde la crisis ha afectado menos. No obstante, tras el paso del huracán Mitch, se pusieron en marcha diferentes estrategias de supervivencia: algunos se endeudaron con las “pulperías” (pequeños comercios de la comunidad), otros recibieron alimentos del Programa Mundial de Alimentos (PMA) bajo la modalidad de alimentos por trabajo mientras muchos lograron sobrevivir gracias a las remesas, uno de los medios de vida más importantes para muchos hogares.

Otra estrategia que en los últimos años se ha incorporado ha sido la migración temporal y semi-permanente. Esta estrategia se da principalmente cuando termina el período de postera y no se logra cosechar lo esperado o se pierde por completo la cosecha. Es entonces cuando se produce la migración, generalmente fuera del país, para obtener los ingresos necesarios para la compra de semillas para la siguiente siembra de primera, además de cubrir otras necesidades. Un buen número de familias optan por emigrar al trópico húmedo o “a la montaña” para la siembra de apante como alternativa a la pérdida de cosecha durante el período de postera.

A nivel comunitario, donde los lazos de parentesco y amistad son muy estrechos, es común recurrir a la práctica de trueque o intercambio de alimentos entre las familias, como estrategia para superar ciertos periodos de crisis.

Existen también estrategias a corto plazo para la conservación de suelos y aguas - tales como la



siembra de leguminosas, reforestación, la regeneración natural, la no quema de rastrojo; dichas estrategias se han venido implementando con apoyo de organismos que ejecutan proyectos productivos y ambientales, en las comunidades de acción del proyecto, con el fin de disminuir, a medio y largo plazo, los efectos negativos derivados del mal manejo de las cuencas hidrográficas.

Finalmente, las familias manifestaron la necesidad de contar con mayores apoyos de diferentes organismos, gobierno municipal y universidades para poner en marcha nuevas acciones para la adaptación al cambio climático. La investigación y capacitación sobre diversos temas relacionados con la agricultura (análisis de suelos, variedades de semilla...) permitiría una mejora sustancial en sus medios de vida. También señalaron la importancia de fomentar una mayor organización a nivel comunitario para hacer cumplir sus derechos según la Ley 693 Ley de Soberanía, Seguridad Alimentaria y Nutricional.

Estrategias de adaptación en la RAAN

Las inundaciones en áreas de la RAAN han dado lugar a continuos procesos de adaptación, incluso relacionados con la reubicación de comunidades. Este es el caso de la comunidad de Kukunwatla, que es un sector comunitario de Trusku Tara trasladado a una zona más elevada como consecuencia de las inundaciones.

En las comunidades seleccionadas de la RAAN, los cambios originados por las variaciones climáticas en los sistemas productivos han obligado a las poblaciones a realizar sus propias adaptaciones, fundamentadas en experiencias anteriores y conocimientos tradicionales. Entre ellas, el retraso

en el inicio de las siembras y labores de preparación agrícola, la utilización de nuevas variedades de semillas y material vegetativo con ciclos de vida más cortos, y la adopción de economías de traspatio que permite un mayor control de las especies o el cultivo de hortalizas y cucurbitáceas. Estas últimas complementan la dieta alimenticia de las familias y generan ingreso mediante la comercialización en las propias comunidades.

A pesar de ello, en las reuniones mantenidas a nivel comunitario, los participantes plantearon que *“año con año tenemos menos rendimiento y los cultivos demandan más atención para poder producir algo”*. Estas expresiones ponen de manifiesto la necesidad de identificar e implementar nuevas estrategias para la adaptación como respuesta a los eventos climáticos previstos.

En el cuadro 6 se sintetizan algunas de las preocupaciones planteadas en las comunidades de la RAAN en relación a los efectos de los escenarios de cambio climático presentados y discutidos con estas poblaciones.

Por último, señalar que dentro de las dos comunidades de la RAAN se aprecian diferencias significativas marcadas básicamente en las formas y estrategias que se utilizan para el desarrollo de los sistemas productivos: el enfoque de Sahsa está más orientado hacia la comercialización y generación de capital, mientras que en Tuskru Tara predomina el consumo familiar. En el primer caso, la agricultura es diversificada y permite mejores elementos y criterios de adaptación ante eventualidades. En el segundo caso, el ejercicio de monocultivos no permite opciones alimentarias con repercusiones más severas.

Cuadro 6. Análisis de la incidencia del clima y posibles estrategias de adaptación en las comunidades de Sahsa y Tuskru Tara

Rubro	Efectos del clima futuro (qué puede pasar)	Posibles estrategias de adaptación
Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> ● Menor capacidad de planificar con certeza el ciclo productivo (incertidumbre sobre la época de siembra, desconocimiento sobre cuándo iniciará y finalizará el verano e invierno) ● Pérdida de siembras y cosechas ● Menor rendimiento por área utilizada ● Mayor incidencia de plagas y enfermedades ● Degradación paulatina de los suelos ● Escasez de recursos hídricos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Nuevas técnicas y tecnologías de producción ● Variaciones de las fechas de producción, ● Consolidación y diversificación de economías de patio (según áreas disponibles) ● Incorporación de fertilizante a los suelos ● Ordenamiento de las áreas disponibles según potencialidades ● Recuperación de semillas autóctonas
Forestal	<ul style="list-style-type: none"> ● Menos cobertura y área boscosa ● Pérdida de especies nativas y autóctonas ● Escasez de agua – ríos secos ● Aumento de la temperatura ● Pérdida de animales silvestres (que complementan la dieta) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Establecimiento de medidas – normas de protección y control del territorio (indígena – no indígena) ● Establecimiento de viveros y estrategias de repoblación arbórea con especies de rápido crecimiento y de uso múltiple ● Gestión/consolidación institucional y formación de recursos humanos ● Inversión, estrategias de control de incendios y sanciones que existían
Pecuario	<ul style="list-style-type: none"> ● Animales desnutridos por falta de alimento (pastos) y agua ● Extensión de patrones de reproducción y crecimiento de los animales ● Aumento de las áreas de pastizales 	<ul style="list-style-type: none"> ● Paso de la ganadería extensiva a una intensiva de bajo impacto y amigable con la naturaleza ● Normas para la protección del cambio del uso de los suelos ● Ordenamiento del territorio para determinar aprovechamiento sostenible





Conclusiones y recomendaciones

En este acápite se muestran las conclusiones y orientaciones más relevantes basadas en los conocimientos generados y la experiencia adquirida a lo largo de la ejecución de este proyecto.

CONCLUSIONES

Escenarios científicamente contrastados y capacidades para generarlos en Nicaragua

- Más allá de los resultados inicialmente previstos con este proyecto, el interés despertado en las instituciones nacionales nicaragüenses ha permitido generar escenarios de cambio climático a nivel local para todas las estaciones de Nicaragua de las que se dispone de suficiente información: 17 de temperatura y 197 de precipitación. Junto con el INETER se han generado escenarios para todo el país utilizando los modelos BCM2 (Noruego), CNCM3 (Francés) y ECHAM5 (Alemán) y para los escenarios A2, B1 y A1B.

- La metodología utilizada para la generación de escenarios y su regionalización se ha logrado adaptar a las condiciones climatológicas de Nicaragua y Centroamérica con excelentes resultados, incluso mejores que los alcanzados en Europa.

- Se han formado 3 profesionales nicaragüenses en la metodología para la generación de escenarios de clima futuro.

Una metodología que vincula la ciencia del clima con la práctica del desarrollo

- La metodología utilizada es innovadora, vinculando la información científica del clima y las acciones de desarrollo, traduciendo los resultados



científicos en un lenguaje accesible con participación activa de las poblaciones afectadas. La definición y verificación de una serie de indicadores ha permitido ligar los escenarios de clima futuro y los medios de vida de las poblaciones rurales, ofreciendo condiciones adecuadas para un análisis participativo sobre cómo afectara el clima a los medios de vida más relacionados con la seguridad alimentaria.

Un diálogo activo con las comunidades rurales sobre sus percepciones y los efectos del cambio climático en sus medios de vida

- Las observaciones de los datos de temperatura y precipitación disponibles para los últimos 60 años confirmaron las percepciones encontradas a nivel de las comunidades en el sentido de que: la temperatura aumenta y la precipitación disminuye y es cada vez más incierta.

- El estudio sobre los medios de vida confirmó que los principales medios de vida de estas comunidades continúan basados en los sistemas de

producción agropecuaria, predominando los granos básicos (maíz, frijol y arroz), hacia los que existe un gran arraigo cultural. También planteó la situación de incertidumbre en relación a la situación del clima a futuro y en la definición de estrategias para adaptarse a estos cambios.

Una serie de impactos a medio y largo plazo del clima sobre los medios de vida y la seguridad alimentaria

- Una cada vez mayor variabilidad en las temperaturas y precipitación.
- Un incremento de hasta dos grados de temperatura entre las medias obtenidas en la segunda mitad del siglo XX y el escenario previsto para mediados del siglo XXI.
- Una disminución en la precipitación anual acumulada. Esta reducción de lluvia será más pronunciada en el trópico seco y se dará en mayor medida en el periodo de lluvias de Primera, en los meses de junio a septiembre. También se prevé una mayor frecuencia de años con mayor intensidad de las precipitaciones.
- Una cada vez mayor frecuencia de años con importantes retrasos en la entrada del invierno en la zona del trópico seco,
- El adelanto e incremento de la extensión de la canícula en la zona del trópico seco. La época de siembra de primera será la más afectada.
- Una reducción considerable de la precipitación en las épocas de primera y postrera, y un aumento de la temperatura que incrementará sustancialmente la evapotranspiración de las plantas, producirán conjuntamente un mayor déficit hídrico en los cultivos.

La definición de estrategias de adaptación por parte de las comunidades rurales

- Las poblaciones optan por estrategias de adaptación poco arriesgadas, manteniendo los medios de vida actuales, demostrando así el arraigo a sus tradicionales sistemas de producción.
- Es alentador que algunos productores proponen

la diversificación, la necesidad de experimentación participativa con “nuevos” rubros y la utilización de variedades de ciclo más corto como posibles estrategias de adaptación al cambio climático futuro.

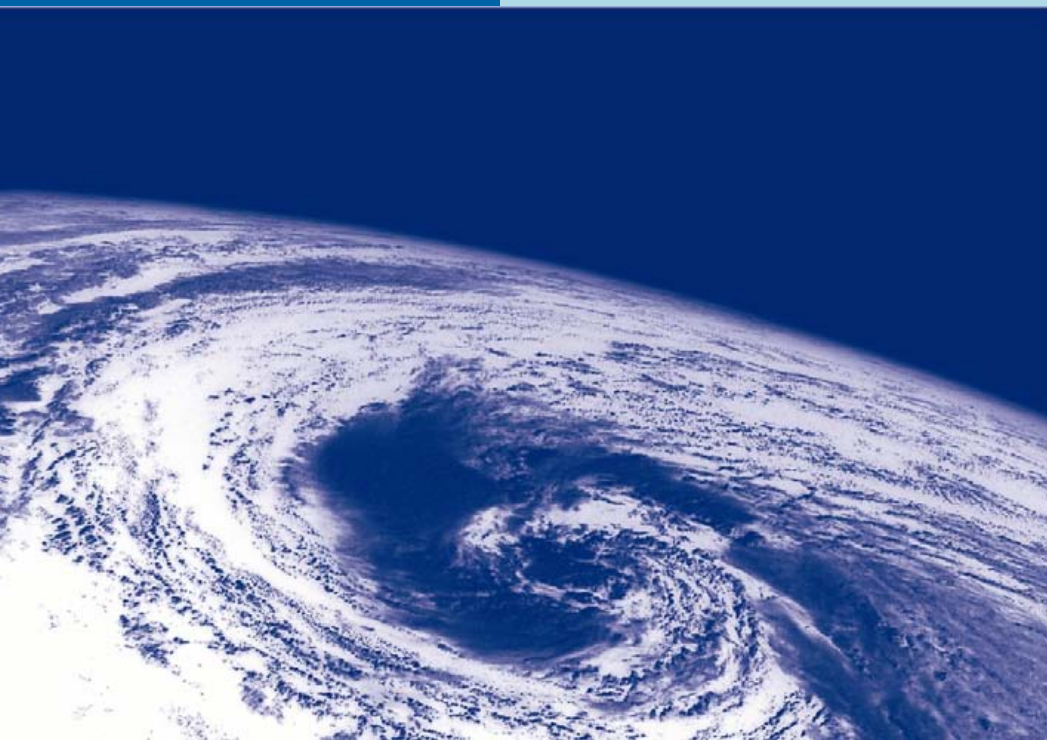
- Las propias comunidades ponen de manifiesto la necesidad de contar con mayores apoyos para afrontar la adaptación al cambio climático, y de fomentar el fortalecimiento de capacidades y la investigación en la materia.

RECOMENDACIONES

- Promover la utilización de los escenarios de cambio climático generados con el proyecto y su aplicación en otras iniciativas de desarrollo en diferentes áreas del país, así como en las instituciones responsables de las actuaciones para la adaptación al cambio climático en el ámbito agrícola, forestal, hidrológico, ambiental y energético en el país.
- Utilizar la información generada por el proyecto como referencia para acciones futuras tanto en los territorios objeto del estudio como en el nivel nacional.
- Promover procesos de formación aplicada dirigida a profesionales y técnicos en el nivel local y nacional, tanto en la generación de escenarios a nivel local como para su utilización en la definición de estrategias de adaptación. Es de suma importancia continuar desarrollando técnicas y metodologías que contribuyan a la aplicación efectiva de los datos y resultados obtenidos con este proyecto, así como fortalecer las capacidades de los técnicos (de las administraciones, universidades, ONGs, etc.) para la aplicación de dichas herramientas.
- Continuar colaborando con las mismas comunidades validando las estrategias definidas durante este proyecto y definiendo nuevas estrategias de adaptación. Se considera importante, replicar este proceso en otras comunidades.
- Una línea de investigación a futuro debería ser el análisis y experimentación de sistemas de producción con mayor capacidad de adaptación para las condiciones de clima en el futuro.

- Ampliar el proceso metodológico utilizando modelos de balance hídrico e investigación agronómica que puedan ser alimentados con los escenarios climáticos, manteniendo el mismo nivel de articulación entre los intereses de las comunidades rurales y los resultados obtenidos por los científicos del clima.
- Proponer un mayor desarrollo y difusión de sistemas de producción con enfoque de conservación, donde los principios de cobertura permanente del suelo, laboreo mínimo del suelo y

rotación de cultivos son determinantes para mejorar la resiliencia ante los cambios en el clima. Se considera también de interés explorar la aplicación de técnicas de manejo de cultivos mejor adaptadas a las condiciones del clima futuro, en este sentido pueden considerarse las experiencias de sistemas agroforestales como estrategia de diversificación para la minimización de riesgos, o el sistema de intensificación de cultivo de arroz en seco; ambos implementados con los elementos necesarios a nivel técnico permiten conservar los recursos naturales e incrementar y sostener la producción.



De manera general, este proyecto ha logrado incorporar enfoques innovadores para la definición de estrategias locales de adaptación al cambio climático, contribuyendo a reducir la brecha existente entre la generación de información científica del clima y su aplicación por los profesionales del desarrollo para enfrentar la inseguridad alimentaria de las comunidades del medio rural nicaragüense.

Financiado por:



Colaboración de:

