



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
PROGRAMA INSTITUCIONAL CENTRO DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA
DE NICARAGUA

INFORME DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
ESPECIALISTA EN METEOROLOGÍA

**Consecuencias agroambientales y socioeconómicas de El Niño muy fuerte y
alternativas de adaptación y mitigación de familias agricultoras de maíz (*Zea mays*
L.) de secano en Ciudad Darío**

Autores:

William Antonio Barrios Bell
Carola de Jesús Rodríguez Espinoza
Janieska María Vega Ruíz

Tutor:

Dr. Agr. Dennis José Salazar Centeno

Managua, marzo del 2022

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios por darme la oportunidad de cumplir con éxito mis estudios, darme la fuerza para superar los retos, la sabiduría para seguir adelante, gracias a Dios por siempre estar conmigo y darme la oportunidad de ampliar mis conocimientos para mejorar mi desempeño laboral.

A mi madre, abuelos, tías, prima y a mi novia, que han estado apoyándome en momentos de adversidad, brindándome su apoyo, confianza y sobre todo su amor, dándome la motivación para continuar y poder cumplir con mis metas.

William Barrios

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por darme fuerza y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres, Adriel Rodríguez y Lesbia Espinoza, por su amor, apoyo incondicional e inculcarme en mí, el ejemplo de esfuerzo y perseverancia para cumplir cada uno de mis objetivos.

A mi esposo, Luis Castro que a través de sus consejos, amor y paciencia me ayudó a concluir esta meta.

Carola Rodríguez

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor, por haberme permitido llegar hasta este momento de mi vida, por ayudarme a cumplir y darme sabiduría para culminar mis estudios, por la perseverancia que ha puesto en mí.

Mis padres Armando Vega y Sara Ruíz, mis abuelos Vilma y William, mi tío Fabio (QEPD), mi hermano Yessiam, esto es gracias a ustedes, por su amor y apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi vida.

Mi prometido Jeffrey Amador por el amor que me brinda y por apoyarme siempre en cada momento e instarme a no rendirme.

Esto es gracias a ustedes, los amo.

Janieska Vega

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecemos a Dios por la vida y la salud que nos ha dado cada día, a las organizaciones que nos brindaron esta oportunidad de crecer profesionalmente, al fondo verde del clima, a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización Mundial de Meteorología (OMM).

A los docentes de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y a los maestros de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) por la enseñanza brindada en este arduo proceso.

Al Instituto de Estudios Territoriales (INETER) por el apoyo brindado para que aprendiéramos una ciencia tan maravillosa como es la meteorología, en especial al Ing. Marcio Baca por instarnos a seguir perseverando en este largo proceso.

A nuestro tutor Dr. Agr. Dennis José Salazar Centeno por ayudarnos en este proceso, por apoyarnos y siempre instarnos a dar lo mejor.

A todas nuestras familias, en especial a nuestros padres y hermanos por creer en nosotros.

Muchas Gracias.

William Barrios

Carola Rodríguez

Janieska Vega

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
ABREVIATURAS	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
II. METODOLOGÍA.....	5
2.1. Localización, características del área y periodo del estudio.....	5
2.2. Enfoque, alcance, diseño metodológico, variables y análisis de la información... 7	
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
3.1. Comparación de las variables agroclimáticas precipitación, temperatura y humedad relativa del aire del periodo de 1971 al 2015 y durante El Niño muy fuerte	12
3.2. Posibles afectaciones de las fases y etapas del ciclo biológico del cultivo del maíz de secano durante un evento El Niño muy fuerte	25
3.3. Consecuencias ambientales y socioeconómicas en la producción de maíz de secano durante evento El Niño muy fuerte.....	31

3.4. Tecnologías y prácticas agroecológicas para la reconversión de los agroecosistemas en los que se cultiva maíz de secano	35
IV. CONCLUSIONES	41
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
VI. ANEXOS	48

INDICE DE CUADROS

Número	Título	Página
1	Necesidades hídricas del cultivo (NHc) del maíz en sus respectivas fases y atapas fenológicas en la época de siembra de primera y postrera durante el evento El Niño muy fuerte en Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua	30
2	Propuesta de prácticas y tecnologías agroecológicas para la transformación paulatina de los agroecosistemas de Ciudad Darío, en los que se cultiva maíz de secano, donde prevalece la agricultura familiar de subsistencia (AFS) y la familiar intermedia o en transición (AI/T)	39

INDICE DE FIGURAS

Número	Título	Página
1	Mapa de altura en metros sobre el nivel del mar (msnm) y municipio limítrofes de Ciudad Darío. Fuente: INETER (s.f.).	5
2	Zonificación integral del municipio de Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua. Fuente: Dietsch y Novoa (2010, p. 49).	7
3	Ubicación de las once estaciones pluviométricas (PV) y de la estación principal (HMP), 2021.	9
4	Distribución espacial de las precipitaciones acumuladas de la norma histórica de 1971-2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.	14
5	Distribución espacial de la temperatura promedio de la norma histórica de 1971-2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.	16
6	Comparación de la precipitación y la temperatura del periodo 1971-2015 con las del evento el Niño muy fuerte de 1982 hasta junio del 1983.	19
7	Comparación de la precipitación y la temperatura del periodo 1971-2015 con las del evento El Niño muy fuerte de 1997 a mayo del 1998.	20
8	Comparación de la precipitación y la temperatura del periodo 1971-2015 con las del evento El Niño muy fuerte de 2015 a abril del 2016.	23
9	Comparación de los promedios porcentuales mensuales de la humedad relativa del aire del periodo 1971-2015 con los del evento El Niño muy fuerte de 1997-1998 y 2015-2016, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.	24

INDICE DE ANEXOS

Número	Título	Página
1	Porcentaje de anomalías de los acumulados de las precipitaciones en 1982 referente al acumulado de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.	48
2	Porcentaje de anomalías de los acumulados de las precipitaciones en 1997 referente al acumulado de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.	49
3	Porcentaje de anomalías de los acumulados de las precipitaciones en 2015 referente al acumulado de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.	50
4	Porcentaje de anomalías de la temperatura media anual en 1982 referente a la temperatura media de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.	51
5	Porcentaje de anomalías de la temperatura media anual en 1997 referente a la temperatura media de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.	52
6	Porcentaje de anomalías de la temperatura media anual en 2015 referente a la temperatura media de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.	53

RESUMEN

Las familias agricultoras que cultivan maíz de secano en el corredor seco tienen el reto de rediseñar sus agroecosistemas para que sean resilientes al cambio climático. Esto demanda investigaciones con la finalidad de estimar las consecuencias agroambientales y socioeconómicas de la producción del maíz de secano bajo condiciones climáticas de El Niño muy fuerte que oriente la planificación e implementación de tecnologías y prácticas agroecológicas que conduzcan a la adaptación y mitigación de los agroecosistemas de las familias agricultoras. La investigación se realizó en el municipio de Ciudad Darío, cuyo enfoque es mixto, el alcance descriptivo y correlacional; y con un diseño metodológico no experimental del tipo longitudinal. Se consideraron las variables agroclimáticas: precipitación acumulada (mm día^{-1}), temperatura mínima, máxima y media del aire ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa del aire (%). Se elaboraron mapas para representar la distribución espacial de las precipitaciones y de las temperaturas de la norma histórica del 1971 al 2015 y de tres fenómenos hidrometeorológicos El Niño muy fuerte. Se determinó las necesidades hídricas del maíz y se realizó un análisis documental. La magnitud y la distribución espacial acumulada de las precipitaciones de la norma histórica oscilan entre 900 y 1,200 milímetros anuales, mientras que la de la temperatura del aire fluctúa entre 18 y 27 grados Celsius, que pueden ser enmascaradas por fenómenos hidroclimáticos. El déficit hídrico de 1982 y de 1997 afectó, principalmente, la fase reproductiva del maíz; que merma considerablemente el rendimiento. Las consecuencias agroambientales están relacionadas con el deterioro del rendimiento del maíz, la degradación de los suelos, las afectaciones a la calidad del paisaje y la biodiversidad de los agroecosistemas y la profundización de las aguas subterráneas, mientras que las socioeconómicas se relacionan con la afectación al rendimiento. Se proponen tecnologías y prácticas agroecológicas para el rediseño de los agroecosistemas.

Palabras claves: Corredor seco, maíz de secano, cambio climático, rediseño de agroecosistemas, agroecología

ABSTRACT (En inglés)

Farming families that grow rainfed maize in the dry corridor face the challenge of redesigning their agroecosystems to be resilient to climate change. This demands research in order to estimate the agro-environmental and socioeconomic consequences of rainfed maize production under very strong El Niño climatic conditions that guide the planning and implementation of agroecological technologies and practices that lead to the adaptation and mitigation of agroecosystems. The research was carried out in Ciudad Darío, whose approach is mixed, the descriptive and correlational scope; and with a non-experimental methodological design of the longitudinal type. The agroclimatic variables were considered: accumulated precipitation (mm day^{-1}), minimum, maximum and average air temperature ($^{\circ}\text{C}$) and relative air humidity (%). Maps were prepared to represent the spatial distribution of rainfall and temperatures of the historical norm from 1971 to 2015 and of three very strong El Niño hydrometeorological phenomena. The water needs of corn were determined and a documentary analysis was carried out. The magnitude and accumulated spatial distribution of the rainfall of the historical norm range between 900 and 1,200 millimeters per year, while that of the air temperature fluctuates between 18 and 27 degrees Celsius, which can be masked by hydroclimatic phenomena. The water deficit of 1982 and 1997 mainly affected the reproductive phase of maize; which significantly reduces of the yield. The agro-environmental consequences are related to the deterioration of corn yield, soil degradation, effects on the quality of the landscape and the biodiversity of agroecosystems and the deepening of groundwater, while the socioeconomic ones are related to the affectation of the yields. Technology and agroecological practices are proposed for the redesign of agroecosystems.

Keywords: Dry corridor, rainfed maize, climate change, redesign of agroecosystems, agroecology

ABREVIATURAS

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México

FAO: Food and Agriculture Organization

FUNIDES: Fundación Nicaragüenses para el Desarrollo Económico y Social

IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura

INAFOR: Instituto Nacional Forestal

INATEC: Instituto Nacional Tecnológico

INETER: Instituto Nicaragüense de Estudio Territoriales

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo

INTA: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria

IRI: International Research Institute for Climate and Society

MAGFOR: Ministerio Agropecuario y Forestal, Actualmente MAG (Ministerio Agropecuario)

MAONIC: Movimiento de Productoras y Productores Agroecológico y Orgánicos de Nicaragua

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration

OCHA: United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs,

OMM: Organización Meteorológica Mundial

UNA: Universidad Nacional Agraria

UNAG: Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos de Nicaragua

I. INTRODUCCIÓN

Debido a su posición geográfica, Nicaragua se encuentra vulnerable a las diferentes amenazas climáticas, en las cuales se resaltan eventos extremos como ciclones tropicales, lluvias intensas, sequías. Entre estos eventos, “los episodios cálidos/El Niño y fríos/La Niña forman parte de un ciclo conocido como El Niño u Oscilación del Sur (ENSO, por sus siglas en inglés)” (Pabón Caicedo y Montealegre Bocanegra, 2017, p. 14). El Niño y La Niña son los ejemplos más evidentes de la variabilidad climática global siendo parte fundamental de un vasto y complejo sistema de fluctuaciones climáticas, con el intervalo de duración aproximadamente de cuatros años y un rango de 2 a 7 años. Ropelewski y Halpert (1992) e International Research Institute for Climate and Society [IRI] (2013) reportan que un episodio El Niño está asociado a temperaturas más altas de lo normal y persistente en la superficie del mar, provocando cambios en los patrones de viento y precipitación; (citado por Rojas et al., 2015, p. 1).

Según Brenes Rodríguez (2014),

El fenómeno El Niño Oscilación del Sur, tiene un gran alcance a nivel mundial, afectando con mucha frecuencia a América Latina, modificando el clima principalmente por déficit de precipitación, incremento de temperatura del aire y en caso contrario, por aumento en los acumulados de lluvia, incidiendo de manera directa al sector agropecuario. (p.4)

El índice oceánico El Niño (ONI) se ha convertido en el factor estándar utilizado por National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA], (2022), para la identificación de los eventos; El Niño (evento cálido) y La Niña (evento frío) en el océano pacífico tropical. De igual manera, se realiza la clasificación basada en la intensidad del evento en: débil, moderado, fuerte o muy fuerte (Rojas et al., 2015, p. 3), que de acuerdo con los registros nicaragüenses de 1971 a 2018 se han presentado 26 eventos El Niño con diferentes intensidades, de los cuales tres se han clasificados como muy fuerte.

1.1. Antecedentes

El clima es el factor más importante para determinar tanto el crecimiento como la productividad de un cultivo, el cual presenta modificaciones atribuidas directa o indirectamente a las actividades humanas (Palma Grillo, 2000), que producen gases de efecto invernadero modificando el patrón del clima natural de un sitio.

Bajo condiciones de una fase cálida estadísticamente los acumulados de lluvia presentan una reducción significativa en comparación con los acumulados anuales bajo el comportamiento de una fase neutra (Villalobos Flores, 2001). En Nicaragua, se conoce que la influencia del evento El Niño presenta afectación en la mayor parte del territorio, causando una distribución variable en las precipitaciones y una disminución en sus acumulados, y con ello, afectación en la agricultura, en especial a la que dependen de las precipitaciones para el buen desarrollo de los cultivos; así como la disminución de las reservas de aguas superficiales y subterráneas para diversos usos, de la seguridad alimentaria y de los ingresos de las familias agricultoras, generando consecuencias socioeconómicas y agroambientales en la población, principalmente a las familias agricultoras localizadas en el corredor seco de nuestro país (Salazar Centeno, 2014 y Bendaña García, 2012). Estudios sobre escenarios del clima futuro para maíz y frijol, en el territorio nacional, se han realizado en:

Matagalpa, Nueva Segovia y Chinandega. En las tres áreas se encuentran poblaciones rurales cuyos medios de vida tienen una elevada dependencia de los recursos naturales (bosques, pesca) y de la agricultura de secano, en las que hemos presenciado un elevado impacto del fenómeno del Niño y de la Niña. Son áreas en las que la mayor variabilidad climática está incidiendo año a año en una menor resiliencia de sus medios de vida y consecuentemente en la pobreza de las comunidades rurales. (Loma Ossorio et al., 2014)

En Nicaragua, las sequías provocadas por eventos El Niño, afecta considerablemente el corredor seco. A nivel nacional, hasta junio del 2001; 63,946.73 ha (90,666 manzanas) de cultivos se perdieron debido a la sequía, que representó el 18.2% de las 352,042.03 ha

(499,138 manzanas) sembradas de granos básicos (maíz, frijol, arroz, sorgo industrial, sorgo millón) y ajonjolí, siendo el maíz uno de los más afectados (United Nations Office for the Corordination of Humanitarian Affairs, [OCHA], 2001, párr.1).

Calvo Reyes (2022) manifiesta “que el cambio climático es otro desafío que tienen las familias campesinas para hacer sus sistemas de producción resilientes al cambio climático” p. 14). Este mismo autor considera que en las fincas campesinas se debe promover la agrobiodiversidad (cultivos anuales, perennes, semi perennes y de diversos hábitos de crecimientos).

1.2. Justificación

De acuerdo con Loma Ossorio et al. (2014),

El clima puede cambiar de manera diferente en áreas relativamente próximas, y que es fundamental analizar el cambio climático a nivel local, ya que cada localidad puede arrojar resultados muy diferentes y requerirá de estrategias de adaptación propias. (p. 8)

Es por ello que es perentorio un análisis climático de las condiciones bajo los eventos El Niño muy fuerte, tomando como zona de estudio el municipio de Ciudad Darío, siendo una de las áreas en el país donde se presentan los menores acumulados de lluvia y se ubica en el corredor seco nicaragüense.

La presente investigación se enfoca en un análisis de la cantidad y distribución espacial de las precipitaciones y las temperaturas del aire en el periodo histórico de 1971 al 2015, las anomalías de estas variables climáticas en cada evento El Niño muy fuerte referente al periodo histórico, las consecuencias agroambientales y socioeconómicas de este fenómeno hidroclimático en la producción del cultivo del maíz de secano (*Zea mays* L.), en el municipio de Ciudad Darío, y proponer tecnología y prácticas agroecológicas que contribuyan a la mitigación y adaptación de las familias campesinas o agricultoras que cultivan maíz de secano en agroecosistemas de este municipio.

El estudio ayuda a orientar al gobierno municipal, instituciones de gobierno, organismos no gubernamentales y a las familias campesinas o agricultoras de Ciudad Darío al rediseño de estos agroecosistemas. Según Salazar Centeno (2021a), los agroecosistemas deben ser muy diversos, sinérgicos, multifuncionales, más eficientes, productivos, estables, resilientes y autorregulados; y menos dependientes de insumos externos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Estimar las consecuencias agroambientales y socioeconómicas de la producción del cultivo del maíz bajo condiciones climáticas de El Niño muy fuerte que oriente la planificación e implementación de tecnologías y prácticas agroecológicas que conduzcan a la adaptación y mitigación de los agroecosistemas de las familias agricultoras que cultivan maíz de secano, en el municipio de Ciudad Darío.

1.3.2. Objetivos específicos

Comparar el comportamiento climático del periodo 1971 al 2015 y bajo condiciones de El Niño muy fuerte en el municipio de Ciudad Darío.

Determinar las afectaciones de El Niño muy fuerte sobre las diferentes fases y etapas del ciclo biológico del maíz en la época de primera y postrera.

Valorar las consecuencias agroambientales y socioeconómicas de la producción del cultivo del maíz de secano en condiciones climáticas de El Niño muy fuerte en la zona de estudio.

Proponer tecnologías y prácticas agroecológicas que conduzcan a la adaptación y mitigación de las familias campesinas que cultivan maíz de secano de los posibles impactos agroambientales y socioeconómicos en condiciones climáticas de El Niño muy fuerte, en el municipio de Ciudad Darío.

II. METODOLOGÍA

2.1. Localización, características del área y periodo del estudio

El área de estudio de esta investigación comprende el municipio de Ciudad Darío, departamento de Matagalpa, localizado entre las coordenadas 12° 43' 50" latitud Norte y 86° 07' 30" longitud Oeste. Este municipio limita al Norte con los municipios de San Isidro y Sébaco, al Sur con los municipios de Teustepe, Tipitapa y San Francisco Libre, al Este con los municipios de Terrabona y San José de los Remates y al Oeste con el municipio de El Jicaral; este municipio presenta una elevación aproximada de 453 metros sobre el nivel del mar (Figura 1).

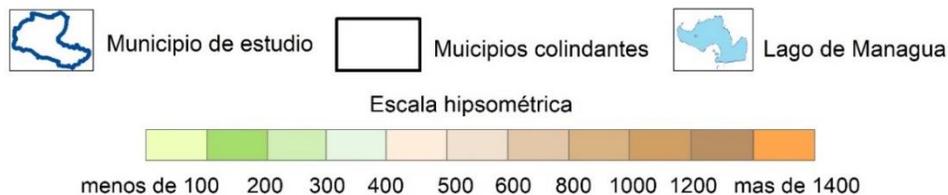
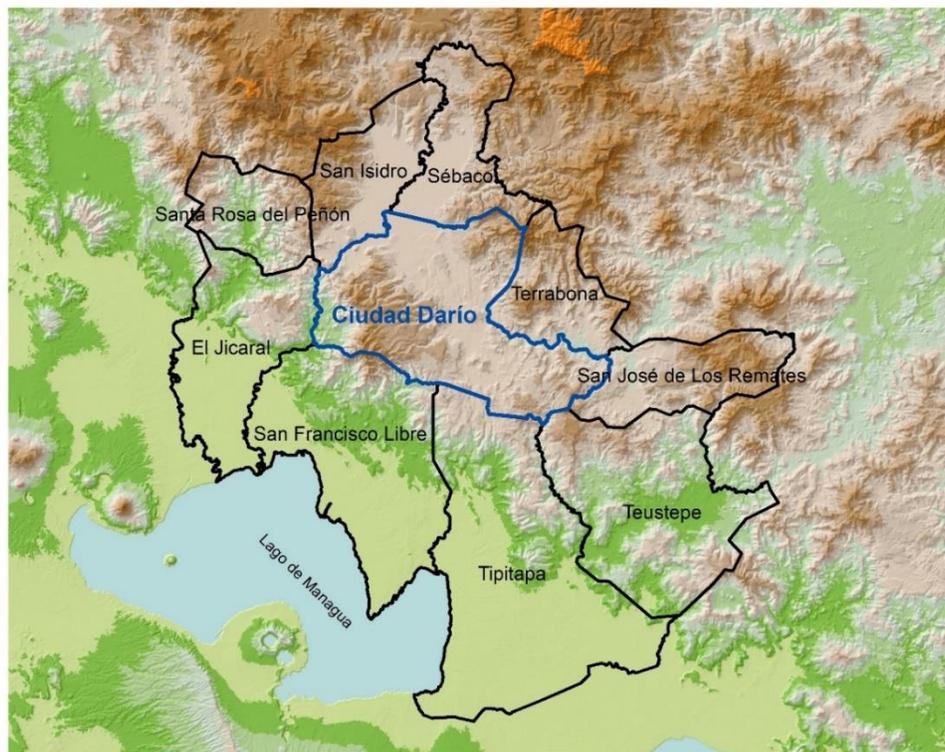


Figura 1. Mapa de altura en metros sobre el nivel del mar (msnm) y municipio limítrofes de Ciudad Darío. Fuente: INETER (s.f.).

El municipio tiene extensión territorial de 735.31 km² y “el territorio está cubierto en un 11% con algún tipo de cobertura forestal y con un área de 7,539 ha compuesto por (bosques bajos abiertos, bosque latifoliado cerrados, bosque de conífera y tacotal)” (Instituto Nacional Forestal [INAFOR], 2019, p. 11). Dietsch y Novoa (2010) subdividieron el municipio en cuatro zonas:

Una zona alta (1), campesina de agricultura de subsistencia; una zona de laderas secas (2), con una sub-zona campesina de subsistencia y otra de minifundio semi-proletarizado; una zona planicie seca de latifundio ganadero (3); y, finalmente, una zona de llanos y vegas fértiles de riego semi-intensivo (4), con una sub zona campesina y otra empresarial. (p. 48)

Estos autores ilustraron esta zonificación como se muestra en la figura 2 y determinaron que una debilidad del municipio de Ciudad Darío es que “se localiza en las zonas más secas del país y sus suelos están degradados y erosionados” (p. 49).

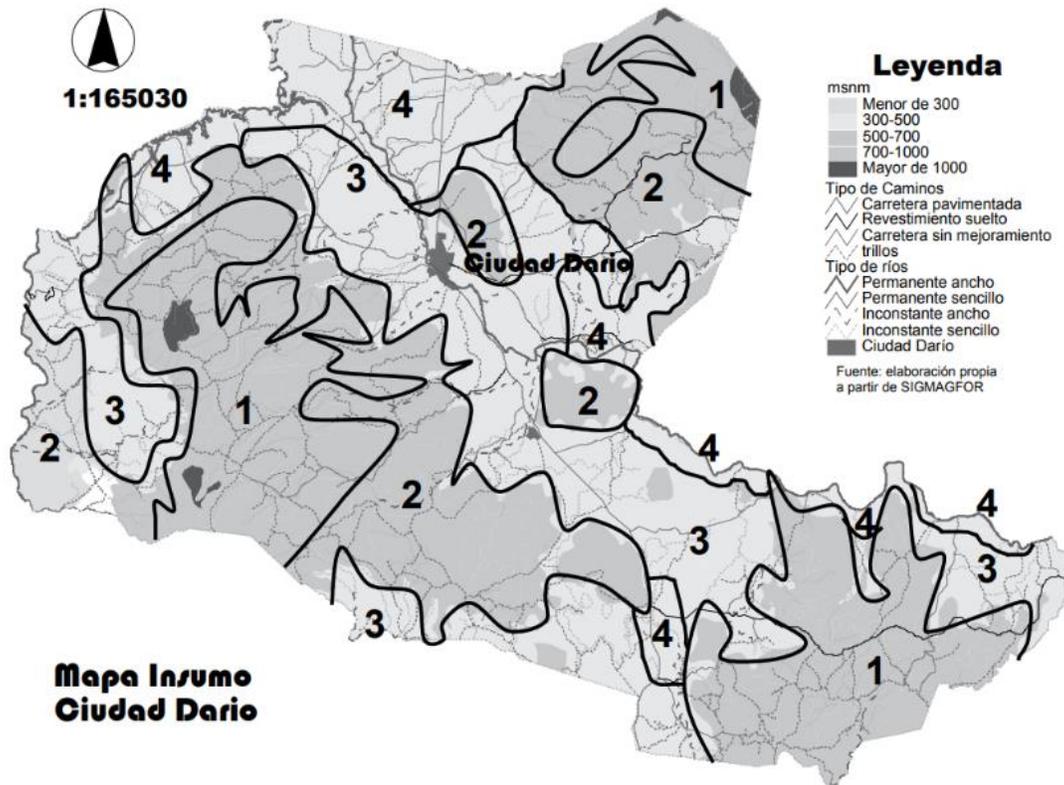


Figura 2. Zonificación integral del municipio de Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua. Fuente: Dietsch y Novoa (2010, p. 49).

En el estudio se consideró una serie de datos climáticos diarios del periodo de 1971 al 2015, proporcionada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). Durante este lapso acontecieron tres eventos climáticos El Niño con una intensidad muy fuerte de acuerdo con NOAA (2022): 1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016.

2.2. Enfoque, alcance, diseño metodológico, variables y análisis de la información

Esta investigación tiene un enfoque mixto (Cuantitativo y cualitativo), el alcance es descriptivo y correlacional; y el diseño metodológico es no experimental del tipo longitudinal. Hernández Sampieri et al. (2014) manifiestan que el “enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (p. 4). Estos mismos autores definen que el enfoque cualitativo “utiliza la recolección y análisis de

los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (p. 7) y que el alcance descriptivo “busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice. Describe tendencias de un grupo o población” (p. 92), mientras que los estudios correlacionales “asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población” (p. 93).

El diseño de la investigación no experimental y longitudinal corresponde a estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos y se recopilan los datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución, sus causas y sus efectos (Hernández Sampieri et al., 2010, p. 149-158).

Para la comparación del comportamiento climático del periodo 1971 al 2015 y bajo condiciones de El Niño muy fuerte se consideraron variables agroclimáticas que provienen de 11 estaciones pluviométricas (PV) y una estación principal (HMP por sus siglas en inglés), siendo estas representativas del área de estudio con una serie de datos de 45 años (1971-2015) (figura 3). Estas variables son: precipitación acumulada (mm día^{-1}), temperatura mínima del aire ($\text{grados Celsius día}^{-1}$), máxima del aire (Celsius día^{-1}), y promedio del aire (Celsius día^{-1}) y humedad relativa del aire (%).

A la serie de datos de las variables climáticas que provienen de las 11 estaciones pluviométricas (PV) y la estación principal (HMP) se les realizó control de calidad para determinar la consistencia de estos, se utilizó la función homogen de la aplicación estadística Climatol; mediante una regresión tipo II de cada estación problema con una estación de referencia; así mismo la series con datos faltantes se rellenaron por medio de correlaciones múltiples entre estaciones para lo cual se utilizó el software Monthly streamflow simulation computer program, conocido como MOSS-IV.

La serie de datos ajustados comprende el periodo de 1971 a 2015, con la cual se elaboraron mapas, mediante el programa ArcGis, para representar la magnitud y distribución espacial

de las precipitaciones y las temperaturas en este periodo y las anomalías de ambas variables climáticas en 1982, 1997 y 2015, que corresponden a los años El Niño muy fuerte.



Figura 3. Ubicación de las once estaciones pluviométricas (PV) y de la estación principal (HMP), 2021.

La determinación de las afectaciones de El Niño muy fuerte sobre las diferentes fases y etapas del ciclo biológico del maíz en la época de primera y postrera se realizó mediante las necesidades hídricas de este cultivo en cada etapa de su ciclo biológico, para lo cual se consideraron datos de la estación pluviométrica ubicada en Ciudad Darío, cuyo radio de influencia es de 25 km y comprende los poblados de Ciudad Darío, Barrio España, La Carreta, Pasle, El Terrero, La Quesera, Los Cocos, La Remonta, El Regadío, El Zarzal,

Veracruz, San Antonio, San Rafael del Jobo, Las Tunitas, Soledad, Las Playitas, El Carbonal, El Zorrillo y Cerro Colorado.

Se identificó que la variedad de maíz recomendada para el área de estudio es la NB S, resistente a sequía, de ciclo intermedio (90-95 días después de siembra), la cual se siembra en la época de primera (15 de mayo a 10 de junio), y postrera (15 de agosto a 10 de septiembre), (Instituto Nacional Tecnológico [INATEC], 2018, p. 1). Es una variedad de polinización libre (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2009) y las familias agricultoras pueden guardar semilla para próximos ciclos productivos en el hogar o en bancos de semillas comunitarios.

Se cuantificó los acumulados de las precipitaciones y de las temperaturas del aire por decenios, en cada época de siembra de secano, para cuantificar las necesidades hídricas en cada etapa fenológica de la variedad de maíz NB S bajo condiciones de El Niño muy fuerte, para lo cual se calculó la evapotranspiración de referencia por medio de la ecuación de Hargreaves propuesta por Food and Agriculture Organization (FAO, 2006, p. 54), que toma como insumo las diferentes temperaturas del aire y la radiación extraterrestre, cuya fórmula es:

$$E_{to} = 0.0023 ((T_{med} + 17.8)(T_{max} - T_{min}))^{0.5}(R_a)$$

Dónde:

E_{To} : evapotranspiración de referencia (mm día^{-1})

T_{med} : temperatura media mensual ($^{\circ}\text{C}$)

T_{max} : temperatura máxima mensual ($^{\circ}\text{C}$)

T_{min} : temperatura mínima mensual ($^{\circ}\text{C}$)

R_a : radiación solar extraterrestre (mm día^{-1})

Se determinó los valores de la radiación extraterrestre (FAO, 2006, p. 47). Por medio de la siguiente ecuación, la cual permite realizar el cálculo de la Eto.

$$Ra = \left\{ \left[\frac{(24)(60)}{\pi} \right] \right\} G_s d_r [W_s \sin(\Phi) \sin(\delta) + \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(W_s)]$$

Ra: radiación extraterrestre ($\text{MJ m}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)

G_{sc} : constante solar ($0.082 \text{ MJ m}^{-1} \text{ min}^{-1}$)

d_r : distancia relativa inversa tierra-sol

W_s : ángulo de radiación a la puesta del sol (rad)

δ : declinacion solar (rad)

Φ : latitud (rad)

La necesidad hídrica en cada etapa de desarrollo del maíz se obtuvo del producto del valor de la evapotranspiración de referencia (Eto.) con el coeficiente del cultivo (K_c), que varía de acuerdo a cada etapa de desarrollo del cultivo.

La valoración de las consecuencias agroambientales y socioeconómicas de la producción del cultivo del maíz de secano en condiciones climáticas de eventos El Niño muy fuerte en la zona de estudio consistió en un análisis documental, que es una técnica de la investigación cualitativa que se encarga de recopilar y seleccionar información a través de la lectura de documentos, libros, revistas, grabaciones, periódicos, bibliografía, etc.

La propuesta de tecnologías y prácticas agroecológicas que conduzcan a la adaptación y mitigación de las familias campesinas que cultivan maíz de secano de los posibles impactos agroambientales y socioeconómicos en condiciones climáticas de eventos El Niño muy fuerte, consistió en un análisis documental.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Comparación de las variables agroclimáticas precipitación, temperatura y humedad relativa del aire del periodo de 1971 al 2015 y durante El Niño muy fuerte

Loma-Ossorio et al. (2014) realizaron predicciones sobre posibles escenarios del clima futuro para los cultivos de maíz y frijol, en los departamentos de Chinandega (Caiguina, Potosí, Quince de Julio, Somotillo y Villa Nueva), Nueva Segovia (Macuelizo y Ocotal) y Matagalpa (San Dionisio y Muy Muy). Los resultados que se sintetizan en las figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9 son reales y exclusivos para el municipio de Ciudad Darío del departamento de Matagalpa, en las que se compara la temperatura, precipitación y humedad relativa del aire del periodo de 1971 al 2015 con un evento El Niño muy fuerte, respectivamente.

El significado de El Niño se suele asociar a condiciones cálidas y secas en las zonas meridionales y oriente insular de Australia. Durante el verano, en el hemisferio norte las lluvias del moznón índico suelen ser menos abundante de lo normal. El Niño tiende hacer que se produzca una mayor actividad ciclónica en la cuenca de la parte central y oriental del Pacífico y una disminución en la cuenca del Atlántico (Organización Meteorológica Mundial [OMM], 2014, p 6).

En el corredor seco nicaragüense, la estación lluviosa contempla los meses de mayo a octubre, que se divide en dos sub periodos lluviosos. El primer sub periodo lluvioso comprende los meses de mayo a julio y el segundo de agosto a octubre. Entre ambos sub periodos, entre el 15 de julio al 15 de agosto, existe un periodo seco conocido como canícula (Bendaña García, 2012). Ambos sub periodos lluviosos pueden ser afectados drásticamente por un evento El Niño muy fuerte. De acuerdo con la NOAA (2022), del periodo de 1971 al 2016, en Nicaragua acontecieron tres eventos El Niño muy fuerte. El primero se registró de abril de 1982 hasta junio de 1983. El segundo ocurrió de mayo de 1997 a mayo de 1998 y el tercero acaeció entre el enero del 2015 y abril del 2016.

En el municipio de Ciudad Darío, la magnitud y la distribución espacial acumulada anual de las precipitaciones de la norma histórica del periodo de 1971 al 2015 no son homogéneas, en todo el territorio (Figura 4). La magnitud y la distribución espacial acumulada de las precipitaciones de la norma histórica oscilan entre 900 y 1,200 mm anuales, que se diferencian claramente en seis subzonas hídricas. En la cabecera del municipio, el acumulado de la norma histórica de las precipitaciones es menor, en comparación con el resto del territorio. En esta subzona, estas fluctúan entre 900 a 950 mm anuales (Figura 1). Los mayores acumulados históricos se registran en el Sureste del territorio, que oscilan entre 1,150 a 1,200 mm de precipitación anual, subzona integrada por las comunidades de San Francisco, El Cacao de los Suarez, Pueblo Nuevo y la Pita.

El porcentaje de anomalías de la cantidad y la distribución espacial de los acumulados anuales de las precipitaciones en cada año de un evento El Niño muy fuerte no siempre difiere drásticamente referente al registrado en la norma histórica de 1971-2015 (Anexo 1, 2 y 3). Este porcentaje de anomalías de la cantidad acumulada de las precipitaciones de 1982 es muy similar con el de la norma histórica de 1971-2015 (Anexo 1), prácticamente no existen anomalías. En este año se registraron dos eventos hidrometeorológicos, que ocasionaron precipitaciones superiores a la norma histórica, que pudieron enmascarar una reducción en los acumulados de las precipitaciones provocados por un evento El Niño muy fuerte.

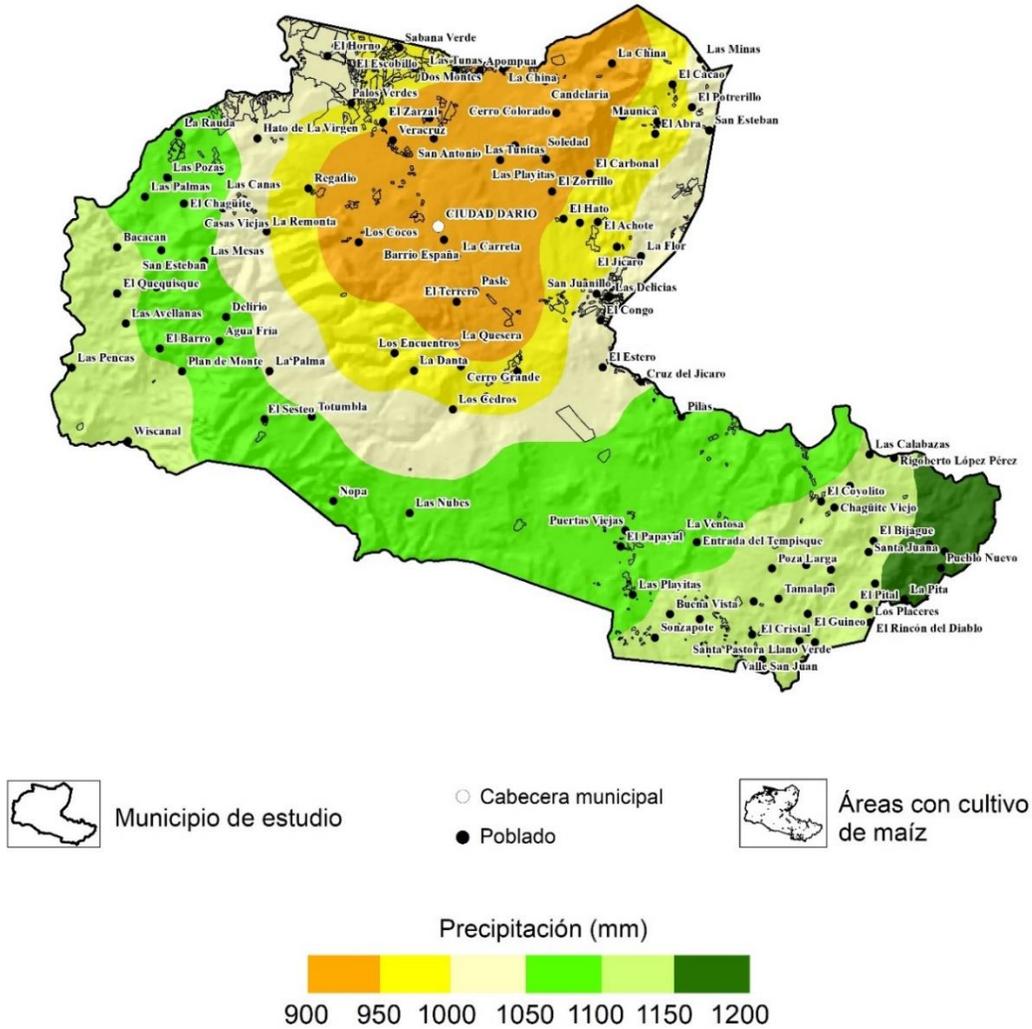


Figura 4. Distribución espacial de las precipitaciones acumuladas de la norma histórica de 1971-2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.

En 1997 y en el 2015 se constataron anomalías de los acumulados anuales de las precipitaciones referente al acumulado de la norma histórica de 1971 al 2015 (Anexo 2 y 3). En ambos años, se registraron eventos hidrometeorológicos, que las precipitaciones no superaron a su norma histórica. El porcentaje de anomalías de la cantidad y la distribución espacial de los acumulados de las precipitaciones en 1997 se redujo en un 25% en el Noroeste del municipio (Anexo 2), donde se localiza la cabecera municipal y los poblados de El Horno,

Sabana Verde, Dos Montes, La China, Candelaria, Los Cocos, Las Mesas, San Esteban, Las Avellanas, La Palma, entre otros. En el resto del territorio, el porcentaje de anomalías de la cantidad y la distribución espacial de los acumulados de las precipitaciones se redujo en un 10%, a excepción del Sureste del municipio, que se incrementó en un 10%.

En el año 2015, el porcentaje de anomalías de la cantidad y la distribución espacial de los acumulados de las precipitaciones se redujo en un 50% en el sector Oeste y Este del municipio (Anexo 3). Los poblados más afectados son: Santa Bárbara, Casas Viejas, Las Mesas, El Barro, La Palma, Las Pencas, Hato de La Virgen, Wiscanal, Nopa, Las Nubes, La Calabaza, Rigoberto López Pérez, El Cacao de Los Suarez entre otros. En el resto del territorio la reducción varió de 10 a 25%.

Estos resultados permiten afirmar que la magnitud y la distribución espacial acumulada anual de las precipitaciones de la norma histórica del periodo de 1971 al 2015 caracterizó al municipio de Ciudad Darío en seis sub zonas hídricas y las necesidades hídricas de las plantaciones de maíz en las comunidades donde las precipitaciones son menores podrían no satisfacerse.

La distribución espacial de la temperatura promedio anual del aire de la norma histórica de 1971-2015 subdivide al territorio en cuatro subzonas térmicas (Figura 5). En la mayor parte del territorio, se registran las mayores temperaturas promedio anual del aire, que oscilan entre 24 y 27 grados Celsius. En esta área se localizan la planicie seca con latifundios ganaderos y los llanos y vegas fértiles de riego semi-intensivo, cuyas elevaciones sobre el nivel del mar son las menores (Figura 1 y 2).

En la subzona, cuyos valores de las temperaturas promedio del aire varían de 22 a 24 grados Celsius, comprende las comunidades: Hato de la Virgen, Casas Viejas, La Remonta, San Esteban, Agua Fría, La Palma, Los Encuentros, La Danta, El Sesteo, Nopa, La China, San Cristóbal, Cerro Colorado, Maunica, El Abra, Valle San Juan, Santa Pastora, Ojo de Agua, Poza Larga, Cerro Grande, Nombre de Jesús de abajo, Monte verde, Nombre de Jesús de arriba, El Pital, Los Placeres y El Rincón del Diablo. En este rango de temperatura promedio

anual del aire predominan las laderas secas y los comunitarios de estos poblados practican, principalmente, la agricultura campesina de subsistencia y minifundios semi-proletariado (Figura 2). En una pequeña parte del territorio, la temperatura promedio anual del aire de la norma histórica de 1971-2015 obtiene valores entre 18 y 22 grados Celsius, que son áreas con las de mayores elevaciones del territorio, donde se practica la agricultura campesina de subsistencia (Figura 1 y 2).

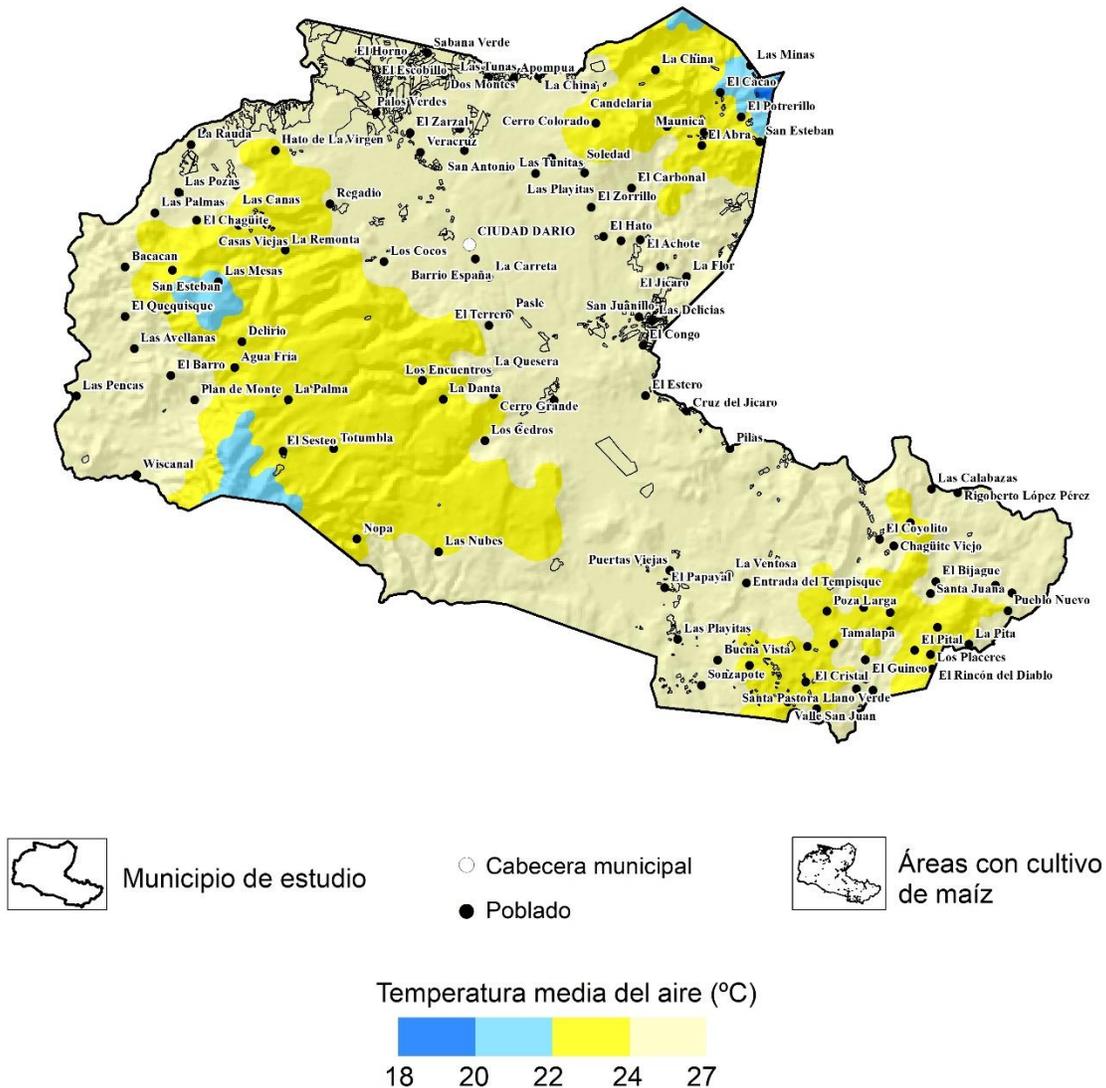


Figura 5. Distribución espacial de la temperatura promedio de la norma histórica de 1971-2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.

Estos resultados permiten afirmar que la distribución espacial de la temperatura promedio anual del aire de la norma histórica de 1971-2015 subdivide al territorio en cuatro subzonas térmicas y confirman que las temperaturas promedio anual del aire son menores a mayores alturas y ascienden en la medida que los territorios descienden sobre el nivel del mar.

El porcentaje de anomalías de la temperatura media anual del aire en 1982, 1997 y 2015 referente a la temperatura media anual del aire de la norma histórica de 1971 al 2015 se asocia con las precipitaciones acumuladas en estos años. En 1982, este porcentaje descendió en 0.5% en casi todo el territorio y ascendió en una pequeña parte de este en 0.7% (Anexo 4), que es el año en el que no se determinó anomalías porcentuales del acumulado anual de las precipitaciones de la norma histórica (Anexo 1). En 1997, el porcentaje de anomalías de la temperatura media anual del aire referente a la temperatura media anual de la norma histórica incrementó en 0.7% (Anexo 5). En este año el porcentaje de anomalías del acumulado anual de las precipitaciones varió de -25% al 10%. Las mayores anomalías de la temperatura media anual del aire referente a la temperatura media anual del aire de la norma histórica se determinaron en 2015, que osciló entre 2 y 4% (Anexo 6), año en que la reducción de las precipitaciones osciló entre 10 y 50%.

El evento hidroclicmático El Niño muy fuerte siempre se asocia a una disminución de las precipitaciones y a un incremento de las temperaturas del aire. La información de la figura 4 y 5 no es de mucha utilidad, si se quiere analizar este fenómeno hidrometeorológico mensualmente y durante el periodo de tiempo que acontece. En Ciudad Darío existe una única estación pluviométrica administrada por INETER (Figura 3). Con los datos registrados en esta estación se analiza la dinámica de las precipitaciones, de las temperaturas medias del aire y de la humedad relativa del aire por mes.

El primer evento de esta intensidad durante el periodo de 1971 al 2015 ocurrió de abril de 1982 hasta junio de 1983 (National Oceanic and Atmospheric Administration, [NOAA],

2022). La precipitación acumulada anual durante el periodo 1971 al 2015 asciende a 848.6 mm, mientras que en 1982 se registró 791.6 mm, que representa una reducción de la precipitación de 6.7% en ese año referente a la norma histórica de 1971 al 2015. En este año acontecieron dos eventos hidrometeorológicos relevantes, uno en abril y otro en mayo, que corresponden a una depresión tropical y a la tormenta tropical Aletta (Figura 6). En abril de este año se registraron 70 mm y en mayo 338.39 mm, que supera en 286.7% y 171.8% a la precipitación de estos meses con respecto a su norma histórica, respectivamente. De enero a junio de 1983, la precipitación acumulada histórica en este periodo es de 281.2 mm, mientras que la registrada en este mismo periodo en 1983 es de 285 mm, que representa un incremento de 1.3% referente a la norma histórica durante estos meses este año.

La temperatura promedio anual del aire del periodo de 1971 al 2015 asciende a 25.2 grados Celsius. En 1982, se determinó una temperatura promedio anual del aire de 24.9 grados Celsius, que representa una disminución de 0.3 grados Celsius referente a la registrada en el periodo histórico (Figura 6).

En el periodo histórico, el promedio mensual de la temperatura del aire osciló entre 24.2 y 26.6 grados Celsius, mientras que en el año 1982, este varió de 24.0 a 25.9 grados Celsius (Figura 6), diferencias que se le atribuye a que durante este año la precipitación acumulada es muy similar a la registrada durante el periodo histórico. Estos resultados contradicen lo reportado en la literatura porque se espera un incremento de las temperaturas del aire durante un evento climático, El Niño, y este incremento debe ser más marcado, si la intensidad de este evento es catalogado como muy fuerte.

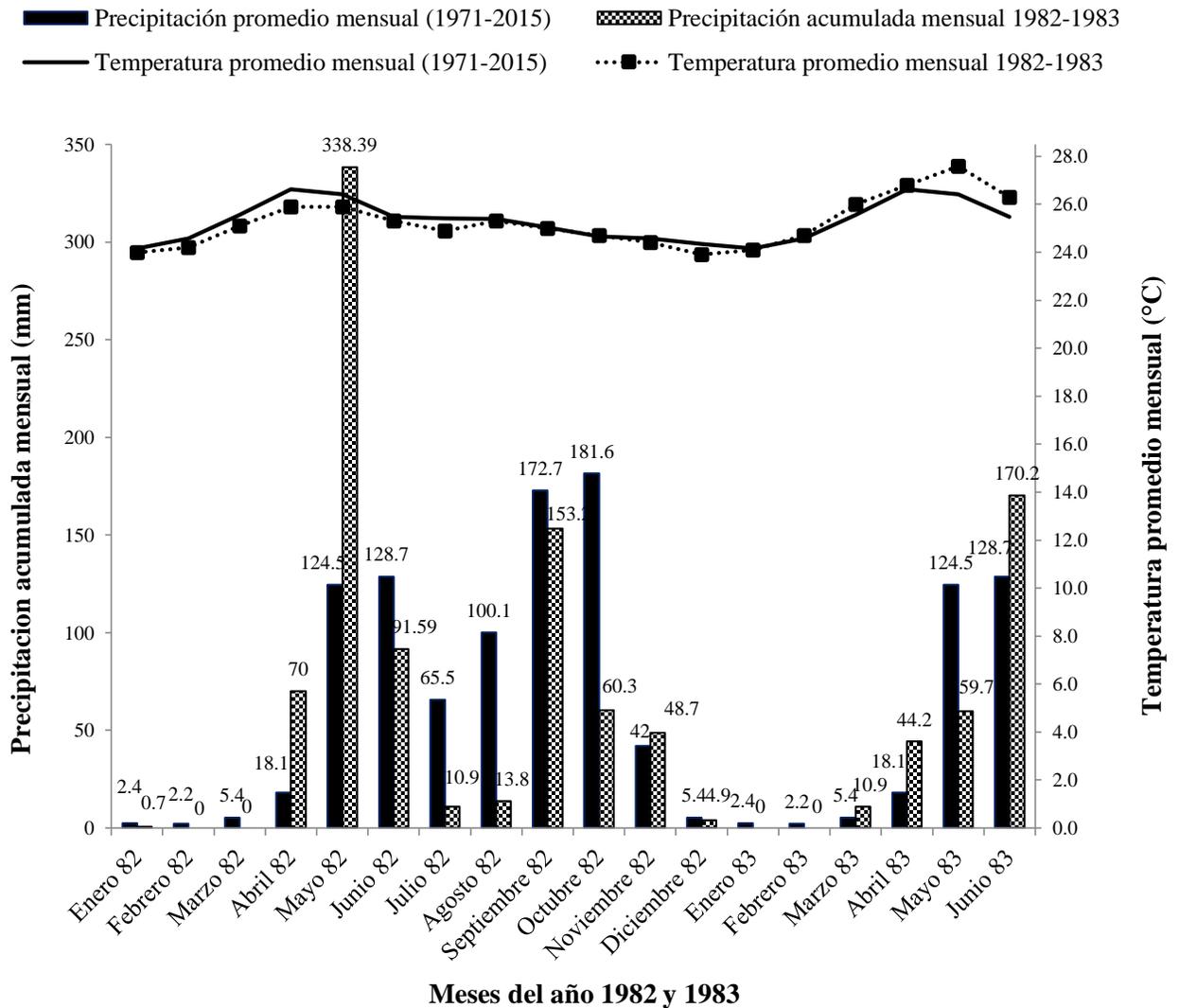


Figura 6. Comparación de la precipitación y la temperatura del periodo 1971-2015 con las del evento el Niño muy fuerte de 1982 hasta junio del 1983.

De mayo de 1997 a mayo de 1998 sobrevino un segundo evento hidrometeorológico El Niño, muy fuerte (NOAA, 2022). En 1987, se cuantificó un total de 804.7 mm de precipitación, que representa una reducción del 5.2% referente a la determinada en el periodo histórico de referencia (Figura 7).

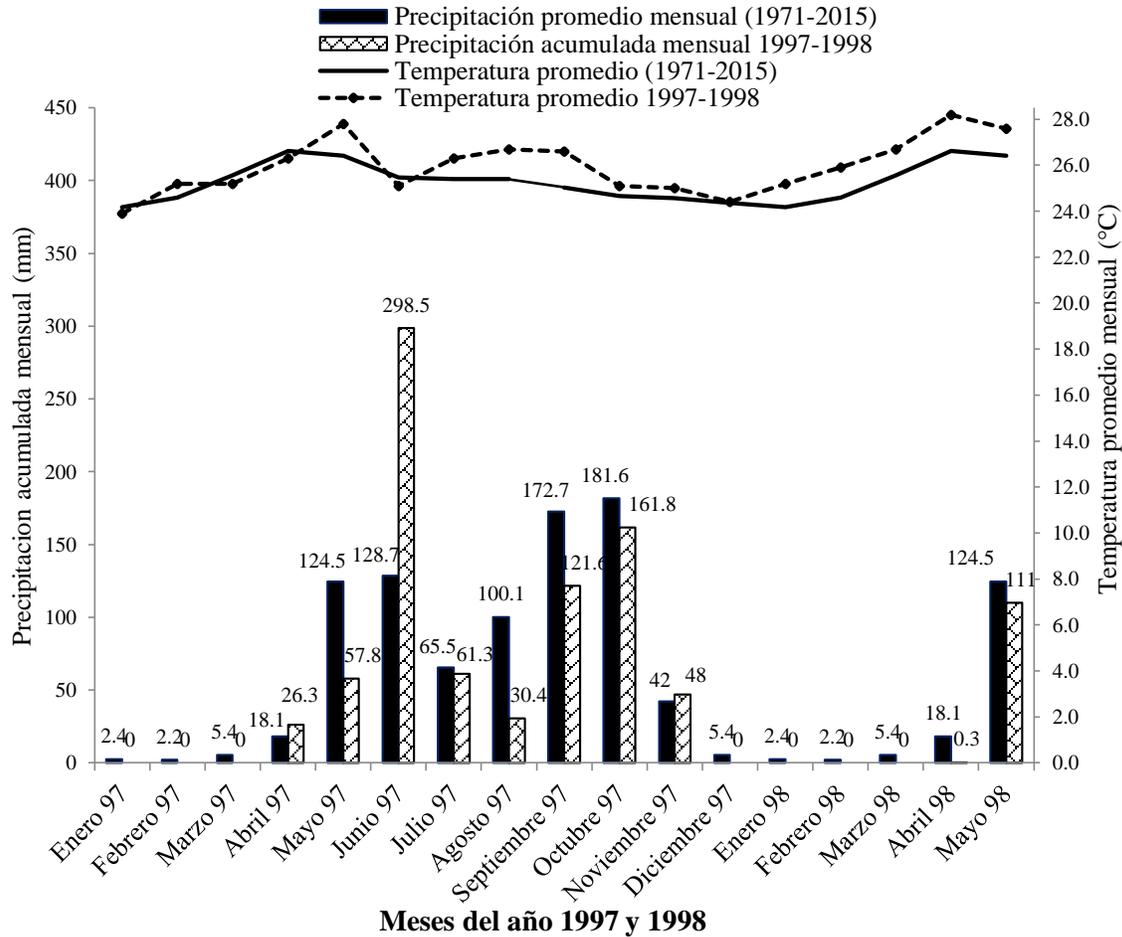


Figura7. Comparación de la precipitación y la temperatura del periodo 1971-2015 con las del evento El Niño muy fuerte de 1997 a mayo del 1998.

En el primer sub periodo lluvioso (Mayo a julio) de 1997, las precipitaciones alcanzaron un valor de 440.9 mm, que significa un incremento del 24% referente al acumulado histórico (1971 al 2015) en ese sub periodo con 336.8 mm. Este incremento de las precipitaciones durante el primer sub periodo lluvioso de 1987 se atribuye a dos eventos hidrometeorológicos, en abril (Depresión tropical: 26.3 mm) y junio (Tormenta tropical Andrés con 298.9 mm), respectivamente. En el segundo sub periodo lluvioso (Julio a septiembre) de 1997, se registró un acumulado de precipitación de 313.8 mm, que significa una reducción del 31% respecto al histórico de referencia. Durante este segundo sub periodo lluvioso de 1997, no acontecieron eventos hidrometeorológicos que superaran marcadamente a los promedios históricos mensuales, como se constató en junio de este año, que superó al

histórico de ese mes en 131.9%. Estos resultados demuestran que este evento climático El Niño muy fuerte afectó más a las precipitaciones durante la época de postrera de 1997, cuya reducción asciende a al 31%. En los primeros cinco meses de 1998 no ocurrieron eventos hidrológicos extremos, cuyo acumulado de las precipitaciones mensuales es inferior en 41.3 mm referente al acumulado histórico de referencia en estos meses.

En 1997, se constató un incremento de 0.4 grados Celsius de la temperatura promedio anual del aire (Figura 7), que está acorde a lo reportado que durante eventos climáticos El Niño que la temperatura del aire tiende a incrementar. El promedio anual del periodo 1971 al 2015 es de 25.2 grados Celsius, mientras que este, en el año 1997, alcanzó un valor de 25.6 grados Celsius. En el periodo de 1971 al 2015, las temperatura promedio mensual oscilaron entre 24.2 y 26.6 grados Celsius. En 1982, esta varió de 23.9 a 26.6 (Figura 5). De enero a mayo de 1998, los promedios registrados durante ese lapso de tiempo fueron superiores a los históricos de referencia. Los registros demuestran que el incremento de la temperatura promedio mensual, en ese periodo de tiempo, osciló entre 0.6 y 1.2 grados Celsius, que se pueden considerar como meses más calurosos de lo normal durante.

De enero del 2015 hasta abril del 2016 acaeció el tercer evento climático El Niño, muy fuerte (NOAA, 2022). En el año 2015, se registraron 810.9 mm de precipitación, que representa una reducción del 4.5% en comparación con el acumulado histórico de 1971 al 2015 (Figura 8). En este año, en el primer sub periodo lluvioso, se cuantificó una precipitación acumulada de 249.9 mm, que representa una reducción del 21.6% respecto al histórico de referencia (1971 al 2015) con 318.7 mm. Esta reducción de las precipitaciones en este sub periodo de siembra puede afectar la productividad, rendimiento y producción de cultivos anuales como el maíz.

En el segundo sub periodo lluvioso se determinó una precipitación acumulada de 440 mm, que es inferior en 3% al acumulado de las precipitaciones referente al normal (454.4 mm). Solamente, en el mes de junio (157.2 mm) del 2015, las precipitaciones superaron, a las registradas en esos mismos meses del periodo 1971 al 2015, en 28.5 mm (Figura 6). Esto se

atribuye al desplazamiento de ondas tropicales que contribuyen a generar abundante nubosidad y precipitaciones dispersas en el territorio.

En el año 2015, se constató un incremento de la temperatura promedio anual del aire en 0.7 grados Celsius, en comparación al promedio anual determinado del periodo 1997 al 2015 (25.2 grados Celsius). En este último año, la temperatura promedio anual del aire alcanzó un valor de 25.39 grados Celsius y varió entre 24.2 a 26.6 grado, mientras que en el año 2015, esta osciló entre 25.1 a 27.0 grados Celsius (Figura 8).

No existen registros de la humedad relativa del aire (%) del año 1982 y 1983, por lo que solo se analiza la dinámica del promedio de la humedad relativa del aire mensual durante el periodo de cada evento El Niño muy fuerte. El promedio anual de la humedad relativa del aire del periodo de 1971 al 2015 es superior al registrado en los años 1997 y 2015, que significa que durante un evento climático El Niño muy fuerte, el promedio anual de la humedad relativa tiende a disminuir. El promedio de esta variable climática del periodo 1997 al 2015 ascendió a 73.7%, mientras que el de los años 1997 y 2015, este se determinó en 69.4% y 70.15%, respectivamente. Durante el periodo 1997 al 2015, el promedio mensual de la humedad relativa osciló entre 64.7% y 83.3% (Figura 9). En 1997, el promedio mensual de esta variable climática varió de 58.4% a 80.9%, y en 2015, los valores promedio mensuales de la humedad relativa del aire se encuentran en un rango de 61.1% al 79.3% (Figura 7). La disminución de la humedad relativa del aire combinada con un incremento de temperatura del aire durante un evento El Niño muy fuerte puede incrementar la evapotranspiración de los vegetales, que con una reducción de las precipitaciones durante el periodo lluvioso, se incrementa el estrés de los vegetales, si existe déficit hídrico.

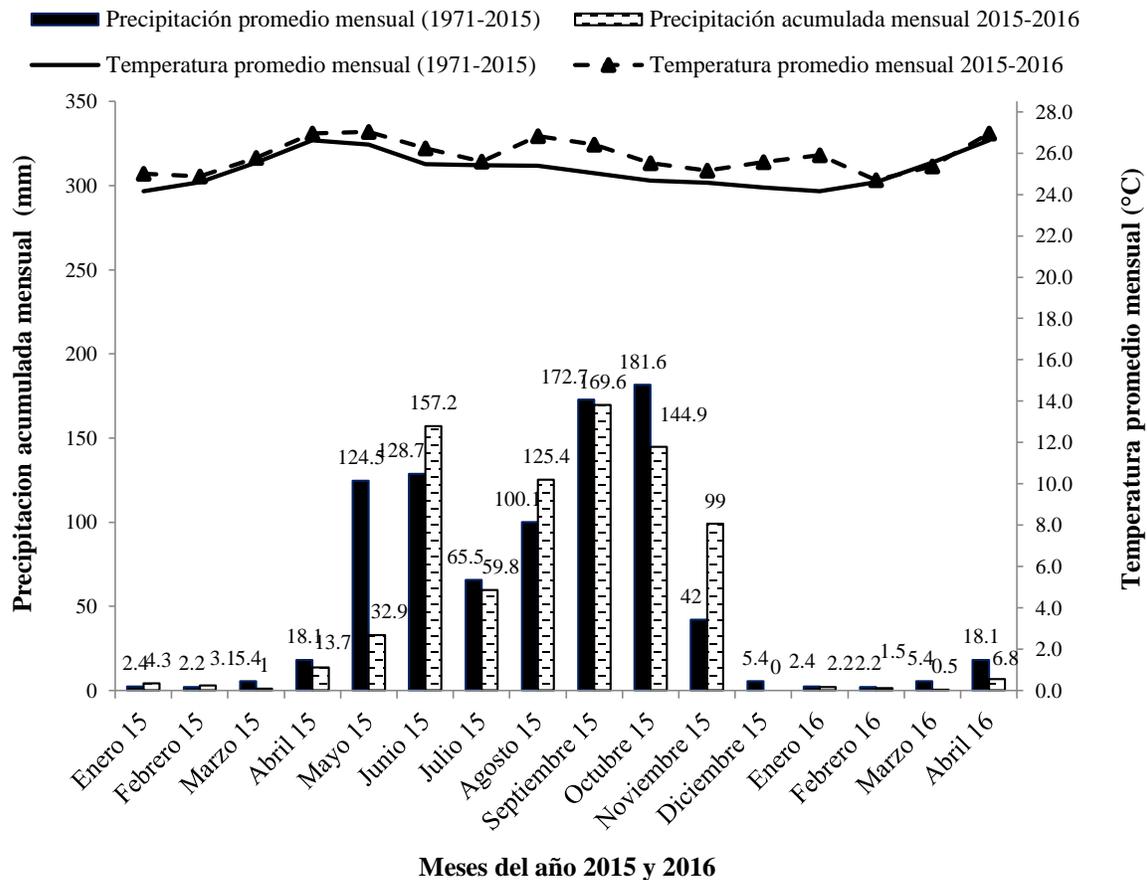


Figura 8. Comparación de la precipitación y la temperatura del periodo 1971-2015 con las del evento El Niño muy fuerte de 2015 a abril del 2016.

En síntesis, los resultados de la estación pluviométrica ubicada en Ciudad Darío demuestran, que el evento El Niño muy fuerte causa una reducción de las precipitaciones y humedad relativa del aire e incrementa la temperatura del aire, si no se presentan eventos hidroclimáticos extremos, durante el periodo lluvioso, como huracanes o tormentas tropicales. Estos huracanes o tormentas tropicales traen consigo abundantes precipitaciones, que también, causan mucho daño.

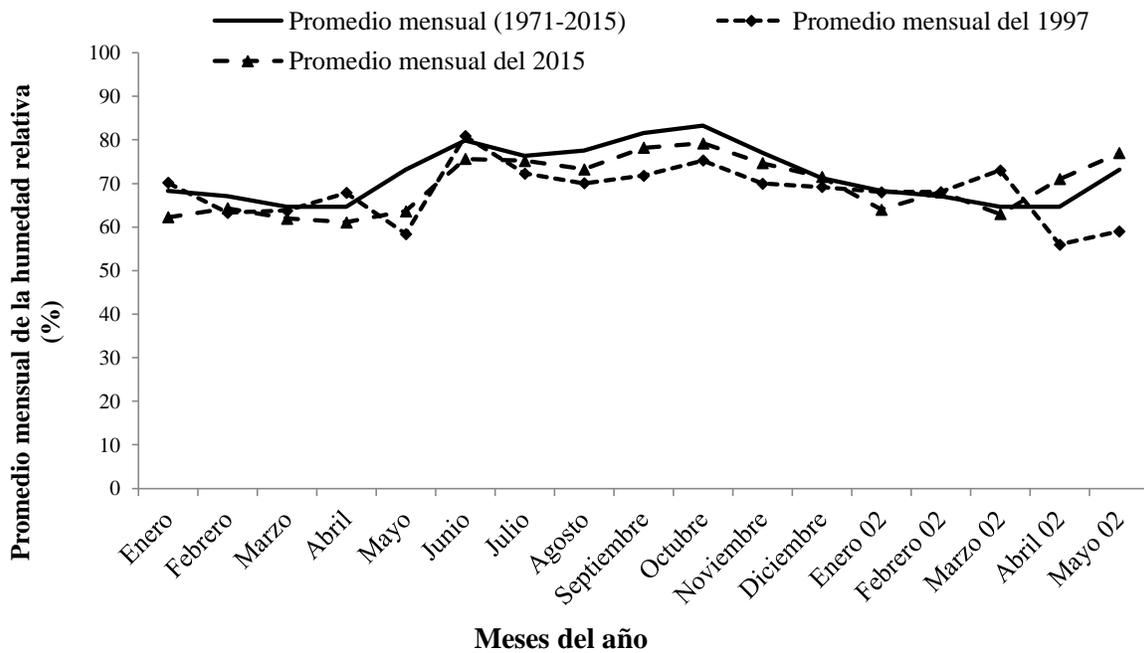


Figura 9. Comparación de los promedios porcentuales mensuales de la humedad relativa del aire del periodo 1971-2015 con los del evento El Niño muy fuerte de 1997-1998 y 2015-2016, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.

3.2. Posibles afectaciones de las fases y etapas del ciclo biológico del cultivo del maíz de secano durante un evento El Niño muy fuerte

Los investigadores han normalizado el ciclo biológico del cultivo del maíz con sus respectivas fases y etapas. Este se divide en dos fases: vegetativa (V) y reproductiva (R) y cada una estas se subdividen en dos etapas. La primera fase (V) abarca las etapas del crecimiento de las plántulas (etapas VE y V1) y del crecimiento vegetativo (etapas V2, V3,...Vn) y la segunda fase (R) las etapas de floración y fecundación (etapas VT, R0 y R1), y la del llenado del grano y la madurez (etapas R2 a R6) (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México [CONACYT, 2022]). Este ciclo biológico puede verse afectado por el cambio de temperatura y precipitación ocasionadas por el cambio climático (Granados Ramírez y Sarabia Rodríguez, 2013).

Según el manual del protagonista de granos básicos del Instituto Nacional Tecnológico (INATEC, 2018), el cultivo del maíz demanda requerimientos edafoclimáticos, que favorezcan un buen crecimiento y desarrollo de la planta. Se desarrolla bien en suelos franco, franco arenoso y arenoso, cuyo pH varíe entre 6 y 7.5. La temperatura debe oscilar entre 19 y 27 grados Celsius. Esta Poaceae se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 1000 metros de altitud, cuyo rango óptimo oscila entre 200 y 800 metros sobre el nivel del mar. La cantidad de precipitación durante la época de siembra puede ser de 500 a 1000 mm, cuyo óptimo es de 700 a 850 mm.

Cruz, (2013) reporta que “el agua en forma de lluvia es necesaria y benéfica ya que en ciertas ocasiones existe un control de plagas en forma natural, sobre todo cuando la planta está en el período de crecimiento”. Este mismo autor afirma que las necesidades hídricas del maíz dependen de la etapa en la que se encuentre la plantación. Durante la etapa de crecimiento de las plántulas se requiere menor cantidad de agua. En la etapa de crecimiento vegetativo se requiere una mayor cantidad de este vital líquido. La fase de floración y fecundación es crítica porque de ella depende el llenado del grano y la cantidad de producción. En la etapa del llenado del grano y la madurez demanda una menor cantidad de agua.

Los cultivares mejorados de maíz (variedades e híbridos) que se establecen en nuestro país son precoces (90 a 95 días) e intermedios (110 a 115 días). La variedad NB S es precoz, florece a los 50 días después de la siembra (dds), su madurez fisiológica la alcanza entre los 90 y 95 dds y se recomienda para las zonas secas de nuestro país (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2009). Los agricultores de Ciudad Darío cultivan esta variedad en la época de primera y/o postrera.

La necesidad hídrica del cultivo del maíz se estimó con los datos de la estación meteorológica de Ciudad Darío (Cuadro 1), que comprende las épocas de siembra durante el evento climático El Niño muy fuerte 1982-1983 y 1997-1998. Esta estación meteorológica no cuenta con toda la información respectiva para calcular la necesidad hídrica del cultivo del maíz durante el evento climático El Niño 2015-2016, por lo que solo se analizan las épocas correspondientes a los dos primeros eventos El Niño muy fuerte. Durante El Niño muy fuerte 1982-1983, se establecieron parcelas con maíz en la época de primera y postrera de 1982 y en la primera del año 1983; mientras que en El Niño muy fuerte de 1997-1998, solo se cultivaron parcela con maíz en la época de primera y postrera de 1997, dado que este evento climático finalizó en mayo de 1998, que es cuando se inicia la época de primera de ese año.

A nivel nacional, la principal época de siembra del cultivo del maíz es la primera, cuya producción representa, al menos, el 60% de esta (Castillo Cajina y Bird Moreno, 2013, Fundación Nicaragüenses para el Desarrollo Económico y Social [FUNIDES], 2014). Es recomendable que los agricultores esperen el establecimiento del periodo lluvioso en el mes de mayo, para que las siembras de esta Poaceae se realicen durante el decenio 15 (Del 20 al 31 de mayo).

En la época de primera de 1982, en el decenio 15, toda la zona del Pacífico fue fuertemente afectada por la tormenta tropical Aletta, fenómeno hidrometeorológico que trajo consigo intensas precipitaciones, muy frecuentes y duraderas, que ocasionó daños importantes a las plantaciones de maíz recién establecidas y al suelo. En los suelos sobre saturados de agua se impide la entrada de oxígeno al sistema radical de las plantas de maíz, que les puede causar la muerte, si el estado de sobre saturación hídrica es muy prolongado. Otros efectos adversos

de este fenómeno hidrometeorológico es que la erosión hídrica y escorrentías que provoca acama y/o arrastra las plantas de maíz, disminuye su población por unidad de superficie (Plantas ha^{-1}), degrada los suelos, reduce la calidad y salud de estos, incrementa su vulnerabilidad agroambiental, y desfavorece la capacidad de resiliencia de las plantaciones de maíz ante este evento hidrometeorológico. Viguera et al. (2017) reporta que “los cambios en estacionalidad, intensidad, frecuencia y duración de los eventos climáticos (Huracanes y tormentas tropicales) y las condiciones ambientales podría ocasionar pérdidas importantes en la producción de granos básicos” (p, 20). En el decenio 16 se presentó un mínimo déficit hídrico (4 mm) durante la etapa de crecimiento de las plántulas de maíz, que fueron muy dañadas por los efectos de la tormenta tropical Alletta, en el decenio anterior, y es muy probable que no se recuperaron.

En los decenios del 18 al 24 se constató un déficit hídrico que afectó el crecimiento vegetativo y el proceso de floración, fecundación, del llenado del grano y la madurez fisiológica de las plántulas sobrevivientes (Cuadro 1). Los efectos adversos a las plantaciones de maíz provocados por Aletta y las condiciones de déficit hídrico de la etapa de crecimiento vegetativo y durante toda la fase reproductiva, el rendimiento del maíz por unidad de superficie (kg ha^{-1}) y la producción (t ha^{-1}) de maíz, en estas comunidades de Ciudad Darío, se afectaron drásticamente. Viguera et al. (2017) afirma que si es afectada la floración y la polinización del maíz la fructificación se puede reducir hasta un 90%. A nivel nacional, la tormenta tropical Aletta destruyó el 60% del área establecida con maíz (Saskatchewan, 1982).

En la época de primera de 1983, las precipitaciones garantizaron agua, en suficiente cantidad, para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo del maíz durante la etapa de crecimiento de sus plántulas (Cuadro 1). Las precipitaciones del decenio 18 al 24 no garantizaron la humedad en el suelo para que las plántulas de maíz crecieran vegetativamente bien, y se desarrollaran adecuadamente durante las etapas de la fase reproductiva del maíz, hecho que afecta drásticamente el rendimiento por unidad de superficie (t ha^{-1}) y por ende la producción de maíz (t ha^{-1}) en estos poblados. Este acontecimiento es muy similar durante la época de primera de 1997 (Cuadro1). Según Long et al. (2006), la principal consecuencia del cambio

climático sobre la agricultura, son los efectos directos sobre los procesos fisiológicos de las plantas, que genera impactos sobre el crecimiento, desarrollo y producción vegetal.

En síntesis, en estos poblados de Ciudad Darío, las precipitaciones desde el decenio 18 al 24 no satisficieron las necesidades hídricas para garantizar un buen crecimiento vegetativo de las plantas de maíz y garantizar una buena floración, fecundación y llenado del grano, que mermó drásticamente el rendimiento del maíz por unidad de superficie ($t\ ha^{-1}$) y por ende su producción ($t\ ha^{-1}$), en la época de primera de 1982, 1983 y 1997.

La producción de maíz en la época de postrera representa el 25.3% de la nacional (Castillo Cajina y Bird Moreno, 2013). Es recomendable que las plantaciones de maíz con la variedad NB S se establecen, en esta época de siembra, posterior a la canícula, durante el decenio 24 y a más tardar en el 25. En los decenios 24 y 25 de la época de postrera de 1982, se presentó un déficit hídrico (Cuadro 1), que difícilmente las semillas de maíz germinarían, dado que, también, en seis decenios anteriores (18 al 23) reinó un déficit hídrico. Según Viguera et al. (2017), existe una alta mortalidad de plantas de maíz, si la germinación e inicio del crecimiento vegetativo coincide con un déficit de precipitación. En los decenios 26 y 27, las precipitaciones garantizaron, tardíamente, las necesidades hídricas del maíz, pero el periodo de siembra de esta Poaceae, en esta época de siembra, prácticamente, había concluido. Del decenio 28 al 33 reinó un déficit hídrico perjudicando toda la fase reproductiva, por la que difícilmente, los agricultores realizaron la cosecha.

En la época de postrera de 1997, las siembras de maíz durante el decenio 24 pudieron germinar porque no se presentó un déficit hídrico en ese decenio (Cuadro 1). Veinte días posteriores (Decenios 25 y 26), las precipitaciones no garantizaron la humedad requerida para que las plántulas recién germinadas crecieran bien, hecho que pudo haber afectado a la población del maíz por unidad de superficie ($plantas\ ha^{-1}$). Las plántulas sobrevivientes gozaron de la humedad suficiente para completar su crecimiento vegetativo, porque no existió déficit hídrico del decenio 27 al 29. En los cuatro decenios posteriores (Decenio 30 al 33) se constató una fuerte sequía que afectó muy negativamente toda la fase reproductiva. Una vez más en esta época de siembra la siega del maíz no se garantizó.

Estos resultados demuestran que la fase reproductiva del maíz durante la época de postrera de 1982 y 1987 se afectó muy severamente, que reduce el rendimiento del maíz por unidad de superficie ($t\ ha^{-1}$) y por ende su producción ($t\ ha^{-1}$) en estos poblados del municipio de Ciudad Darío.

Cuadro 1. Necesidades hídricas del cultivo (NHc) del maíz en sus respectivas fases y atapas fenológicas en la época de siembra de primera y postrera durante el evento El Niño muy fuerte en Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua

Periodo	Meses	Mayo			Junio			Julio			Agosto			Septiembre			Octubre			Noviembre			Diciembre					
		Decenios	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
1982-	pp (mm)	-	-	303	12	77	3	8	1	2	3	11	0															
	NHc (mm)	-	-	15	16	21	54	53	52	55	56	50	50															
1983	pp (mm)	-	-	57	39	129	2	16	2	3.5	32	0	6															
	NHc (mm)	-	-	17.8	16.3	22.6	62.2	57.2	57.6	57.3	59.7	54.8	51.1															
1997	pp (mm)			14	250	33	16	7	3	52	0	4	26															
	NHc (mm)			18	17	22	57	56	56	59	57	50	56															
Etapas fenológicas del maíz				Crecimiento de las plántulas			Crecimiento vegetativo			Floración y fecundación			Llenado del grano y la madurez															
Fases fenológicas del maíz				Vegetativa (V)						Reproductiva (V)																		
Épocas de siembra				Primera																								
1982	pp (mm)													0	5	31	117	19	42	0	49	0	0					
	NHc (mm)													14.3	14.2	18.4	52.5	46.7	45.2	44.6	42.7	37.9	38.1					
1997	pp (mm)													26	0	17	104	67	95	0	1	33	12.5					
	NHc (mm)													16.1	15.7	20.8	55.3	47.7	47	45	47	39.3	36.3					
Etapas fenológicas del maíz							Crecimiento de las plántulas			Crecimiento vegetativo			Floración y fecundación			Llenado del grano y la madurez												
Fases fenológicas del maíz							Vegetativa (V)						Reproductiva (V)															
Épocas de siembra							Postrera																					

3.3. Consecuencias ambientales y socioeconómicas en la producción de maíz de secano durante evento El Niño muy fuerte

Según el Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE] y el Ministerio Agropecuario y Forestal [MAGFOR], (2013), en el municipio de Ciudad Darío, las actividades agrícolas se desarrollan en el 55% (235,900.2 ha) de su territorio, en el cual se establecen 2,432.5 ha de maíz, cuya área es superior a la establecida con frijol (1,903 ha), arroz de riego (2,064 ha) y sorgo (1,045 ha). En este municipio existen 2,961 agroecosistemas y en el 95.6% (2,830) de estos se establecen parcelas con maíz, que significa que de cada uno de estos agroecosistema depende una familia campesina. Si se divide el número de hectáreas establecidas con maíz en el municipio (2,432.5 ha) entre el total de agroecosistemas o familias agricultoras que siembran maíz (2,830), el cociente es 0.86 ha por agroecosistema, que demuestra que es una especie cultivada por pequeñas familias agricultoras, cuya producción generalmente la destinan para el autoconsumo familiar y de los animales de crianza, y el excedente lo comercializan entre los comunitarios o en los mercados departamentales y/o nacionales.

Característica de las zonas secas de nuestro país, como el municipio de Ciudad Darío, es que poseen suelos superficiales, pedregosos, con afloraciones rocosas, muy permeables, pendiente ondulada, a ligeramente escarpada o escarpada, con depósitos de agua subterránea muy pobres y profundos (Bendaña García, 2012). Este escenario edáfico, aunado a las consecuencias agroambientales y socioeconómicas de la producción de maíz durante un evento El Niño muy fuerte, agudiza la vulnerabilidad de las comunidades de Ciudad Darío, las familias agricultoras (2,830) y de sus agroecosistemas en los que cultivan maíz. INAFOR (2019) reporta que en este municipio existen 153 comunidades y caseríos y una población de 64,000 habitantes.

Cultivar maíz, en el periodo lluvioso de un evento El Niño muy fuerte, tiene consecuencias agroambientales y socioeconómicas, que pueden ser catastróficas, principalmente en los municipios del corredor seco, como Ciudad Darío. Las consecuencias agroambientales a raíz de un evento El Niño muy fuerte en los agroecosistemas donde se establecen parcelas con maíz consisten en que los excesos de precipitaciones causadas por tormentas tropicales (Aletta) o depresiones tropicales

propician la erosión hídrica del suelo, que afecta negativamente sus características físicas, químicas y biológicas; y por ende su salud, calidad y fertilidad. Por otra parte, los periodos prolongados de sequía disminuyen la producción de biomasa de los vegetales que crecen y se cultivan en esos agroecosistemas y por consiguiente, se reducen los rendimientos de las plantaciones de maíz. Otra externalidad negativa de la sequía en los agroecosistemas donde se cultiva maíz radica en que, por lo general, en estos no solamente se cultiva esta Poaceae, crecen otras plantas no cultivadas y cultivadas, se crían animales (Gallinas, chumpipes, cerdos, perros, gatos, ganado bovino y equinos) y son refugios de animales silvestres (Aves, iguanas o garrobos, culebras, etc) y organismos edáficos (Lombrices de tierra, insectos, arañas, alacranes, babosas, etc), que son afectados desde el punto de vista de la nutrición vegetal y animal, se reduce la calidad del paisaje de estos agroecosistemas, se afecta la biodiversidad de los agroecosistemas; y la disponibilidad de agua durante el periodo seco, dado que estas se profundizan en muchos de estos agroecosistemas se abastecen de agua de pozo.

Las consecuencias socioeconómicas de cultivar maíz en el periodo lluvioso de un evento El Niño muy fuerte se relacionan con la afectación a su productividad o rendimiento por unidad de superficie (kg ha^{-1}) y a la producción (t año^{-1}) en el municipio. Según López González (2017), Nicaragua es el segundo país productor de Centro América de maíz (22.3%), distinción otorgada por el incremento de la frontera agrícola, y no por un adecuado manejo agronómico de esta especie vegetal. De acuerdo con Avilés Peralta et al. (2021), el maíz forma parte de los 54 bienes y servicios de la canasta básica nicaragüense, es vital para la alimentación de muchas familias en el país y está en manos mayormente de pequeños productores, cuyas actividades económicas relacionadas a su producción y comercialización aporta al Producto Interno Bruto (PIB). Según las Naciones Unidas (2013), la aportación calórica del maíz como parte de la ingesta nicaragüense es de 25%, que supera a las aportaciones energéticas de arroz (16%) y de frijol (9%).

La variedad NB S se cultiva en Ciudad Darío en la época de primera y/o postrera, cuyo potencial de rendimiento oscila entre 2,588 a 3,227 kg ha^{-1} (INTA, 2009). Si se multiplica este rendimiento potencial por unidad de superficie (ha) con el área cultivada de maíz (2,432.5 ha) en el municipio, la producción potencial de este oscilaría entre 6,295 y 7,850

tonelada por año, que garantizaría al menos 98.3 kg de maíz por habitante por año y un máximo de 122.7 kg por habitante por año. Este rendimiento potencial está determinado por factores fijos y variables. Entre los primeros se consideran a la disponibilidad de luz y anhídrido carbónico, duración de estación de cultivos y suelos. Prácticas agronómicas como riego, fertilización, manejo de arvense y la selección del cultivar constituyen los factores variables (Bartolini, 1990, citado por Castillo Cajina y Bird Moreno, 2017). A estos factores hay que adicionarle las externalidades negativas del evento El Niño muy fuerte referente a los perjuicios en diferentes etapas fenológicas de esta Poaceae y en los suelos de estos agroecosistemas, que se refleja en la reducción de ese rendimiento potencial.

Estas son las razones que explican que el rendimiento del maíz en nuestro país sea el más bajo de la región centroamericana. Del periodo 2001 al 2012, Nicaragua reportó los menores rendimientos de maíz de centro América, que no superaron los 1,100 kg ha⁻¹ (López-González, 2017). En la época de primera el rendimiento promedio nacional es de 1,229 kg ha⁻¹ (19.1 quintales por manzana), mientras que, en Matagalpa, en esta misma época de siembra, este asciende a 1,074 kg ha⁻¹ (16.6 quintales por manzana) (Castillo Cajina y Bird Moreno, 2017). A Nivel experimental, en las comunidades de Dulce Nombre de Jesús de Arriba y El Rincón del Diablo que se localizan en el municipio de Ciudad Darío se determinaron rendimientos de la Variedad NB S de 1,989.0 y 1,128.8 kg ha⁻¹, respectivamente (Moraga Quezada, 2021). También, a nivel experimental, durante la época de postrera, en la comunidad Dulce Nombre de Jesús se determinó un rendimiento de 264.65 kg ha⁻¹ de la variedad NB S (Gutiérrez Melgara y Machado Salgado, 2012), que es muy bajo.

Este análisis conduce a afirmar que los rendimientos del maíz (kg ha⁻¹) y la producción (t ha⁻¹) en el municipio de Ciudad Darío se merman, no solo por el detrimento en diferentes etapas de desarrollo del maíz provocado por déficit hídrico, en cada época de siembra durante un evento El Niño muy fuerte, sí no por la vulnerabilidad agroambiental de sus suelos y un deficiente manejo agronómico. Esta pérdida del rendimiento en los agroecosistema donde se cultiva esta Poaceae contribuye al empobrecimiento de las 2,830 familias agricultoras de este municipio que cultivan maíz, incrementa la inseguridad alimentaria de sus 64,000 habitantes que conviven en 153 comunidades y caseríos, y

deteriora la salud de las familias agricultoras y de sus poblaciones, reduce la disponibilidad de agua durante el periodo seco (Diciembre-abril) y de alimentos de origen vegetal y animal, dado que los granos de maíz y el rastrojo, también, nutren a los animales de crianza, que posteriormente abastecen a las familias agricultoras y los comunitarios con huevos, carne y/o leche.

3.4. Tecnologías y prácticas agroecológicas para la reconversión de los agroecosistemas en los que se cultiva maíz de secano

En el municipio de Ciudad Darío existen cuatro zonas muy diferentes para las actividades agrícolas y pecuarias. Las primeras se desarrollan en la zona alta en la que predomina una agricultura campesina de subsistencia, la zona de laderas secas en la que se practica la agricultura campesina de subsistencia y minifundios semi proletarizado y la zona de llanos y vegas fértiles de riego semi-intensivo, con una subzona campesina y otra empresarial (Figura 2). Las actividades pecuarias se desarrollan en la zona de planicie seca, en la que prevalecen latifundios ganaderos (Dietsch y Novoa 2010). Los agroecosistemas, en los que se cultiva maíz de secano se localizan en la zona alta y de laderas secas. En ambas zonas, se practica la agricultura campesina de subsistencia. Arnés Prieto et al. (2013) destacan que las finalidades de la agricultura de subsistencia son: el autoconsumo, uso de pocos insumos y comercialización de los excedentes. En los países subdesarrollados este tipo de agricultura es sinónimo de agricultura familiar, que de acuerdo con el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2015) existen tres tipologías: 1) familiar de subsistencia, 2) familiar intermedia o en transición y 3) familiar excedentaria o comercial. En la primera tipología predomina la producción para el autoconsumo, en la que los recursos como la tierra, la tecnología y la renta monetaria son insuficientes para garantizar la subsistencia de las familias, en la segunda se incluyen familias campesinas con un acceso considerable a recursos y cuya producción se orienta tanto al autoconsumo como al mercado y en la tercera el destino de la producción es para los mercados y se dispone de un gran potencial de recursos productivos y bienes de consumo, suficientes para garantizar la subsistencia de la familia. En base en la nomenclatura del IICA (2015), las familias campesinas que cultivan en sus agroecosistemas maíz de secano, en el municipio de Ciudad Darío, corresponden a las primeras dos tipologías.

En América latina, se están promoviendo varias opciones para adaptar la agricultura al cambio climático. En seminarios y conferencias sobre agrobiodiversidad, agricultura familiar y cambio climático se plantearon las siguientes opciones: manejo del riesgo climático, rescate de los conocimientos tradicionales y la diversificación productiva, la agricultura orgánica, bioenergías, manejo integrado del agua, manejo genético y

diversidad genética y adaptación basada en ecosistemas (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2016). Por otra parte, FAO (2018) reconoce a la agroecología como otra opción por los beneficios que esta ofrece:

Aumento de la seguridad alimentaria y la resiliencia, la mejora de los medios de vida y las economías locales, la diversificación de la producción alimentaria y las dietas, la promoción de la salud y la nutrición, la protección de los recursos naturales y la diversidad biológica, la adaptación al cambio climático y su mitigación, la conservación de las culturas locales y los conocimientos tradicionales. (p. 1)

Esta opción transforma radicalmente el sistemas alimentario predominante (Revolución verde), donde “se deben cambiar todos los componentes del sistema alimentario, desde las semillas y los suelos hasta la mesa del consumidor” (Gliessman, 2017, p. 1). Esta opción es liderada por:

Movimientos sociales rurales que valoran el legado de la agricultura tradicional, la cual, a través de la innovación campesina e indígena, ha sido capaz de enfrentar la variabilidad climática por siglos por lo que representa un patrimonio humano de principios de resiliencia, claves para diseñar una nueva agricultura capaz de enfrentar el cambio climático. (Altieri y Nicholls, 2018, p. 235)

En nuestro país existe un movimiento social (Movimiento de Productoras y Productores Agroecológico y Orgánicos de Nicaragua [MAONIC]), organizaciones de productores (Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos de Nicaragua [UNAG]), Universidades y Organismos no Gubernamentales que han fomentado y fomentan la agroecología porque contribuye a la implementación de la Agenda 2030, y a hacer realidad los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), principalmente el dos, que consiste en “poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible” y el ODS 13, que manda a “adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”.

En esta última opción convergen “la ciencia, un conjunto de tecnología y prácticas y los movimientos sociales” (Wezel et al., 2009). Salazar Centeno (2021b) constató que en Nicaragua se promueve de larga data y se fomenta la agroecología como un paradigma,

integrando sus tres componentes (ciencia, conjuntos de tecnologías y prácticas, y movimientos sociales) lo realizan desde cinco enfoques: 1) Fitomejoramiento participativo, 2) Salud del suelo y la sostenibilidad de la agricultura, 3) Contribución de la diversidad entomológica, incluidos los polinizadores en los sistemas de producción de alimentos, 4) Biodiversidad y los servicios ecosistémicos de los paisajes agrícolas y 5) reducción de insumos externos; e integran las dimensiones de la sostenibilidad: 1) La ecológica y técnica agronómica, 2) La socio económica, y 3) La sociocultural y política. (p. 39)

Adicionalmente, el país cuenta con una red de 2, 150 promotores agroecológicos (Valverde Luna, 2021) y MAONIC (2013) ha divulgado el marco jurídico para la producción agroecológica (Ley 765: ley de fomento a la producción agroecológica u orgánica, y su reglamento, y la norma técnica obligatoria nicaragüense: caracterización, regulación y certificación de unidades de producción agroecológica (NTON 11-037-12)) y actualmente está en proceso de aprobación la política agroecológica.

Salazar Centeno (2021a) enfatiza que:

La estrategia de gestión en los agroecosistemas debe cimentarse en la protección, conservación, mejora y restauración de los recursos naturales renovable (Agua y biodiversidad) y no renovables (suelo) de los que depende la agricultura y la sociedad. Para esto es fundamental, que se realicen obras de conservación del suelo y del agua, y que los organismos productores (plantas cultivadas y no cultivadas) de los agroecosistemas aprovechen lo más eficientemente la energía solar (luz), el agua del suelo y el dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera para que liberen oxígeno (O₂) al aire y produzcan la mayor cantidad de fitomasa para que, siempre, el suelo esté protegido o cubierto de fitomasa viva y/o muerta, porque está activa positivamente todas las cadenas tróficas al exterior e interior del suelo (...), para lo cual es *sine que non* que los diseños y manejos de la

biodiversidad sean complejos o altamente complejos acorde a las condiciones edafoclimáticas. (p. 144)

Este autor afirma que los “agroecosistemas con diseños y manejos de la biodiversidad complejos o altamente complejos son “muy diversos, sinérgicos, multifuncionales, más eficientes, productivos, estables, resilientes y autorregulados; y menos dependientes de insumos externos” (p. 145). Calvo Reyes (2022) manifiesta que “en Nicaragua, la práctica e innovaciones agroecológicas han permitido que las familias campesinas amplíen y diversifiquen su producción de alimentos como bases fundamentales de la soberanía y seguridad alimentaria” (p 39).

En la literatura se han reportado prácticas y tecnologías agroecológicas que se adaptan a la agricultura familiar campesina, en condiciones no muy favorable, generalmente en agroecosistemas secos, contribuyen a la adaptación (A) y mitigación (M) del cambio climático y responden a diferentes estrategias como: cultivo de variedades locales, adición de materia orgánica al suelo, activación de la biodiversidad edáfica, cobertura de suelo, diversificación de la biodiversidad productiva vegetal y animal, biodiversidad auxiliar y asociada. Se propone que estas prácticas y tecnologías agroecológicas (Cuadro 2) se deben implementar paulatinamente en los agroecosistemas de Ciudad Darío para la reconversión de los agroecosistemas en los que se cultiva maíz de secano, donde prevalecen la agricultura familiar de subsistencia (AFS) y la familiar intermedia o en transición (AI/T). El propósito es rediseñar estos agroecosistemas en base a un diagnóstico para que su biodiversidad sea compleja o altamente compleja (Vázquez Moreno, 2013), que requiere “voluntad para trabajar, cambiar de actitud, invertir en la propiedad con visión empresarial y de futuro, para lo cual es fundamental la planificación de la finca anhelada con toda la familia para emprender los trabajos” (Salazar Centeno, 2014). Según Bendaña (2014), los pobladores que habita en el corredor seco nicaragüense deben cambiar su dieta, las prácticas agrícolas y crianza de animales, que, también, implica cambio de actitud.

Es *sine qua non* para la reconversión paulatina de los agroecosistemas en los que se cultiva maíz de secano que las familias campesinas se eduquen formal (Primarias, secundaria y universidad) e informalmente (capacitaciones), se rescate el conocimiento

local y cultural a través de la metodología de campesino a campesino, dispongan de información climática actualizada y local para que la interpreten y gestionen el riesgo climático a nivel de familia y comunidad, se organicen para que implementen planes comunitarios y gestionen su desarrollo endógeno, realizar innovaciones e investigaciones campesinas que generen conocimientos que contribuyan a elevar la eficiencia y productividad en los agroecosistemas. A nivel nacional, se debe implementar el marco jurídico para la producción agroecológica, se apruebe la política agroecológica y se implementen programas de gobierno en conjunto con las autoridades municipales y los líderes comunales. Así mismo, es imprescindible el apoyo financiero de la comunidad internacional.

Cuadro 2. Propuesta de prácticas y tecnologías agroecológicas para la transformación paulatina de los agroecosistemas de Ciudad Darío, en los que se cultiva maíz de secano, donde prevalece la agricultura familiar de subsistencia (AFS) y la familiar intermedia o en transición (AI/T)

Número	Tecnología o práctica	A	M	Tipología		Autor(s)
				AFS	AI/T	
1	Curvas a nivel	X		X	X	3
2	Terrazas	X		X	X	3
3	El sistema quesungual y árboles dispersos	X		X	X	1
4	Coberturas vivas o muertas	X		X	X	1,3
5	Barreras vivas	X		X	X	1
6	Cercas vivas	X		X	X	1
7	Diversificación de cultivos	X		X	X	2, 3
8	Variedades tolerantes o resistentes a sequía, plagas, altas temperaturas (Criollas, acriolladas y mejoradas)	X		X	X	2, 3, 4, 8
9	Reforestación	X		X	X	2, 3
10	Fertilización orgánica sólida y/o líquida	X		X	X	3, 8
11	Cultivos no tradicionales de alto valor nutritivo (Chía, Chan, amaranto y marango)	X		X	X	8
12	Cultivos agroindustriales (Sábila, henequén, nopal de verdura, jícara)	X		X	X	8
13	Plantas ornamentales (Agaváceas y captáceas)	X		X	X	8
14	Hidroponía	X		X	X	8
1165	Frutales (Marañón, mango, jocote, piñuela, pitahaya, tamarindo, nancite, icaco)	X	X	X	X	8
17	Policultivos (Ejemplo la milpa: Maíz, frijol y calabaza o ayote)	X	X	X	X	3, 4, 8
18	Cosecha de agua	X		X	X	3, 4, 5, 6, 8
19	Posos caseros	X		X	X	8
20	Cultivo de patio y/o huertos familiares en camas (Biointensibo)	X	X	X	X	6
21	Mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes y otros agroquímicos		X	X	X	2
22	Utilizar fertilizantes de liberación lenta		X	X	X	2
23	Mejorar las técnicas de aplicación de fertilizante para evitar volatilidad o lixiviación de los nutrientes		X	X	X	2

Número	Tecnología o práctica	A	M	Tipología		Autor(s)
				AFS	AI/T	
24	Planificar la aplicación de fertilizante en base a la predicción del tiempo, para incrementar su efectividad		X	X	X	2
25	Implementar prácticas de conservación de suelos para reducir pérdidas de suelo por erosión		X	X	X	2
26	Labranza mínima o labranza cero del suelo		X	X	X	2, 8
27	Biodigestores para gestión de residuos y generación de energía limpia		X	X	X	2
28	No quemar		X	X	X	2, 3, 8
29	Establecer sistemas agroforestales		X	X	X	2, 6
30	Cortinas rompevientos			X	X	8
31	Rotación de cultivos y cultivos intercalados		X	X	X	2, 8
32	Cobertura viva o muerta		X	X	X	2
33	Incorporación de rastrojo		X	X	X	2, 8
34	Establecer cultivos de leguminosas para fijar nitrógeno y reducir el uso de fertilizante o cultivos de coberturas		X	X	X	2, 7
35	Cultivos intercalados	X	X	X	X	2, 3, 4
36	Incremento del uso de barbecho y descanso de la tierra			X	X	2
37	Crianza de animales (Aves de corral, cerdos, oveja pelibuey,	X	X	X	X	8
38	Apicultura	X	X	X	X	8

A: Adaptación, M: Mitigación; AFS: Agricultura familiar de subsistencia, AI/T: Agricultura la familiar intermedia o en transición, 1: Martínez-Rodríguez et al. (2017), 2: Viguera et al. (2017), 3: Altieri y Nicholls (2017), 4: Arteaga et al. (2017); 5: Le Moal Et al. (2017), 6: Andrade Quiñones e Hidalgo Nieto (2017), 7: Alza y Espinoza Rado (2017), 8: Bendaña (2012)

IV. CONCLUSIONES

En Ciudad Darío, la magnitud y la distribución espacial acumulada de las precipitaciones de la norma histórica oscilan entre 900 y 1,200 milímetros anuales, son menores en la cabecera del municipio y mayores en el Sureste del territorio.

La distribución espacial de la temperatura promedio anual del aire de la norma histórica de 1971-2015 fluctúan entre 18 y 27 grados Celsius, son menores a mayores alturas y ascienden en la medida que los territorios descienden sobre el nivel del mar, y pueden ser enmascaradas por fenómenos hidroclimáticos.

El Niño muy fuerte causa una reducción de las precipitaciones y humedad relativa del aire e incrementa la temperatura del aire, si no se presentan eventos hidroclimáticos extremos, durante el periodo lluvioso, que enmascaren estas variables climáticas.

El déficit hídrico provocado por la sequía de El Niño muy fuerte de 1982-1983 y de 1997-1998 afectó, principalmente, la fase reproductiva del maíz; que merma considerablemente su floración y polinización, el llenado del grano, el rendimiento y la producción de esta Poaceae, en las localidades afectadas.

Las consecuencias agroambientales de cultivar maíz de secano en el periodo lluvioso de un evento El Niño muy fuerte están relacionadas con el deterioro del rendimiento del maíz, la degradación de los suelos, las afectaciones a la calidad del paisaje y la biodiversidad de los agroecosistemas y la profundización de las aguas subterráneas.

Las consecuencias socioeconómicas de cultivar maíz de secano en el periodo lluvioso de un evento El Niño muy fuerte se relacionan con la afectación al rendimiento por unidad de superficie y a la producción en el municipio, que implica más empobrecimiento, inseguridad alimentaria, deterioro de la salud, y la reducción de la disponibilidad de agua de pozo durante el periodo seco.

Se proponen tecnología y prácticas agroecológicas que contribuyen a la adaptación y mitigación del cambio climático, que responden a diferentes estrategias para que estos agroecosistemas sean muy diversos, sinérgicos, multifuncionales, más eficientes, productivos, estables, resilientes y autorregulados; y menos dependientes de insumos externos.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Altieri, M y Nicholls, C. (2017). Estrategias agroecológicas para enfrentar el cambio climático. *Revista de agroecología leisa* (33)2: 5-9. [vol33n2.pdf \(leisa-al.org\)](#)
- Altieri, M y Nicholls, C. (2018). Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación?. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*. 52(2): 235-243. <http://dx.doi.org/10.15359/rca.52-2.14>
- Alza, S y Espinoza Rado, E. (2017). Cambio climático y alimentos resilientes. *Revista de agroecología leisa* (33)2: 20. [vol33n2.pdf \(leisa-al.org\)](#)
- Andrade Quiñones, Y e Hidalgo Nieto, A. M. (2017). La agroecología en la sabana del Meta Eje de recuperación del equilibrio natural, familiar y social. *Revista de agroecología leisa* (33)2: 16-18. [vol33n2.pdf \(leisa-al.org\)](#)
- Arnés Prieto, E; Marín Gozález, O; Merino Zazo, A y Hernández Díaz-Ambrona, C. G. (2013). Evaluación de la sostenibilidad de la agricultura de subsistencia en San José de Cusmapa, Nicaragua. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*, 236: 171-197. <https://www.researchgate.net/publication/264895225>
- Arteaga, A. R; Díaz Rivera, J. R; Méndez Ravelo, N y Malagón Morales, S. (2017). Para mitigar los efectos del cambio climático: las experiencias de Justo Rivero Pimentel, campesino cubano. *Revista de agroecología leisa* (33)2: 19. [vol33n2.pdf \(leisa-al.org\)](#)
- Avilés Peralta, Y. A., Rodríguez Ortega, E., & Betancourth Lagos, G. A. (2021). Estudio econométrico sobre el rendimiento productivo de granos básicos en Nicaragua (arroz, maíz y frijol), 2007-2017. *REVISTA DE INVESTIGACIÓN SIGMA*, 8(02), 31-41. <https://doi.org/10.24133/sigma.v8i02.2558>
- Bendaña García, G. (2012). *Agua, agricultura y seguridad alimentaria en las zonas secas de Nicaragua*. P. 288. [agua agricultura y san en las zonas secas - guillermo bendaa garca.pdf \(fao.org\)](#)
- Brenes Rodríguez, C. (2014). *Fenómeno de El Niño. Estado actual y sus posibles impactos sobre algunos sectores productivos de América Latina*. Costa Rica.
- Calvo Reyes, H. (2022). Seis elementos para fomentarlas, lograr seguridad alimentaria y resiliencia climática. P. 75. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF03C169.pdf>
- Castillo Cajina, R y y Bird Moreno, R. (2013). Análisis de los determinantes del rendimiento del maíz en Nicaragua. *Revista de Economía y Finanzas BCN* (4)99-130.

https://bcn.gob.ni/sites/default/files/revista/volumenIV/4An%C3%A1lisis%20de%20los%20determinantes%20del%20rendimiento%20del%20ma%C3%ADz_R%20Castillo%20y%20R%20Bird.pdf

Castillo Cajina, R y y Bird Moreno, R. (2017). Análisis de los determinantes del rendimiento del maíz en Nicaragua. *Revista de Economía y Finanzas BCN* (4)99-130. https://bcn.gob.ni/sites/default/files/revista/volumenIV/4-An%C3%A1lisis%20de%20los%20determinantes%20del%20rendimiento%20del%20ma%C3%ADz_R%20Castillo%20y%20R%20Bird.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2016). *Seminarios y conferencias: agrobiodiversidad, agricultura familiar y cambio climático*. P 90. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40299/1/S1600561_es.pdf

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT consultado el 10 de febrero del 2022). Maíz: etapas de crecimiento del maíz. <https://conacyt.mx/cibiogem/index.php/maiz>

Cruz, O. (2013). *Manual para el cultivo del maíz en Honduras*. P. 27. **GUIA CULTIVO DE MAIZ** (dicta.gob.hn).

Dietsch, L y Novoa, E. (2010). Diagnóstico Territorial Integral del municipio de Ciudad Darío. *Encuentro Año XLII*, (86): 42-54. <http://repositorio.uca.edu.ni/1112/1/encuentro86articulo3.pdf>

Food and Agriculture Organization [FAO]. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guía No. 56 para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. p. 17.

Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Económico y Social [FUNIDES]. (2014). Cambio climático y promoción de la productividad en Nicaragua: nota técnica No. 01/14.

Gliessman, S. (2017). La agroecología: un movimiento global para la seguridad y la soberanía alimentaria. En FAO, *Agroecología para la seguridad alimentaria y nutrición: actas del simposio internacional de la fao. 18-19 de septiembre de 2014*, Roma, Italia (pág. 444). Roma. <http://www.fao.org/3/i4729s/i4729s.pdf>

Granados Ramírez, R. y Sarabia Rodríguez, A. A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (4)3: 435-446. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n3/v4n3a8.pdf>

Gutiérrez Melgara, J. E y Machado Salgado, G. (2012). Efecto de la fertilización orgánica y sintética sobre el crecimiento y rendimiento de tres variedades de maíz (*Zea mays* L.) y su rentabilidad económica en Dulce nombre de Jesús, Darío, Matagalpa, 2009. *Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria*. P. 26. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04g984.pdf>

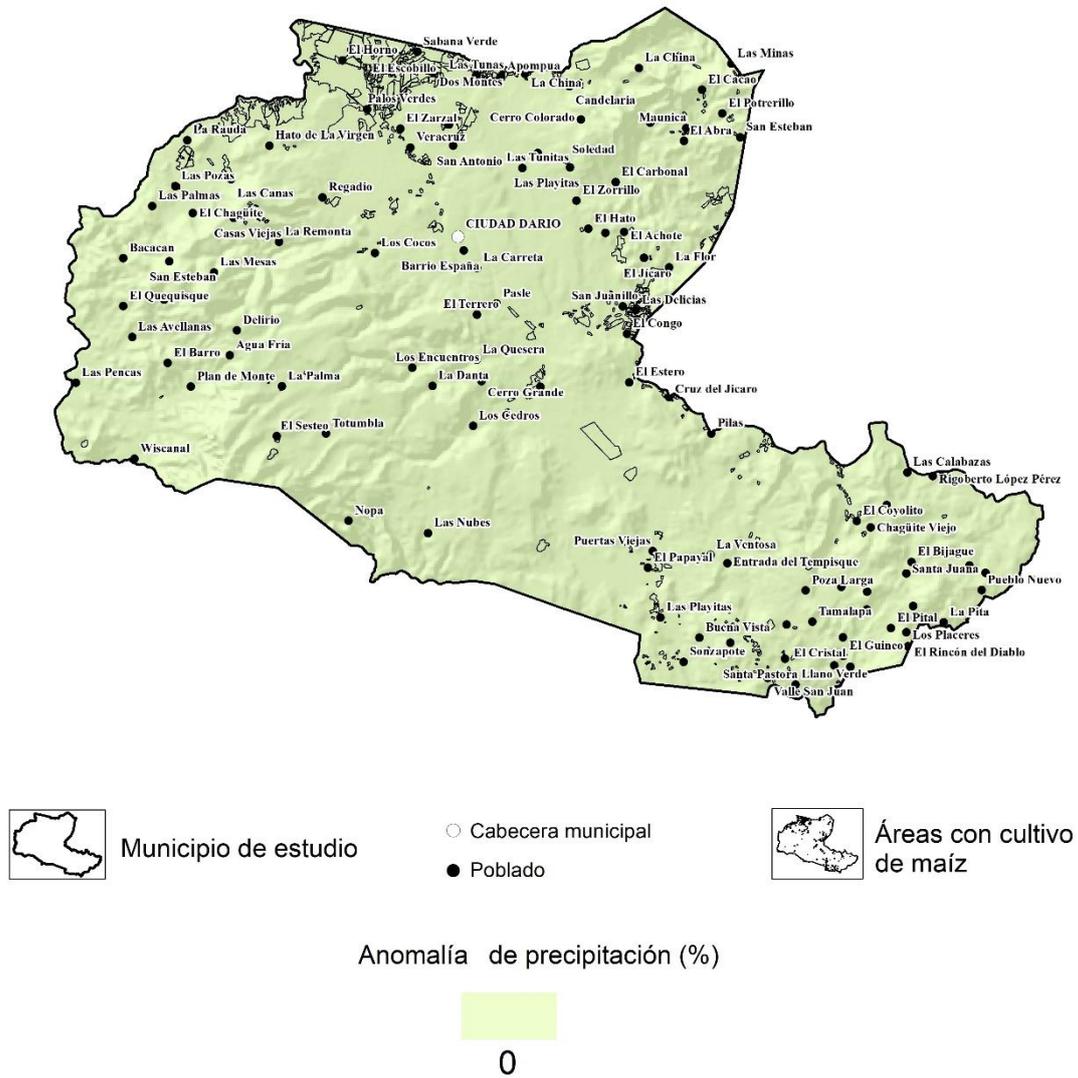
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México D.F., México: McGraw-Hill Educación. <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C. y baptista-Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición, McGraww-Hill, p. 599. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA] (2015). Agricultura familiar: un nuevo sentido hacia el desarrollo y la seguridad alimentaria. Ficha técnica No. 3. <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2599/BVE17028576e.pdf;jsessionid=F90A3FBE21FB181E9C7CE915154434F9?sequence=1>
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo [INIDE] y el Ministerio Agropecuario y Forestal [MAGFOR]. (2013). IV Censo Nacional Agropecuario, Tomo 12 Departamento de Matagalpa.
- Instituto Nacional Forestal [INAFOR]. (2019). *Plan de ordenamiento forestal de Ciudad Darío*. <https://www.inafor.gob.ni/wp-content/uploads/2020/02/POF-Cuidad-Dario-27-11-2019.pdf>.
- Instituto Nacional Tecnológico [INATEC]. (2018). *Manual del protagonista. Granos básicos*. P. 94. https://www.tecnacional.edu.ni/media/Manual_Granos_B%C3%A1sicos_opt.pdf.
- Instituto Nacional Tecnológico [INATEC]. (2018): *Manual del protagonista: granos básicos*. P. 80. https://www.tecnacional.edu.ni/media/Granos_Basicos.pdf
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER]. (1998). Las lluvias del siglo en Nicaragua. <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc11443/doc11443.htm>
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2009). *Cultivo del maíz: guía técnica para la producción de maíz (Zea mais L.)*. P. 30. https://issuu.com/inta_tecnologia_agropecuaria/docs/name3c95f4
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2009). *Cultivo del maíz: guía técnica para la producción de maíz (Zea mays L.)*. P. 36. https://issuu.com/inta_tecnologia_agropecuaria/docs/name3c95f4

- Le Moal, M; r Esparza Zarate, O; Velasquez Tadeo, M y a Basaldúa Flores, M. (2017).
estión del agua de lluvia frente al cambio climático en la Mixteca. *Revista de
agroecología leisa* (33)2: 12-15. [vol33n2.pdf \(leisa-al.org\)](#)
- Loma-Orsorio, E; García Ruíz, A; Córdoba Salinas, M; Ribalaygua Batalla, J. (2014).
*Escenarios del clima futuro para maíz y frijol: caminos para la adaptación en
Nicaragua*. Instituto de estudios del hambre, Madrid, España. 89 p.
https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/bibliografia/Publicaciones%20%20nacionales%20Cambio%20Climatico/Escenarios_clima_maizyfrjol_Nicaragua_paraweb.pdf
- Long, S.; Ainsworth, E. A.; Leakey, A. D. B.; Nösberger, J., y Ort, D. R. (2006): Food
for Thought: Lower-Than-Expected Crop Yield Stimulation with Rising CO₂
concentrations. *Science* (312):1918-1921.
- López-González, A. S. (2017). Análisis de la medición de productividad de granos
básicos, en Nicaragua, periodo 1961-2013. *Tesis doctoral, Universidad
Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua*. P. 97.
<https://repositorio.unan.edu.ni/10277/1/6969.pdf>
- Martínez-Rodríguez, M. R; Viguera, B; Harvey, C. A y Alpízar (2017). *Cómo enfrentar
el cambio climático desde la agricultura: prácticas de Adaptación basadas en
Ecosistemas (AbE)*. Módulo 4. P. 40. [cascade_modulo-4-como-enfrentar-el-cambio-climatico-desde-la-agricultura.pdf \(conservation.org\)](#)
- Moraga Quezada, M. E. (2021). Enmiendas orgánicas y sintéticas y su efecto en la
producción de maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y en la
fertilidad de suelo. *Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria*. P. 49.
[tnf08m827.pdf \(una.edu.ni\)](#)
- Movimiento de Productoras y Productores Agroecológicos y Orgánicos de Nicaragua
MAONIC. (2013). *Marco jurídico y normativo de la producción agroecológica
de Nicaragua*. P. 90. [Libro Ley maonic.pdf](#)
- [Naciones Unidas \(2013\)](#). Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos
básicos en Centroamérica, P. 137.
[1_pdfsam_Impactospotencialesdelcambioclimatico.pdf \(congreso.gob.pe\)](#)
- National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2022). *El Niño y La Niña
años e intensidades*. EEUU.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO].
(2018). Segundo Simposio Internacional sobre Agroecología: Ampliar la Escala
de la Agroecología para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).
Resumen del presidente. <http://www.fao.org/3/CA0346ES/ca0346es.pdf>

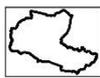
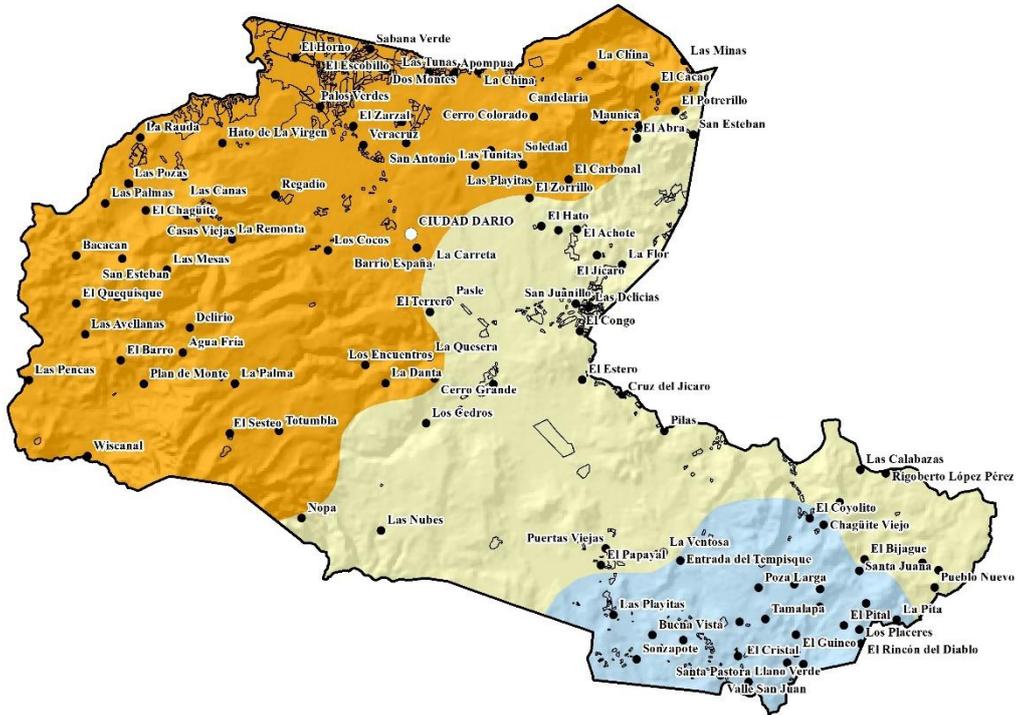
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (2014). El Niño / Oscilacion del Sur, N°-1145.
- Pabón Caicedo, J. D., & Montealegre Bocanegra, J. E. (2017). *Los fenómenos de El Niño y La Niña, su efecto climático e impactos socioeconómicos*. Bogotá.
- Palma Grillo, S. A. (2000). Evaluación del impacto de los cambios climáticos sobre rendimiento potencial del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) en el pacifico de Nicaragua.
- Rojas, O., Li, Y., Cumani, R. (2015). *Entendiendo el impacto de la sequía provocada por El Niño en el área agrícola mundial: una evaluación utilizando el Índice de Estrés Agrícola de la FAO (ASI)*
- Salazar Centeno, D. J; García Centeno, L. J; Rodríguez González, H. R y Fernández Álvarez, J. C. (2021b). *Agroecología y servicios ecosistémicos: aportes de la investigación interdisciplinaria*. P: 161.
<https://repositorio.una.edu.ni/4333/1/REN36U58ag.pdf>
- Salazar Centeno, D.J. (2021a). Síntesis y fundamentación teórica de los principales aportes del panel sobre desafíos de la agroecología en Nicaragua.). P: 33-41. En. J. Rojas Meza, F, Chavarría Aráuz D. J, Salazar Centeno. *La Agroecología y Agroindustria: bases para el Desarrollo Rural en Nicaragua*.
<http://www.cnu.edu.ni/Revistas/libroSDRA/Libro%20La%20Agroecolog%C3%ADa%20y%20Agroindustria.pdf>
- Salazar Centeno, D. J. (2014). Impactos multifactoriales del cambio climático en Nicaragua y estrategias de adaptación. *La Calera* (14)23: 96-104. [ppp40s161.pdf \(una.edu.ni\)](http://ppp40s161.pdf(una.edu.ni))
- Saskatchewan, R. (1982). The Leader-Post: Canada aids victims.
<https://news.google.com/newspapers?id=fJFVAAAIBAJ&sjid=6j8NAAAIBAJ&pg=6335,2552170&dq=tropical+storm+nicaragua&hl=en>
- United Nations Office for the Corordination of Humanitarian Affairs. (2001). *Nicaragua: Informe del MAGFOR reporta 103,771 Mz de cultivos perdidas por sequía 24 Septiembre 2001*. <https://reliefweb.int/report/nicaragua/nicaragua-informe-del-magfor-reporta-103771-mz-de-cultivos-perdidas-por-sequ%C3%ADa-24>
- Valverde Luna, L.O. (2021). Contribución del Movimiento de Productoras y Productores Agroecológico y Orgánicos de Nicaragua al escalamiento del paradigma de la agroecología en Nicaragua y en la región. *VIII Congreso Nacional de Desarrollo Rural: Compartiendo conocimiento para el desarroll sustentable*, del 21 y 22 de octubre 2021, Rivas, Nicaragua.

- Vázquez Moreno, L. L. (2013). Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y la resiliencia. *Agroecología* (8)1:33-42. [Diagnóstico de la complejidad de los diseños y manejos de la biodiversidad....pdf \(um.es\)](#)
- Viguera, B; Martínez-Rodríguez, M. R; Donatti, C. I; Harvey, C. A y Alpizar, F. (2017). *Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación*. Módulo 2. P. 47. [cascade modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf \(conservation.org\)](#)
- Villalobos Flores, R. (2001). Impacto del fenómeno "El Niño" sobre la producción de arroz y frijol en dos regiones agrícolas de Costa Rica.
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., Vallod, D., & David, C. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 503-5015. doi: DOI: 10.1051/agro/2009004

VI. ANEXOS



Anexo 1. Porcentaje de anomalías de los acumulados de las precipitaciones en 1982 referente al acumulado de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.



Municipio de estudio

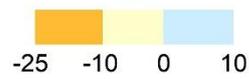
○ Cabecera municipal

● Poblado

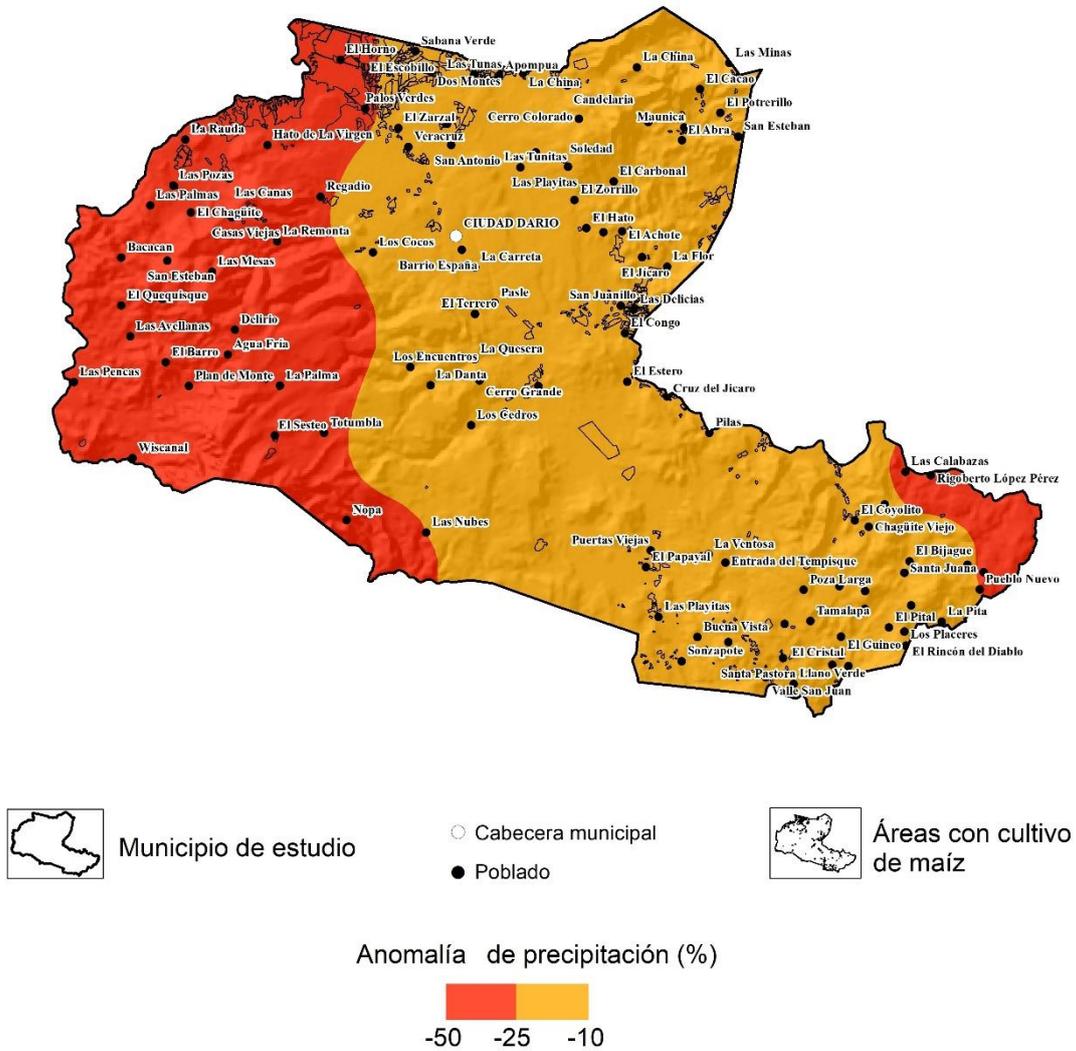


Áreas con cultivo de maíz

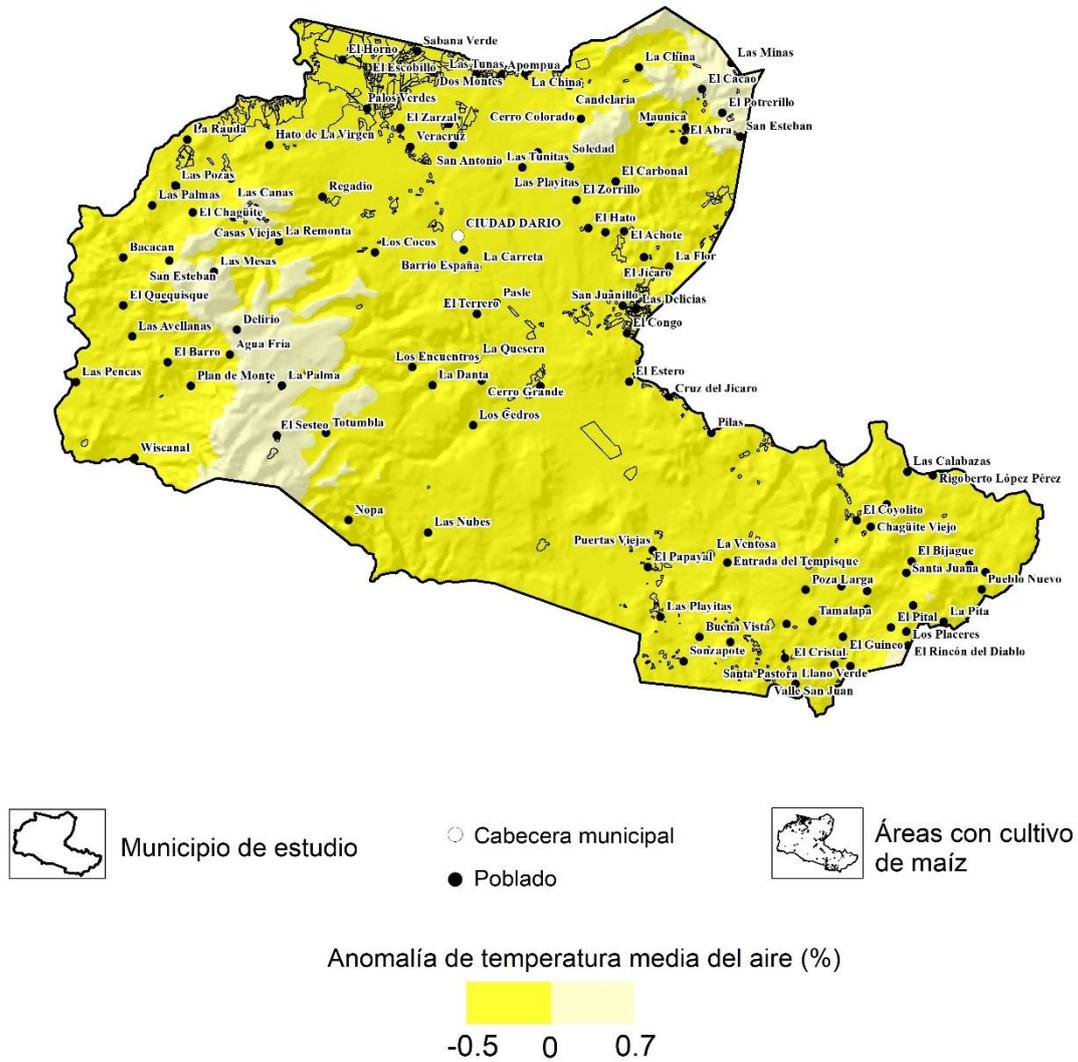
Anomalía de precipitación (%)



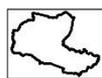
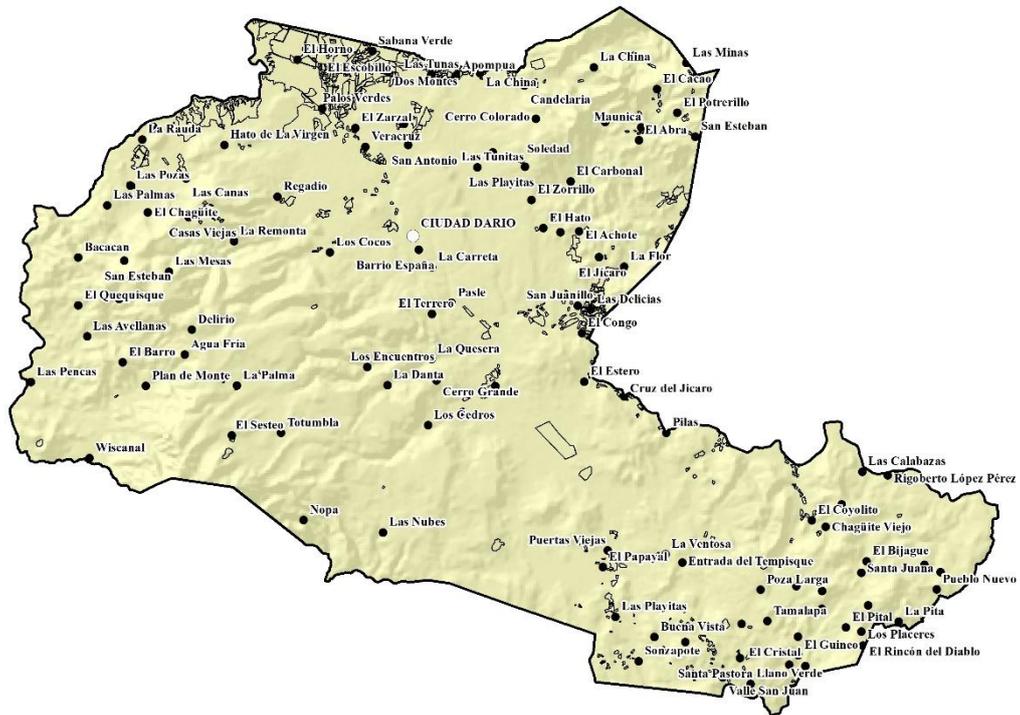
Anexo 2. Porcentaje de anomalías de los acumulados de las precipitaciones en 1997 referente al acumulado de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.



Anexo 3. Porcentaje de anomalías de los acumulados de las precipitaciones en 2015 referente al acumulado de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.



Anexo 4. Porcentaje de anomalías de la temperatura media anual en 1982 referente a la temperatura media de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.



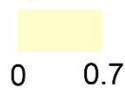
Municipio de estudio

○ Cabecera municipal
● Poblado

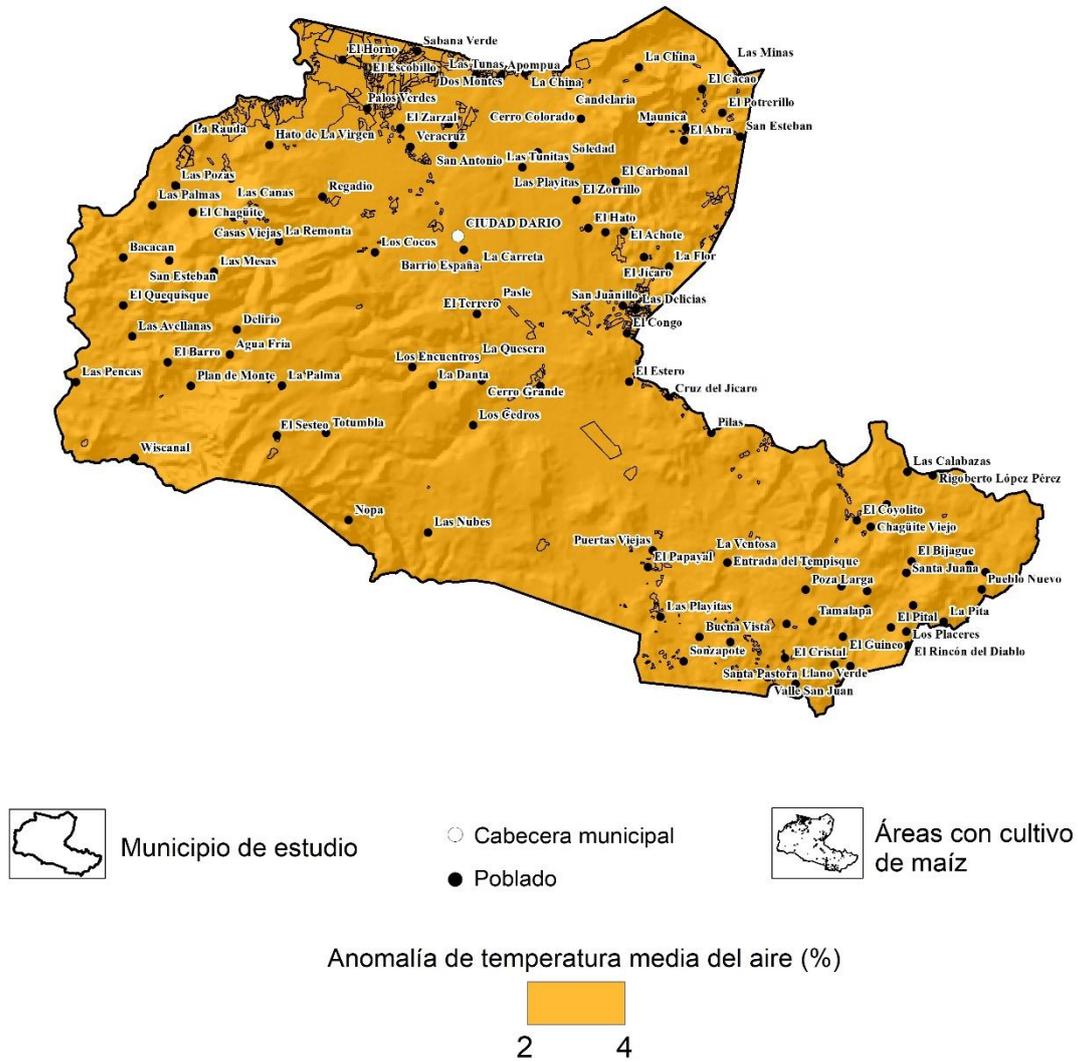


Áreas con cultivo de maíz

Anomalía de temperatura media del aire (%)



Anexo 5. Porcentaje de anomalías de la temperatura media anual en 1997 referente a la temperatura media de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.



Anexo 6. Porcentaje de anomalías de la temperatura media anual en 2015 referente a la temperatura media de la norma histórica de 1971 al 2015, Ciudad Darío, Matagalpa, Nicaragua.