



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

Agro-environmental and socioeconomic consequences of the very strong El Niño: adaptation and mitigation alternatives for rainfed maize (*Zea mays* L.) farming families in Ciudad Darío

William A. Barrios Bell¹, Carola de Jesús Rodríguez Espinoza¹, Janieska M. Vega Ruíz¹, Dennis J. Salazar Centeno^{2*}

¹ Instituto de Estudios Territoriales (INETER), Meteorología, Managua, Nicaragua.

² Programa Institucional Centro de Producción Más Limpia de Nicaragua. Especialidad en Meteorología. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.

dennis.salazar1962@gmail.com

(*recibido/received: 19 -septiembre-2022; aceptado/accepted: 05-diciembre-2022*)

RESUMEN

El Niño muy fuerte afecta drásticamente a las familias campesinas que cultivan maíz. Esta investigación se enfoca en una estimación de las consecuencias agroambientales y socioeconómicas de la producción de maíz durante El Niño muy fuerte que contribuya a proponer tecnologías y prácticas agroecológicas para el rediseño de agroecosistemas del municipio de Ciudad Darío. Se determinó el efecto de las necesidades hídricas sobre las fases fenológicas de la variedad de maíz NB-S, en la época de primera (1982, 1983 y 1997) y postrera (1982 y 1997). Se realizó un análisis documental para la valoración de las consecuencias agroambientales y socioeconómicas, y para proponer tecnologías y prácticas agroecológicas. El déficit hídrico provocado por la sequía de El Niño muy fuerte en 1982-1983 y 1997-1998 afectó el rendimiento y la producción de maíz, que implica más empobrecimiento, inseguridad alimentaria, deterioro de la salud, la reducción de la disponibilidad de agua de pozo durante el periodo seco, la degradación de los suelos, afectaciones a la calidad del paisaje y la biodiversidad de los agroecosistemas. Se proponen 37 tecnologías y prácticas agroecológicas para transformar paulatinamente los agroecosistemas de Ciudad Darío, en los que se cultiva maíz de secano.

Palabras claves: Cambio climático, adaptación y mitigación, rediseño de agroecosistemas, tecnologías y prácticas agroecológicas, maíz.

ABSTRACT

A very strong El Niño drastically affects the peasant families that grow corn. This research focuses on an estimation of the agro-environmental and socioeconomic consequences of maize production during a very strong El Niño that contributes to proposing agroecological technologies and practices for the redesign of agroecosystems in the municipality of Ciudad Darío. The effect of water needs on the phenological phases of the NB-S maize variety was determined, in the primera (1982, 1983 and 1997) and postrera (1982 and 1997) seasons. A documentary analysis was carried out to assess the agro-environmental and

socioeconomic consequences, and to propose agroecological technologies and practices. The water deficit caused by the very strong El Niño drought in 1982-1983 and 1997-1998 affected the yield and production of maize, which implies more impoverishment, food insecurity, deterioration of health, reduced availability of water from well during the dry period, soil degradation, effects on the quality of the landscape and the biodiversity of agroecosystems 37 agroecological technologies and practices are proposed to gradually transform the agroecosystems of Ciudad Darío, in which rain-fed maize is grown.

Keywords: Climate change, adaptation and mitigation, redesign of agroecosystems, agroecological technologies and practices, corn.

1. INTRODUCCIÓN

El fenómeno climático que afecta drásticamente a las comunidades del corredor seco nicaragüense es El Niño muy fuerte porque incrementa la inseguridad alimentaria y nutricional, disminuye la disponibilidad de agua para los pobladores, animales de crianza y la agricultura, provoca la disminución de sus medios de vida, reduce sus ingresos y calidad de vida (Salazar, 2014; Bendaña, 2012; Acción Contra el Hambre [ACF], 2010a y 2010b). De 1971 a 2018 acontecieron 26 eventos climáticos El Niño con diferentes intensidades (Débil, moderado, fuerte y muy fuerte), de los cuales tres se han clasificados como muy fuerte, que corresponde a los años 1982-1983, 1997-1998 y 2015-2016 (Golden Gate Weather Services, 2022). En este artículo no se incluye el último periodo de El Niño muy fuerte (2015-2016) porque la información climatológica no estaba disponible.

Para la reducción de los impactos multifactoriales de este fenómeno hidrometeorológico en el corredor seco nicaragüense, la comunidad internacional, organismos no gubernamentales, los gobiernos municipales y el gobierno nacional implementan proyectos y programas para el fortalecimiento de la resiliencia, la seguridad alimentaria y nutricional de estas comunidades, y la restauración de sus medios de vida dañados por fuertes sequías. En estas comunidades, los programas y proyectos son ejecutados por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA), del Programa Mundial de Alimentos (PMA) de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), Acción Contra el Hambre (ACF) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y por el Departamento de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea (ECHO), entre otros (Salazar, 2014; Acción Contra el Hambre–Dirección General de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea [ACF-ECHO], 2014a y 2014b; Bendaña, 2012).

Desde la perspectiva de la seguridad alimentaria y nutricional, desde tiempos prehispánicos, el maíz (*Zea mays* L.) ha representado un cultivo y un alimento básico para la supervivencia de las comunidades de Mesoamérica. Es un cereal muy versátil que se degusta a través de múltiples recetas artesanales ancestrales, que se relacionan con la gastronomía de muchos pueblos, con religión, cuentos, leyendas, mitos, fiestas ancestrales y poesía (Rivas, 2021). Las familias agricultoras que cultivan maíz de secano en el corredor seco tienen el desafío de rediseñar sus agroecosistemas para que sean diversos, sinérgicos, multifuncionales, más eficientes, productivos, estables, resilientes, autoregulados y menos dependientes de insumos externos. Es por ello que es perentorio disponer de información para una gestión integral de los efectos multifactoriales de eventos climáticos El Niño muy fuerte, tomando como zona de estudio el municipio de Ciudad Darío, siendo una de las áreas del país donde se presentan los menores acumulados de lluvia y se ubica en el corredor seco nicaragüense.

La presente investigación se enfoca en una estimación de las consecuencias agroambientales y socioeconómicas de la producción del cultivo del maíz bajo condiciones climáticas de El Niño muy fuerte que contribuya a proponer tecnologías y prácticas agroecológicas para el rediseño de los agroecosistemas del municipio de Ciudad Darío, en los que se cultiva esta Poaceae, en secano, para que estos sean diversos, sinérgicos, multifuncionales, más eficientes, productivos, estables, resilientes,

autoregulados y menos dependientes de insumos externos, y que el maíz prevalezca como patrimonio cultural, en la gastronomía y en la microeconomía a nivel del municipio, del departamento y nacional.

2. METODOLOGÍA

El área de estudio comprendió el municipio de Ciudad Darío, Matagalpa, que se localiza entre las coordenadas 12°43'50" latitud Norte y 86°07'30" longitud Oeste (Instituto Nacional Forestal [INAFOR], 2019). Esta investigación tiene un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), un alcance descriptivo y correlacional y un diseño metodológico no experimental del tipo longitudinal. Se determinaron las afectaciones de El Niño muy fuerte sobre las diferentes fases y etapas del ciclo biológico del maíz en la época de primera (1982, 1983 y 1997) y postrera (1982 y 1997) 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, que 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 la zona en estudio es la NB-S, con resistencia a sequía, de ciclo intermedio (90-95 días a cosecha) y recomendada para la 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).

Se cuantificaron los acumulados de las precipitaciones y de las temperaturas del aire por decenios, en cada época de siembra de secano, para determinar las necesidades hídricas en cada etapa fenológica de la variedad 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. 18) que toma como insumo diferentes temperaturas del aire y la radiación extraterrestre. Las necesidades hídricas en cada etapa de desarrollo del maíz se obtuvieron del producto del valor de la evapotranspiración de referencia (Eto.) con el coeficiente del cultivo (Kc), que varía de acuerdo a cada etapa de desarrollo, que se sintetizan en una Tabla.

La valoración de las consecuencias agroambientales y socioeconómicas, así como la propuesta de tecnologías y prácticas agroecológicas de la producción del cultivo del maíz en secano, en eventos El Niño muy fuerte, que conduzcan a que las familias campesinas o agricultoras que cultivan este cereal en secano, en agroecosistemas del municipio de Ciudad Darío, sean diversos, sinérgicos, multifuncionales, más eficientes, productivos, estables, resilientes, autoregulados y menos dependientes de insumos externos para que el maíz prevalezca como patrimonio cultural, en la gastronomía y en la microeconomía a nivel municipal, departamental y nacional, consistió en un análisis documental.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Afectaciones de las fases y etapas del ciclo biológico del cultivo del maíz en secano durante un evento El Niño muy fuerte

El ciclo biológico del cultivo del maíz se divide en dos fases: vegetativa (V) y reproductiva (R) y cada una se subdivide en dos etapas. La primera fase (V) abarca las etapas del crecimiento de las plántulas (VE y V1) y del crecimiento vegetativo (V2, V3,... Vn) y la segunda fase (R) las etapas de floración y fecundación (VT, R0 y R1), y la del llenado del grano y la madurez (R2 a R6) (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT], 2022). Este ciclo biológico puede verse afectado por el cambio de temperatura y precipitación ocasionadas por el cambio climático (Granados y Sarabia, 2013) y sus necesidades hídricas dependen de la etapa en la que se encuentre la plantación (Cruz, 2013).

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 este decenio se cuantificó 303 mm de precipitación (Tabla 1) que provocó una sobre saturación del suelo con agua que 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 acaman y/o arrastran las plantas de maíz, y disminuyen su población por unidad de superficie (Plantas ha⁻¹), degradan los suelos, reducen la calidad y salud de estos, incrementan su vulnerabilidad agroambiental, y desfavorecen la capacidad de resiliencia de las plantaciones de maíz ante este evento hidrometeorológico. Viguera *et al.*, (2017) reportan 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, 19). 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 Aletta, 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 plantas sobrevivientes (Tabla 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 año⁻¹) de maíz, en estas comunidades de Ciudad Darío, se afectaron drásticamente. Viguera *et al.*, (2017) afirman que, si es afectada la floración y la polinización del maíz, la etapa de 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 las plantas (Tabla 1). Las precipitaciones del decenio 18 al 24 no garantizaron la humedad en el suelo para que las plántulas de maíz crecieran adecuadamente en la fase vegetativa y se desarrollaran adecuadamente durante las etapas de la fase reproductiva del maíz, hecho que afecta drásticamente el rendimiento por unidad de superficie (kg ha⁻¹) y por ende la producción de maíz (t año⁻¹) en estos poblados. Este acontecimiento es muy similar durante la época de primera de 1997 (Tabla 1). 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 la época de primera de los eventos climáticos El Niño muy fuerte de 1982-1983 y 1997-1998, 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 (kg ha⁻¹) y por ende su producción (t año⁻¹).

La producción de maíz en la época de postrera representa el 25.3 % de la nacional (Castillo y Bird, 2017). Es recomendable que las plantaciones de maíz con la variedad NB-S se establezcan, 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 (Tabla 1), que dificultó la germinación de la semilla, 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 lo que difícilmente, los agricultores realizaron la cosecha.

Tabla 1. Necesidades hídricas del cultivo (NHc) del maíz en sus respectivas fases y etapas 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				
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											-					
	Déficit hídrico (mm)	-	-	-	4	-	51	45	51	53	53	39	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											-					
	Déficit hídrico (mm)	-	-	-	-	-	59.8	41.2	55.6	53.8	27.7	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											-					
	Déficit hídrico (mm)	-	-	4	-	-	41	49	53	7	57	46	30											-					
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 (R)																					
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							
	Déficit hídrico (mm)												14.3	14.2	-	-	27.7	3.2	44.6	-	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							
	Déficit hídrico (mm)												-	15.7	3.8	-	-	-	45	46	6.3	23.8							
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 (R)										
Épocas de siembra		Postrera																											

pp. Precipitación acumulada por decenio, NHc: Necesidad hídrica del cultivo de maíz en cada época y etapa fenológica

En la época de postrera de 1997, durante el decenio 24, la semilla de maíz pudo germinar porque no se presentó un déficit hídrico en ese decenio (Tabla 1). Veinte (20) 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 durante la época de postrera de los eventos climáticos El Niño muy fuerte de 1982-1983 y 1997-1998, la fase reproductiva del maíz se afectó muy severamente, reduciendo el rendimiento del maíz por unidad de superficie (kg ha⁻¹) y por ende su producción (t año⁻¹).

3.2. Consecuencias agroambientales y socioeconómicas en la producción de maíz de secano durante 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 % de su territorio (235 900.2 ha), en el que 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 % de estos (2 830) se establecen parcelas con maíz, que significa que de cada uno de estos agroecosistemas 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, que dinamiza la microeconomía.

Algunas características de las zonas secas de nuestro país, como en 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, 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 y el aporte de materia orgánica en el suelo. Otra externalidad negativa de la sequía en los agroecosistemas donde se cultiva maíz radica en, por lo general, en estos sistemas productivos 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), 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, se afecta la biodiversidad y la disponibilidad de agua durante el periodo seco, dado que estas se profundizan y 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 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 Aviles *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 [NU], (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 $2\,588\text{ kg ha}^{-1}$ a $3\,227\text{ kg ha}^{-1}$ (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2009). Si se multiplica este rendimiento potencial por unidad de superficie (ha) con el área cultivada de maíz ($2\,432.5\text{ ha}$) en el municipio, la producción potencial de este oscilaría entre $6\,295$ y $7\,850$ toneladas 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 y Bird, 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 $1\,100\text{ kg ha}^{-1}$ (López-González, 2017). En la época de primera el rendimiento promedio nacional es de $1\,229\text{ kg ha}^{-1}$ (19.0 quintales por manzana), mientras que, en Matagalpa, en esta misma época de siembra, este desciende a $1\,074\text{ kg ha}^{-1}$ (16.6 quintales por manzana) (Castillo y Bird, 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 $1\,989.0\text{ kg ha}^{-1}$ y $1\,128.8\text{ kg ha}^{-1}$, respectivamente (Moraga, 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 y Machado, 2012), que es muy bajo.

Este análisis conduce a afirmar que los rendimientos del maíz (kg ha^{-1}) y la producción (t año^{-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 y derivados lácteos, que los obtienen en los mercados dinamizando la microeconomía del municipio, del departamento y la nacional.

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

Dietsch y Novoa (2010) subdividieron el municipio de Ciudad Darío en cuatro zonas: zona alta de agricultura campesina de subsistencia, zona de laderas secas, zona de planicie seca de latifundios ganaderos y llanos y zona de vegas fértiles de riego semi-intensivo. 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. Armés 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 en vía de desarrollo 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 excedentario 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 opciones para adaptar la agricultura al cambio climático. En seminarios y conferencias sobre agrobiodiversidad, agricultura familiar y cambio climático se plantearon las siguientes: manejo del riesgo climático, rescate de los conocimientos tradicionales y la diversificación productiva, agricultura orgánica, bioenergías, manejo integrado del recurso 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 sistema 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), que 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 & 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 la agroecología convergen “la ciencia, un conjunto de tecnologías y prácticas y los movimientos sociales” (Wezel *et al.*, 2009). Salazar (2021) constató que, en Nicaragua, de larga data, se promueve 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: a) La ecológica y técnica agronómica, b) La socio económica, y c) La sociocultural y política. (p. 39)

Adicionalmente, el país cuenta con una red de 2 150 promotores agroecológicos (Valverde, 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 *et al.*, (2021) enfatizan 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 esta activa positivamente todas las cadenas tróficas al exterior e interior del suelo (...), para lo cual es *sine qua 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 (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. En basa a estas estrategias, se proponen 37 prácticas y tecnologías agroecológicas (Tabla 2), que 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 (AFI/T). El propósito es rediseñar estos agroecosistemas sobre la base de un diagnóstico para que su biodiversidad sea compleja o altamente compleja (Vázquez, 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, 2014). Según Bendaña (2012), 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.

Tabla 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 (AFI/T)

Número	Tecnología o práctica	A	M	Tipología		Autor(s)
				AFS	AFI/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
15	Frutales (Marañón, mango, jocote, piñuela, pitahaya, tamarindo, nancite, icaco)	X	X	X	X	8
16	Policultivos (Ejemplo la milpa: Maíz, frijol y calabaza o ayote)	X	X	X	X	3, 4, 8
17	Cosecha de agua	X		X	X	3, 4, 5, 6, 8
18	Posos caseros	X		X	X	8
19	Cultivo de patio y/o huertos familiares en camas (Biointensivo)	X	X	X	X	6
20	Mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes y otros agroquímicos		X	X	X	2
21	Utilizar fertilizantes de liberación lenta		X	X	X	2
22	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	AFI/T	
23	Planificar la aplicación de fertilizante en base a la predicción del tiempo, para incrementar su efectividad		X	X	X	2
24	Implementar prácticas de conservación de suelos para reducir pérdidas de suelo por erosión		X	X	X	2
25	Labranza mínima o labranza cero del suelo		X	X	X	2, 8
26	Biodigestores para gestión de residuos y generación de energía limpia		X	X	X	2
27	No quemar		X	X	X	2, 3, 8
28	Establecer sistemas agroforestales		X	X	X	2, 6
29	Cortinas rompevientos			X	X	8
30	Rotación de cultivos y cultivos intercalados		X	X	X	2, 8
31	Cobertura viva o muerta		X	X	X	2
32	Incorporación de rastrojo		X	X	X	2, 8
33	Establecer cultivos de leguminosas para fijar nitrógeno y reducir el uso de fertilizante o cultivos de coberturas		X	X	X	2, 7
34	Cultivos intercalados	X	X	X	X	2, 3, 4
35	Incremento del uso de barbecho y descanso de la tierra		X	X	X	2
36	Crianza de animales (Aves de corral, cerdos, oveja pelibuey,	X	X	X	X	8
37	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: Rivero *et al.*, (2017); 5: Le Maol *et al.*, (2017), 6: Andrade y Hidalgo (2017), 7: Alza y Espinoza (2017) y 8: Bendaña (2012).

4. CONCLUSIONES

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 maíz, 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 37 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, autorregulados; y menos dependientes de insumos externos y para el fortalecimiento del maíz como cultivo ancestral, del patrimonio cultural, de la gastronomía y de la microeconomía de estas comunidades.

5. REFERENCIAS

- Acción Contra el Hambre [ACF]. (2010a). *Impacto de la sequía en el corredor seco de Nicaragua (Madriz, Nueva Segovia y Estelí)*. Managua, Nicaragua. <https://reliefweb.int/report/nicaragua/impacto-de-la-sequ%C3%ADa-en-el-corredor-seco-de-nicaragua>
- Acción Contra el Hambre [ACF]. (2010b). *Situación alimentaria y nutricional en el corredor seco de Centroamérica*. <http://bvssan.incap.int/local/cambio-climatico/Corredor-Seco.pdf>
- Acción Contra el Hambre–Dirección General de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea [ACF-ECHO]. (2014a). *Cosechando en zonas secas. Diversificación y buenas prácticas resilientes a sequía*. Managua, Nicaragua. <https://fddocuments.es/document/cosechando-en-zona-seca-diversificacion-y-buenas-practicas-resilientes-a.html>
- Acción Contra el Hambre–Dirección General de Ayuda Humanitaria y Protección Civil de la Comisión Europea [ACF-ECHO]. (2014b). *Ganadería en Zona Seca Manejo Silvopastoril, Concentrados y Ensilajes*. Managua, Nicaragua. <https://es.scribd.com/document/232476516/Ganaderia-en-zona-seca-Manejo-silvopastoril-concentrados-y-ensilajes>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. (2018). Agroecología y cambio climático: ¿adaptación o transformación? *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, 235-243. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/10596/13164>
- Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2017). Estrategias agroecológicas para enfrentar al cambio climático. *leisa*, 33(2), 5-9. <https://issuu.com/leisa-al/docs/vol33n2.pdf>
- Alza, S. M., & Espinoza Rado, E. (2017). Cambio climático y alimentos resilientes. *leisa*, 33(2), 20. Obtenido de <https://issuu.com/leisa-al/docs/vol33n2.pdf>
- Andrade Quíñones, Y., & Hidalgo Nieto, Á. M. (2017). La agroecología en la sabana del Meta: Eje de recuperación natural, familiar y social. *leisa*, 33(2), 16. <https://issuu.com/leisa-al/docs/vol33n2.pdf>
- Armés Prieto, E., González, O. M., Merino Zazo, A., & 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*, 171-197. <https://1library.co/document/download/qv64ov1y?page=1>
- Aviles 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(2), 31-41. doi:10.24133/sigma.v8i02.2558
- Bendaña García, G. (2012). *Agua, agricultura y seguridad alimentaria en las zonas secas de Nicaragua*. Managua, Nicaragua. https://ondalocalni.com/media/uploads/2020/12/29/agua_agricultura_y_san_en_las_zonas_secas_-_guillermo_bendaa_garca.pdf
- 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., & 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). *Agrobiodiversidad, agricultura familiar y cambio climático*. Santiago, Chile: Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40299/1/S1600561_es.pdf
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología [CONACYT]. (10 de Septiembre de 2022). Maíz: Etapas de crecimiento del maíz. México, DF México, México. Obtenido de <https://conacyt.mx/cibiogem/index.php/maiz>
- Cruz Nuñez, O. F. (2013). *El cultivo del maíz: manual para el cultivo del maíz en Honduras* (Tercera ed.). Tegucigalpa: Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria [DICTA], de la Secretaría de Agricultura y Ganadería [SAG]. <https://fddocuments.es/document/guia-cultivo-de-manual-cultivo-de-maiz-gpdf-2020-02-04-manual-para-el-cultivo.html?page=2>
- Dietsch, L., & Novoa, E. (2010). Diagnóstico Territorial Integral del municipio de Ciudad Darío. *Encuentro Año XLII*(86), 42-54. Obtenido de <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*. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>

- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2018). *Segundo Simposio Internacional sobre Agroecología: Ampliar la Escala de la Agroecología para Alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 3-5 de abril de 2018, Roma*. Roma: FAO. <https://www.fao.org/3/CA0346ES/ca0346es.pdf>
- Gliessman, S. R. (2017). 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* (págs. 1-16). FAO. <https://www.fao.org/3/i4729s/i4729s.pdf>
- Golden Gate Weather Services. (08 de Septiembre de 2022). *Golden Gate Weather Services*. Obtenido de <https://ggweather.com/enso/oni.htm>
- Granados Ramírez, R., & Sarabia Rodríguez, A. A. (2013). Cambio climático y efectos en la fenología del maíz en el DDR-Toluca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 435-446. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n3/v4n3a8.pdf>
- Gutiérrez Melgara, J. E., & 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 ingeniería agronómica, Universidad Nacional Agraria*, 26. Managua, Nicaragua. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf04g984.pdf>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA]. (2015). *Agricultura familiar: un nuevo sentido hacia el desarrollo y la seguridad alimentaria*. Ficha técnica número 3. 4. <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2599/BVE17028576e.pdf;jsessionid=6AFE3FB5FC3B351B799D6A4B4D205F9C?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*. Matagalpa, Nicaragua. <https://docplayer.es/182227497-Plan-de-ordenamiento-forestal-ciudad-dario.html>
- Instituto Nacional Tecnológico [INATEC]. (2018). *Manual del protagonista: granos básicos*. https://www.tecnacional.edu.ni/media/Manual_Granos_B%C3%A1sicos_opt.pdf
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2009). *Cultivo del Maíz: guía tecnológica para la producción de maíz (Zea mays L.)*. Managua, Nicaragua: INTA. https://issuu.com/inta_tecnologia_agropecuaria/docs/name455714
- Le Maol, M., Esparza Zarate, O., Velazquez Tadeo, M., & Balsadúa Flores, M. (2017). Gestión del agua de lluvia frente al cambio climático en la Mixteca. *leisa*, 33(2), 12-15. <https://issuu.com/leisa-al/docs/vol33n2.pdf>
- Long, S., Ainsworth, E. A., Leakey, A. D., Nösberger, J., & Ort, D. R. (2006). Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. *Science*, 312(5782), 1918-1921. doi:doi:10.1126/science.1114722
- López-González, Á. S. (2017). Análisis de la medición de productividad de granos básicos, en Nicaragua, periodo 1961-2013. *Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua*, 97. Matagalpa, Nicaragua. <https://repositorio.unan.edu.ni/10277/1/6969.pdf>
- Martínez-Rodríguez, M. R., Viguera, V., Donatti, C. I., Harvey, C. A., & Alpízar, F. (2017). *Módulo 4: Cómo enfrentar el cambio climático desde la agricultura: Prácticas de Adaptación basadas en Ecosistemas (AbE)*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE). https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-4-como-enfrentar-el-cambio-climatico-desde-la-agricultura.pdf
- 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*, 49. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/4319/1/tnf08m827.pdf>
- Movimiento de Productoras y Productores Agroecológicos y Orgánicos [MAONIC]. (2013). *Marco Jurídico y Normativo de la Producción Agroecológica de Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Edisa. <http://maonic.org/files/publicaciones/Libro%20Ley%20maonic.pdf>
- Naciones Unidas [NU]. (2013). *Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica*. México: CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/27171>
- Rivas, R. D. (2021). El maíz, fuente de cultura mesoamericana. *Revista de Museología Kóot*, 44-53. doi:<https://doi.org/10.5377/koot.v0i11.10737>
- Rivero Arteaga, A., Díaz Rivera, J. R., Méndez Ravelo, N., & Malagón, S. (2017). Para mitigar los efectos del cambio climático: las experiencias de Justo Rivero Pimentel. *lies*, 33(2), 19. <https://issuu.com/leisa-al/docs/vol33n2.pdf>

- Salazar Centeno, D. J. (2014). Impactos multifactoriales del cambio climático en Nicaragua y estrategias de adaptación. *La Calera*, 14(23), 96-104. <https://www.camjol.info/index.php/CALERA/article/view/2664/2415>
- Salazar Centeno, D. J. (2021a). Síntesis y fundamentación teórica de los principales aportes del panel sobre desafíos de la agroecología en Nicaragua. En J. Rojas Meza, F. Chavarría Aráuz, & D. J. Salazar Centeno, *La Agroecología y Agroindustria: bases para el Desarrollo Rural en Nicaragua* (págs. 33-41). Editorial Universitaria, UNAN-Managua. <https://cenida.una.edu.ni/textos/NE21R741.pdf>
- Salazar Centeno, D. J., García Centeno, L. G., Rodríguez González, H. R., & Fernández Álvarez, J. C. (2021). *Agroecología y servicios ecosistémicos: Agroecología y servicios ecosistémicos*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/4333/1/REN36U58ag.pdf>
- Saskatchewan, R. (1982). The Leader-Post: Canada aids victims. Canadá. <https://news.google.com/newspapers?id=fJFVAAAIBAJ&sjid=6j8NAAAIBAJ&pg=6335,2552170&q=tropical+storm+nicaragua&hl=en>
- Valverde Luna, L. O. (2021). Contribución del Movimiento de Productoras y Productores Agroecológicos y Orgánicos de Nicaragua al escalonamiento del paradigma de la agroecología en Nicaragua y en la región. . *VII Congreso Nacional de Desarrollo Rural: Compartiendo conocimientos para el desarrollo sustentable, del 21 al 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 resiliencia. *Agroecología*, 8, 33-42. <https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/36439/1/Diagn%C3%B3stico%20de%20la%20complejidad%20de%20los%20dise%C3%B1os%20y%20manejos%20de%20la%20biodiversidad....pdf>
- Viguera, B., Martínez-Rodríguez, M. R., Donatti, C. I., Harvey, C. A., & Alpizar, F. (2017). *Módulo 2: Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación*. Turrialva, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf
- Wezel, A., Bellon, S., Doré, T., Francis, C., & Vallod, D. (2009). Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 29, 503-515. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1927&context=agronomyfacpub>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) de Nicaragua, institución de educación superior que, en el marco de una alianza estratégica con el Instituto Nicaragüense de Estudios territoriales (INETER), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Agencia Estatal de Meteorología de España (AEMET), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), y el Fondo Verde para el Clima (FVC), desarrolló la primera cohorte de la especialización en Meteorología; que nos brindó la oportunidad de realizar la presente publicación.

SEMBLANZA DE LOS AUTORES



William Antonio Barrios Bell. Graduado de la carrera de Ingeniería Agrícola en la UNI, Nicaragua (2016). Se especializó en Meteorología en la UNI (2022). Labora en el INETER, institución en la que ha desempeñado los cargos de: Meteorólogo A y especialista agroclimático. Áreas de investigación: cambio climático, amenazas por sequías en el corredor seco nicaragüenses, caracterización del comportamiento del clima y su variabilidad. Colabora con los proyectos: Adaptación a Cambios en los Mercados y a los efectos del Cambio Climático en Nicaragua (NICADAPTA) e implementación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) para la sequía en el corredor seco nicaragüense.



Carola de Jesús Rodríguez Espinoza. Graduada de la carrera de Ingeniería Agrícola en la UNI, Nicaragua (2015). Se especializó en Meteorología en la UNI (2022). Se desempeña como analista de la información climática en la Dirección General Meteorológica de INETER.



Janieska María Vega Ruíz. Graduada de la carrera de Ingeniería Agrícola en la UNI, Nicaragua (2019). En 2022, se especializó en Meteorología en la UNI, y aprobó un diplomado en Gestión Integral de Riesgo ante Sequía, Resiliencia y Adaptabilidad al Cambio Climático en la Universidad Centroamericana (UCA) José Simeón Cañas, El Salvador. Labora en el INETER y se desempeña como pronosticador meteorológico. Colabora en las áreas de investigación de Meteorología Sinóptica, que analiza los fenómenos atmosféricos en tiempo real, y en agrometeorología para elaborar y divulgar boletines agrometeorológicos.



Dennis José Salazar Centeno. 1984-1986 alumno ayudante. Graduado de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (1986). Obtuvo el grado de Doctor. *Agriculturarun* en la Universidad de Leipzig, Alemania (1994). De 1987 a abril 2022, profesor y académico de generaciones, a nivel de grado y posgrado (Diplomados, especialización, maestría y doctorado) en la Universidad Nacional Agraria (UNA) de Nicaragua. De 1998 a 2014, Decano de la Facultad de Agronomía de la UNA. En 2021, galardonado por la dedicada generación de conocimientos, difusión de las ciencias, la formación de recursos humanos, innovación tecnológica, la aplicación de la ciencia y la tecnología al desarrollo del país, distinción otorgada por el Consejo Nicaragüense de Ciencia y Tecnología (CONICYT); y reconocimiento como evaluador externo de la Agencia de Acreditación Centroamericana de Educación Superior en el Sector Agroalimentario y Recursos Naturales (ACESAR). De mayo 2022 profesor jubilado de la UNA.