

<https://rcientificaesteli.unan.edu.ni>

DOI: <https://doi.org/10.5377/farem.v0i38.11952>

Evolución de la temperatura y precipitación en cuatro estaciones meteorológicas, ubicadas en la región Norcentral de Nicaragua, Centroamérica

Evolution of temperature and precipitation in four meteorological stations, located in the north-central region of Nicaragua, Central America

Verónica Lisbeth Ruiz Gómez

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí (UNAN Managua / FAREM Estelí)

<https://orcid.org/0000-0001-6094-6883>

vrui@unan.edu.ni

RECIBIDO

29/03/2021

ACEPTADO

09/06/2021

Robert Savé Monserrat

Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries IRTA, Torre Marimon, km 12.1; E-08140-Caldes de Montbui (Barcelona, España)

robert.save@irta.cat

Oscar Rafael Lanuza Lanuza

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí (UNAN Managua / FAREM Estelí)

<https://orcid.org/0000-0003-3652-700X>

olanuza@unan.edu.ni

Alejandrina Herrera Herrera

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí (UNAN Managua / FAREM Estelí)

<https://orcid.org/0000-0002-7098-5111>

aherrerah@unan.edu.ni

Kenny López Benavidez

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí (UNAN Managua / FAREM Estelí)

kenny.lb@hotmail.com

Josué Tomás Urrutia Rodríguez

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí (UNAN Managua / FAREM Estelí)

josuerod20@yahoo.com

RESUMEN

La temperatura y precipitación son las principales variables indicadoras del cambio climático, consecuencia del cambio global. Se evalúa el comportamiento de datos de precipitación y temperatura en cuatro estaciones meteorológicas ubicadas en la parte Norte central de Nicaragua, en un período de 10 años (2009 al 2019). Los datos corresponden a las estaciones: Raúl Gonzales, El Limón, Condega y Ocotal. De las variables de temperaturas y precipitación, se estimó la evapotranspiración por el método de Penman-Monteith y el déficit hídrico. Los resultados muestran que la estación Raúl González registra temperaturas medias anuales de 25.3°C, Condega de 24.6°C, Ocotal de 24.5°C y El Limón de 23.1°C. En cambio, las precipitaciones promedias anuales corresponden a: 1005mm, 939 mm, 892 mm y 889 mm para las estaciones de Condega, Raúl González, El Limón y Ocotal respectivamente. La evapotranspiración para la estación Raúl González es de 1381mm, Ocotal de 1375 mm Condega es de 1361 mm y el Limón 1272 mm. Es decir, que la evapotranspiración fue superior en la mayoría de los años, lo cual indica un déficit hídrico. El comportamiento de las temperaturas y la precipitación estudiadas, pueden estar dadas por el fenómeno del niño-oscilación del sur (ENOS), así como tormentas y depresiones tropicales.

ABSTRACT

Temperature and precipitation are the main indicator variables of climate change, a consequence of global change. The behavior of precipitation and temperature data in four meteorological stations located in the North Central part of Nicaragua, in a period of 10 years (2009 to 2019) is evaluated. The data correspond to the stations: Raul Gonzales, El Limon, Condega and Ocotal. From the temperature and precipitation variables, evapotranspiration was estimated by the Penman-Monteith method and the water deficit. The results show that the Raúl González station recorded average annual temperatures of 25.3°C, Condega 24.6°C, Ocotal 24.5°C and El Limón 23.1°C. On the other hand, the average annual precipitations correspond to: 1005mm, 939 mm, 892 mm and 889 mm for the Condega, Raul Gonzalez, El Limon and Ocotal stations respectively. The evapotranspiration for the Raul Gonzalez station is 1381 mm, Ocotal 1375 mm, Condega 1361 mm and El Limon 1272 mm. In other words, evapotranspiration was higher in most years, indicating a water deficit. The behavior of the temperatures and precipitation studied may be due to the El Niño Southern Oscillation (ENSO) phenomenon, as well as tropical storms and depressions.

PALABRAS CLAVE

Corredor seco;
déficit hídrico;
evapotranspiración;
temperatura; precipitación.

KEYWORDS

Dry corridor; water deficit;
evapotranspiration;
temperature; precipitation.

INTRODUCCIÓN

Las temperaturas y precipitaciones son las principales variables indicadoras por el cambio climático, consecuencia del cambio global. Según el grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC, 2014), el calentamiento global inducido por las actividades antropogénicas ha aumentado en 2017 aproximadamente en 1°C sobre el nivel preindustrial, aumentando a un ritmo de 0,2°C por década, debido a las emisiones pasadas y presentes de gases de efecto invernadero (IPCC, 2019). Sin embargo, debe tenerse muy en cuenta las variaciones regionales de este parámetro. Así mismo, afirman que los cambios en la precipitación no serán uniformes.

Existe probabilidades que en latitudes altas se observe un aumento en las precipitaciones media anual y en las regiones secas de latitudes media y subtropical experimente una disminución en la precipitación media anual (Biasutti et al., 2012). Además, es probable que sean más intensos y frecuentes los fenómenos del Niño y la Niña, que afectan directamente y de una manera exacerbada los ecosistemas terrestres y acuáticos del trópico seco (IPCC, 2014).

El fenómeno del niño-oscilación del sur (ENOS) está asociado a sequía, y la niña en aumento en las precipitaciones. Según los expertos, estos fenómenos atmosféricos tienen una frecuencia de ocurrencia aproximadamente de dos a siete años. Durante un episodio de ENOS, los alisios habituales se debilitan, disminuyendo el flujo ascendente y alterando las corrientes oceánicas, lo que aumenta la temperatura superficial del mar, afectando al régimen de vientos, las temperaturas y el régimen pluviométrico en el Pacífico tropical (IPCC, 2014).

Centroamérica es una de las regiones del mundo que presenta vulnerabilidad a los riesgos climáticos y desastres naturales, debido a su ubicación geográfica y a las condiciones socioeconómicos, culturales y ambientales. En esta región se ubica el corredor seco centroamericano (CSC), caracterizado por tener una ecorregión de bosque tropical seco, que abarca las zonas bajas de la vertiente del Pacífico y gran parte de la región central premontano (0 a 800 m.s.n.m) de El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Guanacaste en Costa Rica. El CSC presenta una marcada y prolongada época seca y durante la época de lluvias, presenta un latente riesgo a sequías recurrentes (FAO, 2012).

En Nicaragua, las sequías prolongadas y los eventos extremos del clima han provocado pérdidas irreversibles en las actividades productivas, tales como: la agricultura, ganadería y pesca, cambiando los medios de vida y ampliando las brechas de desigualdad. De igual manera, han incrementado los incendios forestales, que destruyen los ecosistemas, el paisaje y la

estructura de los suelos, provocando el arrastre de cenizas lo cual origina una compactación que impide la penetración del agua y lo deja más susceptible a la erosión hídrica.

El fenómeno climático del Niño se ha presentado en el país en cinco ocasiones entre 2009 al 2019. De estos, dos eventos han sido ubicados en la categoría de sequía severa (2009 y 2014) y de sequía moderado en el 2015 y 2016 (Arías et al., 2014; GWP, 2016; Humboldt, 2016; Vargas, 2014). Así mismo, se destacan la presencia de tormentas y depresiones tropicales denominadas: Matthew, Paula, Nate, Helen, Bary y Hannba para los años 2010, 2012, 2013, 2014 y 2017 respectivamente. Por otra parte, en el 2016 se registró el huracán Otto con categoría 1 en la escala Saffir-Simpson (Underground, 2020).

En el país se cuenta con 425 estaciones clasificadas en: hidrometeorológicas principales (HMP) y ordinarias (HMO), termopluviográficas (TPG), pluviográficas (PG), pluviométricas (PV), telemétricas (TL), de aire superior (AS) y termo pluviométricas (TP). Las mismas están distribuidas en 17 cuencas y son lideradas por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (Unión Europea, 2010). Sin embargo, hay poca divulgación de los resultados de las variables generadas por las mismas para comprender su comportamiento.

En la búsqueda de generar conocimiento sobre el tema de cambio climático, la universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN Managua), con sede en la Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí (FAREM), en colaboración con las instituciones Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA) y el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF, España), desarrollaron un proyecto que incluyó la creación de un centro de estudio y formación sobre los ecosistemas del trópico seco, en el año 2009. Entre las acciones desarrolladas, estuvo la instalación de una estación meteorológica que registrara variables climáticas que permitieran evaluar el comportamiento de estas variables en el corredor seco de la región norte del Nicaragua y de esta manera, generar una población más resistente y resiliente, al cambio climático y al cambio global.

A 10 años después del inicio del proyecto, es de interés sistematizar los resultados generados sobre variables climáticas, valorado que el país, está ubicado en uno de los puntos calientes mundiales a causa del cambio climático, como es el trópico seco (IPCC, 2014). Los resultados de la estación meteorológica, ya integrada en la red INETER, permite generar índices agroclimáticos, útiles para la gestión de los sectores, agrícola, forestal y ganadero. También en la toma de decisiones respecto de temas tan importantes como el agua, el suelo, la biodiversidad

Es importante destacar, que es de interés para las Instituciones de Educación Superior dar pasos firmes en este tema, de acuerdo a las necesidades del siglo XXI, formando redes vía INETER de proyectos mucho más amplios, sin

perder el sentido y valor regional, así como el formativo de la universidad, que permitan validar la duración y frecuencia de los ciclos de sequía (de aproximadamente 5 años), el impacto de huracanes en el balance total, los cambios térmicos especialmente en el salto día/noche, desvincular o no los cambios ambientales continuados de los fenómenos Niño/Niña entre otras acciones relacionadas al estudio del clima.

Lo anterior, se relaciona con la problemática tanto a nivel global como de país en temas de degradación de los ecosistemas. Es así como, se evidencia que, en Nicaragua, para el año 2000, se estimó un área de unos 57.000 Km² de masa forestal, que representaba una cobertura del 48% del país. En 1950 una misión de la FAO llegó al país para evaluar el estado de la ganadería, la agricultura y los bosques, llegando a estimar que el 52% del territorio estaba cubierto de bosque. Lo que muestra un descenso del 4% de la superficie forestal (FAO, 2004). Lo cual puede atribuirse a las prácticas ganaderas y agrícolas extensivas, junto con una explotación forestal selectiva e intensiva de las especies de mayor valor comercial, generándose después, matorrales degradados. Estas masas forestales ecológicamente degradadas tienen gran importancia para el suministro de leña y madera para uso doméstico.

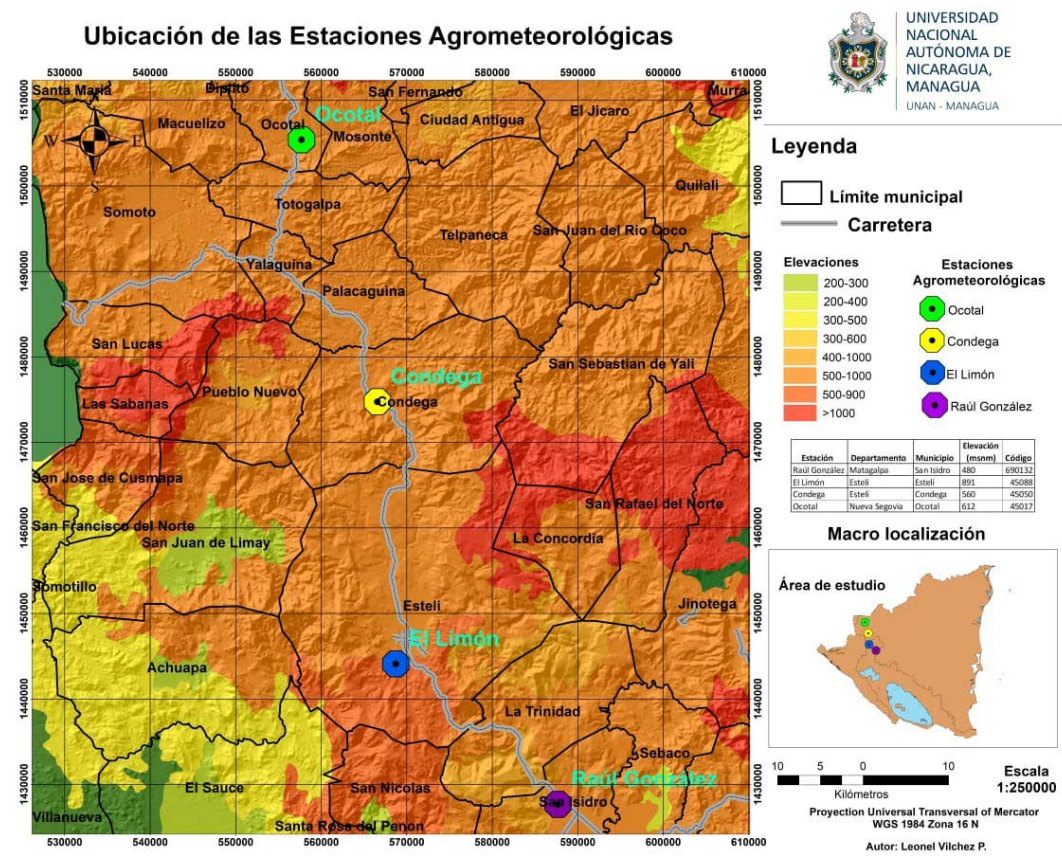
Por otra parte, el crecimiento de la población es el factor más importante en el aumento de la demanda de productos agrícolas, ejerciendo a la vez presión sobre la expansión de las tierras de cultivo y el aprovechamiento de la madera como combustible, contribuyendo así a incrementar y acelerar la deforestación. Todo esto que por sí mismo ya es un problema paisajístico, que genera y generará importantes problemas ecosistémicos, como la pérdida de biodiversidad, la reducción en la captura de carbono en suelos y masa forestal, la erosión, la rotura del ciclo del agua. Lo cual incide en la población, en aspectos importantes como el conjunto sector agropecuario/alimentación/salud, rendimiento forestal, ecoturismo.

Por tanto, el propósito del estudio es evaluar el comportamiento de datos de precipitación y temperatura de la estación meteorológica instalada en el Limón y comparadas con tres estaciones meteorológica ubicadas en la parte Norte central de Nicaragua, en el periodo comprendido del 2009 al 2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica

Los datos climáticos fueron generados en cuatro estaciones meteorológicas ubicadas en la región norte central de Nicaragua en el período 2009–2019. Las estaciones corresponden a los municipios de: Ocotal, Condega, Estelí (El Limón) y San Isidro (Raúl Gonzales).



Caracterización del área en estudio

Geológicamente la superficie de casi toda la región ecológica II en la zona Norte central de Nicaragua tiene su asiento en tierras volcánicas terciarias, con afloramientos de piedras esparcidas en la superficie mayormente de los departamentos de Nueva Segovia, Jinotega, Madriz, Estelí, Matagalpa, Boaco y Chontales. El relieve de esta región comprende una amplia meseta de forma triangular, con base en el río coco, al norte y cuyo vértice al sur termina en la sierra de Amerrisque. Declina desde 2000 m.s.n.m, al norte, a los 1600 m.s.n.m al sur o sea con un desnivel de 400 m. Se extiende una amplia faja de montañas altas, colinas escarpadas y planicies (Salas, 2002)

El clima de la región norte central predomina un clima Caliente y Sub-Húmedo con Lluvia en verano. Este clima predomina en toda la Región del Pacífico y en la mayor parte de la Región Norte. Se caracteriza por presentar una estación seca (Noviembre– Abril) y otra lluviosa (Mayo – Octubre). La precipitación varía desde un mínimo de 600 mm en los Valles Intramontanos de la Región Norte, hasta un máximo de 2000 mm al este del municipio de Chinandega y en el municipio de Tuma – La Dalia. La temperatura media anual registra valores de 30°C en la parte central de Región del Pacífico y de 18°C en los lugares elevados del macizo montañoso central (INETER, 2012).

Históricamente, las variables estudiadas han sido registradas por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en las estaciones mencionadas y se han generado normas históricas desde el año 1971 al 2000. Estos datos históricos se comparan con los retomados en este estudio.

Tabla 1. Normas históricas para el periodo 1971 -2000 reportados por INETER

Estación	Precipitación (mm)	Temperatura °C	Humedad relativa %
Raúl González	873.1	25.1	74
Condega	821.4	24.1	77
Ocotal	833.8	24.5	74

VARIABLES EVALUADAS

Las variables evaluadas fueron temperatura y precipitación para un período de 10 años. Estos datos fueron proporcionados por INETER en tres de las estaciones y para el caso de la Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco El Limón fueron manejados desde la misma estación. Hay que mencionar, que la estación Raúl Gonzales y de Condega registra datos desde el año 1983, la estación de Ocotal desde 1958 y la estación del Limón desde el 2009. Sin embargo, la referencia para este estudio, son los datos generados a partir de la instalación de la Estación El Limón.

Es importante destacar, que todas las estaciones registran datos para las siguientes variables: temperatura, precipitación, radiación solar, evapotranspiración, velocidad y dirección del viento, entre otras. Para este estudio, únicamente se utilizaron las variables temperaturas y precipitaciones, de las que se estimó la evapotranspiración y déficit hídrico.

ANÁLISIS DE LA SERIE DE DATOS

Se realizaron promedios mensuales y anuales para las temperaturas y en el caso de las precipitaciones se utilizaron los acumulados para cada año. Lo cual, se considera clave para generar diversos índices de interés agroclimáticos para diferentes sectores socioeconómicos de las zonas donde están ubicadas.

Así mismo, se realizó un análisis de regresión lineal para evaluar las tendencias de estas variables en la serie de datos. El cálculo de la evapotranspiración de referencia se realizó a través de la fórmula Penman-Monteith (FAO, 2006) EC1:

$$ET_o = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_a - e_d)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad EC1$$

Donde:

- ET_0 : Evapotranspiración de referencia [mm d^{-1}]
- R_n : Radiación neta en la superficie de la planta [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$]
- G : Flujo térmico del suelo [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$]
- T : Temperatura media [$^{\circ}\text{C}$]
- U_2 : Velocidad del viento medida a 2 m de altura [m s^{-1}]
- $(e_a - e_d)$: Déficit de la Presión de Vapor [KPa]
- Δ : Pendiente de la Curva de Presión de Vapor [$\text{KPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$]
- γ : Constante psicométrica [$\text{KPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$]
- 900: Factor de conversión

El cálculo del déficit hídrico, se realizó restando la precipitación menos la evapotranspiración anual. Todos los análisis se realizaron en el software estadístico InfoStat versión 2019 (Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Tablada, E., & Robledo, 2019)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de las temperaturas promedios, máximas y mínimas estudiadas

Se estudiaron datos de temperatura y precipitación para un período de 10 años, cuyos resultados se muestran a continuación. La estación “El Limón”, ubicada en Estelí, fue la que registró las temperaturas más bajas, tanto para los promedios, las máximas y mínimas, en relación al resto de estaciones evaluadas (figura 1, 2 y 3).

Las estaciones de Condega y Ocotol registraron temperaturas promedias similares (24.6°C – 24.5°C , respectivamente), la estación Raúl González registró la más alta de todas (25.3°C), y el Limón registró las menores (23.1°C). Así mismo, para el caso de las temperaturas máximas fueron similares en estas mismas estaciones (30.9°C – 31.0°C Condega y Ocotol respectivamente), para el caso de la estación Raúl González fue de 32.1°C y la estación el Limón de 29.0°C . En el caso de las temperaturas mínimas, la estación Raúl Gonzales y la estación de Condega fueron iguales (20°C), la estación de Ocotol fue de 19.4°C y la El Limón 17.4°C .

Hay que destacar, que las temperaturas promedio de las estaciones de Condega, Ocotol y Raúl González para los años estudiados, están en correspondencia con las normas históricas registradas por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, indicando temperaturas de 24.1°C , 24.5°C y 25.1°C respectivamente (INETER, 2012). Sin embargo, al realizar el análisis detallado se observa un ligero aumento en las temperaturas

promedio por año en todas las estaciones, que corresponde a $0.06^{\circ}\text{C} \pm 0.02$ ($F:9.11$, $P=0.0027$). **Esto indica, que, en los 10 años estudiados, se ha registrado un aumento de 0.6°C en la temperatura promedio.** Esto se registra principalmente para los años 2009, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 y 2019.

Cabe señalar, que los años mencionados donde se registran estos ligeros aumentos de temperatura promedio, coinciden con el fenómeno del Niño-oscilación del sur (ENOS), ocasionando sequías severas y moderadas (Arias, Pietri, & González, 2014; GWP, 2016; Humboldt, 2016; Vargas, 2014; Underground, 2020).

Por otra parte, si se analizan los efectos de estos fenómenos en los medios de vida, en el año 2009, el Programa Acción Contra el Hambre reporta los efectos de la sequía sobre la Seguridad Alimentaria y Nutricional de la población vulnerable del Corredor Seco de Nicaragua, dado que el fenómeno del Niño se mantuvo activo hasta mediados del año 2010 (ACF-E, 2010). Así mismo, para el año 2014 la sequía impactó nuevamente, afectando los rendimientos de los cultivos de granos básicos (maíz y frijol) y el trabajo temporal en plantaciones de café y caña de azúcar, para lo cual se estimó un total de 100,000 familias afectadas de forma severa por esta sequía (Arias et al., 2014).

Los episodios del fenómeno ENOS ocurren con diversos grados de severidad, con una recurrencia de aproximadamente cada 2.6 años, intensificándose durante el período de marzo a agosto. Esto se demostró en los eventos ENOS de 2002/03, 2004/05, 2009/10 y 2014/15 respectivamente. Durante eventos severos de El Niño, se registra una reducción significativa de las precipitaciones en agosto-octubre, repercutiendo en el año siguiente en la producción de granos básicos y otros cultivos (The world bank et al., 2015).

Hay que destacar, que el periodo comprendido entre el 2011 y 2015, fue el quinquenio¹ más cálido jamás registrado en todo el mundo. Las temperaturas para el período aumentaron $0,57^{\circ}\text{C}$ por encima de la media para el período de referencia estándar 1961-1990. El año 2015 las temperaturas mundiales registradas estuvieron 1°C por encima de la media preindustrial. El segundo año más cálido fue el 2014, durante el cual se registraron temperaturas que estuvieron $0,61^{\circ}\text{C}$ por encima de la media de referencia estándar (OMM, 2016).

Nicaragua, en el 2019 fue afectada por una ola de calor, la cual también se registró en todos los países del hemisferio norte. Este evento se dio en el periodo canicular² comprendido entre el 15 de julio al 15 de agosto.

1 Los períodos de cinco años se definen como períodos quinquenales que terminan en un año terminado en 5 o 0, por ejemplo (2011–2015, 2006–2010, 2001–2005).

2 El período canicular está referido a una época seca con durabilidad de 1 mes durante el período lluvioso para el caso de países tropicales.

Según datos de INETER, la zona del pacifico registró temperaturas de 41°C, con una sensación térmica de 45 °C. Hay que señalar, que desde que se inician los registros de temperatura a finales del siglo XIX, el año 2019 se ha reportado como el segundo año más caluroso, esto asociado al fenómeno del Niño.

Lo anterior se vincula a la tendencia mundial de registros en el aumento de la temperatura. Se estima un aumento en la temperatura media global de 0.6 para el 2019, más cálida que el promedio de 1981-2010. Es importante señalar, que la temperatura del planeta durante los últimos cinco años, ha tenido un incremento de 1.1°C y 1.2 °C, más cálida que la de tiempos preindustriales (IPCC, 2019).

Figura 1. Temperaturas medias correspondiente a las estaciones: Condega, El Limón, Ocotal y Raúl Gonzales. Las barras representan el error estándar.

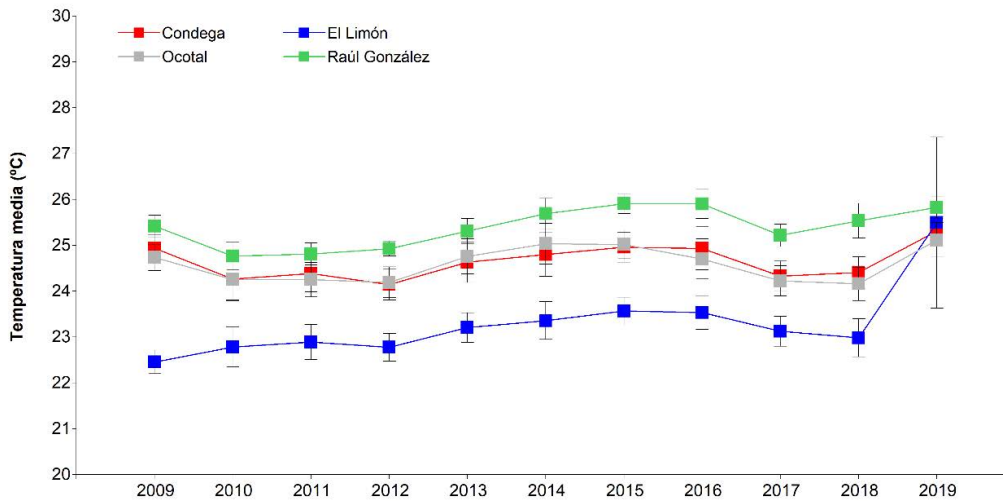


Figura 2. Temperaturas mínimas correspondiente a las estaciones: Condega, El Limón, Ocotal y Raúl Gonzales. Las barras representan el error estándar.

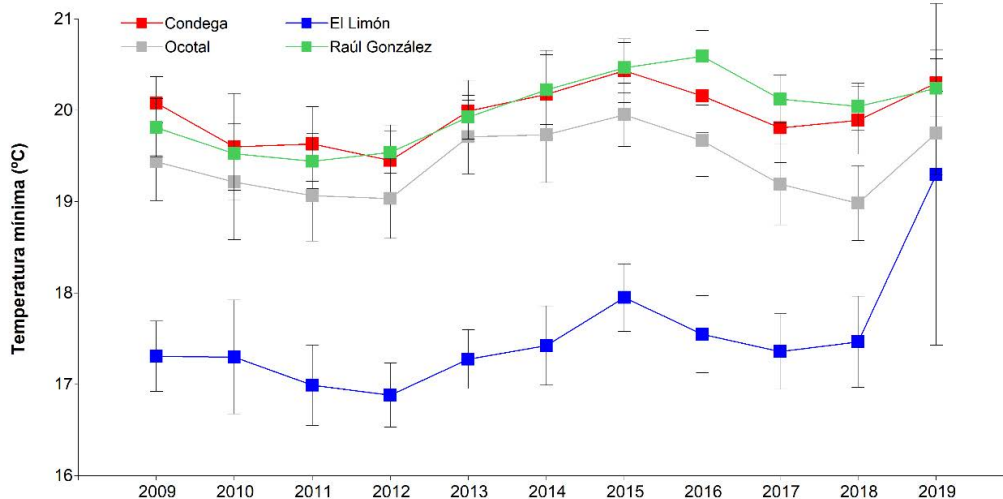
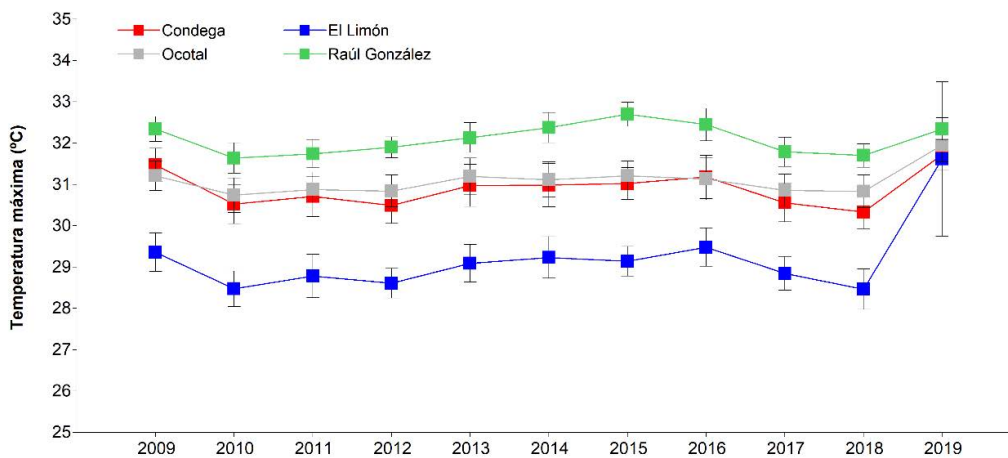


Figura 3. Temperaturas máximas correspondiente a las estaciones: Condega, El Limón, Ocotal y Raúl Gonzales. Las barras representan el error estándar.



Comportamiento de las precipitaciones

En la serie en estudio, la estación de Condega registró las máximas precipitaciones acumuladas con 1005 mm, seguido de la estación Raúl González de 939 mm, el Limón de 892 mm y Ocotal de 889 mm. Los mayores acumulados de precipitación se registraron en el año 2010, mientras que los menores acumulados en los años 2009, 2014, 2015 y 2019.

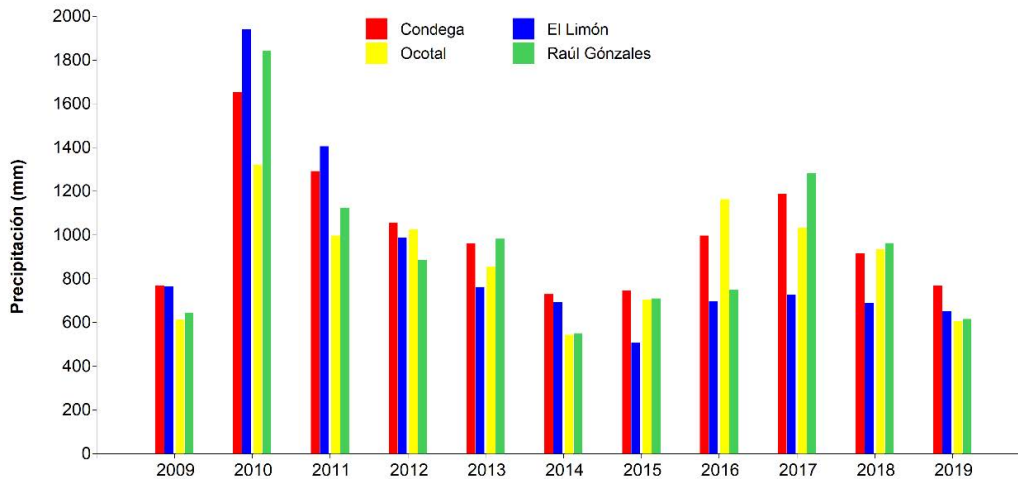
Lo anterior indica, que se observa una disminución en las precipitaciones promedio anual de $39 \text{ mm} \pm 14.75$ (F: 6.94, $P=0.0117$), correspondiente a 390 mm para la serie en estudio (figura 4). Sin embargo, algunas variaciones en las precipitaciones, pueden estar relacionadas a tormentas y depresiones tropicales ocurridas en el país (Arias, Pietri, & González, 2014; GWP, 2016; Humboldt, 2016; Vargas, 2014; Underground, 2020).

Un ejemplo de esta situación, se refleja en el año 2010, cuando Nicaragua se ve afectada por las tormentas tropicales Matthew y Paula, dejando acumulados de precipitación por encima de la norma histórica (INETER, 2012). De igual manera, la precipitación anual ha estado más errática y extrema por los fenómenos del “Niño” o la Niña, que provocan sequías severas o lluvias intensas y huracanes (FAO, 2012; OMM, 2016). Esto lo afirma la organización mundial de meteorología que para el periodo 2011 al 2015, los volúmenes totales de precipitaciones a nivel global han estado influenciados por los fenómenos climáticos antes mencionados.

En el año 2014, entre el mes de mayo y agosto se registraron en el corredor seco centroamericano, lluvias que han sido inferiores en un 40 o 60 % a los promedios de la región en años anteriores. La carencia de lluvia ha ocasionado pérdidas de cosechas de granos básicos y otros cultivos, afectando

la seguridad alimentaria de miles de familias campesinas de la región (Arias et al., 2014). Por otra parte, la reducción periódica de precipitaciones o la irregularidad en las mismas, impactan de forma directa en la economía de los pobladores, ya que afectan en los recursos suelo, agua y bosque.

Figura 4. Acumulado de precipitaciones en las estaciones: Condega, El Limón, Ocotal y Raúl Gonzales.



Comportamiento de la evapotranspiración

En las estaciones evaluadas, la variable evapotranspiración registra los datos más bajos en los meses de noviembre a abril y los más altos de mayo a octubre (figura 5). Estos resultados coinciden con época seca y lluviosa del país. Al comparar las precipitaciones y evapotranspiración anual, en relación a las estaciones estudiadas, las evapotranspiraciones siempre se muestran más altas que las precipitaciones, lo cual se puede observar en la figura 6. Estos resultados indican un déficit hídrico para la mayoría de los años estudiados, a excepción del 2010 para las estaciones de Condega, el Limón y Raúl Gonzales (figura 7).

Estos datos de evapotranspiración reportados en cada una de las estaciones son similares, dadas las condiciones ambientales del corredor seco de Nicaragua donde se encuentran. Los sitios presentan características similares en relación a la radiación solar, temperaturas, precipitaciones y la fragmentación del paisaje, ya que predomina la agricultura y ganadería.

Lo anterior aumenta el riesgo de que la evaporación sea mayor, al estar los suelos descubiertos. Por otra parte, la alta evapotranspiración conlleva a un déficit hídrico, lo cual afecta el desarrollo de los cultivos y por ende los medios de vida de las poblaciones que habitan en este sector. Estos resultados, son coincidentes con las proyecciones sobre eventos extremos reportadas por la (IPCC, 2012), dado que este reporte indica, que para el siglo XXI existen un nivel de confianza media que las sequías se intensificarán en algunas regiones de Centroamérica y México, a causa de la disminución de las precipitaciones

y aumento en la evapotranspiración. Así mismo, se estima que el efecto combinado de altas temperatura y los cambios de la precipitación afectará la disponibilidad de agua, para el corredor seco Centroamericano, generando aumentos en la evapotranspiración, lo que provocará suelos más secos y mayor aridez o menor humedad en algunas regiones (CEPAL, 2020).

Figura 5. Evapotranspiración correspondiente a las estaciones: Condega, El Limón, Ocotal y Raúl Gonzales. Las barras representan el error estándar.

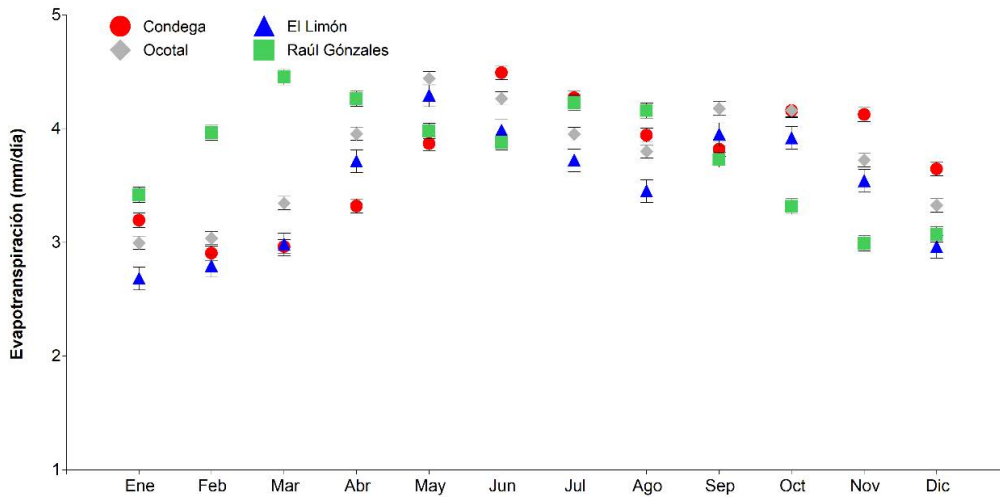


Figura 6. Acumulado de precipitación y evapotranspiración anual correspondiente a las estaciones: Condega, El Limón, Ocotal y Raúl Gonzales. Las barras de color azul representan la precipitación y las barras de color rojo la evapotranspiración.

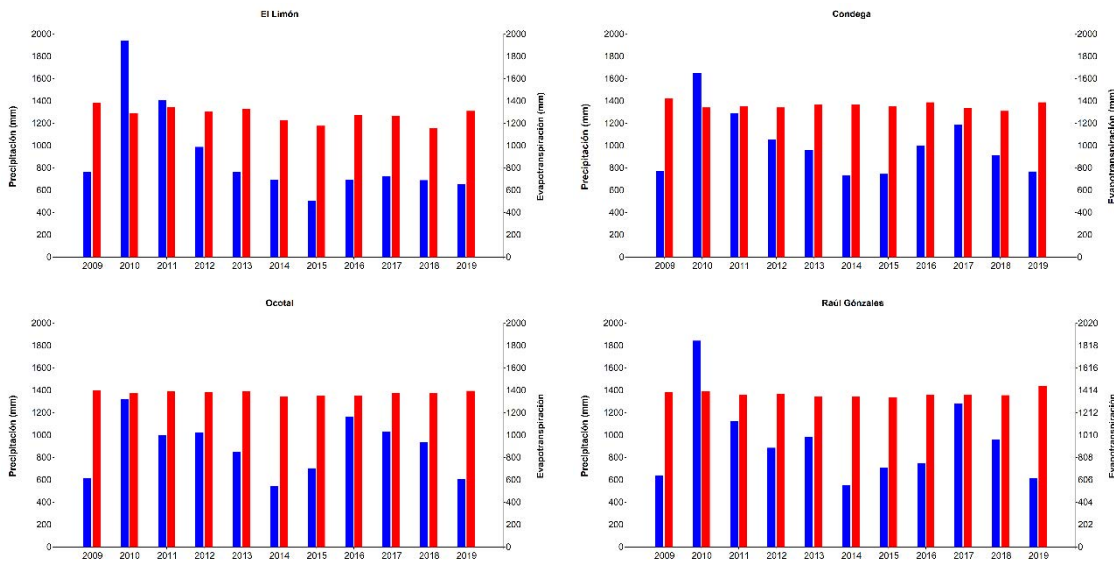
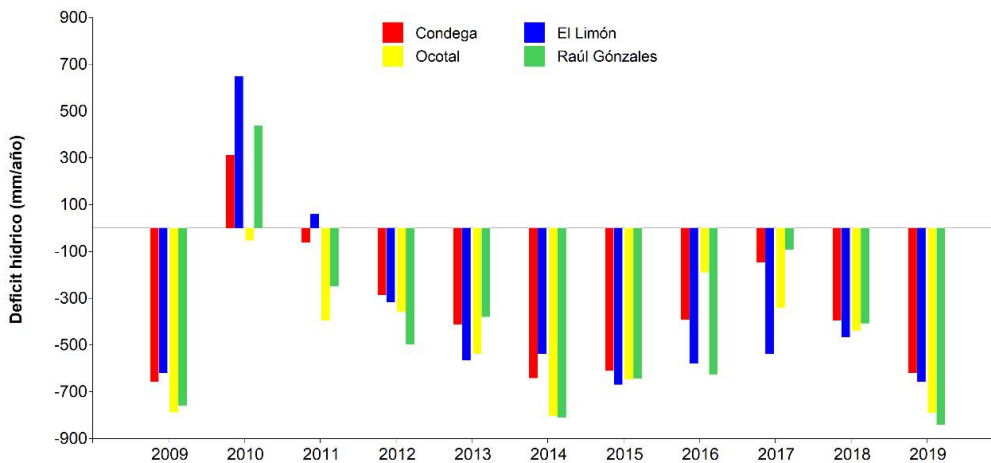


Figura 7. Déficit hídrico correspondiente a las estaciones: Condega, El Limón, Ocotal y Raúl Gonzales.



CONCLUSIONES

El comportamiento de la temperatura y la precipitación para el periodo 2009 – 2019, evaluadas en cuatro estaciones meteorológicas de la región norcentral de Nicaragua, muestran una tendencia a la variación. Las temperaturas muestran un aumento de 0,6°C y las precipitaciones una disminución de 380 mm en el período de 10 años evaluados.

La variabilidad climática presentada por los fenómenos del niño-oscilación del sur (ENOS), así como, tormentas y depresiones tropicales pueden estar incidiendo en estos resultados. Sin embargo, además de esta variabilidad, estos pueden orientar una tendencia al cambio climático, donde se predicen estos aumentos de temperatura y disminución de las precipitaciones a nivel global, sin embargo, habría que estudiar una serie más larga de datos para discernir entre ambos fenómenos.

Los resultados de este estudio, son una primera aproximación al tema de registro de variables climáticas. Por tanto, se pretende continuar con la sistematización de los mismos en estas estaciones y compararlos con otras del país, a fin de que sirvan de punto de partida en estudios posteriores, para la generación de índices agroclimáticos útiles en la gestión agropecuaria del trópico seco de Nicaragua.

AGRADECIMIENTO

El equipo docente investigadores de la Estación Experimental El Limón, agradece a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) por la adquisición de la estación agro meteorológica y las asesorías científico técnicas del Dr. Robert Savé Monserrat del Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA), desde el 2009 hasta la actualidad. Así como, al Dr. Josep María Espelta y otros docentes de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) por su apoyo en proyectos de investigación de pre grado y post grado.

BIBLIOGRAFÍA

- ACF-E. (2010). Impacto de la sequía en el corredor seco de Nicaragua (Madriz, Nueva Segovia y Estelí). Informe de seguimiento por Acción contra el hambre. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Arias, M. A. G., Pietri, M. A., & González, A. G. (2014). *La sequía en el Corredor Seco Centroamericano: Escenario de vulnerabilidad y propuestas de intervención a partir de la experiencia acumulada en crisis anteriores*. www.accioncontraelhambre.org%0AMiguel
- Biasutti, M., Sobel, A. H., Camargo, S. J., & Creyts, T. T. (2012). Projected changes in the physical climate of the Gulf Coast and Caribbean. *Climatic Change*, 112(3–4), 819–845. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0254-y>
- CEPAL. (2020). *Análisis espacial de datos históricos y escenarios de cambio climático en México, Centroamérica, Cuba, Haití y la Republica Dominicana*.
- Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Tablada, E., & Robledo, C. (2019). *Grupo InfoStaf FCA*.
- FAO. (2004). *perspectivas del sector forestal para América Latina y el Caribe (ESFAL)*. <http://www.fao.org/3/j3531s/j3531s00.htm#TopOfPage>
- FAO. (2006). Evapotranspiracion del cultivo. *Serie Didactica, Facultad de Agronomia y Zootecnica, Universidad Nacional de Tucuman*, 45.
- FAO. (2012). *Marco estratégico regional para la gestion de riesgos climaticos en el sector agrícola del corredor seco Centroamericano (Vol. 66)*.
- GWP. (2016). *Análisis socioeconómico del impacto sectorial de la sequía de 2014 en Centroamérica*.
- Humboldt, C. (2016). *Crisis socio-ambiental de nicaragua post sequía 2016*.
- INETER. (2012). *Dirección General de Meteorología*. <https://servmet.ineter.gob.ni//Meteorologia/climadenicaragua.php>
- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance*

- Climate Change Adaptation. In *Cambridge University Press*. www.cdkn.org/srex
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer.*
- IPCC. (2019). Informe especial sobre los impactos de un calentamiento global de 1,5°C y las sendas de emisión relacionadas. español. In *Intergovernmental Panel on Climate Change*. <https://www.ipcc.ch/sr15/>
- OMM. (2016). Estado del Clima Mundial en 2011-2015. In *Tiempo - Clima - Agua*.
- Salas, J. B. (2002). *Biogeografía de Nicaragua* (1a ed.).
- The world bank, IFAD, & CSUCA. (2015). *Agriculture in Nicaragua: Performance , Challenges ,.*
- Underground, W. (2020). *Hurricane Archive Basin | Weather Underground*. <https://www.wunderground.com/hurricane/archive/AL/2010>
- Unión Europea. (2010). *Plan de negocio para la dirección de Meteorología del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales*.
- Vargas, A. B. (2014). *Patrones de sequía en Centroamérica*. www.gwpcentroamerica.org www.cosude.ch