

# Comparación de dos variables climáticas: temperatura y precipitación, registradas en dos Estaciones Agro meteorológicas del norte de Nicaragua en el período 2009 - 2011.

**Autor: Verónica Ruiz (Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí (UNAN Managua/FAREM Estelí), Robert Savé, Carmen Biel. (Instituto de Investigación y Tecnologías Agroalimentaria IRTA-España).**

## I. Introducción

Los registros climatológicos continuos y sistemáticos permiten determinar la evolución en el tiempo de las variables climáticas de mayor importancia y los cambios y/o alteraciones generados en el clima. Los datos meteorológicos cada vez son más indispensables para que los institutos de meteorología del mundo, puedan realizar predicciones más precisas.

El comportamiento del clima está sujeto a muchas variables. La temperatura junto a la humedad relativa, son las variables climáticas más importantes. Incluso la temperatura es una variable básica para establecer las clasificaciones climáticas a cualquier escala (MOPT, 1992).

Uno de los indicadores del cambio del clima, es el aumento de la temperatura ambiente. Desde la revolución industrial hasta los días actuales, se ha producido un aumento aproximado de un 25% en la concentración atmosférica de dióxido de carbono, un 19% de óxidos nitrosos, un 100% de metano y más de un 200% de los clorofluorocarburos (CFC), todos gases de efecto invernadero. Esto ha traído como consecuencia que la temperatura media del planeta se haya elevado 0.8 grados centígrados con respecto a los niveles que existían antes de la revolución industrial y los expertos advierten que si suben las temperaturas globales por encima de la variabilidad natural del clima, será imposible detener y evitar impactos, en ocasiones catastróficos. (IPCC, 2007).

Guerrero, J. F. 2003, refiere que en Nicaragua, desde 1895 se han registrado las primeras observaciones meteorológicas, midiéndose inicialmente la precipitación y es a partir del 1932 que se inicia el registro de la temperatura media anual. Sin embargo, el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) conserva memoria de datos de temperatura desde 1957, los cuales permiten evaluar la evolución del clima en el país y determinar el vínculo con el cambio climático (Milán, J. 2011).

Como antecedentes en el país, en el año 2003 el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales realizó un análisis de los datos de temperaturas máxima y mínima absolutas del aire, registrados en 10 estaciones meteorológicas principales ubicadas en las regiones del pacífico (Chinandega, Managua, Masatepe y

Nandaime), Región Norte (Condega y Jinotega), Central (Muy Muy y Juigalpa) y en la región del Atlántico (Puerto Cabezas y Bluefields). Las mediciones en estas estaciones iniciaron en 1957 hasta 1970. De esto se concluyó que los valores mensuales de las temperaturas máxima y mínima absolutas del aire presentaron aumentos con el tiempo en la mayoría de las estaciones. Así mismo, los datos de temperatura mínima absoluta mostraron incrementos, entre décadas extremas que varían de 0.2 a 1.6 °C.

De igual manera, se han realizados estudios para observar el comportamiento de las precipitaciones. Guerrero, J. 2008, citado por Milán, J. 2011, realizó un análisis de precipitación, utilizando datos pluviométricos de dos estaciones meteorológicas, ubicados en la región del pacífico: Chinandega (Ingenio San Antonio) y Granada. En estas dos estaciones disponen de registros continuos desde aproximadamente en inicio del XX. A partir de esta información se concluye que las precipitaciones disminuyen de manera relativamente significativa, al calcular la diferencia porcentual entre inicios del siglo XX, en estos últimos 30 años, se encuentra una diferencia de - 10% en el ingenio San Antonio y de - 6 % en Granada. La reducción es notable, pero limitada.

Así mismo se realizó un análisis sumario de correlación entre el índice de Oscilación de El Niño y la disminución de las precipitaciones. Los resultados indican, que existe una correlación de 0.38 y 0.29 entre el fenómeno del Niño y la reducción de las precipitaciones en el Ingenio San Antonio y en Granada.

A partir de estos resultados realizados en la Estación del Ingenio San Antonio y la de Granada, se menciona que las precipitaciones muestran una mayor discrepancia (Milán, J. 2011). El modelo ECHAM4<sup>1</sup>, tienden a producir, durante casi todo el año, incrementos de precipitación que varían entre el 10 % y el 70 %, principalmente en la mitad del Occidental de Nicaragua. En el modelo HadCM3<sup>1</sup>, las proyecciones para los escenarios A2<sup>2</sup> y B2<sup>2</sup> muestran una reducción de los volúmenes de lluvia en casi todo el país, con el predominio de valores que están entre -30 % y -50%.

1 (ECHAM4 y ECHAM4) Modelos realizados por investigadores del instituto de Meteorología de cuba, bajo dos escenarios de emisiones (SRESA2 Y HadCM3)

2 Tipos de Escenarios (IPCC, 2007): A2: Se describe un mundo futuro muy heterogéneo. Sus características distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las entidades locales. Las pautas de fertilidad convergen muy lentamente por lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. B2: Se describe un mundo en el que predomina las soluciones locales a la sostenibilidad económica social y ambiental. Es un mundo cuya población aumenta a un ritmo menos que en A2 con niveles de desarrollo económico intermedios y con un cambio tecnológico más lento y más diverso.

Debido a estas anomalías climáticas, referidas a la temperatura y precipitación, se hace necesario la presencia de estaciones meteorológicas ubicadas en todo el país, que permitan valorar los cambios que está sufriendo el clima a nivel regional y/o local, a fin de tomar decisiones y medidas de adaptación especialmente para los sectores agrícola y forestal.

Con el propósito de determinar la evolución temporal de variables climáticas entre los registros de la Estación Meteorológica El “Limón” (Estelí) y la ubicada en el municipio de Condega en los años 2009 al 2011, se realizó el presente análisis comparativo, que servirá para validar los datos de la estación El Limón y para analizar el comportamiento de estas variables, lo que ayudará a la toma de decisiones en uno de los sectores más afectados como es el sector agrícola.

## II. Metodología

### 2.1 Ubicación de las estaciones en estudio.

#### 2.1.1 Estación Agro meteorológica “El Limón”

Está ubicada en el Municipio de Estelí a 1.5 km al suroeste de la Ciudad, a una elevación sobre el nivel del mar de 865 metros, latitud 13° 03' 40" N y longitud 86° 21' 58" W.

En el municipio de Estelí se registran precipitaciones promedio anuales de 900 milímetros, temperaturas anuales variables que oscilan entre los 33°C y la temperatura media anual de 21.5 °C. Por ubicarse en el Trópico Seco, se presentan dos estaciones bien marcadas (invierno y verano) con una duración de seis meses cada una. Las mayores temperaturas se registran en el mes de marzo y las menores en diciembre. La humedad relativa promedio anual es de 70%, el grado de humedad aumenta hacia el noreste y sur de la ciudad. (MARENA, 2010).

Es una Estación Agro meteorológica portátil marca WATCH DOG, modelo 2900 ET que registra 12 variables: Temperaturas (°C), lluvia (mm), Humedad Relativa (%), Radiación Solar (W/m<sup>2</sup>), Ráfagas, Velocidad y Dirección del Viento (m/s), Punto de Rocío (°C), Evapotranspiración (mm), Grados Días (°C), Presión barométrica, Humedad del suelo y Luz cuántica.

Fue instalada en el año 2010, por la Facultad Regional Multidisciplinaria de Estelí de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN Managua – FAREM Estelí) en colaboración el Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF) y el Instituto de Investigación y Tecnologías Agroalimentarias (IRTA) de España en el marco del proyecto de colaboración interuniversitaria denominado “Desarrollo de un programa de capacitación científico técnico y creación de

una Estación Experimental para el estudio del trópico seco” el cual fue financiado la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

La finalidad del proyecto fue el fortalecimiento de capacidades científico-técnico del personal docente/investigador de la FAREM Estelí, especialmente en aéreas claves para estudio del bosque tropical seco.

#### 2.1.2 Estación Agrometeorológica de Condega

Está ubicada en el municipio de Condega, a una elevación sobre el nivel del mar de 560 msnm, con una latitud 13° 20' 22" N y una longitud de 86° 23' 07" W, código 45 050.

En este municipio se presenta un clima de sabana tropical que tiene sus variaciones según la altitud. Se registran una precipitación promedio anual de 798 mm, por lo que se caracteriza como zona seca. Las temperaturas medias del municipio son cálidas y oscilan entre 22.6 °C y 24.2 °C, la variación promedio mensual es inferior a 3°C y la temperatura media anual es de 24.6. (Calderón et al. 2001).

Es una Estación con código 45 050, tipo AG (agro meteorológica) características asignadas por el Instituto de Estudios Territoriales (INETER), registra las siguientes variables: temperaturas, precipitación, evaporación, humedad relativa, radiación solar, velocidad y dirección de los vientos.

### 2.2 Recopilación de la información

Para ambas estaciones, se recopilieron datos de temperatura y precipitación en una serie de tres años consecutivos (2009-2011)

Para la Estación Agrometeorológica “El Limón”, los datos registrados fueron recolectados cada quince días a través de una memoria externa y para el procesamiento se utilizó un software. El sensor de temperatura en esta Estación presenta un rango de medición de -20° a 70°C (-4° a 158° F) y precisión de ±0.6°C (1°F). El sensor de precipitación presenta un rango de resolución 0.25 cm (0.01”) y exactitud de ±2%.

En la estación de Condega, los datos fueron proporcionados por INETER, los cuales son recopilados de forma manual y administrados por dicha institución. Esta estación utiliza la garita, para medir temperaturas; máximas y mínimas, pluviómetro, para registrar la lluvia, tipo Hellman, constituido por un cilindro cuya boca superior tiene una superficie exacta de 200 cm<sup>2</sup> perfectamente delimitada por un anillo de bronce con borde biselado.

Con los datos recolectados, se realizó un análisis estadístico descriptivo, a fin de establecer similitudes y diferencias para las variables de temperatura y precipitación, utilizando los programas de Excel y StatView5.

### III. Resultados y discusión

#### 3.1 Temperaturas registradas en las estaciones meteorológicas en estudio

La temperatura es una de las principales variables que determina cambios en el clima del planeta. Influye directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas, la explosión o disminución de insectos plagas y enfermedades para los cultivos agrícolas y forestales. Por tanto, es muy importante el registro sistemático de esta variable a fin de analizar el comportamiento de la misma y de esta manera tomar decisiones con respecto al manejo de los cultivos agrícolas principalmente.

Las características topográficas, edáficas, inclinación de los rayos solares, latitud, altura sobre el nivel del mar, dirección y fuerza de los vientos determinan este variable. Así mismo juega un papel crucial en la dinámica de los ecosistemas, su estructura y función.

Los resultados de los registros muestran las temperaturas máximas, mínimas y medias en un período de tres años consecutivos en la estación meteorológica “El Limón” ubicada en el municipio de Estelí y otra estación ubicada en el municipio de Condega.

##### 3.1.1. Temperaturas máximas y mínimas

Las figuras 1 y 2 muestran el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas promedio registradas en los años 2009 - 2011.

En la época de verano se reflejan las temperaturas máximas, descendiendo en la época de invierno, para ambos municipios. Sin embargo, en el año 2009 se registran las temperaturas mayores en ambas estaciones en relación al 2010 y 2011. Al comparar los datos de las estaciones, Condega registra una diferencia de 4°C, respecto al Limón - Estelí.

Hay que señalar que en el año 2009, Nicaragua fue afectada por el fenómeno del niño y según los registros de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) el contenido de calor en la parte superficial del pacífico ecuatorial se comportó por debajo del nivel medio desde mitad de Agosto del 2008 hasta finales de Marzo del 2009, cuando sorpresivamente la temperatura superficial del mar en ese sector comenzó a re-

gistrar anomalías positivas. Esto pudo haber influido en este ligero aumento de temperatura en el municipio de Condega

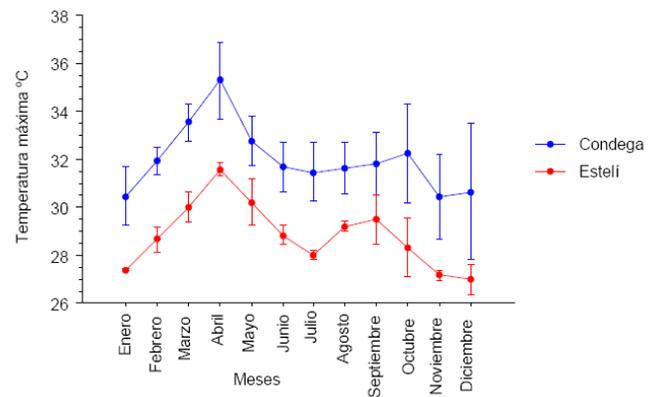


Fig. 1: Comportamiento de las temperaturas máximas promedio en los años 2009 al 2011, en los municipios de Condega y Estelí.

Las temperaturas mínimas, se presentan en los meses de diciembre a marzo (figura 2), y presentan similitud en los dos municipios, incrementándose en los siguientes meses. Uno de los indicadores que determina la variación en la temperatura es el ángulo de incidencia de los rayos solares, este varía estacionalmente de forma diferente para los dos hemisferios. Por tal razón el hemisferio norte es más cálido en los meses de junio, julio y agosto, en tanto que el hemisferio sur recibe más energía en diciembre, enero y febrero.

Nicaragua por su ubicación geográfica, está en la zona de vida del trópico seco (Holdridge, R. 1996) y recibe los vientos alisios proveniente del norte provocando un enfriamiento de las masas de agua y descendiendo las temperaturas mínimas en estos meses.

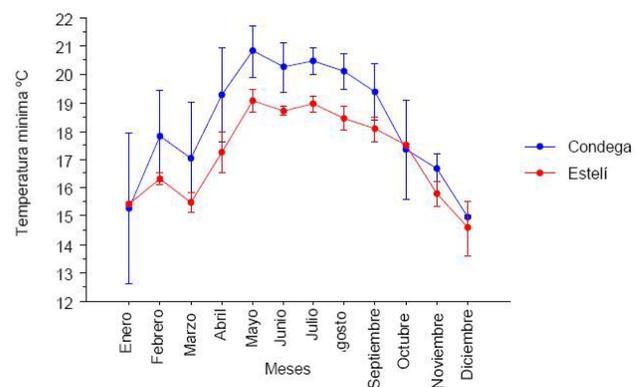


Fig. 2: Comportamiento de las temperaturas mínimas promedio en los años 2009 al 2011, en los municipios de Condega y Estelí.

Las temperaturas promedios registradas en la Estación de Condega para los años 2009 al 2011 fueron de  $24.6^{\circ}\text{C} \pm 1.3$ , y en la Estación El Limón en Estelí de  $22.7^{\circ}\text{C} \pm 1.3$ . Condega presentó  $2^{\circ}\text{C}$  más con respecto al municipio de Estelí.

Como es de esperarse, en estas estaciones, las temperaturas máximas se registran entre los meses de enero a abril, que coinciden con el período más seco del año. Luego inicia un descenso en los siguientes meses (Figura 3). Este comportamiento en las temperaturas es normal en Nicaragua ya que están bien diferenciadas las estaciones seca y lluviosa.

Según las medidas históricas, en el periodo 1971 al 2000, el comportamiento de la temperatura media anual para esta zona oscila entre  $20^{\circ}\text{C}$  y  $24^{\circ}\text{C}$  (INETER, 2005). Sin embargo, se registra un incremento de temperatura en el municipio de Condega de  $0.6^{\circ}\text{C}$  para los años evaluados. El municipio de Estelí se mantiene en el rango de las normas históricas.

Para Nicaragua, las proyecciones de temperaturas para la década 2020-2029, podrían incrementarse entre  $0.5^{\circ}\text{C}$  y  $1.0^{\circ}\text{C}$ . Sin embargo, para el período 2090-2099, es probable que las temperaturas se incrementen significativamente, rango que podría ser de  $4.0^{\circ}\text{C}$  a  $4.5^{\circ}\text{C}$  y un poco más moderado de  $2.0^{\circ}\text{C}$  a  $2.5^{\circ}\text{C}$ . (IPCC, 2007).

Un factor importante en el incremento de la temperatura son las emisiones de gases de efecto invernadero, los que provocan una variabilidad a esta variable. En Nicaragua, a pesar de que se mantienen niveles bajos de emisiones de gases de efecto invernadero, en comparación con otros países, se espera que la temperatura media del aire se incremente de manera sustancial y para finales de siglo pudieran ser superiores a los  $3.0^{\circ}\text{C}$ .

El cambio podría ser más intenso en las temperaturas máximas, con incrementos mayores a  $4^{\circ}\text{C}$  en algunas zonas del país. En cambio la temperatura mínima puede ser más aguda, indicando una posible reducción en la oscilación térmica diaria y el consecuente aumento del estrés térmico en la población. (Milán, J. 2011).

Los países centroamericanos son altamente vulnerables a los fenómenos meteorológicos debido a su ubicación geográfica y a la situación de pobreza que enfrentan. Nicaragua, es un país altamente vulnerable ante sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, deslaves, huracanes, sequías y tsunamis. (CEPAL, 2010).

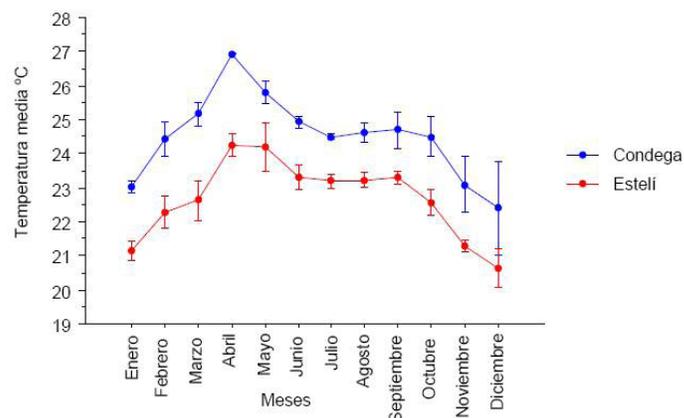


Fig. 3: Comportamiento de las temperaturas medias en los años 2009 al 2011.

### 3.2 Precipitaciones registradas en las estaciones meteorológicas en estudio

Los acumulados de precipitaciones registrados en la Estación de Condega en los años 2009, 2010 y 2011, fueron de:  $248\text{mm} \pm 6.0$ ;  $1648.3\text{mm} \pm 34.4$  y  $998.3\text{mm} \pm 30.5$  respectivamente y en la Estación El Limón Estelí de  $764.8\text{mm} \pm 27.5$ ;  $1938\text{mm} \pm 50.1$  y  $1390.21\text{mm} \pm 50.5$ . (Figura 3).

Según las normas históricas de INETER, en el periodo de 1971 al 2000 para la zona Nor central del país, las precipitaciones medias anuales oscilaron entre  $700\text{mm}$  y  $2500\text{mm}$ . Los datos registrados en las estaciones en comparación, reflejan una disminución de las precipitaciones en el año 2009 para el municipio de Condega. Sin embargo, para los otros años los registros se mantienen en los rangos históricos para en ambos municipios. Los resultados del estudio coinciden con otras investigaciones realizadas en el país y con las proyecciones del IPCC (IPCC, 2007), en relación a la disminución de las lluvias y la recurrencia de fenómenos naturales con mayor frecuencia e intensidad, lo que provocará alteraciones en los ecosistemas e inestabilidad en los modos de vida de los y las nicaragüenses. Se menciona además que para Nicaragua, esta disminución puede estar entre un  $6\%$  y un  $10\%$ . (MARENA, 2010).

Los registros de observaciones y las proyecciones climáticas, aportan evidencia sobre la vulnerabilidad de los recursos, especialmente el agua y como estos pueden resultar afectados por el cambio climático. El calentamiento observado durante varias décadas ha sido vinculado a cambios experimentados por el ciclo hidrológico en gran escala. (Bates, B. et al. 2008).

Es importante señalar que actualmente organismos gubernamentales y no gubernamentales trabajan en Nicaragua, al igual que en otros lugares del mundo<sup>1</sup>, en la generación de proyecciones climáticas para así poder desarrollar políticas de adaptación al cambio climático. Estas proyecciones, para que sean realmente aplicables deben desarrollarse a escalas locales de clima futuro, adaptando modelos de predicción global a las características físicas y geográficas particulares (Ribalaygua, J., et al.2011)

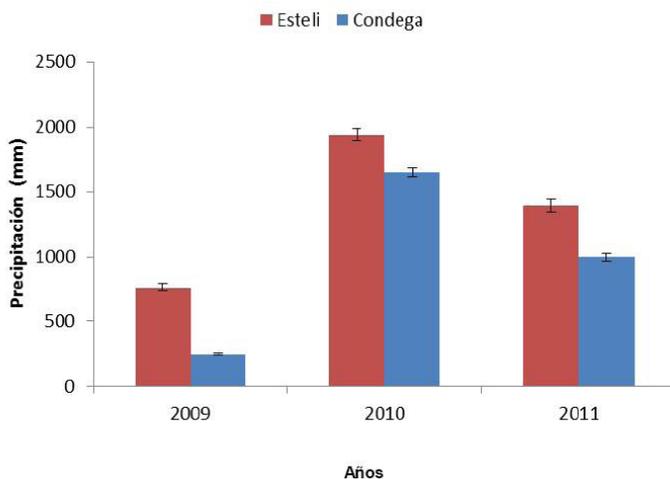


Fig.3: Acumulado de las precipitaciones registrados en las estaciones del Limón en Estelí y Condega. Las barras representan la sumatoria de la lluvia caída en los doce meses de cada año.

Según el informe del IPCC del 2007, en Nicaragua se ha registrado una reducción de las precipitaciones asociados a la variabilidad climática natural, fundamentalmente en el pacífico. Así mismo refleja que el aumento de las temperaturas está provocando efectos negativos en el uso de los terrenos y en el rendimiento de los cultivos.

1. (<http://www.creaaf.uab.cat/accua/>)

Se predice que se puede presentar escasez de agua para la población urbana y rural debido a la reducción de las precipitaciones, a la deforestación y a la contaminación. Todo esto conlleva a mayores costos e inversiones para llevar y garantizar el agua potable para consumo humano, riego de cultivos, producción de alimentos, y se pone en riesgo la generación de energía hidroeléctrica. Bajo los escenarios de cambio predichos, es probable que los bosques tropicales se conviertan en sabanas gradualmente a mediados de siglo en la zona del pacífico occidental del país. Para periodos posteriores (2050), es muy probable que una parte importante de las tierras agrícolas actuales se enfrenten al riesgo de desertificación y a la salinización en algunas zonas, debido al importante descenso de la evapotranspiración por la reducción de las precipitaciones.

Es muy probable que los aumentos previstos en el nivel del mar, la variabilidad climática y los fenómenos extremos afecten a las zonas costeras de Nicaragua. Se proyecta riesgos de inundaciones, afectando la biodiversidad acuática (arrecifes de corales, pastos marinos, manglares, humedales, entre otros) y la pesca. Así como afectaciones al turismo, lo que provocara pérdidas a la economía de cada territorio.

#### IV. Conclusiones

- Al comparar los datos de temperatura registradas en los años 2009, 2010 y 2011 en las Estaciones de Condega y El Limón en Estelí, se encontró que en el año 2009 se registraron las temperaturas máximas para las dos estaciones. Sin embargo, la Estación de Condega registró una diferencia de 4°C, con respecto a Estelí y a la vez registró las temperaturas mínimas para ese mismo año.

- Las temperaturas promedios anuales registradas en la Estación de Condega son mayores y más variantes en relación a las del Limón - Estelí, con una diferencia de aproximadamente 2 °C.

- Los acumulados de precipitación registrados varía en los tres años evaluados. Sin embargo, se reflejan menores precipitaciones en la Estación de Condega especialmente en el año 2009, probablemente debido a fenómenos naturales ocurridos en esta época.

## V. Bibliografía

- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds., 2008: El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs.
- CEPAL (2010). Nicaragua. Efectos del cambio climático sobre la agricultura. México.
- C, Calderón et al (2001). Análisis De Riesgos Naturales y Propuesta De Plan Municipal De Reducción De Desastres, en el Municipio de Condega. Managua Nicaragua.
- IPCC (Intergovernmental Panel on ClimateChange) (2007), Cambio climático 2007: informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Ginebra, pág. 104.
- INETER (instituto nacional de estudios territoriales) (2005). Normas históricas. "Comportamiento de las temperaturas medias anual en periodo 1971 al 2000". Managua, Nicaragua.
- (MARENA, 2010). Estrategia Nacional ambiental y del cambio climático. Plan de acción. Managua, Nicaragua.
- (Milán, j. 2011). Apuntes sobre el cambio climático en Nicaragua. Managua, Nicaragua.
- MOPT (1992), Guías para la elaboración de estudios del medio físico (contenido y metodología). Ministerio de obras públicas, transporte y medio ambiente. España Ribalaygua, J., De Loma-Ossorio, E., Córdoba, M., Torres, L., Lahoz, C., Arias, A. y Caicedo, A. (2011).
- "Enfoques innovadores en la simulación del cambio climático y su impacto en la Seguridad alimentaria. La experiencia de Nicaragua". Managua: Universidad Centroamericana de Nicaragua. Septiembre de 2011.

## Resumen

El presente estudio tuvo como propósito determinar la evolución temporal de variables climáticas de la Estación Meteorológica El "Limón" (Estelí) y la ubicada en el municipio de Condega en los años 2009 al 2011. Se realizó un análisis comparativo, con el fin de establecer similitudes y diferencias, para las principales variables; temperaturas, precipitación, ya que ellas son determinantes para las demás variables ambientales.

Para la Estación "El Limón" en Estelí, los datos fueron recopilados en la Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco (UNAN Managua/FAREM Estelí) y de la estación de Condega fueron proporcionados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER).

Los principales resultados reflejan que las temperaturas promedios registradas en la Estación de Condega en los años 2009-2011, fueron de: 24.6 °C, y la Estación El Limón en Estelí fueron de 22.7 °C. La Estación de Condega registró las mayores temperaturas promedias, con una diferencia de en 2 °C respecto a la Estación El Limón - Estelí.

Los acumulados de precipitaciones en el municipio de Condega, en los años 2009, 2010 y 2011, fueron de: 248mm  $\pm$  6.0; 1648.3 mm  $\pm$  34.4 y 998.3 mm  $\pm$  30.5 respectivamente y en El Limón - Estelí de 764.8 mm  $\pm$  27.5; 1938 mm  $\pm$  50.1 y 1390.21 mm  $\pm$  50.5, respectivamente.

El contar con estaciones meteorológicas en cada municipio del país, es fundamental en la toma de decisiones, ya que permitan valorar la variación de la temperatura y el régimen de precipitación en términos del cambio climático, ya que se prevé importantes interacciones sobre el planeta que afectaran directamente los ecosistemas y las condiciones de los medios de vida.