

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA-LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE MATEMATICA-ESTADISTICA



MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO EN ESTADÍSTICA

ANALISIS ESTADISTICO Y ANALISIS ESPACIAL SOBRE LA  
PRECIPITACION OCURRIDA EN LOS DEPARTAMENTOS DE LEON,  
CHINANDEGA Y MANAGUA, NICARAGUA (1984-2005)

Autores:

*Br. Martha María Arcia Ramírez*

*Br. Juan Ignacio Martínez Narváez*

*Br. Roger Danilo Isaquirre Cruz*

*Tutor: Adalila Molina Membreño Ph.D.*

## **DEDICATORIA**

### **A Dios**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y por sus infinitas bendiciones cada día.

### **A mis padres:**

Gabriel Arcia Mendoza y Romelia Ramírez Arauz, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, tanto académica como en la vida.

### **Mis hermanos**

Gracias por haber impulsado en mí, el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida.

**Martha María Arcia Ramírez**

## DEDICATORIA

A nuestro Padre Dios todo poderoso a quien le debo mi vida todo lo que soy y todo lo que tengo, por poner en mi vida personas maravillosas, por estar siempre a mi lado en todo problema y dificultad, por darme dedicación y empeño en el transcurso de mi carrera y en la realización y culminación de esta profesión y de este trabajo.

A mis padres, Roque Jacinto Martínez en especial a mi madre Carlota Modesta Narváez por haberme ayudado en el inicio de este sueño, que hoy culminan para dar lugar a otros. Por su tolerancia y consejos que ayudaron a construir y adquirir valores que me impulsaron a proponerme metas y luchar por ellas hasta alcanzarlas.

A mi esposa Camila Virginia Campos Villanueva, a mis suegros Juan Francisco Campos Espinoza y María Victoria Villanueva Duarte por sus consejos y primordialmente de su amor, que fueron de gran ayuda en el transcurso de este sueño.

A estas y muchas personas más que quisiera dedicar este logro, que son parte de mi vida y que han ayudado a construir y compartir su tiempo conmigo, para ser el joven que soy sentirme orgulloso de mí mismo y gracias a todos ellos es que hoy puedo decir que soy feliz.

**Juan Ignacio Martínez Narváez**

## **DEDICATORIA**

Primeramente dedicamos éste trabajo a nuestro Padre Celestial por guiarnos siempre, dándonos sabiduría, fortaleza y la capacidad para poder culminar esta última fase de estudios superiores.

A nuestros padres quienes con su apoyo moral y económico depositaron su confianza en nosotros, motivándonos a alcanzar nuestros sueños, metas y sobre todo por brindarnos la seguridad y confianza que necesitamos para seguir adelante.

A los docentes, que con gran entusiasmo, dedicación y sus enseñanzas nos brindaron su apoyo durante todo el transcurso de la realización de este estudio monográfico.

**Roger Isaguirre cruz**

## AGRADECIMIENTOS

A la tutora, Profesora Adalila Molina Membreño PhD, por guiar pacientemente esta investigación, por transmitir sus conocimientos en los temas de los Métodos Estadísticos y Análisis Espacial y el tiempo dedicado en el desarrollo de esta investigación

Al profesor Milton Carvajal MSc. por su apoyo, buena disposición, paciencia, por el tiempo dedicado para que este trabajo culminara exitosamente.

A la profesora Ana Jesús Reyes Zavala MSc., del Centro de investigación en Sistemas de Información Geográfica de la Universidad (CSIG); por su tiempo, apoyo y buena disposición incondicional, que también fue de muy grata su ayuda en el desarrollo de esta investigación en la parte de la elaboración de las Cartografías Temáticas con el uso de los Sistemas de Información Geográfica

A los profesores del Departamento de Matemática –Estadística y demás profesores por transmitir sus conocimientos en el aula, en especial al profesor MSc. José Alberto Cerda, por su apoyo y colaboración, que permitieron el desarrollo de las diferentes etapas de formación profesional y en la investigación

Al Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Dirección de Meteorología, Area de Servicios Meteorológicos al Público, que nos brindaron la información para la elaboración de nuestro trabajo de investigación.

A las personas que nos apoyaron incondicionalmente para obtener éste trabajo de investigación.

# Contenido

<b>I. INTRODUCCION</b>	<b>8</b>
<b>II. JUSTIFICACION</b>	<b>10</b>
<b>III. OBJETIVOS.</b>	<b>11</b>
GENERAL	11
ESPECIFICOS	11
<b>IV. MARCO TEORICO.</b>	<b>12</b>
4.1 SERIES DE TIEMPO.	12
4.2 MODELOS ESPACIALES	13
4.2.1 LOS MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN: DEFINICIÓN Y OBJETIVOS	14
4.2.2 TÉCNICAS DE INTERPOLACIÓN DETERMINISTAS Y EXACTAS.	15
4.2.3 INTERPOLACIÓN CON LA DISTANCIA INVERSA PONDERADA (IDW).	15
4.3 EN EL PROCEDIMIENTO DE ARCGIS.10	18
<b>V. AREA DE ESTUDIO</b>	<b>20</b>
5.1 MAPA DE LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	21
5.2 DESCRIPCIÓN LOS DEPARTAMENTOS DE CHINANDEGA, LEÓN Y MANAGUA.	21
<b>VI. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>24</b>
6.1 DATOS GENERALES	24
6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS	25
6.3 ANÁLISIS ESPACIAL	26
<b>VII. RESULTADOS Y ANALISIS</b>	<b>28</b>
7.1 RESULTADOS Y ANALISIS ESTADISTICOS	28
7.1.1 Gráficos de Dispersión, para los 18 observatorios de los Dptos. de Chinandega, León y Managua. 1984-2005	28
7.1.2 Estudio exploratorio: Precipitación media anual datos de 1984-2005	29
7.1.3 Análisis de Series Temporales en la estación de Chinandega 1980-2005.	31
7.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS ESPACIAL.	39
7.2.1 Método de Interpolación Media Ponderada por Inverso de la Distancia (IDW), usando las fórmulas para el Cálculo del valor de precipitación de un punto desconocido	39
7.2.2 Resultados espaciales con ArcGIS.10	42
<b>VIII. CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
<b>IX. DIFICULTADES</b>	<b>48</b>
<b>X. RECOMENDACIONES</b>	<b>49</b>
<b>XI. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>50</b>
<b>XII. ANEXOS</b>	<b>52</b>

## RESUMEN

En este trabajo se analizan; los datos proporcionados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) de las 18 estaciones georeferenciadas, que miden la variable precipitación, los datos depurados están dados en promedio mensual y anual desde 1984-2005 para los Departamentos de León, Chinandega y Managua. Dentro de los Métodos Estadísticos utilizados se hace: el análisis exploratorio, graficas de dispersión, el Análisis de Regresión Simple y Múltiple para ver el comportamiento de la variable precipitación promedio anual, a partir de las variables; latitud, longitud y elevación, con la idea de utilizar el resultado del Análisis de Regresión, buscando un modelo de mejor ajuste, en este caso se consigue un modelo con una variabilidad total del 35% (ver anexos 1), la cual consideramos muy baja para hacer el análisis geográfico de tendencia, por tanto no se realiza el análisis espacial de tendencias con los métodos espaciales. Se hace el Análisis de Series Temporales, aplicando el Modelo de Suavizado por Holt-Winter aditivo para observar el comportamiento de la variable precipitación, entre éstos los análisis de tendencia, aplicado a un solo observatorio el cual se encuentra ubicado en el Municipio de Chinandega, por tener esta la información más completa registrada en INETER en un periodo más largo que va desde 1980 hasta 2005.

Con los datos de las 18 estaciones (estos puntos son considerados como datos discretos) y el mapa con las curvas de nivel de los tres departamentos en estudio, se realizan las cartografías temáticas, a través del Método de Interpolación de la Distancia Inversa Ponderada (IDW), que da como resultados, los mapas con la información sobre el comportamiento de la variable precipitación de forma continua en el territorio bajo estudio, representado en categorías que se observan en degradación de colores, que van, de color azul para los lugares con más alta precipitaciones y marrón con las más bajas. Los ráster obtenidos en el SIG pueden ser utilizados como variables adicionales en otros trabajos de planificación ambiental y territorial.

El objetivo de los mapas presentados en la investigación sobre el Estado de la variable Climatológica en los Departamentos del Occidente de Nicaragua es ofrecer una aproximación cartográfica a la situación actual de las precipitaciones partir de la información instrumental disponible. Estos mapas se ofrecen con un elevado grado de resolución espacial y la máxima objetividad en cuanto a la representación de la variable estudiada. El carácter puntual de la información climática y la dispersión de la toma de datos obligan a estimar los valores climáticos en aquellos puntos, mayoritarios en el espacio, en los que no existe información registrada. Para esta tarea, de los métodos cartográficos tradicionales basados en un criterio experto y en una estimación subjetiva de los datos, se ha pasado en los últimos años a modernas técnicas basadas en procedimientos estadísticos y procesos de cartografía automática, gracias al desarrollo de los SIG (Sistemas de Información Geográfica) y al incremento exponencial de la capacidad de cálculo de los sistemas informáticos.

## I. INTRODUCCION

La comunidad científica ha venido dándole un interés primordial a la modelización Geográfica de fenómenos, construyendo nuevas estructuras espacio-temporal válido para un mayor tratamiento en disciplinas como; medioambiente, epidemiología, geología, medicina o geofísica en el estudio de la variabilidad espacial y espacio temporal. Gran parte de este esfuerzo viene encaminado en la búsqueda de nuevas herramientas que permiten estudiar fenómenos donde se incluya interacciones entre el espacio y tiempo para estudiar la variabilidad de un fenómeno de una forma separada<sup>7</sup>.

Nicaragua por su ubicación en el continente y sus características físico geográficas, es frecuentemente afectada por diferentes fenómenos meteorológicos extremos y climáticos, los cuales causan trastornos y daños a la población, al igual que a la economía del país, es catalogado como un país potencialmente agrícola (cerca del 21% del total del área nacional tiene vocación agropecuaria), en donde la mayor parte de su economía está basada en la agricultura, la cual participa en un 33% del total del Producto Interno Bruto (PIB), de ella depende el desarrollo económico que el país necesita para satisfacer las necesidades básicas de la población. Sin embargo, la productividad agrícola está en dependencia del comportamiento del régimen de precipitación. Se han hecho estudios para elaborar y analizar las cartografías a nivel nacional por ejemplo: Sobre el tema de la sequía<sup>9</sup>.

En la Región del Pacífico de Nicaragua (lugar del estudio) se ubican los Departamentos de Chinandega, León y Managua, en los cuales está la mayor concentración poblacional del territorio nacional, por esta Región atraviesa la cordillera volcánica, lo que ayuda a tener un suelo muy fértil y con grandes extensiones de planicie, utilizada para el cultivo de; la Caña de azúcar, maní, ajonjolí, granos básicos, frutas, etc. Por lo que se hace necesario realizar estudios, donde intervenga la variable climática; como la *precipitación* y analizar el comportamiento continuo de ésta en el territorio. El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), proporcionó la información de la variable *precipitación* promedio mensual y anual desde 1954-2010, pero se tuvo que hacer la depuración de los datos y trabajamos solamente el periodo de 1980 al 2005, con la cual realizamos el presente trabajo de tesis final de carrera.

La importancia de esta investigación, es que, nos permite aplicar y relacionar dos herramientas muy potentes como son los Métodos Estadísticos y Los Métodos de Interpolación para los Análisis Espaciales, con la utilización de Los Sistemas de Información Geográfica y programas específicos para analizar y comparar cartografías sobre el comportamiento de la variable *precipitación* promedio anual, a partir de la información obtenida de las 18 estaciones pluviométricas ubicadas en los departamentos de Chinandega, León y Managua.

Utilizando el software Estadístico SPSS, se construyeron los gráficos de dispersión y el modelo de Regresión Simple y Múltiple, para la variable dependiente *precipitación* y como independientes; *elevación*, *latitud* y *longitud*, donde se observó que no existe una relación clara entre esas variables con la *precipitación* media anual y no se logró encontrar un modelo que represente un buen ajuste, después de hacer varios modelos, la máxima variabilidad total explicada encontrada resultó ser del 35%, considerada muy pequeña y por tanto no se recomienda hacer la representación espacial mediante un modelo de tendencia usando los métodos geo estadísticos. Se realiza el análisis de Series Temporales aplicando el Modelo de Suavizado por Holt-Winter aditivo para analizar el comportamiento y tendencia de la precipitación promedio mensual solamente para un observatorio localizado en el Municipio de Chinandega, por ser éste, el que contenía la información más completa de toda la base de datos en un periodo más amplio.

Se realizó el Análisis Espacial con el uso del software ArcGIS.10 como herramienta de los Sistemas de Información Geográfico (SIG), para analizar y comparar las cartografías temáticas, sobre el comportamiento continuo de la *precipitación* promedio anual en el espacio geográfico, a partir de puntos discretos (18 observatorios) en el territorio. Primeramente se realizó el análisis de los datos, Aplicamos el método de Interpolación; ***Distancia Inversa Ponderada (IDW)***, obteniendo información de forma continua en el espacio, en lugares donde no se tiene información sobre la variable *precipitación*, la clasificamos en categorías y le damos colores en forma gradual para poder identificar el comportamiento de esta variable en el espacio territorial, aun con la poca cantidad de información (observatorios) con que se cuenta para medir la *precipitación* en el territorio de estudio.

## II. JUSTIFICACION

Una de las grandes necesidades que se presenta en Nicaragua en los últimos años, es la planificación del uso del suelo para las diferentes actividades en las que en él se realizan.

La Región del Pacífico de Nicaragua, donde se ubica la mayor concentración poblacional del territorio nacional, en la cual atraviesa la cordillera volcánica, tiene un suelo muy fértil y con grandes extensiones de planicie utilizada para el cultivo, lo que hace necesario realizar análisis que permitan tener de forma visual el comportamiento de variables como la *precipitación* y analizada en el tiempo, para poder describir con mayor claridad regiones donde cae más lluvia o menos lluvia, lo que nos permitirá dar un aporte científico para que los tomadores de decisión la tengan como una herramienta útil, para una mejor planificación del uso del suelo en el territorio bajo estudio.

### III. OBJETIVOS.

#### GENERAL

Analizar la variable *precipitación* de las estaciones pluviométricas, ubicadas en los Departamentos de Chinandega, León y Managua, mediante Métodos Estadísticos y Espaciales

#### ESPECIFICOS

1. Determinar el comportamiento de la variable precipitación para un observatorio del Municipio de Chinandega, aplicando *Modelización de Series Temporales*.
2. Hacer modelos espaciales para la variable precipitación, a través del método de Interpolación Espacial *Distancia Inversa Ponderada (IDW)* y obtener las Cartografía del occidente de Nicaragua.

## IV. MARCO TEORICO.

### 4.1 SERIES DE TIEMPO.

Una Serie de Tiempo es una colección de observaciones tomadas a lo largo del tiempo. Las observaciones están ordenadas respecto al tiempo y sucesivas observaciones son generalmente dependientes. De hecho esta dependencia entre las observaciones juega un papel importante en el análisis de la serie. Es discreta porque las observaciones son tomadas en tiempos específicos, igualmente espaciados.<sup>15</sup>

Estas observaciones serán denotadas por  $\{x(t_1), x(t_2), \dots, x(t_n)\} = \{x(t) : t \in T \subseteq \mathbb{R}\}$  con  $x(t_i)$  el valor de la variable  $x$  en el instante  $t_i$ . Si  $T = \mathbb{Z}$  se dice que la serie de tiempo es discreta y si  $T = \mathbb{R}$  se dice que la serie de tiempo es continua. Cuando  $t_{i+1} - t_i = k$  para todo  $i = 1, \dots, n-1$ .<sup>21</sup>

**Implementación del modelo de suavizado por Holtwinter aditivo**, este método es apropiado para series con tendencia y componente estacional. Consiste en 4 ecuaciones: la (1) se encarga la suavización simple de la serie, la (2) estima la estacionalidad, la (3) estima la tendencia y la (4) agrega las estimaciones de las tres ecuaciones.

$$(1) F_t = \alpha \frac{y_t}{S_{t-p}} + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$$

$$(2) S_t = \beta \frac{y_t}{F_t} + (1 - \beta)(S_{t-p})$$

$$(3) T_t = \gamma (F_t - F_{t-1}) + (1 - \gamma)(T_{t-1})$$

$$(4) \hat{y}_{t+m} = \gamma (F_t + m * T_t) S_{t+m-p}$$

Dónde :

$y_t$  : Valor observado en el periodo  $t$

$\alpha$ : Constante de suavización para el nivel

$F_t$  : Estimación de la suavización para el periodo  $t$

$\gamma$  : Constante de suavización para la tendencia

- $T_t$  : Estimación de la tendencia para el periodo  $t$
- $\beta$  : Constante de suavización para la estacionalidad
- $S_t$  : Estimación de la estacionalidad para el periodo  $t$
- $m$  : Numero de periodos a pronosticar
- $p$  : Números de periodos en el ciclo estacional
- $\hat{y}_{t+m}$  : Valor pronosticado para el periodo  $t + m$

Se supone que los datos están en intervalos regulares de tiempo (meses y años). El término discreto es usado aun cuando la variable medida sea continua <sup>22</sup>

**Medidas de bondad de ajuste:** R cuadrado estacionaria, R cuadrado (R2), raíz del error cuadrático promedio (RMSE), error absoluto promedio (MAE), error absoluto porcentual promedio (MAPE), error absoluto máximo (MaxAE), error absoluto máximo porcentual (MaxAPE) y criterio de información bayesiano (BIC) normalizado.

El error absoluto porcentual es una medida que indica cómo varía una serie dependiente respecto al nivel pronosticado por el modelo y proporciona una indicación de la incertidumbre de las predicciones El error absoluto porcentual promedio varía desde un mínimo de 0,669% hasta un máximo de 1,026% en todos los modelos. El error absoluto máximo porcentual varía de 1,742% a 4,373% en todos los modelos. Por tanto, la incertidumbre media de la predicción de cada modelo ronda el 1% y la incertidumbre máxima está en torno al 2,5% (el valor medio de MaxAPE<sup>23</sup>).

## 4.2 MODELOS ESPACIALES

La modelación espacial es la edición más reciente a la literatura estadística, geología, ciencias del suelo, agronomía, ingeniería forestal, astronomía, o cualquier disciplina que trabaja con datos colectados en diferentes locaciones espaciales necesita desarrollar modelos que indiquen cuando hay dependencia entre las medidas de los diferentes sitios. Usualmente dicha modelación concierne con la predicción espacial, pero hay otras áreas importantes como la simulación y el diseño muestral (Cressie, 1989)<sup>19</sup>.

Estos modelos espaciales, entre ellos los Métodos de Interpolación Espacial, se logran usando programas propios de los Sistemas de Información Geográfica, que encuentran de uso libre y comercial.

#### 4.2.1 LOS MÉTODOS DE INTERPOLACIÓN: DEFINICIÓN Y OBJETIVOS.

La interpolación se puede definir como el procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio (punto no muestral, con un valor estimado), conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio (puntos muestrales con valores reales).

Los Métodos de Interpolación son muy numerosos y variados. Vamos hacer una primera diferenciación entre Técnicas Deterministas y Geo-estadística en función del mecanismo matemático de la interpolación. Las primeras formulan unas suposiciones generales, y habitualmente no contrastadas, sobre el carácter general de la superficie a interpolar y en función de ella establecen la función matemática de interpolación (métodos directos). Mientras que las segundas estudian el carácter de la autocorrelación espacial de la variable a interpolar, usando para ello los puntos muestrales. Conocidos éstos, generan, en fase de cálculo, una función de interpolación que tiene en cuenta el grado y el tipo de autocorrelación existente en esa variable (métodos analíticos)<sup>18</sup>. La Geoestadística es una rama de la Estadística que trata fenómenos espaciales (Journel & Huijbregts, 1978). Su interés primordial es la estimación, predicción y simulación de dichos fenómenos (Myers, 1987). Esta herramienta ofrece una manera de describir la continuidad espacial, que es un rasgo distintivo esencial de muchos fenómenos naturales, y proporciona adaptaciones de las técnicas clásicas de regresión para tomar ventajas de esta continuidad (Isaaks&Srivastava, 1989). Petitgas (1996), la define como una aplicación de la teoría de probabilidades a la estimación estadística de variables espaciales<sup>16</sup>.

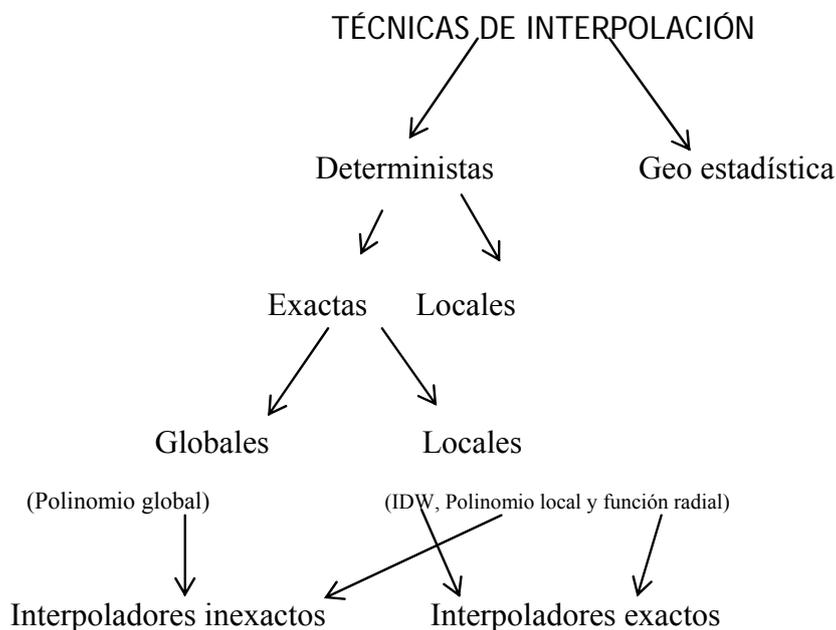
La finalidad de ambos grupos de técnicas es generar superficies de fenómenos que son continuos en el espacio.

Las Técnicas Deterministas se dividen en Exactas y Locales: La media ponderada por el Peso Inverso de la Distancia (IDW) y las funciones de base radial. Ambas tienen en común que los valores estimados en los puntos observados coinciden con los valores reales y que son interpoladores locales, es decir, que operan en zonas pequeñas alrededor del punto que se está interpolando para asegurar que las estimaciones se realicen solamente con datos de lugares vecinos y que se ajusten a la realidad lo más posible.<sup>18</sup>

#### 4.2.2 TÉCNICAS DE INTERPOLACIÓN DETERMINISTAS Y EXACTAS.

Las técnicas de interpolación deterministas se pueden clasificar en dos grupos, en función del número de datos muestrales utilizados para estimar el valor de la variable de los puntos no muestrales. En las técnicas determinista no es necesario realizar un análisis previo de la variable a interpolar. Se formulan unas suposiciones generales y en función de ellas aplican la función matemática a interpolar. Algunas de ellas son el IDW<sup>19</sup>. Técnicas globales que son las que tienen en cuenta todos los puntos muestrales en cualquier valor estimado (polinomio global) y las locales que solo emplean los puntos muestrales que están en la vecindad de cada punto no muestral (IDW, Polinomio local y funciones de base radial).

A su vez se diferencian entre técnicas de interpolación exacta y aproximada cuya distinción reside en si el resultado del proceso de interpolación reproduce exactamente los valores en los puntos muestrales o lo hace sólo de manera aproximada. Será mucho más aceptable un método de interpolación que consiga un valor exacto en los datos observados que aquel procedimiento que no lo haga. El IDW y las funciones de base radial son interpoladores exactos, mientras que el polinomio global y local son inexactos.



#### 4.2.3 INTERPOLACIÓN CON LA DISTANCIA INVERSA PONDERADA (IDW).

La media ponderada por IDW, asume que las cosas que están más cerca son más parecidas que las que están más lejos. Para predecir un valor no muestral, utilizará los valores de los

lugares muestrales que haya alrededor del lugar que se va a predecir. Los valores de los lugares más próximos al que se va a predecir tendrán más influencia y por tanto más peso que los que están más lejos. Este peso disminuye con la distancia.

El programa informático ArcGIS.10 incluye entre otros, el método de interpolación La Distancia Inversa Ponderada (IDW), empleado como herramienta del análisis espacial de los datos. De esta forma cada punto cercano cuenta con un “peso” al momento de determinar la distancia del punto a interpolar, resultando mayor entre más cercano se encuentre uno de otro, siguiendo el principio de correlación espacial.<sup>19</sup>

La fórmula general para el interpolador de IDW es:

$$Z(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i * Z(s_i)$$

Donde:

$Z(s_0)$ : Es el valor que intentamos predecir para el lugar  $s_0$

N: Es el número de puntos muestrales alrededor del lugar que se va a predecir y que serán tenidos en cuenta en la predicción

$\lambda_i$  : Es el peso asignado a cada punto muestral que vamos a usar, estos pesos decrecen con la distancia.

$Z(s_i)$  : Es el valor observado del lugar  $s_i$ .

En IDW, la ponderación,  $\lambda_i$ , depende exclusivamente de la distancia a la ubicación de la predicción<sup>20</sup>. Fórmula para determinar los pesos es:

$$\lambda_i = \frac{d_{i0}^{-p}}{\sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p}}$$

A medida que la distancia se hace más grande, el peso es reducido por un factor p. Es decir, que a medida que se incrementa la distancia entre los puntos observados y el punto calculado, el peso que tendrá un punto muestral sobre el predicho decrecerá exponencialmente,  $d_{i0}$  es la distancia entre el lugar de predicción  $s_0$  y cada lugar muestral,

$s_i$ . Los pesos de los lugares utilizados para la predicción serán escalados de tal forma que su suma sea 1, es decir:

$$\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1.$$

El óptimo valor de  $p$  se determina haciendo mínimo el error de predicción o error cuadrático medio, que tiene la siguiente fórmula:

$$EMC = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{[z(s_i) - \hat{z}(s_i)]^2}{n}}$$

El análisis geo estadístico utiliza potencias más grandes que 1

$P=2$  que se conoce como distancia inversa al cuadrado

La superficie calculada usando la media ponderada por el IDW dependerá de la potencia del parámetro  $p$  y de la estrategia de búsqueda de vecindad. El IDW es un interpolador exacto, donde los valores máximo y mínimo en la superficie interpolada pueden solamente ocurrir en los puntos muestrales.

La superficie de salida es sensible al agrupamiento de puntos, a variaciones locales captadas por el proceso de vecindad y a valores extremos.

El método IDW está basado principalmente en la inversa de la distancia elevada a una potencia matemática la cual es un número real positivo y su valor predeterminado es 2. El parámetro Potencia le permite controlar la significancia de puntos conocidos en los valores interpolados, basándose en la distancia desde el punto de salida. Al definir un valor de potencia más alto, se puede poner más énfasis en los puntos más cercanos. Entonces, los datos cercanos tendrán más influencia y la superficie tendrá más detalles (será menos suave). A medida que aumenta la potencia, los valores interpolados comienzan a acercarse al valor del punto de muestra más cercano. Al especificar un valor más bajo de potencia, los puntos circundantes adquirirán más influencia que los que están más lejos, lo que resulta en una superficie más suave<sup>20</sup>. Debido a que la fórmula de IDW no está relacionada con ningún proceso físico real, no hay forma de determinar que un valor de potencia en particular es demasiado grande. Como guía general, una potencia de 30 se considera extremadamente grande y su uso sería cuestionable. También tenga en cuenta que si las distancias o el valor de potencia son grandes, los resultados pueden ser incorrectos. Es

importante tomar en cuenta el número de vecinos para calcular el valor predicho. Dependerá del tipo de datos y de la superficie que intentemos crear.<sup>19</sup>

### 4.3 EN EL PROCEDIMIENTO DE ARCGIS.10

**Potencia** (opcional) por defecto esta el 2

**El exponente de distancia.**

Controla la significancia de los puntos circundantes sobre el valor interpolado. Una potencia mayor resulta en una menor influencia de los puntos distantes. Puede ser cualquier número real mayor que 0 pero los resultados más razonables se obtendrán con valores de 0,5 a 3. El valor predeterminado es 2.

El tamaño de la celda en la que la trama de salida de los mapas será creado. Este será el valor en el medio ambiente si se establece explícitamente lo contrario, es la más corta de la anchura o la altura de la medida de las características de entrada de punto, en la entrada de referencia espacial, dividido por 250.

**Radio de búsqueda** (opcional)

Define cuál de los puntos de entrada se utiliza para interpolar el valor de cada celda en el raster de salida.

Hay dos opciones: **variable y fijo**. Variable es el valor predeterminado.

**Variable:** Utiliza un radio de búsqueda variable con el fin de encontrar un número determinado de puntos de muestreo de entrada para la interpolación.

**Número de puntos:** Un valor entero que especifica el número de puntos más próximos a la entrada de la muestra se utilizan para realizar la interpolación. El valor predeterminado es de 12 puntos.

**Distancia máxima:** especifica la distancia, en unidades de mapa, el cual sirve para limitar la búsqueda de los puntos más cercanos de muestras de entrada. El valor por defecto es la longitud de la diagonal en la medida de.

**Fijo**

Utiliza una distancia especificada fija dentro de los cuales todos los puntos de entrada se utilizan para la interpolación.

**Distancia:** especifica la distancia como un radio dentro del cual los puntos de entrada de la muestra se utilizan para realizar la interpolación.

El valor del radio se expresa en unidades de mapa. El radio por defecto es cinco veces el tamaño de la celda del raster de salida.

**Número mínimo de puntos:** un número entero que define el número mínimo de puntos que se utilizan para la interpolación. El valor predeterminado es 0.

**Entidades de polilíneas de barrera de entrada** (opcional)

Entidades de polilínea que se utilizarán como límite de corte o la búsqueda de Puntos de la Muestra de Entrada.

**El Asistente de Geoestadística** es un conjunto dinámico de páginas que se han diseñado para guiarle en el proceso de construir y evaluar el desempeño de un modelo de interpolación. Las selecciones realizadas en una página determinan qué opciones estarán disponibles en las siguientes páginas y la forma de interactuar con los datos para desarrollar un modelo adecuado. El asistente le guía desde el momento en que usted elija un método de interpolación hasta el final a ver las medidas de resumen de rendimiento que se espera del modelo. Una versión sencilla de este flujo de trabajo (por Inverso Distancia interpolación ponderada) se representa gráficamente en Anexo 2.

Durante la construcción de un modelo de interpolación, el asistente permite realizar cambios en los valores de los parámetros, sugiere o proporciona valores de los parámetros optimizados, y permite que usted se mueva hacia adelante o hacia atrás en el proceso de evaluar los resultados de la validación cruzada para ver si el modelo actual es satisfactoria o si algunos de los valores de los parámetros deben modificarse. Esta flexibilidad, además de los datos dinámicos y las previsualizaciones de superficie, hacen que el asistente dé un entorno de gran alcance.

El Asistente geoestadístico permite acceder a una serie de técnicas de interpolación, que se dividen en dos tipos principales: Deterministas y Geoestadística.

Antes de abordar en firme, el módulo de Geoestadística que viene con ArcGIS.10, es necesario recordar algunos conceptos de estadística, en particular de estadística descriptiva, que son necesarios para realizar un análisis geo estadístico con el software.

La estadística descriptiva, se dedica a los métodos de recolección, descripción, visualización y resumen de datos originados a partir de los fenómenos de estudio. Para analizar los datos usualmente se construyen las tablas de frecuencias y se utilizan: la media, mediana, moda, desviación estándar, la varianza, coeficiente de curtosis, coeficiente de sesgo, coeficiente de variación, cuartiles, deciles y percentiles. Estos parámetros se agrupan en varias categorías conocidas como medidas de tendencia central, medidas de dispersión y medidas de forma.

## V. AREA DE ESTUDIO

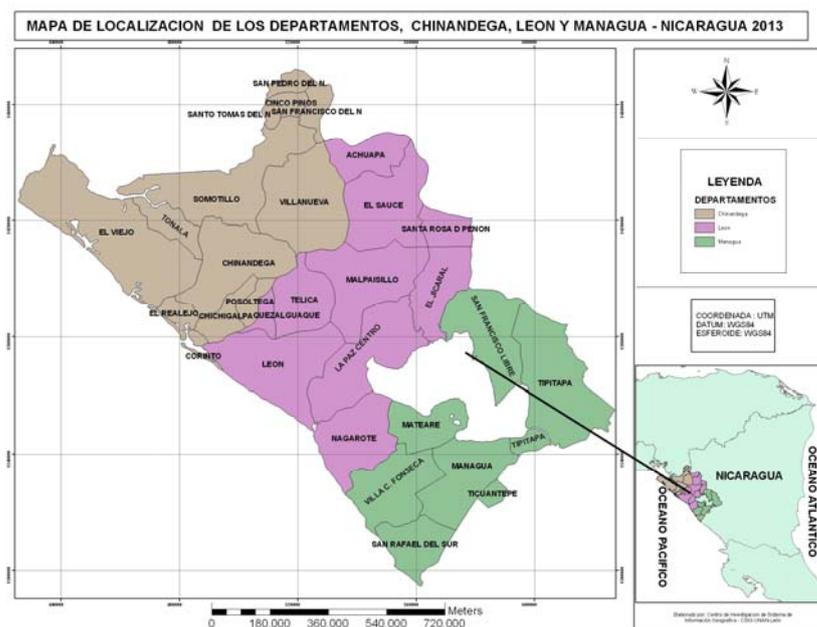
Nicaragua es un país de 138.642 km<sup>2</sup> de extensión, ubicado en Centroamérica, limitando al norte con Honduras y al sur con Costa Rica. El territorio nicaragüense colinda con el Océano Pacífico al oeste y con el mar Caribe al este. Por su situación geográfica, Nicaragua tiene una exposición importante a fenómenos de origen geológico e hidrometeorológico.

Nicaragua políticamente está dividida en 15 departamentos y dos regiones autónomas, las que a su vez comprenden 153 municipios<sup>8</sup>, el evento meteorológico más devastador de los últimos años, fue el paso del huracán Mitch en 1998. La gran cantidad de precipitación pluvial asociada al meteoro causó severos daños en la región del Atlántico, aunque sus efectos se sintieron también en otras regiones<sup>3</sup>.

Nicaragua se encuentra la mayor parte del año bajo la influencia de los vientos Alisios, provenientes de los anticiclones subtropicales de las Azores y Bermudas. Estos vientos son constantes, de poca variabilidad y tienen la particularidad de arrastrar masas de aire húmedo del mar Caribe hacia el interior de Nicaragua. Este viento cálido y húmedo penetra por la vertiente del Atlántico hacia la vertiente del Pacífico, ejerciendo un efecto importante sobre el estado del tiempo y el clima del país. Las temperaturas medias anuales presentan variaciones relativamente pequeñas, mientras que los valores extremos diarios muestran oscilaciones considerables. La variabilidad estacional del régimen térmico, se aprecia en las vertientes de los principales sistemas montañosos del país, en particular entre los 200 y 900 metros sobre el nivel medio del mar.<sup>14</sup>

## 5.1 MAPA DE LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

Mapa 1. Localización del área en estudio.



## 5.2 DESCRIPCIÓN LOS DEPARTAMENTOS DE CHINANDEGA, LEÓN Y MANAGUA.

**El Departamento de Chinandega** se localiza en el extremo nor-occidental del país, entre los 12° 29' y 13° 15' de latitud norte, y los 86° 37' y 87° 38' de longitud oeste. Limita al norte con las Repúblicas de El Salvador y Honduras y con el Departamento de Madriz, al sur con el Océano Pacífico, al este con los departamentos de León y Estelí y al oeste con el Golfo de Fonseca. Tiene una superficie de 4,822.42 Km<sup>2</sup> que representa el 27.6% del territorio de la macro Región del Pacífico y el 3.8% del territorio nacional<sup>10</sup>, con una población de 423,062 habitantes.<sup>11</sup>

El departamento está dividido política y administrativamente en 13 municipios, siendo éstos los siguientes: San Pedro del Norte, San Francisco del Norte, Cinco Pinos, Santo Tomás del Norte, El Viejo, Puerto Morazán, Somotillo, Villanueva, Chinandega la cabecera departamental, El Realejo, Corinto, Chichigalpa y Posoltega.<sup>10</sup>

El Departamento se caracteriza por presentar una fisiografía conformada por planicies, lomeríos, serranías, conos volcánicos y zonas costeras de estuarios. Las mayores elevaciones las constituyen el Volcán San Cristóbal (1,745msnm), el Casita (1,405msnm) y el Chonco (1,105msnm), presentando pendientes muy escarpadas en las faldas (mayor de 50%) y ondulada a fuertemente en el pie de monte (15 a 50%). El clima del departamento de Chinandega se caracteriza por ser cálido en las zonas bajas y más frescas y agradables en las Zonas de mayor altura (conos volcánicos). Presenta una marcada estación seca que va de noviembre a abril y el período lluvioso comprende de mayo a octubre. Las temperaturas medias se hallan entre los 21<sup>0</sup>C y 30°C y las máximas hasta los 42°C. De acuerdo a la clasificación realizada por el proyecto hidrológico centroamericano, el territorio del departamento de Chinandega cuenta con cuatro cuencas hidrográficas bien definidas, siendo éstas: Las cuencas Río Negro, Estero Real, ríos entre el Estero Real y el Volcán Cosigüina y ríos entre el Volcán Cosigüina y el Tamarindo, de las cuales dos de ellas (Estero Real y Ríos entre el Volcán Cosigüina y Tamarindo) comparten áreas potenciales de riego con el departamento de León.<sup>12</sup> Los valiosos recursos naturales con que cuenta Chinandega, facilitan el desarrollo de diversas actividades productivas en donde se destaca la pesca.<sup>10</sup>

**El departamento de León** se localiza en la zona noroccidental de la macro región del pacífico; limita al norte con el departamento de Estelí, al sur con el Océano Pacífico, al este con el departamento de Managua y al oeste con el departamento de Chinandega. Tiene una superficie de 5,107 Km<sup>2</sup>, que representa el 28.6 % del territorio de la Macro Región del Pacífico y el 4.0 % del territorio nacional. Es el tercero de mayor superficie de los siete que comprenden la Macro Región.<sup>12</sup>

El departamento está dividido político y administrativamente en 10 municipios, siendo éstos los siguientes: Achuapa, El Sauce, Santa Rosa del Peñón, El Jicaral, Larreynaga, Quezalguaque, Telica, León, La Paz Centro y Nagarote. El departamento se caracteriza por presentar una fisiografía conformada por planicies, lomeríos, serranías, conos volcánicos y zonas costeras de estuarios, las cuales se describen en función de la forma y origen de todos los accidentes geográficos que caracterizan el departamento.<sup>12</sup>

Los departamentos de León y Chinandega se caracterizan por ser cálidos en las zonas bajas y más frescos en las zonas de mayor altura. Con forme a la clasificación climática de

Köppen los departamentos son definidos como tropical de sabana, que se caracterizan por ser subhúmedos con lluvias en el verano y otoño.<sup>12</sup>

**El departamento de Managua** se encuentra ubicado al suroeste del país entre los 11° 45' y 12° 40' de latitud norte y los 85° 50' a 86° 35' de longitud oeste. Limita al norte con los departamentos de Matagalpa y León, al sur con el Océano Pacífico y Carazo, al este con Boaco, Granada y Masaya y al oeste con el departamento de León.<sup>1</sup>

Posee el 2.66% de la superficie nacional ocupando el octavo lugar, entre los departamentos más pequeños después de Masaya, Granada, Carazo, Madriz, Rivas, Nueva Segovia y Estelí respectivamente. Está conformado por nueve municipios: San Francisco Libre, Tipitapa, Mateare, Villa Carlos Fonseca, Francisco Javier (Ciudad Sandino), Managua (la cabecera departamental) Ticuantepe, el Crucero y San Rafael del Sur, los municipios de Francisco Javier (C. Sandino) y El Crucero fueron elevados a esta categoría en enero del 2006.<sup>1</sup>

El clima en el departamento de Managua se caracteriza por ser de sabana tropical con una prolongada estación seca y temperaturas que oscilan entre los 27.5°C y 28°C, la precipitación media anual varía entre los 1,000 y 1,500 mm, a excepción del municipio de El Crucero que tiene una variación de temperatura promedio de 22°C y 28° C siendo éste, uno de los pocos lugares de la costa del pacífico en poseer estas temperaturas.<sup>13</sup>

Presenta topografía inclinada hacia la costa del lago o banda norte, o una zona montañosa o de alturas que comprende: Las sierras de Managua, las sierritas de Santo Domingo y la península de Chiltepe. En cuanto a recursos hídricos se refiere el municipio de Managua cuenta con una serie de lagunas de origen volcánico como: la laguna de Asososca, Tiscapa y Xiloá.<sup>13</sup>

## VI. MATERIALES Y METODOS

### 6.1 DATOS GENERALES

**Fuente de la información estadística y geográfica:** Instituto Nacional de Estudios Territoriales (INETER)

**Lugares de estudio:** Departamentos de Chinandega, León y Managua.

**Datos.** 18 observatorios de precipitación desde 1984-2005

**Variables utilizadas:** precipitación, elevación, longitud y latitud.

**Mapa digital de Chinandega, León y Managua:** Modelo Digital de Elevación (superficie ráster)

**Programa estadístico utilizados:** Para procesamiento y análisis estadístico: SPSS y R.

**Programa SIG utilizados para la realización de las cartografías temáticas:** ArcGIS.10.

Las bases de datos con información geo referenciadas de los 28 observatorios que miden precipitación y de 3 para temperatura fueron dadas por INETER en archivos Excel y pdf. para los años 1954-2010. Esta información se juntó en una sola base de datos en Excel y fue exportada al SPSS. 20 para hacer el Análisis Estadístico y al programa ArcGIS.10 para hacer el Análisis Espacial

Antes de realizar los respectivos análisis, se hizo depuración y homogenización de la información original de los 28 observatorios, se eliminaron 10 observatorios que no tenían información completa para la *variable precipitación* en los meses y años 1954-1983 y 2006-2010, quedando reducida la base de datos a 18 observatorios con años de registro continuo de 1984 al 2005, esta base de datos contenía huecos o vacíos en algunos meses, aun con la depuración y homogenización realizada, por tanto, se procedió a hacer la estimación de la precipitación para esos vacíos, dicha estimación se calculó por análisis de varianza con error de estimación del 5%, quedando la base de datos completada para hacer los análisis correspondientes en los 18 observatorios con años de registro continuo desde 1984 al 2005.

La *variable temperatura* no se analizó en este trabajo, porque al hacer la depuración de esta información se observó, que únicamente se tenía información de 3 observatorios y sus mediciones en meses y años fueron escasamente recopiladas por INETER, considerando

por tanto, que para esta variable, no se reúnen suficientes observatorios y además estos con poca información por tal motivo no se logró hacer ningún tipo de análisis.

En este trabajo se realizaron dos tipos de análisis únicamente para la variable Precipitación: Análisis Estadísticos y Análisis Espacial.

## 6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se realizó un *Análisis Exploratorio* de toda la información, se representó gráficamente la dispersión de la variable precipitación vs Longitud, Latitud y Elevación, para analizar la relación lineal entre esas variables y se realizaron los Análisis de Regresión Simple y Múltiple para comprobar la relación y obtener un Modelo Matemático, que nos fuera útil para la realización de la técnica de interpolación global, con el propósito de mejorar el coeficiente de determinación  $R^2$  (que es el que nos da una explicación buena o mala del modelo) se procedió a aplicar ajuste polinomial buscando obtener un mayor R, encontrando que no existe relación lineal y no se encontró un modelo con buen ajuste, con los modelos realizados se logró obtener hasta un 35% de la variabilidad total explicada, por tal motivo descartamos el modelo de regresión lineal para hacer predicción sobre la precipitación (ver anexos 1).

Para analizar la variable precipitación y ver cómo evolucionó con el tiempo y con los conocimientos acerca de la teoría que se tienen del Análisis de Series Temporales, se revisó la base de datos original y se decidió hacer el análisis de un observatorio ubicado en Chinandega que tiene toda la información completa en el periodo (1980-2005) de manera que se reorganizó la base de datos en el SPSS y se analizó el comportamiento mensual y anual de la variable precipitación para este observatorio, se aplicó; análisis exploratorio y de Series Temporales, se analizaron los factores tendencia y estacionalidad de la serie, con el Método de Holt-Winter Aditivo y se usó el programa estadístico SPSS y R, obteniendo como resultado, un modelo adecuado de la variable precipitación en un observatorio de Chinandega, que permitió hacer pronósticos a largo plazo (2015) si las condiciones se mantienen similares. (Ver resultados)

## 6.3 ANÁLISIS ESPACIAL

Se trabajó solamente el Método de Interpolación determinístico de la *Distancia Inversa Ponderada* (IDW), con la finalidad de analizar el comportamiento continuo de la precipitación en los tres departamentos en estudio, mediante las cartografías temáticas que representan los modelos de interpolación para tres diferentes valores de ponderación ( $r=1$ ,  $r=2$  y  $r=4$ ) en todo ese proceso se realizaron los siguientes pasos: (ver resultados)

1. **Conversión de coordenadas:** Las coordenadas de las estaciones meteorológicas de los datos iniciales estaban en coordenadas geográficas sexagesimales y fueron convertidas a coordenadas UTM, ya que hoy en día la proyección oficial para la representación de datos geográficos en Nicaragua es la proyección en UTM con el datum y el esferoide de WGS84. Para su conversión se utilizó el software libre (Conversion\_UTM\_Geograficas). (ver anexos 2).
2. **Geo referenciación:** Antes de ser usada la información en un SIG, se realizó el proceso de conversión del formato con extensión .xls a formato *shapefile* con extensión .shp, usando el *Software de ArcGis.10*, siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

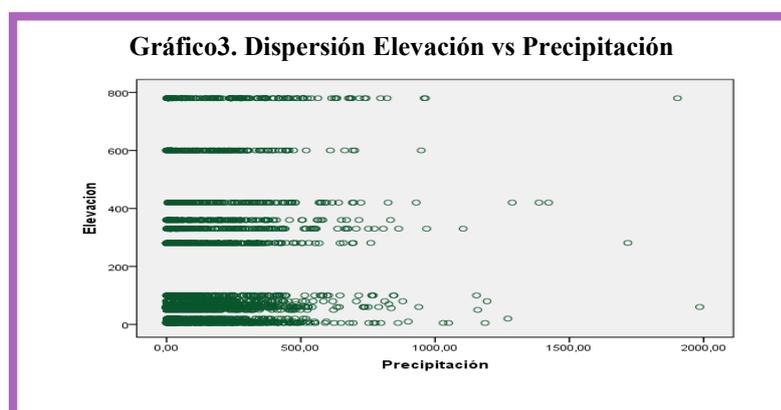
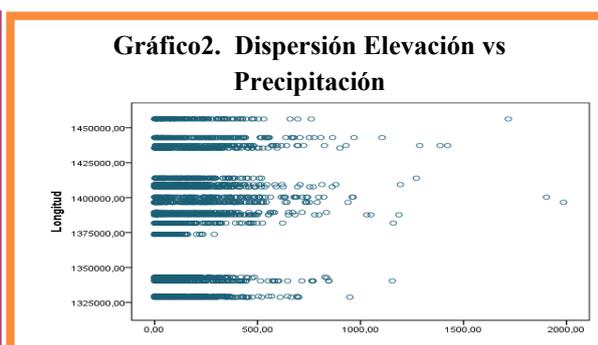
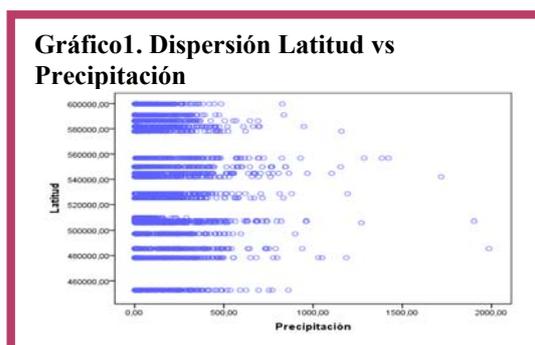
Desde el módulo de *ArcMAP*, del Software de *ArcGis.10* se agrega, la tabla de datos Excel que contiene los datos georreferenciados, se convierten en datos en formato shape, para definir su referencia espacial (definir proyección o proyectar). Para ello se usa la caja de herramientas **ArcToolbox** , y se selecciona la siguiente herramienta: *ArcToolbox> Data Managements Tools >Projections and Transformations> Define Projection*. Dentro de esta herramienta basta con seleccionar el *shapefile* y establecer la proyección correspondiente. En el mapa de Nicaragua se adicionan los 18 puntos discretos que representan los observatorios que miden la temperatura, se aplica el *corte* de los departamentos de Chinandega, León y Managua, para obtener un mapa que contenga los tres departamentos en estudio, para realizarlo se procede desde el menú principal, se selecciona la opción *Geoprocesamientos>Recortar* (Ver Anexos Tabla7), obteniendo como primer resultado; el Mapa 2 de Localización conteniendo los 18 observatorios de precipitación, ubicados en los tres departamentos.

En el mapa obtenido, se realizó la **Interpolación Espacial**, aplicando el métodos Determinístico (IDW), a partir de los datos discretos (18 observatorios) ubicados en los mapas de los Departamentos de Chinandega, León y Managua y el mapa de elevación del área de estudio, para lo cual se seleccionó en Herramientas del **ArcToolbox**, el módulo de **Spatial Analys** y se seleccionó el Método **Interpolación** y se aplicó el método **IDW**, para valores de  $r=1$ ,  $r=2$  y  $r=4$  (Anexo). Se interpola una superficie ráster a partir de puntos discretos, utilizando una técnica de Distancia Inversa Ponderada, obteniendo como resultado tres **Modelos de Interpolación Espacial** sobre la variable precipitación, que son cartografías, que presentan de forma continua los niveles de precipitación en todo el territorio de estudio, se dividió en categorías por degradación de colores y finalmente se presentan mapas con tres clases, para representar los tres niveles de precipitación a partir de degradación de colores que van de azules para las altas precipitaciones y marrón para las bajas (resultados mapas) y se realiza el análisis de tendencia.

## VII. RESULTADOS Y ANALISIS

### 7.1 RESULTADOS Y ANALISIS ESTADISTICOS

#### 7.1.1 Gráficos de Dispersión, para los 18 observatorios de los Dptos. de Chinandega, León y Managua. 1984-2005



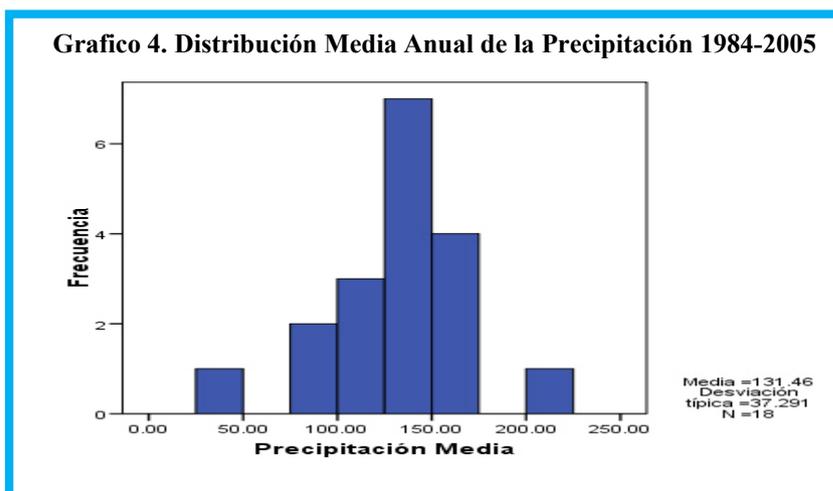
Se puede apreciar en los anteriores gráficos de dispersión, que no existe una relación clara entre la variable precipitación y latitud, longitud, elevación. Además en el gráfico elevación versus precipitación; se puede ver que las mayoría de precipitaciones se dan para valores inferiores a 500 mm de agua en los diferentes niveles de elevación, observándose además que de estas la mayoría ocurren en elevaciones por debajo de los 200 mtrs. sobre el nivel del mar.

### 7.1.2 Estudio exploratorio: Precipitación media anual datos de 1984-2005

**Tabla 1. Estadísticos Descriptivos de Precipitación.**

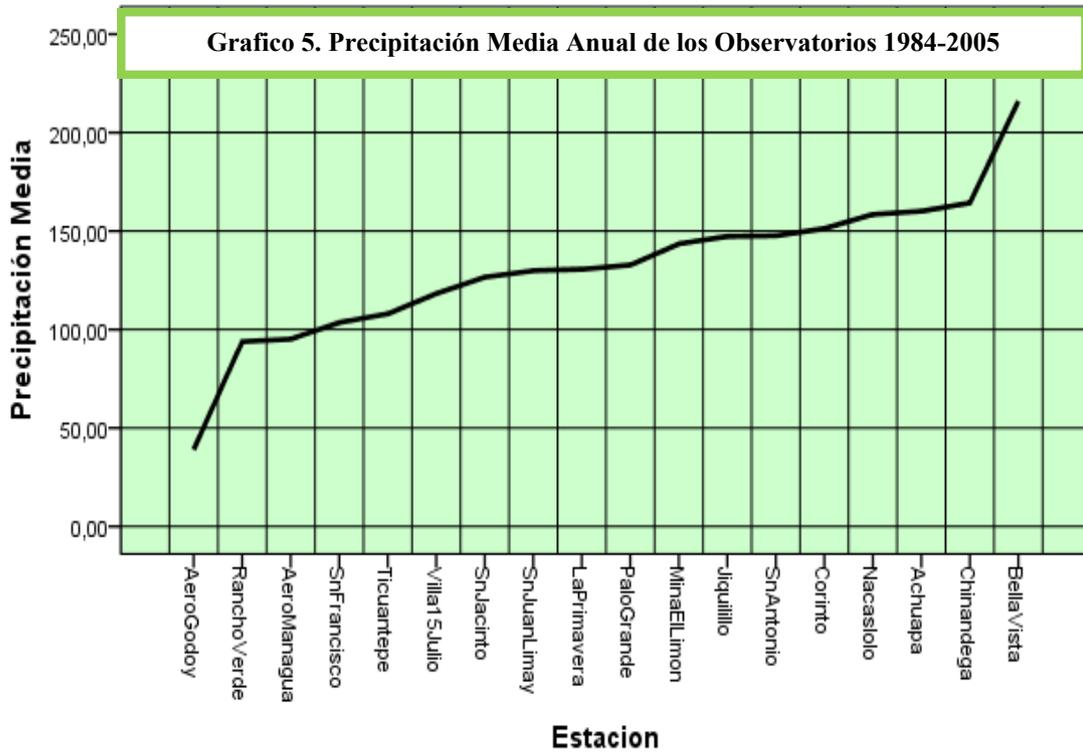
N	Válidos	Perdidos
	4752	0
Media	131.4	
Error típ. de la media	2.39836	
Mediana	68.4500	
Moda	12.00	
Desv. típ.	165.330	
Varianza	60.08	
Asimetría	2.727	
Error típ. de asimetría	.036	
Curtosis	14.086	
Error típ. de curtosis	.071	
Rango	1985.50	
Mínimo	.00	
Máximo	1985.50	

Consideraremos mejor representativa a la Mediana por su robustez ante asimetrías y datos extremos. Se concluye que los datos de precipitación sigue una distribución asimétrica positiva a la derecha, dado que la simetría es mayor que cero la mayoría de las observaciones están a la izquierda de la proyección de la media. Ver Gráfico 4.



La distribución de los datos de la precipitación están reflejados en este histograma, en el cual podemos observar que alrededor de su media (131.4) se encuentra la mayor concentración de precipitación, no sucede así a mayores precipitaciones ya que vemos una distribución más dispersa de los datos.

## Gráfico de Línea

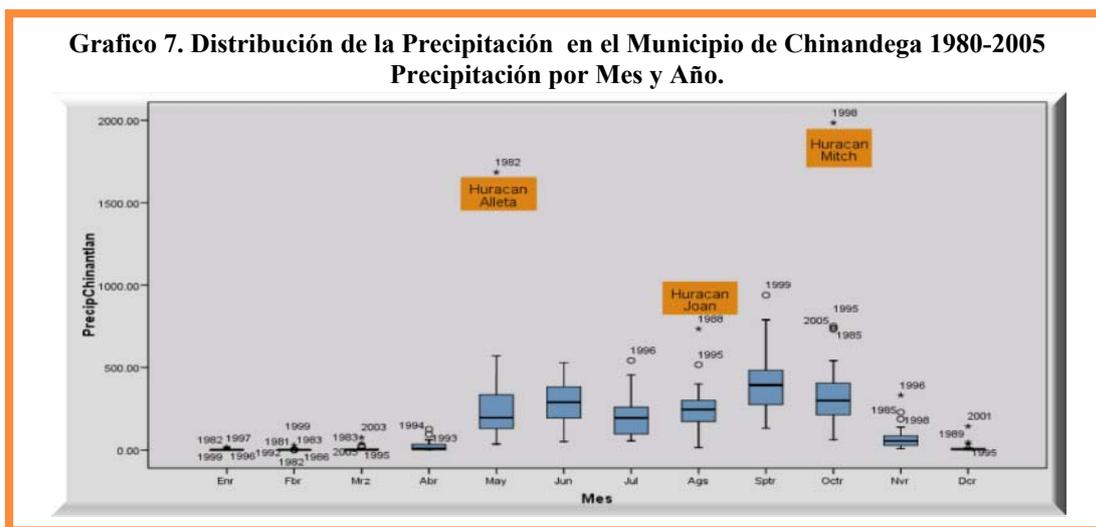
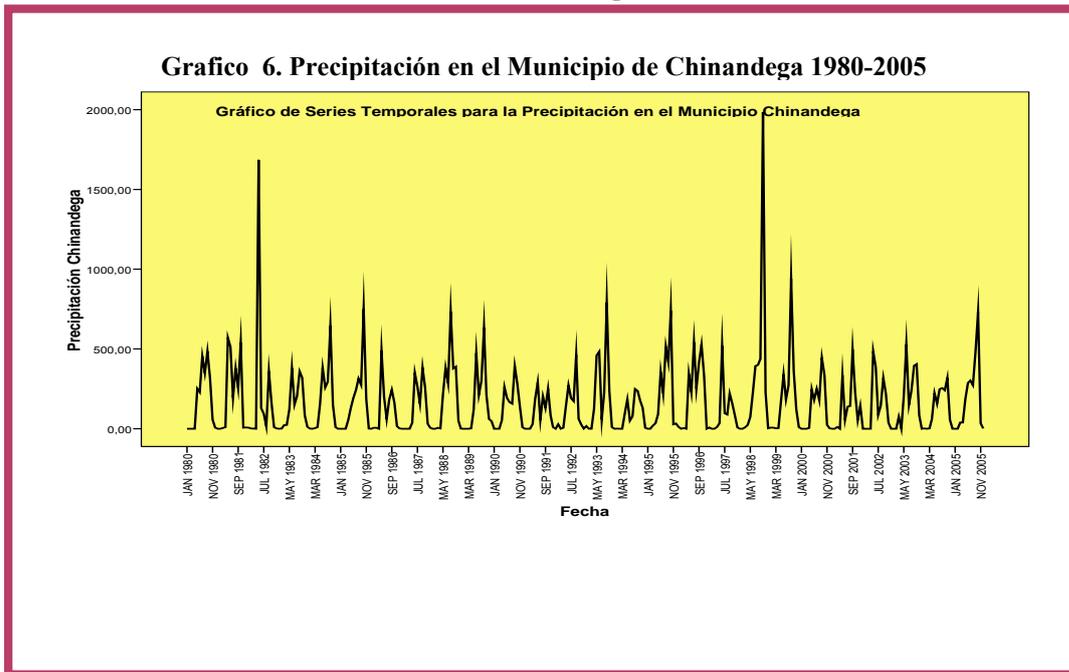


Los observatorios que alcanzaron mayor precipitación media en el periodo de estudio fueron: Bella vista, Chinandega y Achuapa y los de menor precipitación fueron los puntos ubicados en el aeropuerto Godoy Rancho Verde (Grafico 5).

### 7.1.3 Análisis de Series Temporales en la estación de Chinandega 1980-2005.

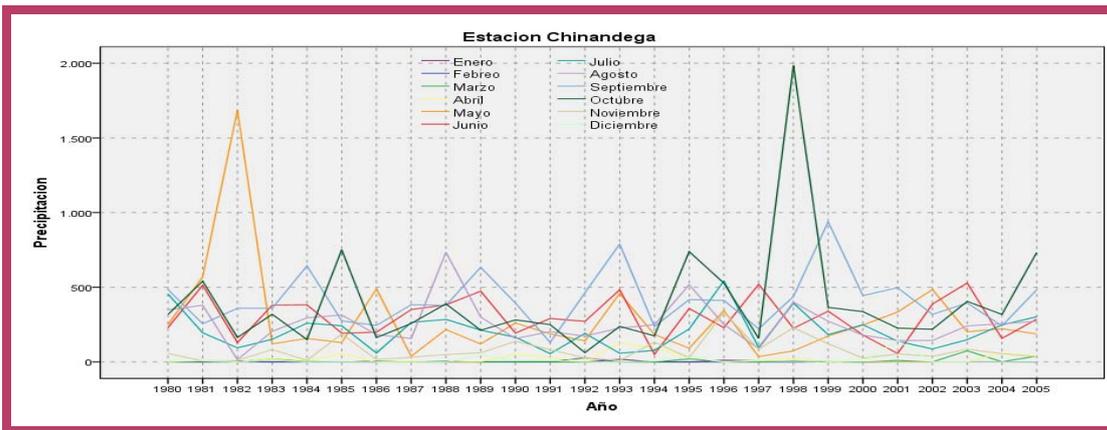
**Análisis Exploratorio de la serie:** Este procedimiento permite obtener una síntesis visual global del comportamiento de nuestra serie de tiempo:

- Gráfico de secuencias.
- Gráfico de Caja
- Cálculo de estadísticas descriptivas.



Se puede observar en las gráficas 6 y 7 que las precipitaciones más altas registradas en la estación ubicada en Chinandega se dieron en los años de 1982 y 1998, esto debido a los huracanes que se produjeron en esos años; en el mes de mayo de 1982 el Alleta y en octubre de 1998 el Mitch, los cuales registraron precipitaciones entre los 1500 y los 2000 milímetros cúbicos de agua respectivamente.

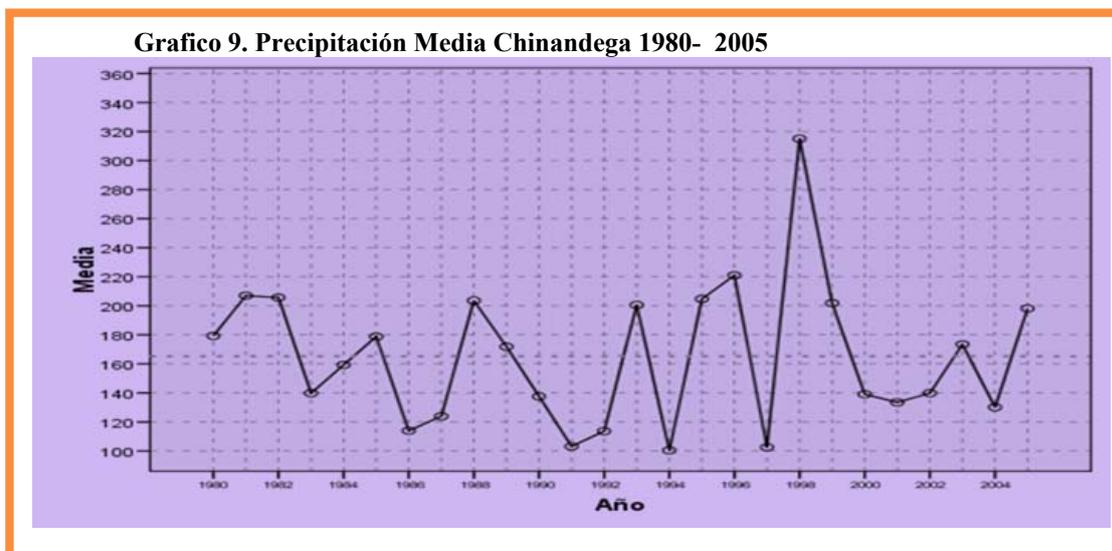
**Grafico 8. Precipitación Chinandega por Meses 1980-2005**



En la gráfica 8, están definidas las líneas por meses, tienen un comportamiento que no excede de los 1000 milímetros cúbicos de agua en los meses de lluvia (de mayo a octubre), a través de los años, a excepción de mayo de 1982 y octubre de 1998 donde se formaron los huracanes mencionados anteriormente.

## Identificación de las Componentes de una Serie.

- **Factor de Tendencia a través de los años (Trend).**



**Tabla 2. Prueba de Homogeneidad de Varianza (por año)**

	Levene Statistic	df1	df2	Significance
Precipitación Based on Mean	1,653	25	286	,028
Based on Median	,830	25	286	,702
Based on Median and with adjusted df	,830	25	71,470	,692
Based on trimmed mean	1,180	25	286	,256

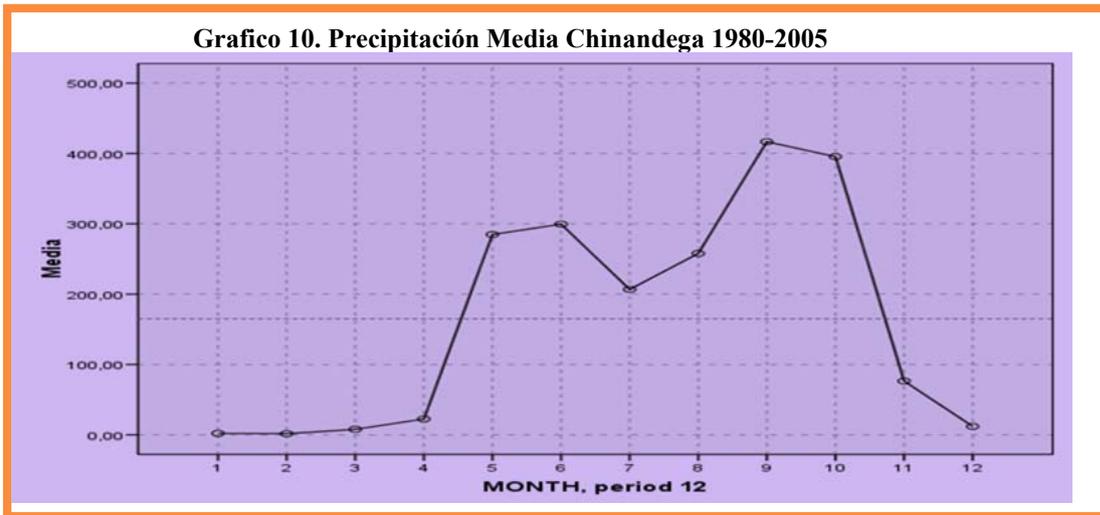
Se observa en general para el factor tendencia que la serie no presenta tendencia, en la gráfica 9 y prueba de Levene Tabla 2, mediante a la cual se llegó a la conclusión que se cumple la homogeneidad de varianza; al nivel de 5% la hipótesis nula de que la varianza en general son la misma a lo largo de los años.

**Tabla 3. ANOVA Precipitación por año**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	721812,355	25	28872,494	,543	,965
Intra-grupos	15198250,642	286	53140,737		
Total	15920062,997	311			

Como el p-valor obtenido (0.965) es mayor que el nivel de significación (0.050) se acepta la hipótesis de igualdad de precipitación media por año. Por lo tanto se puede decir que la media anual de las precipitaciones es similar en todos los años.

- **Factor de Estación a través de los meses (Season)**



**Tabla 4. Prueba de Homogeneidad de la Varianza por mes.**

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Precip Mas1	Basándose en la media	8,673	11	300	,000
	Basándose en la mediana.	5,950	11	300	,000
	Basándose en la mediana y con gl corregido	5,950	11	73,175	,000
	Basándose en la media recortada	6,682	11	300	,000

Para el factor de estación se realizó la prueba de Levene (tabla 4 y grafico 10) mediante la cual se corrobora que no cumple la homogeneidad de varianza; al nivel de 5% la hipótesis nula de que la varianza no son las misma por tanto la serie presenta el factor estación.

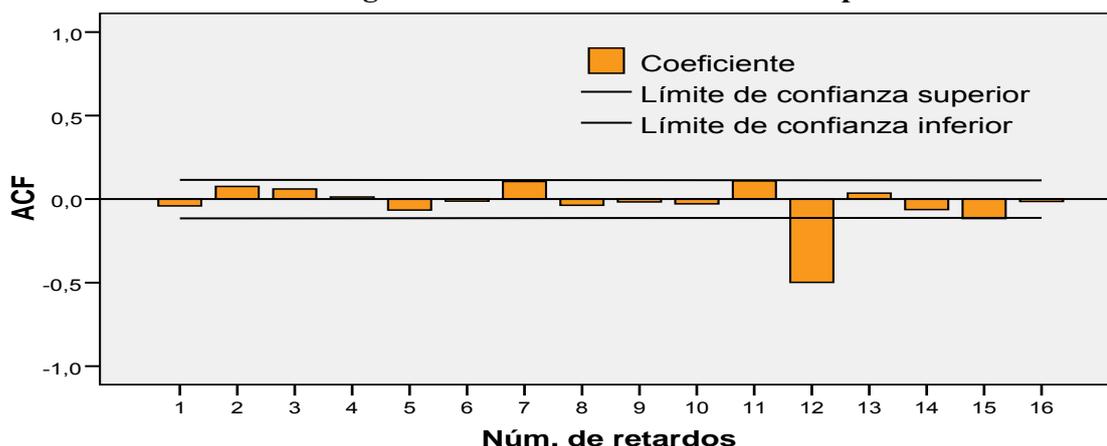
**Tabla 5. Comparación de Grupos: Precipitaciones medias por mes**

Mes	Fbr	Enr	Mrz	Dcr	Abr	Nvr	Jul	Ags	May	Jun	Octr	Sptr	Sig.
Numero de años	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
Subconjunto para $\alpha = .050$	2	1,64	2,04	7,85	11,92	22,52	76,43						0,164
	3						206,72	257,83	284,78	299,52			0,068
	1										395,44	416,68	0,648

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Al comparar los grupos similares se puede observar en la tabla 5, de los tres grupos que tenemos entre los tres grupos de meses las precipitaciones son distintas con una significancia del 5%. Las precipitación media que más se parecen son las de octubre y septiembre, grupo más lluvioso. Los meses de menos lluvias obsérvese que vienen a ser 6: dentro de este grupo se incluye noviembre pero obsérvese que su promedio de lluvia es de 76.43 milímetros, podemos considerarlo como el mes de transición entre los periodos de lluvia y no lluvia.

**Grafico 11. Correlograma de la serie diferenciada con periodo de ciclo 12**



Con la información obtenida en la gráfica 11 tanto para el factor tendencia como para la estacionalidad se observó que la serie en general no presentan tendencia pero si estacionalidad, por lo tanto, la serie no es estacionaria en media aun que si en varianza al considerar los años. Por tal razón se procedió a modelar la serie por el Método de Holt-Winters, para este modelo no es necesario considerar que la serie sea estacionaria mientras que para otros métodos si es indispensable que posea esta propiedad.

**Ajuste del Modelo: Suavizado Exponencial Simple y Holt-Winters**

Para encontrar un modelo que permita al menos pronosticar los valores de la serie, para este caso se utilizan los modelos no paramétrico de suavización exponencial. Para la Bondad de Ajuste del modelo analizaremos algunos estadísticos y gráficos.

**Tabla 6. Sumas Menores de los Errores Cuadráticos.**

Suavizado Exponencial Simple			Suavizado Holt-Winters			
Rango del modelo	Alpha (Nivel)	Sumas de los errores cuadráticos	Alpha (Nivel)	Gamma (Tendencia)	Delta (Estación)	Sumas de los errores cuadráticos
1	0	15'920'063	,00000	,10000	,10000	9'156'683,22237
2	0,1	16917327,11	1,00000	,10000	,10000	21118759,94016
3	0,2	17466840,59	,80000	,10000	,10000	28445679,77966
4	0,3	17700191,21	,50000	,10000	,10000	30129602,25429
5	0,4	17790888,04	,70000	,10000	,10000	36124686,16240
6	0,5	17924685,93	,40000	,10000	,10000	66860657,83849
7	0,6	18222346,82	,90000	,10000	,10000	73615889,47014
8	0,7	18739198,01	,30000	,10000	,10000	101240631,85895
9	0,8	19497703,98	,20000	,10000	,10000	177161523,13339
10	0,9	20516620	,60000	,10000	,10000	225360085,22922

Se pueden apreciar en la tabla 6, los parámetros de la suavización exponencial simple con un Alpha = 0 y SEC=15`920`063. En cambio por Holt- Winters los parámetros se estiman con Alpha = 0, Gamma = 0.1, Delta = 0.1, y la mínima Suma de los errores cuadráticos SEC=9`156`683, observando una disminución significativa en esta. Analicemos ahora las funciones de autocorrelación estimadas de los residuos de cada ajuste.

**Tabla 7. Autocorrelaciones para los residuos de los ajustes**

Retardo	Suavizado Exponencial Simple					Suavizado Holt-Winters				
	Autocorrelación	Error típico(a)	Estadístico de Box-Ljung			Autocorrelación	Error típico(a)	Estadístico de Box-Ljung		
			Valor	g.l.	*Sig.			Valor	gl	*Sig.
1	,314	,056	30,962	1	,000	,029	,056	,266	1	,606
2	,093	,056	33,677	2	,000	,054	,056	1,176	2	,555
3	,000	,056	33,677	3	,000	,039	,056	1,663	3	,645
4	-,097	,056	36,682	4	,000	-,007	,056	1,679	4	,794
5	-,308	,056	66,902	5	,000	-,078	,056	3,608	5	,607
6	-,423	,056	124,192	6	,000	-,049	,056	4,387	6	,625
7	-,243	,056	143,124	7	,000	,051	,056	5,213	7	,634
8	-,114	,056	147,334	8	,000	-,033	,056	5,556	8	,697
9	-,024	,056	147,520	9	,000	,000	,056	5,556	9	,783
10	,057	,056	148,574	10	,000	-,006	,056	5,569	10	,850
11	,345	,055	187,284	11	,000	,126	,055	10,745	11	,465
12	,413	,055	243,109	12	,000	-,081	,055	12,899	12	,376
13	,295	,055	271,670	13	,000	,020	,055	13,027	13	,446
14	,036	,055	272,091	14	,000	-,047	,055	13,764	14	,467
15	-,048	,055	272,851	15	,000	-,051	,055	14,635	15	,478
16	-,091	,055	275,622	16	,000	-,007	,055	14,651	16	,550

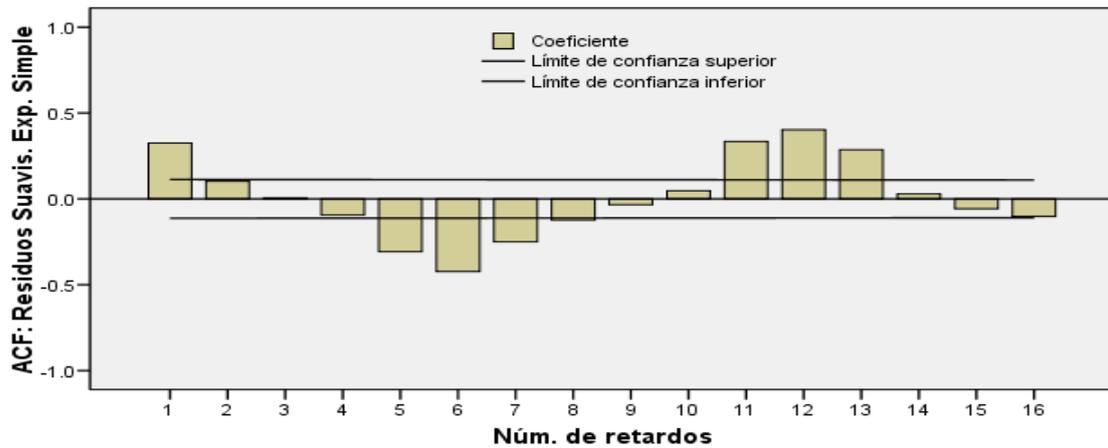
a El proceso subyacente asumido es la independencia (ruido blanco).

\* Basado en la aproximación chi cuadrado asintótica.

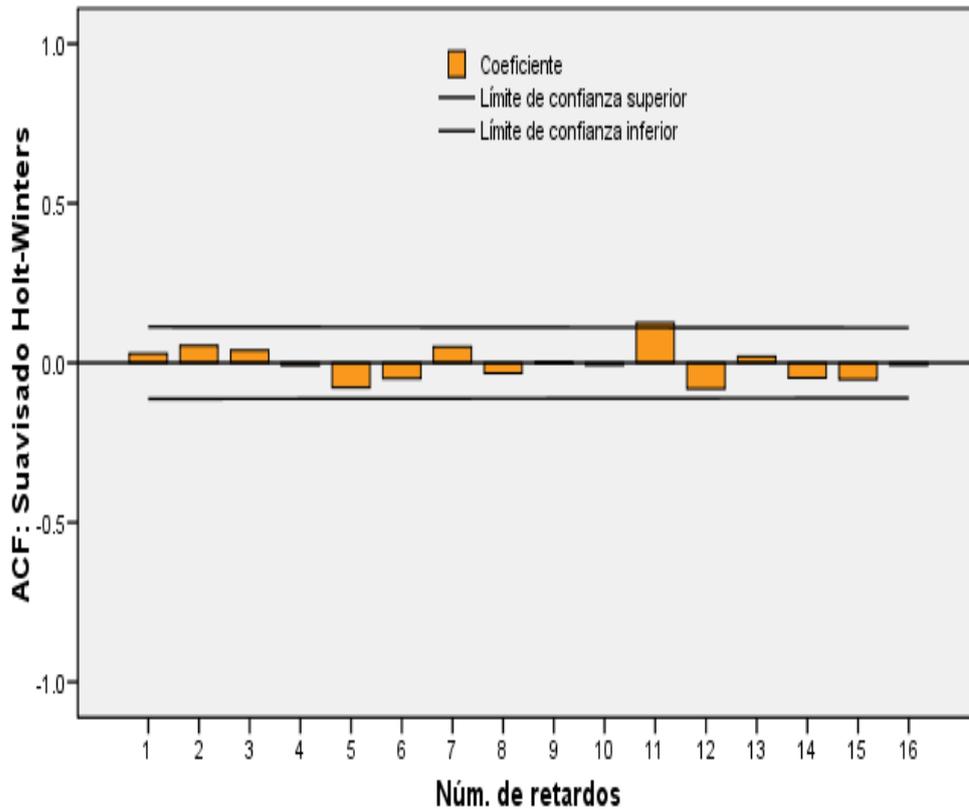
Se aprecia en la tabla 7 que las autocorrelaciones son significativas, esto se ve claramente en el gráfico 11 de la ACF, por lo tanto no es un buen modelo para pronosticar. Se puede apreciar en el Estadístico de Box-Ljung tabla 7 que ninguna de las autocorrelaciones es significativa por lo tanto los residuos estimados se comportan como ruido blanco.

**Grafico 12. Correlograma de los Residuos para Suavizado Exponencial**

Simple



**Grafico 13. Correlograma de los Residuos de las Precipitaciones con Suavizado Holt-Winters**



De ambos Correlogramas apreciamos en los gráficos 12 y 13, para el primero se comprueba las significancia en las autocorrelaciones de los residuos para el ajuste exponencial simple. Para el ajuste Holt-Winters todas las autocorrelaciones residuales se encuentran dentro de las bandas de confianza, por lo tanto el modelo puede servir para predecir.

## Predicciones

**Tabla 8. Ajuste del Modelo**

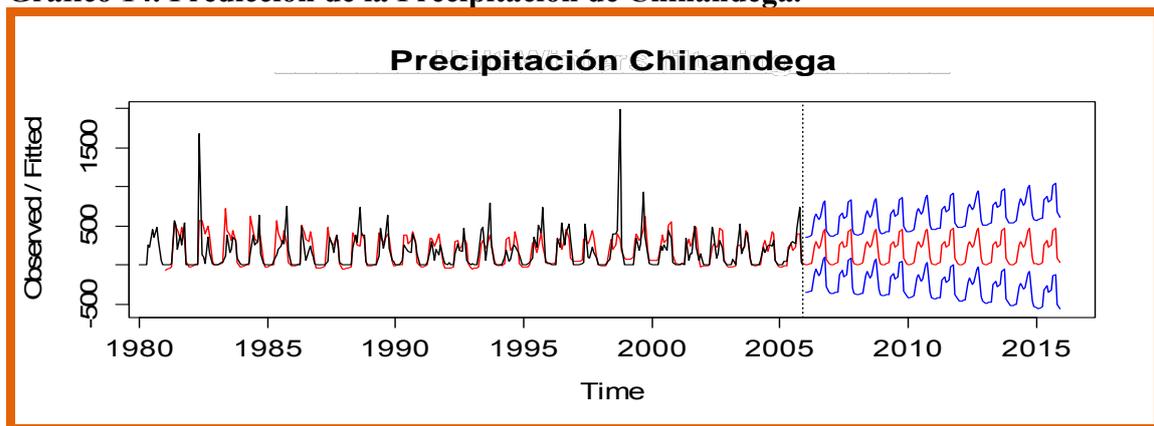
	Estadístico de ajuste							
	R-cuadrado estacionaria	R-cuadrado	RMSE	MAPE	MaxAPE	MAE	MaxAE	BIC normalizado
PRECIPITACION	.491	.990	16.978	12.352	117.506	8.141	164.907	5.701

Aunque se muestran distintos estadísticos, nos centraremos en dos: MAPE (Error Absoluto Porcentual Medio) y MaxAPE (error absoluto máximo porcentual)

Podemos observar en la tabla 8 de los estadísticos de ajuste, que el MAPE La incertidumbre media de la predicción del modelo ronda el 12% y para el MaxAPE la incertidumbre máxima está en torno al 117.5% Por tanto, la incertidumbre media de la predicción del modelo no es excesivamente mala.

El R-cuadrado está cercano a la unidad indica un ajuste bueno.

**Gráfico 14. Predicción de la Precipitación de Chinandega.**



Se puede observar en la gráfica 7 que los valores pronosticados muestran un buen acuerdo con los valores observados, lo que indica que el modelo tiene una capacidad predictora satisfactoria. Observe el pronóstico realizado del 2005-2015 el sigue un comportamiento estacional, esto nos indica que las precipitaciones en Chinandega van a tener un comportamiento similar a los años anteriores.

## 7.2 RESULTADOS Y ANÁLISIS ESPACIAL.

### 7.2.1 Método de Interpolación Media Ponderada por Inverso de la Distancia (IDW), usando las fórmulas para el Cálculo del valor de precipitación de un punto desconocido

El objetivo de esto es demostrar el proceso de cálculo que se sigue con este método de interpolación. Se trata de calcular cuál sería la precipitación anual media de un lugar cuyas coordenadas (X, Y) son 493582.33 (longitud) y 1431593.03 (latitud) perteneciente al Municipio de Chichigalpa, utilizando como vecinos los datos correspondientes de Bella Vista, Chinandega y Corinto.

Puntos	Observatorios	Coordenadas X (Longitud)	Coordenadas Y (Latitud)	Precipitación (Media Anual)
1	Bella Vista	507178.90	1400352.63	215.98
2	Chinandega	485519.63	1396607.82	164.26
3	Corinto	478269.62	1387710.87	151.34
0	Chichigalpa (lugar a predecir)	493582.33	1431593.03	?

**Paso 1: Calcular las distancias entre el punto cuyo valor se va a predecir y los puntos muestrales vecinos.**

Distancia entre dos puntos:  $d_{i0} = \sqrt{((X_i - X_0)^2 + (Y_i - Y_0)^2)}$ ;  $i=1, 2, 3$

d(lugar 1, lugar 2) significa distancia del lugar 1 al lugar 2.

d(Bella Vista, Chichigalpa) =  $d_{10}$  = Raíz  $((507178.90 - 493582.33)^2 + (1400352.63 - 1431593.03)^2)$

$$d_{10} = 34070.94522$$

d(Chinandega, Chichigalpa) =  $d_{20}$  = Raíz  $((485519.63 - 493582.33)^2 + (1396607.82 - 1431593.03)^2)$

$$d_{20} = 35902.25689$$

d(Corinto, Chichigalpa) =  $d_{30}$  = Raíz  $((478269.62 - 493582.33)^2 + (1387710.87 - 1431593.03)^2)$

$$d_{30} = 46477.94541$$

Distancias entre lugares y el punto a predecir (Chichigalpa).

Puntos	Distancias(m)
(1, 0)	34070.94522
(2, 0)	35902.25689
(3, 0)	46477.94541

**Paso 2: Calcular los Pesos  $\lambda_i$**

$$\lambda_i = d_{i0}^{-P} / \sum_{i=1}^N d_{i0}^{-P}$$

En nuestro caso  $N = 3$  y  $P = 2$ , porque es la que el programa utiliza por defecto, pero no siempre es así.

La suma de todos los pesos debe ser 1, esto es,  $\sum_{i=1}^3 \lambda_i = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^3 d_{i0}^{-2} &= \sum_{i=1}^3 (1/d_{i0}^2) = 1/d_{10}^2 + 1/d_{20}^2 + 1/d_{30}^2 \\ &= 1/(34070.94522)^2 + 1/(35902.25689)^2 + 1/(46477.94541)^2 \\ &= 0.0000000008614530947 + 0.00000000077581201125 + 0.0000000004629202265 \end{aligned}$$

$$\sum_{i=1}^3 d_{i0}^{-2} = 0.000000002$$

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= d_{10}^{-2} / \sum_{i=1}^3 d_{i0}^{-2} = 0.0000000008614530947 / 0.000000002 \\ &= 0.410179559 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_2 &= d_{20}^{-2} / \sum_{i=1}^3 d_{i0}^{-2} = 0.00000000077581201125 / 0.000000002 \\ &= 0.36940169 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_3 &= d_{30}^{-2} / \sum_{i=1}^3 d_{i0}^{-2} = 0.0000000004629202265 / 0.000000002 \\ &= 0.2241875 \end{aligned}$$

Comprobamos que la suma de los pesos es 1:

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1$$

$$0.410179559 + 0.36940169 + 0.2241875 = 1$$

Puntos	Pesos $\lambda_i$
Bella Vista	0.410179559
Chinandega	0.36940169
Corinto	0.2241875

**Paso 3: Calcular la predicción.**

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i * Z(s_i)$$

- $\hat{Z}(s_0)$  precipitación a predecir en el punto ( $s_0$ ): Chichigalpa.

$Z(s_1)$ ,  $Z(s_2)$  y  $Z(s_3)$  son los valores de las precipitaciones medias en Bella Vista, Chinandega y Corinto respectivamente.

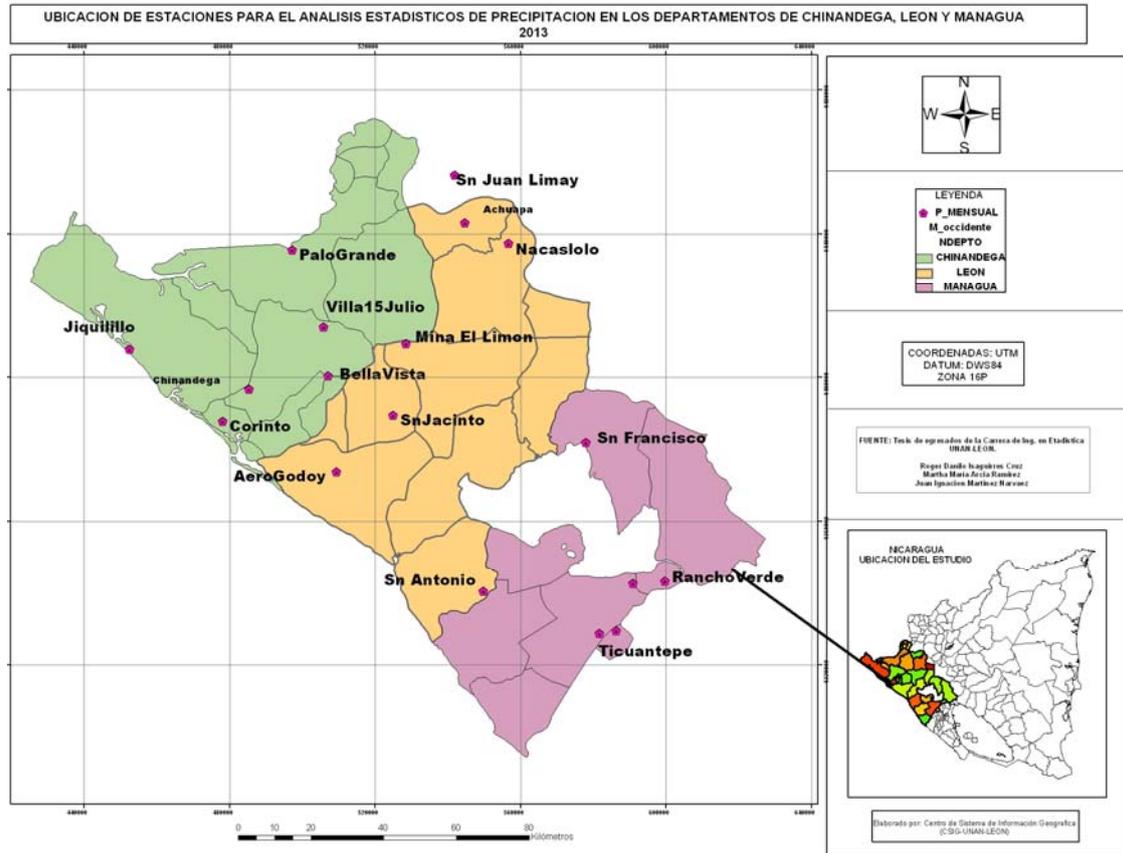
$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^3 \lambda_i * Z(s_i)$$

- $\hat{Z}(s_0) = \lambda_1 * Z(s_1) + \lambda_2 * Z(s_2) + \lambda_3 * Z(s_3)$
- $\hat{Z}(s_0) = (0.410179559 * 215.98) + (0.36940169 * 164.26) + (0.2241875 * 151.34)$
- $\hat{Z}(s_0) = 88.59058 + 60.67792 + 33.35817$
- $\hat{Z}(s_0) = 182.63$

Puntos	Observatorios	Coordenadas X (Longitud)	Coordenadas Y (Latitud)	Precipitación (Media Anual)
1	Bella Vista	507178.90	1400352.63	215.98
2	Chinandega	485519.63	1396607.82	164.26
3	Corinto	478269.62	1387710.87	151.34
0	Chichigalpa	493582.33	1431593.03	182.63

## 7.2.2 Resultados espaciales con ArcGIS.10

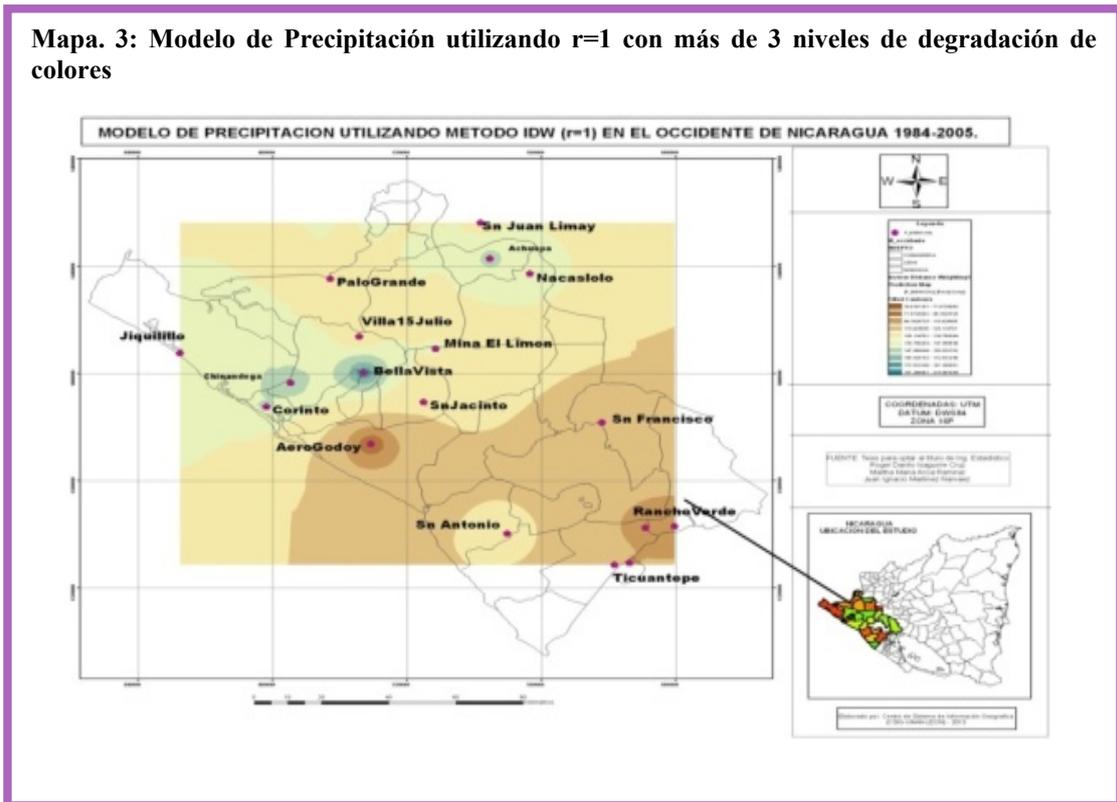
### Mapa 2. Localización de las estaciones meteorológicas para medir precipitación



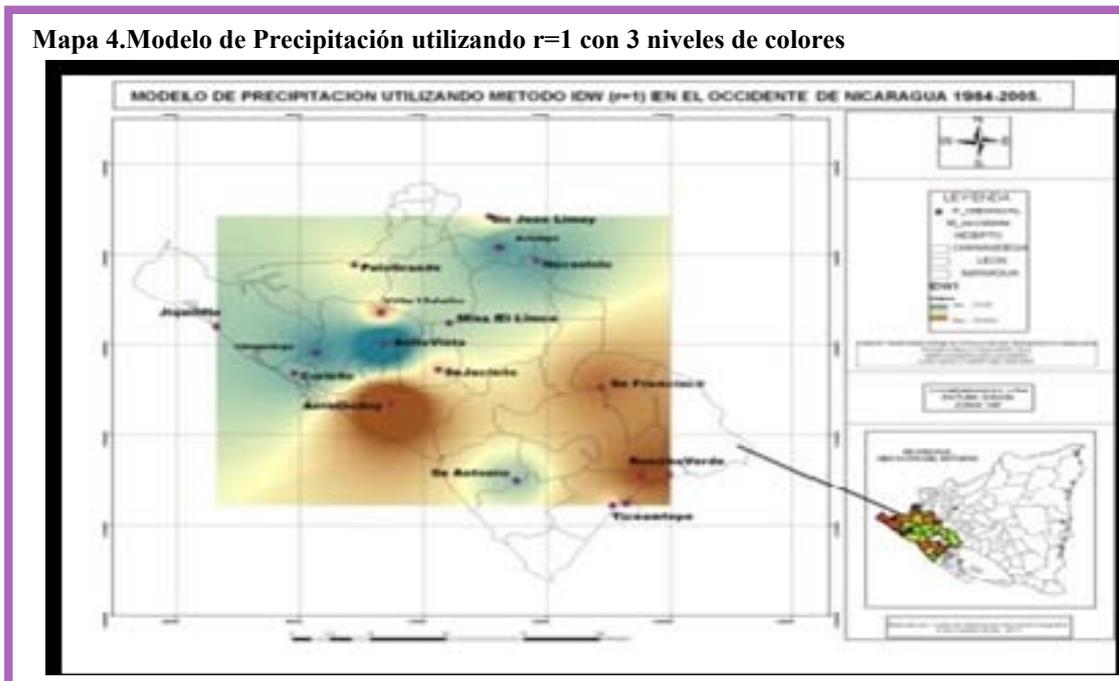
### Interpolación a Partir del Método de la Distancia Inversa (IDW).

A continuación se analizan los resultados de la variable precipitación realizados para distintos valores de r, usando la técnica de Interpolación IDW

Mapa. 3: Modelo de Precipitación utilizando  $r=1$  con más de 3 niveles de degradación de colores

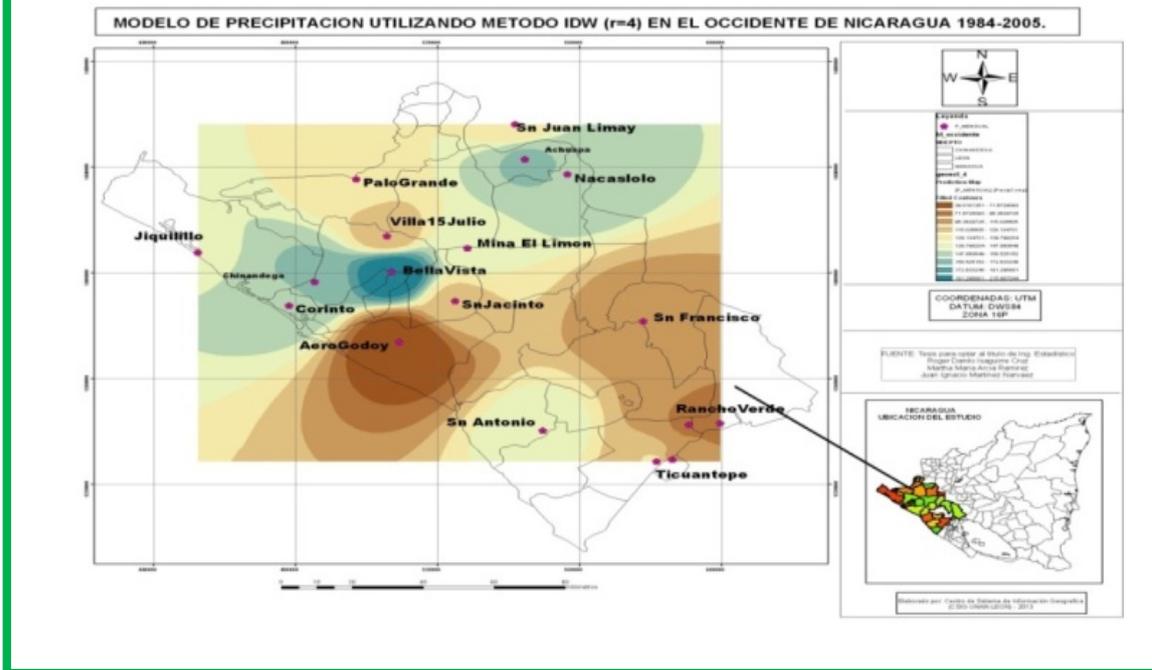


Mapa 4. Modelo de Precipitación utilizando  $r=1$  con 3 niveles de colores

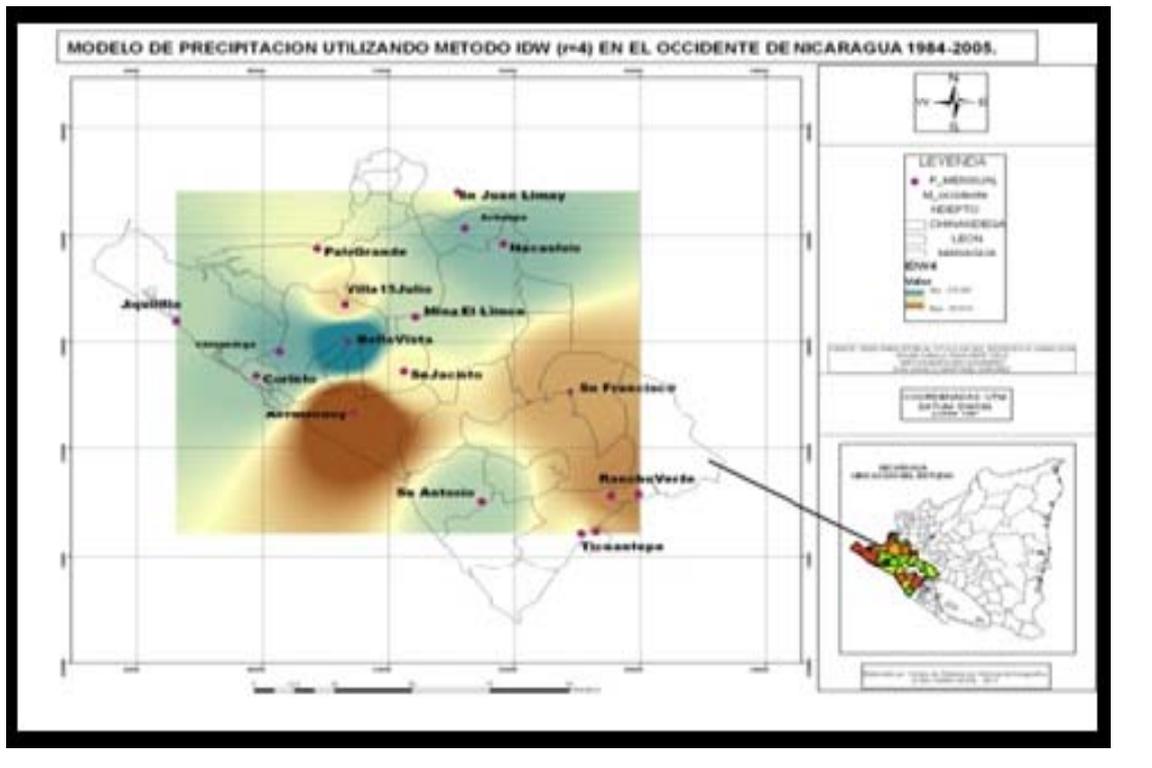




Mapa 7: Modelo de Precipitación utilizando  $r=4$  con más de 3 niveles de degradación de colores



Mapa 8: Modelo de Precipitación utilizando  $r=4$  con 3 niveles de degradación de colores



La interpolación mediante Distancia Inversa Ponderada determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La superficie que se interpola es de la variable Precipitación dependiente de la ubicación en el espacio. Pero el proceso de abstracción que supone la generación de un mapa a partir de este tipo de datos puede ser válido desde el punto de vista cartográfico, aumentando la legibilidad y claridad de la variable representada. Los mapas de isolíneas presentados del 3-8 son por tanto una alternativa de expresión cartográfica para la distribución en el espacio continuo de la variable precipitación.

En los mapas del 3-8 observamos evidentemente que para los distintos valores de  $r$ , los valores de precipitación obtenidos por la interpolación, presentan superficies continuas en degradación de colores que van de azul para los lugares con más altos niveles de precipitación, amarillo para valores medios y en marrón para los valores más bajos (donde llueve menos). Se obtienen estimaciones de precipitación bien diferenciadas, las áreas se ven bien definidas por las curvas concéntricas, observándose mejor definidas para  $r=4$ .

## VIII. CONCLUSIONES

1. La importancia de la aplicación de las técnicas Estadísticas cuando se tiene una variable medida en el tiempo, en este caso los Métodos de Series Temporales permiten obtener modelos para predecir el comportamiento de la variable precipitación, bajo condiciones similares.

2. Las Técnicas de Análisis espacial, usando los métodos de interpolación determinística han permitido ver, ese comportamiento de la variable precipitación en forma continua en el espacio

Por tanto concluimos que con la aplicación de ambas metodologías y el desarrollo de Software de los Sistemas de Información Geográficos se logran resultados visuales inmediatos, mediante mapas, observándose en ellos como va variando la precipitación en el territorio de estudio y que pueden ser utilizados por los tomadores de decisión por ejemplo para un buen uso del suelo.

## IX. DIFICULTADES

En este trabajo tuvimos muchos inconvenientes para la obtención de la información, no pudimos obtener la información necesaria para realizar el trabajo que realmente queríamos hacer, por eso acudimos a realizar algunas modificaciones en nuestro trabajo de tesis. De 32 estaciones con información de precipitaciones, se determinó que con 18 de ellas y años de registro de 1984 al 2005 se realizaría este trabajo, ya que:

- La información brindada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) no tenía la información de los observatorios completos. Algunos observatorios registraban más años de precipitaciones que otros o sea no tenían los mismos años de registros.
- No todas las estaciones u observatorios comenzaron a registrar información de precipitaciones de manera homogénea, tampoco terminaban en el mismo año.
- En algunos observatorios que comenzaron a registrar información de lluvias dejaron de registrar dicha información en varios años consecutivos, dejando grandes huecos, por lo que acudimos a excluirlos del estudio.
- Habían estaciones en que dejaron de registrar información de lluvias en algunos años (pocos años, huecos pequeños), y se procedió a estimar dicha información de precipitaciones.

## X. RECOMENDACIONES

Para mejores estudios y análisis de precipitaciones en el territorio Nacional, damos las siguientes recomendaciones:

- Es necesario implementar nuevas políticas para que el derecho a la información no sólo en el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) si no en las demás instituciones públicas donde se maneje algún tipo de información relevante como lo es ésta, se nos proporcione sin ningún inconveniente a los universitarios u otras personas jurídicas del Estado de Nicaragua a obtener este tipo de información, ya sea para estudios de tesis o cualquier otro estudio o investigación que ayude a aportar conocimientos para el desarrollo del país.
- Intentar hacer otro estudio similar, para analizar la variable Temperatura, para lo cual se sugiere gestionar por parte de la UNAN-LEON ante INETER que se pueda acceder a dicha información.
- Recomendamos hacer un Análisis de Series Temporales Múltiple, es decir un análisis más profundo con todos los 18 observatorios en estudios, este puede ser un tema para estudios más avanzados como puede ser a nivel de maestría.
- Ya que el IDW es un método determinista, se recomienda realizar muestreo por eliminación de un porcentaje de puntos; aplicar nuevamente el IDW y comparar los resultados.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.inide.gob.ni/atlas/caracteristicasdep/Managua.htm>. Consultada 04/03/2012
2. Cartografía de precipitaciones y temperaturas en El valle medio del Ebro mediante la utilización de. Diferentes técnica estadísticas. [dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/297288.pdf](http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/297288.pdf) Consultada 03/08/2012
3. (INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRES, ESTUDIO DE CASO DE CINCO PAÍSES NICARAGUA). [http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/4/33654/nicaragua\\_iyii.pdf](http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/4/33654/nicaragua_iyii.pdf). Consultado 01/03/2012.
4. <http://lcaboverde.galeon.com/leochi.html#loca> Consultada 05/08/2012
5. [http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node43\\_ct.html](http://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node43_ct.html) Consultada 10/09/2012
6. Carmona Pontaque Francesc . Modelos Lineales, Barcelona 2005
7. (Welman Rosa Alvarado. Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones 2011 18(2) 325–342 cimpa – ucrissn: 1409-2433).
8. <http://www.bcie.org/uploaded/content/article/1249943988.pdf> (3 BCIE, BID y Banco Mundial) Fichas Estadísticas de Nicaragua. Consultada 04/03/2012
9. 2005 Proyecto MET-ALARN SEQUÍA
10. <http://www.inide.gob.ni/atlas/caracteristicasdep/Chinandega.htm> (inide). Consultada 04/03/13
11. <http://www.inide.gob.ni/estadisticas/Cifras%20municipales%20a%C3%B1o%202012%20INIDE.pdf> (inide). Consultada 04/03/13
12. <http://cedoc.magfor.gob.ni/documentos/cedoc/B10-0192.pdf> Consultado (04/03/13)
13. <http://www.inide.gob.ni/atlas/caracteristicasdep/Managua.htm>. Consultada 05/08/2012
14. <http://webserver2.ineter.gob.ni/Direcciones/meteorologia/clima%20nic/caracteristicasdelclima.html>, Atlas Climático. Consultado 18/02/13.
15. Sánchez Riveras Daniel Peña, Estadística, Modelos y Métodos, 2. Modelos Lineales y series temporales 2a Edición, año 1989.
16. Introducción a la Geo estadística, Teoría y aplicación, Universidad Nacional de Colombia. Ramón Giraldo Henao. <http://www.docentes.unal.edu.co/rgiraldoh/docs/LIBRO%20DE%20GEOESTADISTICA..pdf> . Consultado 20/05/2013

17. ArcGIS Desktop 10 20
18. Evaluación de Riesgo por la presencia de contaminantes en agua destinada al uso de consumo humano del acuífero valle de Guadiana, Tesis , Monika Judith Chávez Soto, Victoria de Durango, Durango 2001
19. Gómez y Barreda (1999) Sistemas de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio en la Ordenación del territorio RAMA, MADRID, ESPAÑA
20. Sampe Javier y Jesús carrera. 1990. Geo estadística, aplicaciones a la hidrogeología subterránea. Centro Internacional de métodos numéricos en Ingeniería.Barcelona([http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/MATHERON\\_Ouvrage\\_00537.pdf](http://cg.ensmp.fr/bibliotheque/public/MATHERON_Ouvrage_00537.pdf)) Consultado 25/08/2012
21. (Iglesias Z. Pilar. (1988). Elementos de Series de Tiempo). <http://ciberconta.unizar.es/LECCION/seriest/100.HTM>
22. Manual del Paquete Estadístico R
23. Manual del Paquete Estadístico SPSS 20

## XII. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis Estadístico.

#### 12.1 Resultados del Análisis de Regresión Simple.

**Tabla 1: Resumen del Modelo, Precipitación vs. Longitud.**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,085(a)	,007	,007	164,75740

a Variables predictoras: (Constante), Longitud

**Tabla 2: Resumen del Modelo, Precipitación vs. Latitud.**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,077(a)	,006	,006	164,86005

a Variables predictoras: (Constante), Latitud

**Tabla 3: Resumen del Modelo, Precipitación vs. Elevación.**

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,107(a)	,011	,011	164,40193

a Variables predictoras: (Constante), Elevacion

#### 12.2 Resultados del Análisis de Regresión Múltiple.

**Tabla 4: Resumen del Modelo (Potencia 1)**

Resumen del modelo (potencia 1)				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,179 <sup>a</sup>	,032	,031	178,2170

a. Variables predictoras: (Constante), Elevación, Longitud, Latitud

**Tabla 5: Resumen del Modelo (Potencia 2)**

Resumen del modelo (potencia 2)				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,187 <sup>a</sup>	,035	,033	178,0337

a. Variables predictoras: (Constante), latelev, long2, longlat, elev2, longelev, lat2

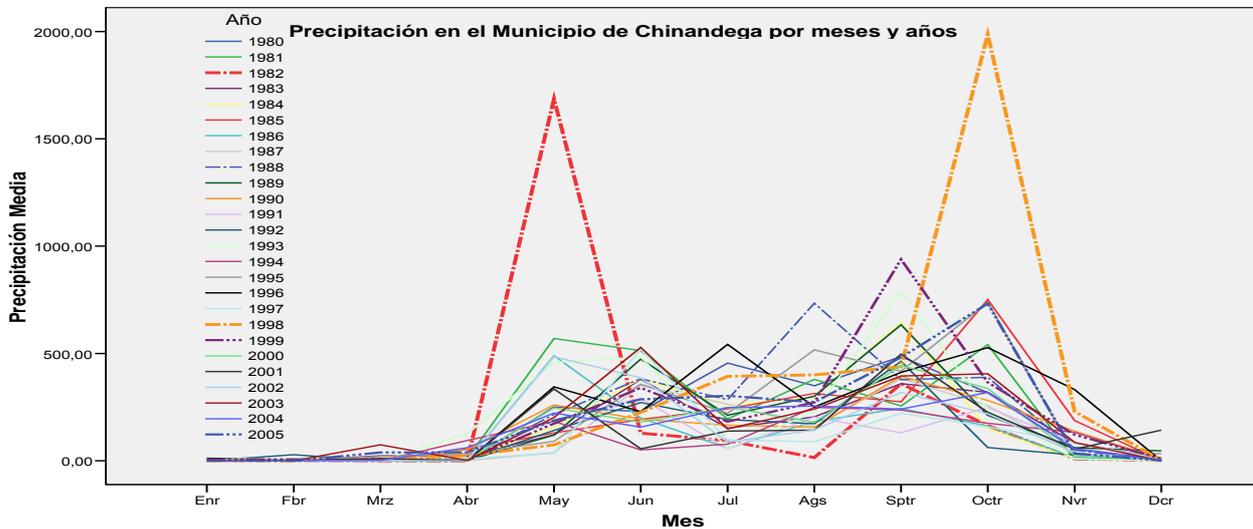
**Tabla 6: Resumen del Modelo (Potencia 3)**

Resumen del modelo (Potencia 3)				
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,188 <sup>a</sup>	,035	,034	178,0104

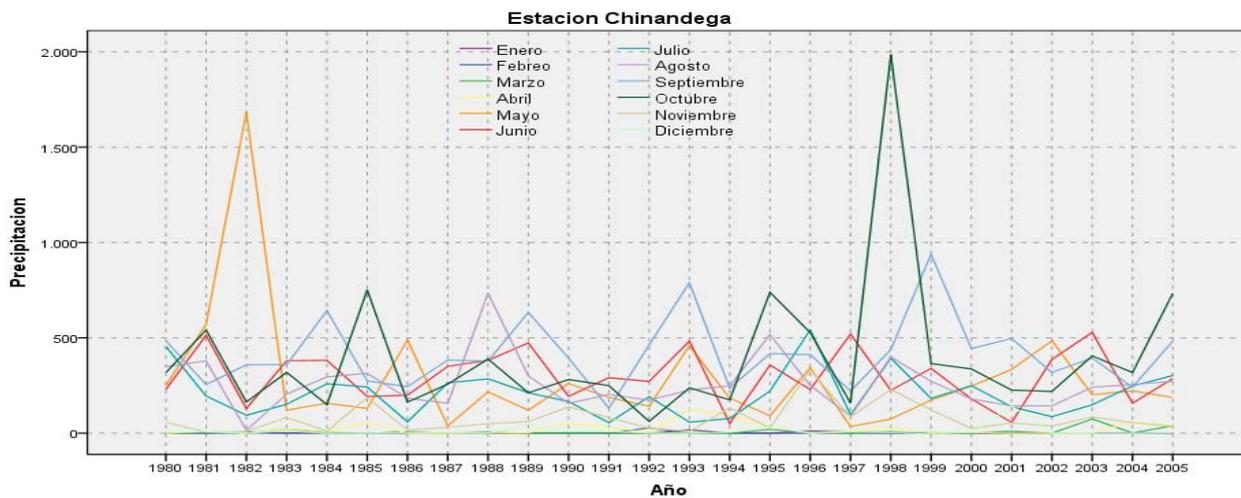
a. Variables predictoras: (Constante), elevelev2, longlat2, longlong2, latelev2, longelev2, latlat2

Serie de Tiempo.

**Grafico 1. Precipitación en el Municipio de Chinandega por Meses y Año.**



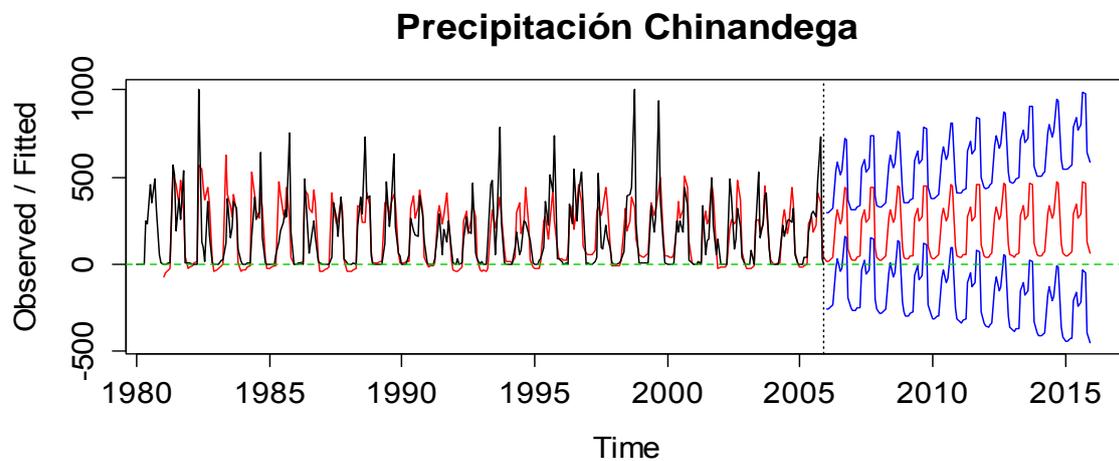
**Grafico 2. Precipitación en el Municipio de Chinandega por Año y Meses.**



**Tabla 8. Análisis Descriptivo del Observatorio Chinandega.**

		Estadístico	Error típ.
Precipitación	Media	164.0737	7.03911
	Intervalo de confianza para la media al 95%	149.8962	
	Límite inferior	178.2512	
	Límite superior	162.9659	
	Media recortada al 5%	170.8625	
	Mediana	2279.258	
	Varianza	47.74157	
	Desv. típ.	59.27	
	Mínimo	315.06	
	Máximo	255.79	
	Rango	72.46	
	Amplitud intercuartil	.380	.350
	Asimetría	.969	.688
	Curtosis		

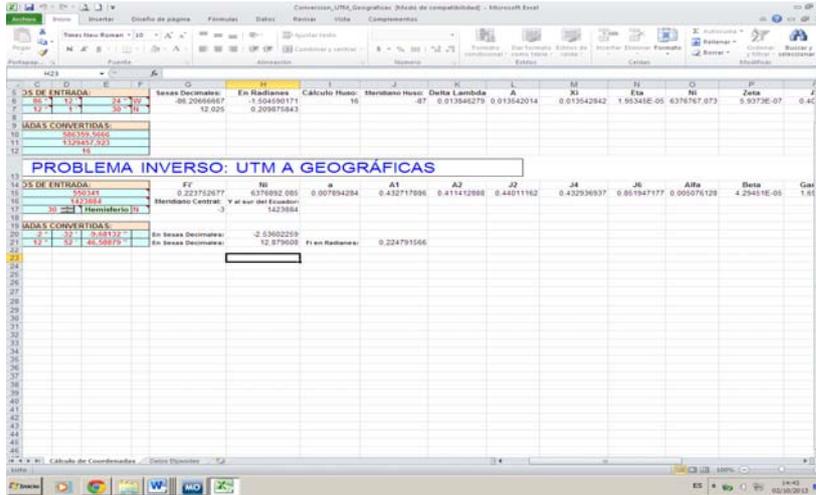
**Grafico 3. Precipitación en Chinandega con Predicción hasta el 2015.**



## Anexo 2: Procedimiento para el Análisis Espacial.

- Los datos recopilados en INETER, se obtuvieron con coordenadas de localización de los observatorios en grados, minutos y segundos, por tanto se procedió convertirlos a coordenadas UTM (del inglés Universal Transverse Mercator), sistema de coordenadas transversal de Mercator, para poder ser utilizadas por el programa ArcGIS.

Imagen 1. Convertidor de Coordenadas UTM.



## Datos Convertidos a UTM

Tabla 7: Observatorio con Elevación y Coordenadas.

No	Latitud	Longitud	Elevación	Observatorio
1	591,006.75	1342,558.41	56	Managua
2	544,724.78	1442,994.60	330	Achuapa
3	507,178.90	1400,352.63	780	Bella Vista
4	485,519.63	1396,607.82	60	Chinandega
5	478,269.62	1387,710.87	5	Corinto
6	452,594.91	1407,702.45	5	Jiquilillo
7	581,795.24	1328,769.28	600	La Primavera
8	509,419.74	1373,751.69	60	Aerop. Godoy
9	528,585.96	1409,335.91	80	Mina El Limón
10	556,753.78	1437,302.84	420	Nacascolo
11	497,288.69	1435,493.69	10	Palo Grande
12	599,740.50	1343,139.49	70	Rancho Verde
13	549,873.12	1340,433.26	100	San Antonio
14	578,055.52	1381,781.18	50	San Francisco
15	525,105.68	1389,427.17	360	San Jacinto
16	541,943.35	1456,310.28	281	San Juan De Limay
17	586,359.57	1329,457.92	280	Ticuantepé
18	505,969.49	1413,929.79	20	Villa 15 De Julio

## 12.3 Procedimiento en el Programa ArcGIS.10 para Elaborar las Cartografías Temática y Obtener los Mapas de Interpolación Espacial.

Desde interpolación trabajamos con los métodos Geoesísticos IDW, KRIGING, SPLINE.

Captura del Módulo ArcMap del Software ArcGis10.

Imagen 2.

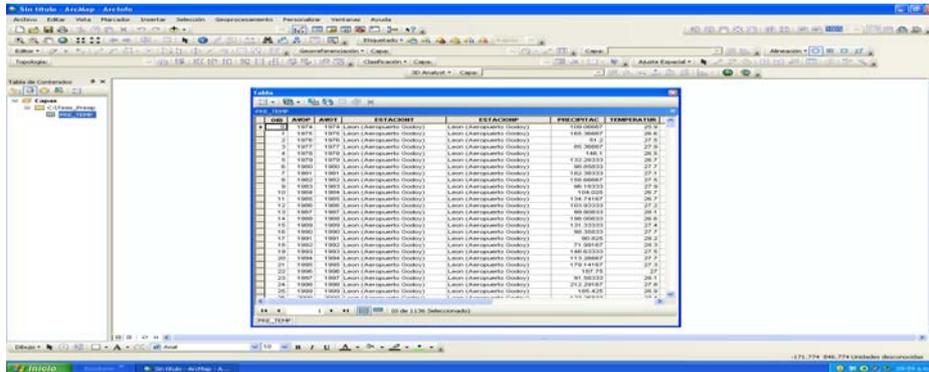


Imagen 3

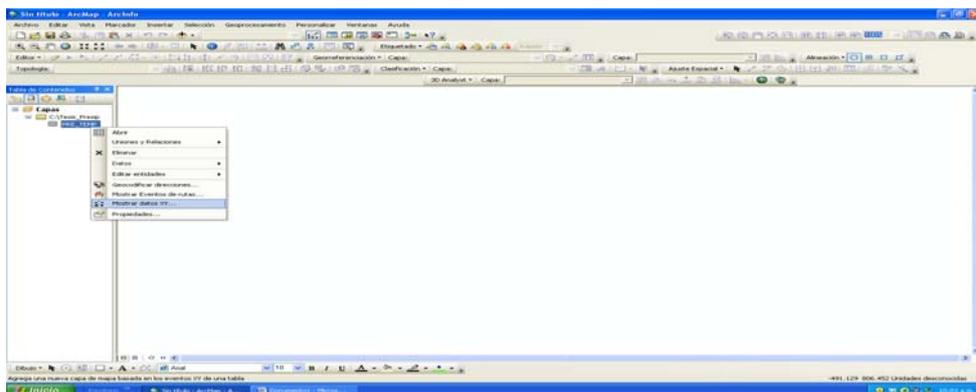


Imagen 4.

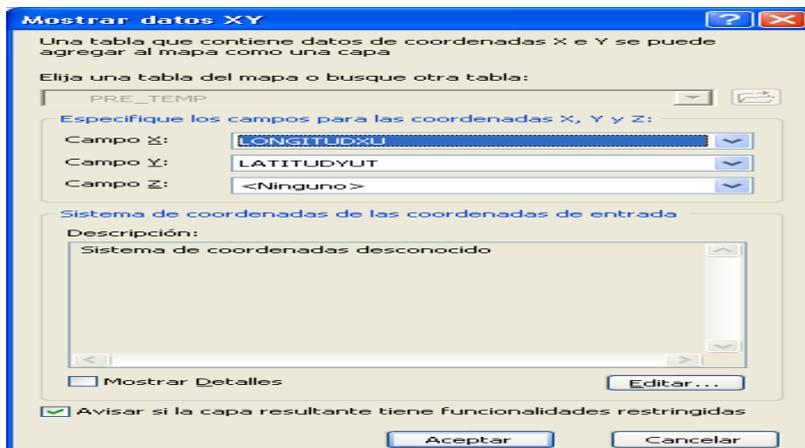


Imagen 5.



Imagen 6.

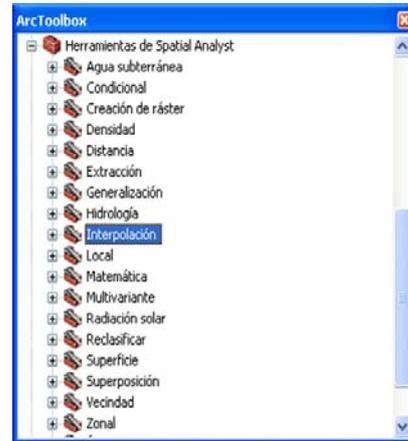


Imagen 7.

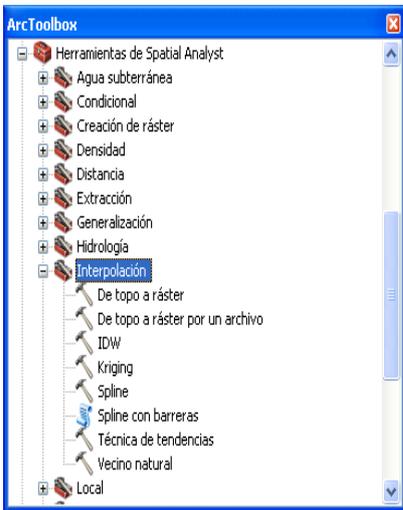


Imagen 8.

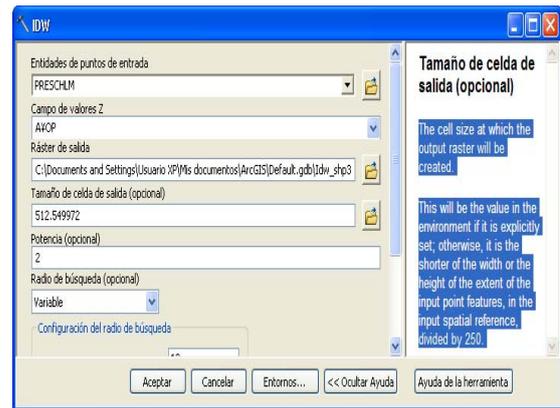


Imagen 9.

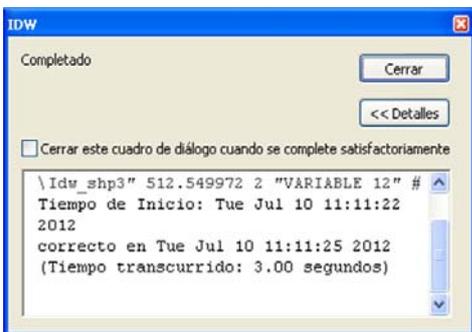


Imagen 10.

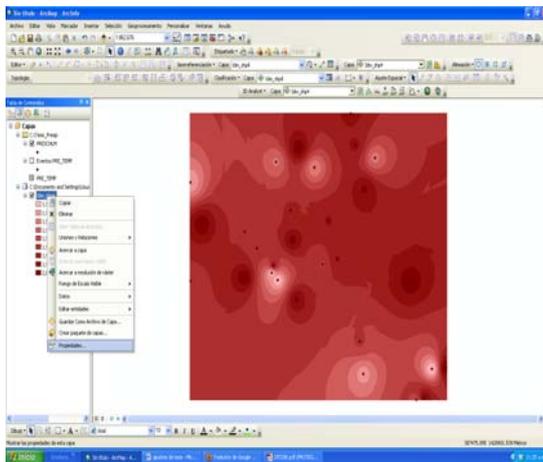


Imagen 11.

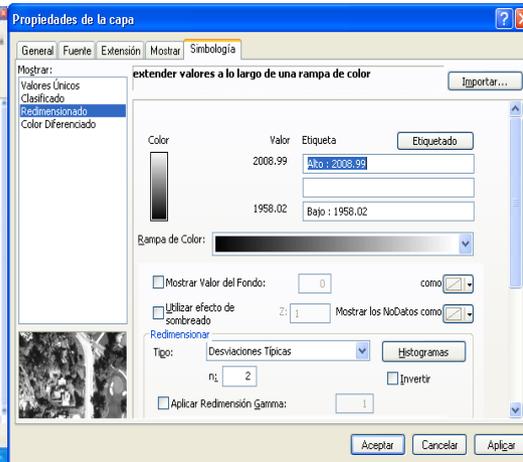


Imagen 12

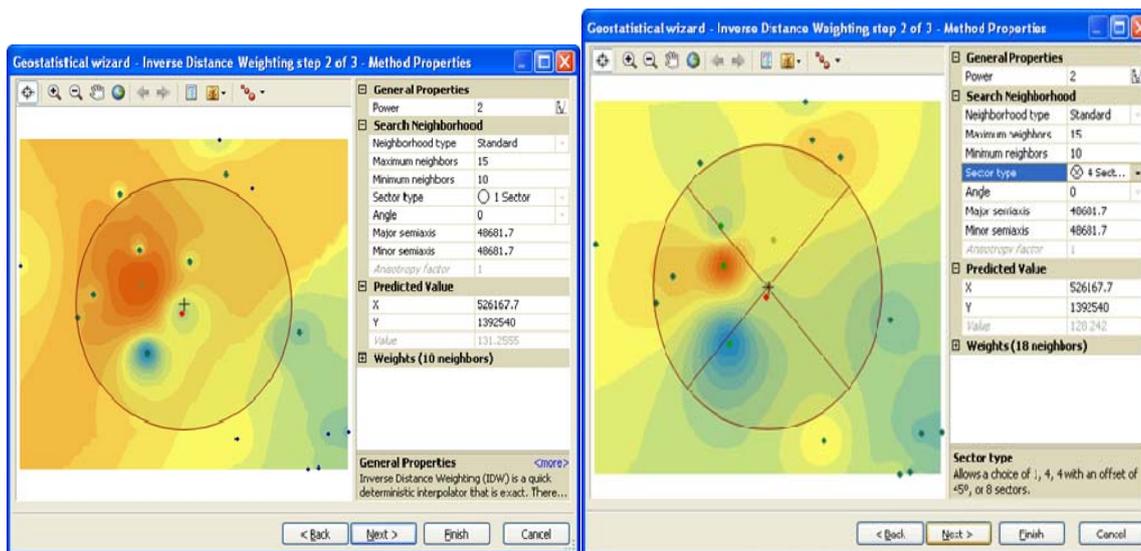


Imagen13