

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Ensayo de Estudio de Cambio en los Tipos de Clima en el Estado de
Coahuila de Zaragoza

Por:

EVELIO GARCÍA CAMILO

TESIS DE INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Ensayo de Estudio de Cambio en los Tipos de Clima en el Estado de
Coahuila de Zaragoza

Por:

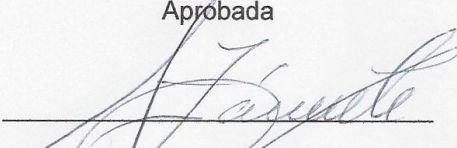
EVELIO GARCÍA CAMILO

TESIS DE INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

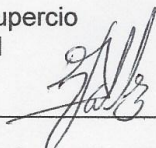
Aprobada



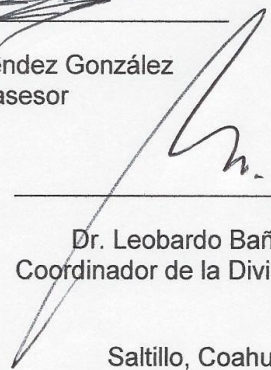
Dr. Alejandro Zarate Lupercio
Asesor Principal



Dr. Jorge Méndez González
Coasesor



M.C. Melchor García Valdés
Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Abril de 2014

AGRADECIMIENTOS.

A DIOS, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A MI ALMA TERRA MATER, La Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Por permitirme ser un Narro más y cobijarme como a cada uno de sus hijos.

A EL DR. ALEJANDRO ZARATE LUPERCIO Por enseñarme a comprender las cosas, pero sobre todo por el interés, disponibilidad y paciencia para el culminar del trabajo y a su vez por brindarme sus conocimientos a lo largo de la carrera y en el proceso de mi proyecto de tesis.

AL DR. JORGE MÉNDEZ GONZÁLEZ Y AL MC. MELCHOR GARCÍA VALDÉS Por su valioso tiempo que me brindaron en la revisión de este proyecto, así como por todos los conocimientos brindados

COMPAÑEROS DE LA CARRERA INGENIERO FORESTAL: Carmen Zúñiga, , Mirna Cruz, Adarcilio Morales, Víctor Rivas, Lady Recinos, Amanda Gómez, Etc. Por regalarme su amistad a lo largo de mi preparación y acompañarme en momentos de alegría y de tristeza.

A MIS AMIGOS: Sergio Cruz, Valentín Zúñiga, Mauricio Pérez, Jorge Palma, Cristian Serrano, Lucía Moreno, por ser parte de mi segunda familia, mi apoyo moral y por brindarme su cariño incondicional durante mi estancia en Saltillo también a Juan C. Gatica, Keila M. Mayo y Ricardo Yáñez, en donde estén ustedes son parte de esta familia ya que "Cultivar un verdadero amigo requiere dedicación y tiempo" es por eso que no solo son mis amigos, si no unos hermanos.

COMPAÑEROS DE CASA: Aníbal Presteguí, Ángel Gutiérrez, Alejandro Soto, Ake Castillo, Eddy Roblero, Luciano Soto, Carmen Presteguí, por su amistad y comprensión en mi estancia en Saltillo

DEDICATORIA

A MIS PADRES Por darme la vida, ya que me educaron con un gran ejemplo a si como siempre salir adelante En especial a ti Mama Leticia Camilo Ramírez ya eres el ser más maravilloso del mundo, desde pequeño he admirado tu fortaleza para salir adelante y la calidez de tus palabras al demostrarnos amor, gracias por el apoyo moral, tu cariño y comprensión que desde pequeño me has brindado; por guiar mi camino y estar conmigo en los momentos más difíciles, por regalarme tu juventud y dedicar una vida entera a nosotros “tus hijos”.

A MI HERMANOS Carlos García Camilo y Alan Christopher García (†): Por sus consejos, su cariño y por ser un gran ejemplo a seguir en mi vida.

A MIS HERMANAS Kenia García Camilo, Itzayana García y Viridiana García Quienes han sido mi más grande fuente de inspiración a lo largo de toda mi vida, por haber compartido conmigo momentos familiares difíciles y aun así regalarme una sonrisa o un abrazo que me motivó a ser mejor día con día.

A MIS ABUELOS Juan García Filomena Abarca: Por haberme acogido en mi infancia como un hijo propio les agradezco mucho su forma tan especial de demostrarnos cariño, siempre han demostrado ser unas personas fuerte y firmes, es por eso que los admiro y respeto, gracias abuelos, María Luisa Ramírez Gracias por las bendiciones de cada viaje, y por el cariño brindado en mi vida.

A MI SOBRINO Juan Miguel por todos los momentos felices que llenaron mi vida con tus tiernas sonrisa y travesuras tu siempre serás la razón de seguir adelante.

A MIS TÍOS Julio, Miney, Freddy, Amelia, Rosa, Flavio y Alberto Camilo Ramirez, por brindarme su cariño y apoyo en mi niñez a demás por sus consejos hoy en día.

A MIS PRIMOS Julio Castro, José Morales, Cesar Castro, Jonathan, Luis Camilo, Toni Bello, Gracias por ser como unos hermanos en mi vida, ya que siempre han estado conmigo en las buenas y malas y los consejos que me brindados.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.- Importancia del estudio.....	3
2.- Planteamiento del problema	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
1.- Clima	5
2.-Precipitación media anual.....	7
3.-Temperatura media anual.....	8
4.- Clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García.....	8
5.- SIG (Sistemas de Información Geográfica)	9
6.-Modelos de regresión	12
7.- Algunos estudios sobre cambio climático	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
1.- Descripción del área de estudio	15
1.1.-Geología	15
1.2.-Hidrología.....	15
1.3.-Flora y Fauna	16
2.-Metodología.....	17
3.- Métodos de interpolación utilizados.....	20

4.-Modelamiento de las variables climáticas.....	20
4.1.-Criterios de selección del modelo	21
IV. RESULTADOS.....	23
1.- modelos de regresión	23
1.1.-.-Análisis de correlación	23
1.2.- Resultados de regresión	24
2.-Tipos de climas.....	28
4.6.- temperatura media y precipitación media anual en los diferentes climas. ...	35
4.6.1.- Precipitación Media Anual.....	36
4.6.2.- Temperatura media Anual.....	38
V. CONCLUSIONES.....	40
VI.LITERATURA CITADA.....	42

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Correlación Periodo 1940- 1970.....	23
Cuadro 2 Correlación Periodo 1971-2004 (cuadro 2).....	23
Cuadro 3 Modelos utilizados en Temperatura para los dos periodos.....	24
Cuadro 4 Modelos utilizados en precipitación para los dos periodos	25
Cuadro 5 Modelos seleccionados y sus estadísticos de ajuste para la estimación precipitación y temperatura en dos periodos 1940-1970: 1971-2004 en Coahuila de Zaragoza, México.....	26
Cuadro 6 Parámetros de regresión en las ecuaciones para estimar precipitación y temperatura en el estado de Coahuila de Zaragoza, México.	27
Cuadro 7 Resultados de cada clima en Hectáreas de la superficie de Coahuila del periodo 1940-1970	33
Cuadro 8 Resultados en Hectáreas de cada clima del estado de Coahuila del periodo 1971 - 2004	33
Cuadro 9 Diferencias por periodo del estado de Coahuila	33
cuadro 10 Estadísticos obtenidos de la extracción zonal para la precipitación media anual.	37
Cuadro 11 Diferencia de medias en precipitación para los dos periodos a comparar.	37
Cuadro 13 Diferencia de medias en temperatura para los dos periodos a comparar	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tronco Metodológico General	18
Figura 2 Área de contexto para la selección de las estaciones meteorológicas del SMN	19
Figura 3 Esquema de la obtención de las capas Temperatura media anual y precipitación media anua	22
Figura 4 Esquema de obtención de capa de tipos de clima	29
Figura 5 Tipos de climas en el estado de Coahuila de Zaragoza Mapa de Coahuila periodo 1940-1970	31
Figura 6 Tipos de climas en el estado de Coahuila de Zaragoza Mapa de Coahuila periodo 1971-2004	32
Figuras 7 Diferencias por Clima en % de territorio del estado de Coahuila	34
Figura 8 Esquema de la extracción zonal de estadístico por tipo de clima	36

RESUMEN

El cambio climático es un tema de actualidad, los cambios que ocurren en el clima son resultados de la variabilidad interna del sistema climático y de los factores externos. El presente estudio analiza la distribución espacial de los tipos de clima en el estado de Coahuila en dos periodos de tiempo: 1940-1970 y 1971-2004 así como la distribución espacial geográfica de las normales meteorológicas de precipitación y temperatura media anual en los mismos periodos de tiempo. Esta propuesta contribuye al conocimiento del cambio climático regional definiendo el ámbito espacial y la distribución de valores de precipitación y temperatura media anual, y sobre la base de éstos obtener los tipos de clima de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García en 1964. Utilizando datos de estaciones del SMN, se evaluaron mediante análisis de regresión lineal múltiple, obteniendo valores de R^2 ajustada de 0.879 y 0.869 para Temperatura y 0.657, 0.685 para Precipitación en los periodos 1940 – 1970 y 1971 – 2004 respectivamente. Los resultados del análisis muestran claras evidencias del cambio en el estado ya que al comparar los periodos se encontraron incrementos y decrementos en los diferentes tipos de clima que tiene Coahuila presentando los incrementos más fuertes en el clima BS0 (clima seco) con el 1.24% (186467.33 Ha), lo contrario del clima BW (Clima muy seco desértico) el cual presenta un decremento del 1.14 % (171889.98 ha), estos cambios coinciden con las conclusiones del IPCC (2007), que indica que el cambio climático es mayor en la parte Norte del país, y por consecuencia en Coahuila serán más evidentes éstos cambios.

Palabras Clave: Tendencias, Temperatura, Precipitación, Incremento, Decremento, Periodo, Coahuila.

ABSTACT

The climate change is a today's news, the changes that happen in the climate are results of the internal variability of the climatic system and of the external factors. The present study analyzes the spatial distribution of the types of climate in Coahuila's condition in two periods of time: 1940-1970 and 1971-2004 As well as the spatial geographical distribution of the normal meteorological ones of rainfall and annual average temperature in the same periods of time. This offer contributes to the knowledge of the regional climate change defining the spatial area and the distribution of values of rainfall and annual average temperature, And on the base of these to obtain the types of climate of agreement to Köppen's classification modified by Enriqueta Garcia in 1964. Using information of stations of the SMN, hey were evaluated by means of analysis of linear multiple regression, obtaining values of R2 fitted of 0.879 and 0.869 for Temperature and 0.657, 0.685 for Rainfall in the periods 1940 - 1970 and 1971 - 2004 Respectively. The results of the analysis show clear evidence of the change in the condition since on having compared the periods they found increases and declines in the different types of climate that Coahuila has presenting the strongest increases in climate BS0 (dry climate) With 1.24 % (186467.33 It Has), the opposite of the climate BW (very dry desert Climate) who presents a decline of 1.14 % (171889.98 it has) these changes coincide with the conclusions of the IPCC (2007), that indicates that the climate change is major in the part North of the country, And for result in Coahuila will be more evident these changes.

Key words: Trends, Temperature, Rainfall, Increase, Decline, Period, Coahuila.

I. INTRODUCCIÓN

1.- IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

México es un país muy vulnerable a los efectos del cambio climático; mediante el uso de diferentes modelos climáticos, el INE y la UNAM advierten en su documento “Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas” publicado en el año 2006, que el país sufrirá inundaciones y sequías extremas, mayor frecuencia e intensidad de ciclones tropicales y la disminución de frentes fríos en la temporada invernal, el cambio climático es complejo de entender es necesario diferenciar los términos clima y tiempo.

Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés), clima es el resumen estadístico de varios años o incluso décadas (normalmente tres) del comportamiento de elementos como son la precipitación pluvial, temperatura del aire, humedad atmosférica, radiación solar y velocidad del viento, así como la frecuencia de días con niebla, heladas, tormentas eléctricas y granizo, entre otros fenómenos meteorológicos.

Así mismo, señala que tiempo es la condición atmosférica en cualquier momento y en cualquier lugar, que se mide en términos como el viento, la temperatura, humedad, presión atmosférica, nubosidad y precipitación; en muchos lugares éste puede cambiar de hora a hora, de día a día y de estación a estación (EPA, 2009). Ya que la temperatura media de la Tierra es de 15°C; suponiendo que la Tierra no tuviese atmósfera, esta temperatura sería de -18°C. El efecto de la atmósfera que genera la temperatura efectiva de la Tierra se llama efecto invernadero y es el responsable de establecer la temperatura propicia para que haya vida en el planeta (INE y SEMARNAT, 2004). Además que las tendencias son cambios graduales de incremento o decremento en el tiempo de variables climáticas estudiadas (Bradley, 1987).

2.-Planteamiento del Problema

En Coahuila, la información respecto al cambio climático es escasa ya que todos los programas respecto a este estudio promovidos por el Gobierno Federal a nivel nacional, tenían un enfoque general del país y muy pocos eran destinados a nivel estatal, sin embargo parece que un estado por su tamaño y su ubicación intermedia en los niveles de gobierno, hace más factible llevar a cabo medidas para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero, así como políticas exitosas para adaptarse a éste es por ello que el Instituto Nacional de Ecología (INE), órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), considera que muchas de las políticas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y de adaptación del cambio climático tendrían mejores oportunidades de éxito si se diseñaran e instrumentaran proyectos en los niveles estatal o local, debido a que muchas de las autoridades e investigadores que operan en estos niveles tienen comúnmente un mejor entendimiento de los problemas y capacidades que existen en sus esferas de influencia, pero también porque al descentralizarse esta tarea, ellos tendrían un mayor grado de apropiación de las políticas que se desarrollen y pongan en práctica (PROFAUNA,2009).

Por el motivo anteriormente señalado, el INE y la SEMARNAT se han propuesto elaborar un Programa Estatal de Cambio Climático (PECC) para cada estado, que será un instrumento para apoyar la planeación y desarrollo de políticas públicas en materia de cambio climático a nivel estatal. Para esto, se consiguieron recursos del Gobierno del Estado, el Congreso de la Unión y organismos internacionales, para crear la oficina de Cambio Climático. En el año 2009, la oficina de cambio climático inició la elaboración del Plan Estatal de Cambio Climático el cual incluye: Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero, Escenarios del Clima en Coahuila y Análisis de Vulnerabilidad y Amenazas.

La propuesta de este estudio es contribuir al conocimiento del cambio climático regional definiendo el ámbito espacial y la distribución de valores de precipitación y temperatura media anual, y sobre la base de éstos obtener los tipos de clima de

acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García en 1964. Lo anterior considerando dos periodos de tiempo, el primero de 1940 a 1970, y el segundo de 1971 a 2004 para su comparación, utilizando datos de estaciones del SMN, y considerando en éstos periodos las estaciones que en cada año presentasen cuando menos 10 meses de registro de datos y una continuidad anual de cuando menos el 80%.

Objetivos.

- Analizar la distribución espacial de los tipos de clima en el estado de Coahuila en dos periodos de tiempo 1940-1970 y 1971-2004.
- Analizar la distribución espacial (geográfica) de las normales meteorológicas de precipitación y temperatura media anuales en dos periodos de tiempo 1940-1970 y 1971-2004.

Hipótesis.

- Ho. La distribución espacial de las variables analizadas Precipitación media, Temperatura media y tipos de clima no ha sufrido variaciones en los dos periodos analizados
- Ha. La distribución espacial de las variables analizadas Precipitación media, Temperatura Media y tipos de clima ha sufrido variaciones en los dos periodos analizados.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

1.- Clima

Basados en el sistema de clasificación de Köppen, modificado por Enriqueta García 1987, el clima se define como el sumario estadístico, o promedio de los elementos meteorológicos individuales, a través de un numero dado en años, esto no solo de las condiciones medias sino también las extremas y los patrones de comportamiento, un ejemplo son los ciclos climáticos el cual este ejemplo aun

cuando se hace uso de la estadística solo debe utilizarse como un instrumento para describir las fluctuaciones o la naturaleza cambiante del clima, su variabilidad a largo plazo, y la influencia interrelacionada a todos los elementos atmosféricos, ya que el clima se clasifica en base a un estudio climatológico que se hace sobre la base de datos meteorológicos de un largo periodo, con duración mínima de 10 años, pero los más preferente son entre los de 20 y 30 años, los datos meteorológicos medios de periodos entre 20 y 30 años, se les conoce como normales climatológicos, estas normales definen al clima de un lugar y se supone que son estables a través del tiempo, pero si se toman periodos de estudio más largos pueden observarse variaciones del clima (INEGI 2009).

Conde (2005) explica que clima es el promedio del tiempo meteorológico en un periodo de años (30 años) con alguna medida de variación. Pérez (2009), señala que el clima es un factor importante sobre cualquier territorio, debido a que:

- Es responsable del predominio de diversos tipos de flora y fauna.
- Decisivo en el desarrollo de las actividades agropecuarias.
- Influye en las tendencias de asentamientos humanos.

Mosiños (1974) y Ruiz et al. (2010), mencionan que los factores que determinan el clima son:

- Latitud.
- Orografía.
- Distribución de tierras y aguas.
- Corrientes marinas.
- Tormentas junto con sus trayectorias.

Los tres primeros se les llaman controles permanentes mientras que los últimos dos son llamados controles variables.

Con respecto al estado de Coahuila está situado en su mayor parte, en el oriente de una gran área climática denominada desierto de chihuahua o desierto del norte de México. Sin embargo son tres la áreas en la que pueden dividirse el estado por

sus climas: al occidente muy seco que comprende extensas llanuras desérticas de la provincia de sierras y llanuras del norte y algunas otras; en el centro y sur, en los que asocian climas desde los muy secos y secos semicálidos de sus bolsones, hasta los semisecos templados y los templados subhúmedos de las cumbres serranas, con predominancia de climas secos y que coincide con el área de la sierra madre oriental en el estado; por último, al noroeste semisecos y seco con influencia marítima más notoria, que corresponde en general a los terrenos de las grandes llanuras de Norteamérica (INEGI 1983)

2.-Precipitación Media Anual.

Las mediciones de la precipitación se realizan en aparatos llamados pluviómetros, que consisten en cilindros de lámina estos recogen el agua de las lluvias a través de un embudo, para mayor precisión están protegidos contra pérdidas de agua, salpicaduras y evaporación, el agua se recoge en una probeta, con divisiones a milímetros mismos que equivalen a una precipitación de un litro sobre cada metro cuadrado del terreno, la precipitación se mide una sola vez al día esta se aproxima a decimas de milímetro tomando en cuenta que una precipitación inferior a 0.1 mm se registra como insignificante. La suma total de las precipitaciones diarias de un mes, constituye a la precipitación total mensual, por consiguiente a la suma de las precipitaciones totales mensuales de un año constituye, la precipitación total anual de ese año, para obtener la precipitación media de un mes correspondientes a partir de dos años en adelante se suman todas las precipitaciones totales mensuales del periodo considerado, para después dividirlo entre el numero de meses incluidos así obtendremos las precipitaciones medias mensuales del periodo, y ya la suma de las precipitaciones medias mensuales tendremos como resultado la precipitación media anual, el hecho de que el dato de precipitación se deriva siempre de sumas o totales, a diferencia del dato de temperatura media, que en todos los casos es siempre un promedio (INEGI 2009)

3.-Temperatura Media Anual

Para tener una mejor comprensión de temperatura media anual debemos de analizar el concepto de temperatura media y el concepto mismo de temperatura.

La temperatura es una medida de calor; en un medio determinado, la cual corresponde siempre a la misma cantidad de calor o energía calorífica, para los meteorólogos es de mucha utilidad este dato, ellos efectúan mediciones de la temperatura del aire a diversas alturas de la atmosfera y en diversas condiciones, la temperatura que es más importante en este caso es la del aire libre ya que está en contacto con la superficie terrestre. Las temperaturas que se registran en un mismo día varían ostensiblemente, desde la mínima obtenida antes del amanecer, a la máxima, después del mediodía, la temperatura media del día es el promedio de la máxima y la mínima, a lo cual esta resulta bastante cercana a la temperatura ambiente observada a las 8:00 am, en cambio la temperatura media del mes es el promedio de las temperaturas máximas y mínimas registradas en ese mes, y la temperatura media anual es la suma de las temperaturas medias de todos los meses, está dividida entre doce, este dato obtenido no es todavía útil para representar la temperatura media anual de un lugar, puesto que se trata de la temperatura media de un solo año, el cual puede no ser representativo, por esta razón se requieren datos de varios años consecutivos como un mínimo de diez años para obtener realmente, en promedio, las temperaturas medias mensuales y anuales de este periodo, teniendo en cuenta que cuando se obtienen datos de veinte o más años de observaciones, a los datos se les llama como normales, en cambio con datos de diez a veinte años se les llama normales ajustados y de cinco a nueve se les califica como normales provisionales (INEGI 2009)

4.- Clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García

A partir de 1964 Enriqueta García adaptó para las condiciones de México la clasificación mundial de Wilhelm Köppen. Ésta ha recibido el denominativo de sistema de Köppen modificado por García y ha sido usado oficialmente en el país, cuyos mapas a varias escalas han sido publicados por el actual INEGI y la

CONABIO. Básicamente, el sistema modificado consiste en que a la clasificación original se adicionaron algunos parámetros que son muy importantes para diferenciar los climas en México, los que se organizaron en grupos, tipos, subtipos y variantes climáticas. Los grupos climáticos originales de Köppen son los A cálidos húmedos tropicales; los B subdivididos en los subtipos BW secos desérticos y BS secos esteparios; los C templados; los D templados fríos, y los E subdivididos en los ET fríos de tundra o páramos y los EF muy fríos con nieves permanentes. Los regímenes de lluvia posibles en México son con lluvias en verano (w); abundantes todo el año (f); escasas todo el año (x'), y con lluvia en invierno (s). La combinación de grupo climático y régimen de lluvia forma los tipos de clima. En México como país, al ser tan montañoso en la mayor parte del territorio, tener tanto litoral, estar entre dos océanos y localizado entre la zona seca y templada del Norte y la cálida y húmeda en el Sur, la clasificación original de Köppen es insuficiente y no describe en detalle la gran cantidad de climas de transición que se presentan en la que para el sistema original de Köppen se presentarían solamente dos tipos de climas: el seco estepario en el Noroeste y en todo el resto, el cálido con lluvias en verano. Sin embargo, se puede observar que la realidad es otra y que se presenta un importante gradiente de lluvia, mismo que además se denota por la transición de vegetación desde selva baja en el Norte a selva alta en el Sur; por lo tanto, es insuficiente la descripción climática de Köppen original. Las adiciones hechas al sistema modificado por García han sido: límites en las condiciones de temperatura, P/T, porcentaje de lluvia invernal, sequía intraestival, oscilación térmica (diferencia de temperatura entre el mes más cálido y el mes más frío). Así, cuando aparecen algunas letras del sistema modificado, éstas se encuentran en paréntesis para diferenciarlo del original de Köppen

5.- SIG (Sistemas de Información Geográfica)

De acuerdo con COCCIA, E (1986) los SIG son un puente para la toma de decisiones entre el "mundo real" y su interlocutor, mejorando su conocimiento de la realidad y facilitando la tarea de trabajo, evitando la pérdida de tiempo en la búsqueda de la información a través de ficheros manuales y ordenadores. El

hecho de mantener una base de datos única o interrelacionada, elimina la existencia de duplicaciones y los errores provocados al tener la información repartida en diferentes fuentes inconexas; además asegura la actualización de la misma. Muy generalizados desde hace dos décadas en los países anglosajones, han dado interesantes resultados y planteado el desarrollo de nuevos procedimientos de manipulación electrónica de la información en los siguientes aspectos entre otros:

- Comunicación hombre máquina en lenguajes próximos al natural
- descentralización de la información
- asimilación de tipos de información cada vez más complejos
- enriquecimiento de la capacidad de deducción automática de los sistemas

Tomando en cuenta que dos unidades fundamentales deben distinguirse siempre en un SIG: a) el componente operativo o funcional, procedimientos u operaciones que actúan sobre la información contenida en la base de datos; y b) la base de datos espaciales. Más precisamente, una función de un SIG puede ser definida como un procedimiento algorítmico abstracto, o conjunto de éstos, que permite seleccionar, procesar y actualizar el contenido de la base espacial. Cada una de las funciones de un SIG debe ser formulada en los términos más generales posibles, independientemente de su implementación concreta en un determinado centro de la administración, de tal manera que la información pueda ser estandarizada, evaluada, criticada y actualizada en cualquier momento, permitiendo su utilización con nuevos avances tecnológicos.

Pero Jurado (1991) Menciona que todo SIG debe ofrecer una solución a cada uno de los tres problemas fundamentales en el campo de la documentación los cuales son:

- Entrada de información. El diseño y manejo de la base de datos deberá prever la capacidad de añadir y almacenar tanto atributos gráficos como alfanuméricos.

- archivo/recuperación de información. Gestionada a través de la unidad central de proceso (CPU), bien por la memoria de almacenamiento, la unidad de control o la unidad aritmético-lógica, según las demandas que se le hagan al sistema.
- salida de información. Muestra ésta analizada y procesada, tanto de resultados gráficos (para lo cual se deberá contar con un adecuada periferia: pantallas de alta resolución, plotter o impresoras), como de análisis o diagnóstico (implementando los ficheros y algoritmos de programación que permitan cruzar la información existente).

De acuerdo con San Leandro (1990) estas tres tareas, son las más familiares y las que se deben tener en cuenta por el usuario del sistema, dependen en su concreta realización de la estructura de la base datos. No obstante, al nivel lógico en que nos vamos a mover, podemos hacer abstracción de esta dependencia al considerar las funciones que resuelven los tres problemas mencionados anteriormente.

Y Femenía, M (SF), en los últimos años las tecnologías de captura de datos espaciales han permitido contar con un volumen muy importante de información de excelente calidad y bajo costo: imágenes satelitales de alta resolución, navegadores GPS para realizar relevamientos de campo georreferenciados, herramientas de software que administran, procesan y analizan esta información en forma gráfica y alfanumérica. Todo este conjunto de tecnologías, sumado a un equipo interdisciplinario de profesionales en las temáticas a abordar, más un diseño conceptual de la estructura de información a implementar, puede ser denominarlo como un SIG.

Existen definiciones variadas sobre: qué es un SIG a lo que se a vistos cierto nivel de confusión, ya que definen a un SIG en función del tipo de datos que administra o a la temática que aborda; es muy importante tener presente que un SIG sólo agrega la componente espacial de los datos, que probablemente ya tenemos sistematizados en un sistema de información tradicional.

Por lo expuesto vemos que un SIG no es una herramienta de software para adquirir por Internet, es por ello que no se puede comprar un SIG, sino que hay que implementarlo, sólo podemos comprar herramientas de software, hardware y contratar recursos humanos capacitados.

Los SIG surgen como una necesidad de proveer mayor y mejor información para facilitar la toma de decisión, es por ello que las temáticas que puede abordar un SIG están relacionadas a una necesidad de gestión, esto no implica distintos tipos de SIG.

Catastros, municipios, provincias, país, ambiente, impacto, conservación obras públicas, infraestructura pública y privada, mapas de amenazas, riesgo, vulnerabilidad, servicios públicos, agua potable, transporte, salud, seguridad recursos naturales, minería, petróleo, etc. Emergencias, planes de contingencia por desastres, población, distribución, situaciones socioeconómicas, etc. Otras temáticas que son factibles de analizar y modelar dentro de un SIG, podemos decir que nos sirven como un sistema para modelar la realidad en un contexto donde podemos trabajar con variables del entorno y proyectarlas en el tiempo, visualizando los resultados posibles de alguna acción sobre el medio, aplicando modelos de simulación con conceptos estadísticos tradicionales o geo-estadísticos.

6.-Modelos de Regresión

El análisis de regresión consiste en emplear métodos que permitan determinar la mejor relación funcional entre dos o más variables concomitantes (o relacionadas). Además es una técnica estadística para investigar y modelar la relación entre las variables. Las aplicaciones de la regresión se encuentran en numerosos campos de la investigación, de hecho es una de las técnicas estadísticas más utilizadas.

Molina y Rodríguez en el (2009) mencionan que los modelos de regresión son: la representación de la relación entre dos (o más) variables a través de un modelo formal suponen contar con una expresión lógico-matemática que, aparte de resumir cómo es esa relación, va a permitir realizar predicciones de los valores

que tomará una de las dos variables (la que se asuma como variable de respuesta, dependiente, criterio (Y) a partir de los de la otra la que se asuma como variable explicativa, independiente, predictora (o X)). ya que modelo de regresión lineal es el más utilizado a la hora de predecir los valores de una variable cuantitativa a partir de los valores de otra variable explicativa también cuantitativa (modelo de regresión lineal simple). Una generalización de este modelo, el de regresión lineal múltiple, que permite considerar más de una variable explicativa cuantitativa, posteriormente, es también posible incluir variables explicativas categóricas en un modelo de regresión lineal si se sigue una determinada estrategia en la codificación de los datos conocida como codificación ficticia. con el objetivo principal de la determinación o estimación de β_1 y β_2 a partir de la información contenida en las observaciones de que disponemos.

De acuerdo con Chou (1972) dice que en el análisis de regresión generalmente se procede a observar los datos muestrales utilizando los resultados obtenidos como estimaciones de acuerdo con la relación poblacional, existen muchos modelos posibles que pueden construirse para describir las variaciones mutuas de las dos variables.

7.- Algunos estudios sobre cambio Climático

García (2011), en un artículo sobre tendencias de temperaturas máximas y mínimas en México para su análisis utilizando datos de 777 estaciones climatológicas distribuidas en toda la república mexicana, variando de 1940-2005. Donde los datos fueron evaluados mediante análisis de regresión lineal. Los resultados del análisis que obtuvo muestran claras evidencias del calentamiento en el país, encontrando que las TM (positivas y negativas) sufren los cambios más importantes, presentando las pendientes más fuertes (TM con $B_1 = 0.037 \text{ } ^\circ\text{C año}^{-1}$ y Tm con $B_1 = -0.025 \text{ } ^\circ\text{C año}^{-1}$). Los patrones geográficos para las TM se ubican en el Noroeste, Golfo, Sur y Sureste del país. Los patrones geográficos del estudio presentan coincidencia con las teleconexiones de temperaturas máximas con el PDO y con el ENSO (noviembre a abril en TM- ubicadas al Noreste del país); en

Tm- tienen tendencias similares en marzo y abril, siendo claro que estos fenómenos atmosféricos, podrían regular la variabilidad en México.

Por su parte Lelys (2008) en Venezuela analiza los datos de 113 estaciones de precipitación mensual disponibles para años recientes. En ese país realiza un análisis de homogeneidad utilizando la prueba de Alexandersson (Alexandersson 1986) para determinar si existen estaciones con cambios importantes en la media de la serie que no forman parte de la variabilidad climática interanual. Los valores de tendencia estimados y la significancia del componente de tendencia son representados espacialmente. Se encuentra que la zona norte costera y la mayor parte de la región andina presentan una tendencia negativa en la precipitación. Por el contrario, la zona sureste del estado Bolívar presenta una tendencia positiva. Sin embargo, el componente de tendencia no es significativo para la mayoría de las estaciones

Para Castañeda (2009) en su investigación estudia la posible ocurrencia del calentamiento global para el periodo 1967-2001 mediante un análisis de los valores extremos de temperatura obtenidos de 21 estaciones climatológicas localizadas a 60 km alrededor del volcán de pico de Orizaba. La metodología utilizada consistió en la preparación y análisis exploratorios de los datos, cálculos de los datos mensuales faltantes, análisis estadístico multivariado y factorial de los datos por el método de los componentes principales, y el análisis de tendencia, el resultado obtenido indica que ha existido un calentamiento bien marcado en la década de los noventa principalmente durante el periodo de invierno. El incremento de temperaturas para los 34 años analizados fue de 1.53 a 2.94 °C

III . MATERIALES Y MÉTODOS

1.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Coahuila de Zaragoza, ocupa la parte central de la franja de entidades continentales que hacen fronteras en el norte del país con los estados unidos de América. Ocupa el tercer lugar con mas territorio nacional con una extinción de 151 578.37 km² o sea 7.8 % del total nacional. Se localiza entre los 24° 32'13" y los 29°52'47" de latitud norte y entre los 99°50'30" y los 103°57'03" de longitud oeste. Limita al norte con los Estados Unidos de América Texas en lo particular; al oriente con el estado de Nuevo León; al sur con los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Durango, y al poniente con Durango y Chihuahua (INEGI 1983)

1.1.-Geología

El territorio coahuilense se constituye en su mayor extensión de rocas sedimentarais, marinas y continentales con edades que datan del paleozoico hasta cuaternario. La posición de los plegamientos es en dirección este-oeste en el sur del estado y noreste- sureste en el resto. Las rocas extrusivas son las más jóvenes y forman, en algunos casos, las áreas más altas de la sierra, mientras que las intrusivas quedan expuestas en pequeños cuerpos debido a la erosión de las rocas sedimentarias, a las cuales intrusionaron y en algunos casos mineralizaron, en muchos lugares afloran conglomerados continentales terciarios, que constituyen lomeríos y extensas bajadas en las sierras. Los depósitos más recientes son aluviones compuestos por detritos de diversas rocas que cubren la mayor parte de los llanos, y alcanzan espesores de cientos de metros. Finalmente, las rocas metamórficas paleozoicas afloran en pequeñas áreas dispersas por varias zonas de la entidad (INEGI, 1983)

1.2.-Hidrología

El estado de Coahuila de Zaragoza se ubica entre las regiones hidrológicas: "Bravo-Conchos" (No.24) que abarca una extensa zona del estado con 95 236.33

km², “Mapimi” (No.35) en la porción oeste con 29908.22 km² y finalmente la regio “El Salado” (No.37) con un área muy educida en la parte sureste con 4 977.56 km² (INEGI,1983)

1.3.-Flora y Fauna

La flora de Coahuila corresponde a los 2 tipos de biomas o regiones naturales en nuestro territorio: Templado frío y zonas áridas.

En el ecosistema templado frío los tipos de vegetación presentes son pino, pino-encino, oyamel, otras coníferas, encino y bosque de galería.

En las zonas áridas es fácil identificar mezquital, huizachal, chaparral, matorral subtropical, matorral submontano, matorral espinoso y matorral Xerófilo. En la región baja oriental la vegetación es de tipo estepario es decir, poblada de plantas arbustivas de poca altura, hasta 3 metros, formando matorrales con manchones de árboles pequeños principalmente encinos. En cuanto a la fauna habitan en el estado gran diversidad de animales tales como aves acuáticas, gallareta, gansos, grulla, gris, patos y cercetas; palomas alas blancas y güilota; otras aves, agachona, codorniz común, codorniz escamosa; pequeños mamíferos, ardilla, conejo, coyote, liebre, mapache y tlacuache; también hay animales clasificados como limitados, tales como el borrego berberisco, gato montés, guajolote silvestre, jabalí de collar, jabalí europeo o marrano alzado, puma, venado bura y venado cola blanca. Además se cuenta con el ejemplar del oso negro en las serranías de la entidad. En lo referente a especies amenazadas o en peligro de extinción se cuenta con águila real, halcón peregrino, guacamaya enana y perrito de las praderas (INEG, 2010)

2.- METODOLOGÍA

La metodología consistió en el tratamiento de información de datos mensuales de precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima de estaciones meteorológicas, para obtener normales de precipitación media anual y temperatura media anual, posteriormente esta información se manipulo en un SIG y se representó en capas digitales, con las cuales se realizaron análisis y procesos obteniendo capas de tipos de clima. Se presenta el tronco metodológico general en la figura 1.

Se utilizó el Extractor Rápido de Información Climatológica (ERIC) versión 2010 para obtener los datos históricos de precipitación media (mensual), temperatura máxima (mensual) y temperatura mínima (mensual) de las estaciones meteorológicas ubicadas en una región amplia que incluye la totalidad del estado de Coahuila de Zaragoza (figura 2).

Se seleccionaron datos históricos de 1940 a 2004, para posteriormente separarlas y agruparlas en dos periodos; 1940-1970 y 1971-2004.

Posteriormente a los datos así agrupados se filtraron para seleccionar las estaciones que presentasen cuando menos en cada año 10 meses de observaciones y una continuidad del 80%, resultando para el primer periodo 224 estaciones y 228 estaciones climatológicas para el segundo, una vez obtenido esto se calculó la precipitación media y temperatura media anual en cada una de las estaciones. Las estaciones seleccionados y por período se presentan en el anexo 1.

La precipitación media anual, se obtuvo por la suma acumulada de los valores de precipitación mensual, la temperatura media anual se obtuvo obteniendo primero para cada mes la temperatura media mensual como el promedio de la temperatura mínima y máxima mensual y posteriormente se obtuvo de estos promedios mensuales la temperatura media anual, de acuerdo a lo especificado en (INEGI, 2009)

Figura 1 Tronco Metodológico General

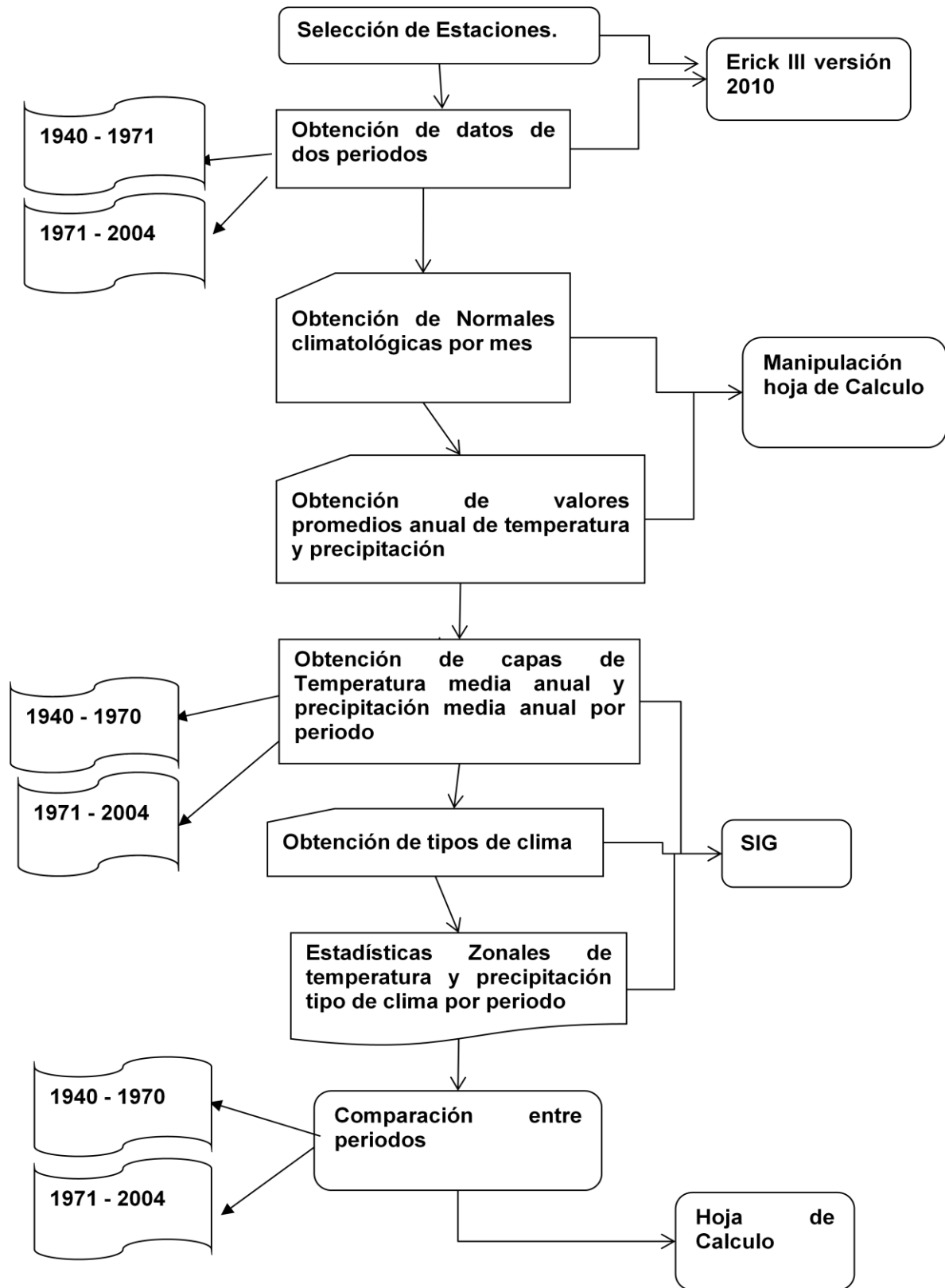
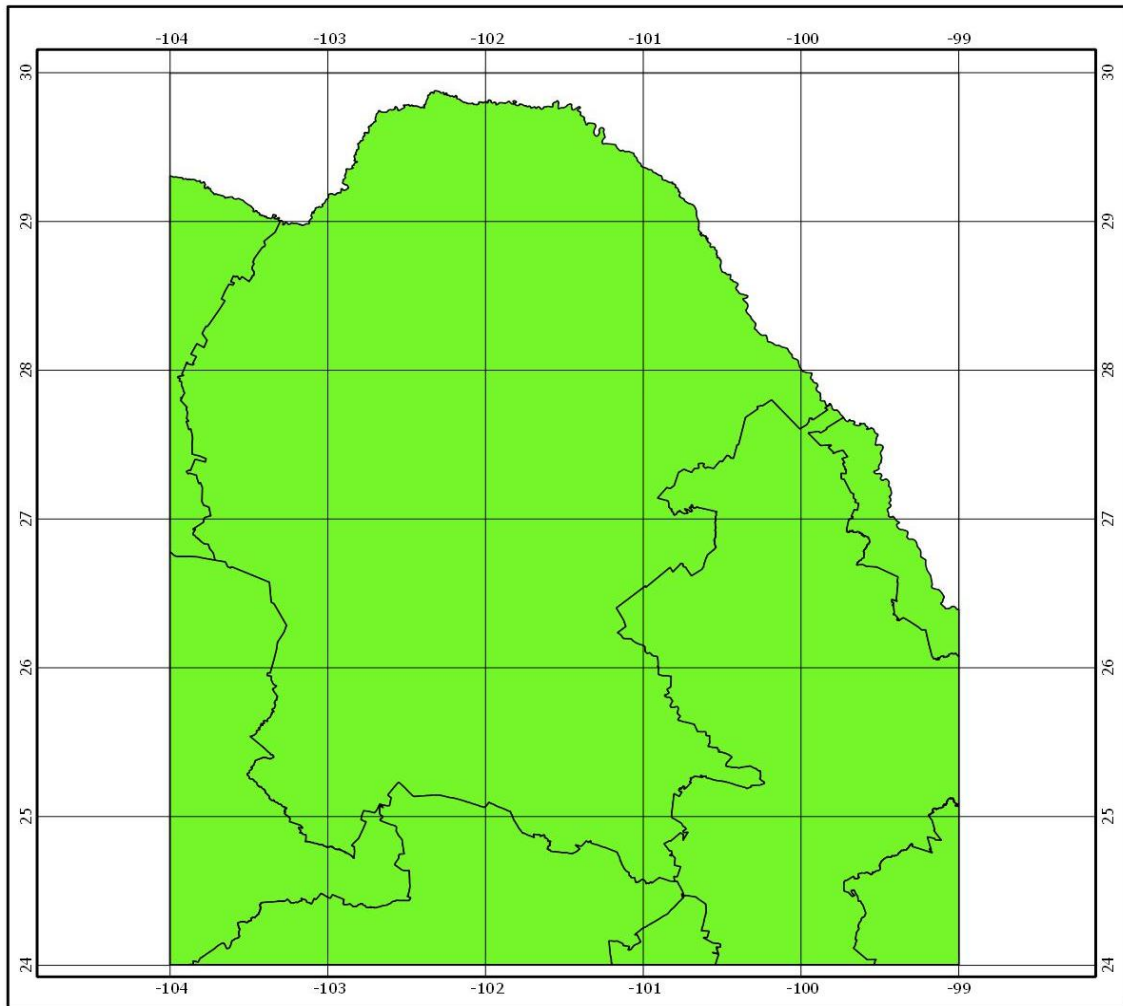


Figura 2 Área de contexto para la selección de las estaciones meteorológicas del SMN



1:2767489

**ÁREA DEL CONTEXTO
PARA LA SELECCIÓN DE
LAS ESTACIONES
METEOROLÓGICAS DEL
SMN**

DATOS GEOCÓSMICOS

WGS- 84

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR

RESPONSABLE: EVELIO GARCÍA CAMILO

MAPA DE COAHUILA DE ZARAGOZA Y SUS ALREDEDORES
(NL,ZAC,DGO,CHIH)

3.-Métodos de Interpolación utilizados

La obtención de las capas de temperatura media y precipitación media anual para cada uno de los periodos planteados, se obtuvo utilizando regresión considerando como variables independientes datos de altitud, longitud y latitud. Cuando el modelo obtenido de esta manera no cumpliera con criterios de ajuste y predictibilidad, se utilizó una interpolación basada en una función de Ponderación Inversa a la distancia (IDW).

En la regresión, interesa describir la variable dependiente de temperatura media anual y precipitación media anual de los dos periodos de tiempo analizados, este se llevara a cabo con el análisis de regresión que se realizó con el programa Excel ®utilizando el complemento *Regress*. El complemento *Regress* son capacidades de cálculo añadidas a solicitud del usuario y permite realizar análisis complejos de regresión lineal múltiple, con los cuales se obtuvieron modelos lineales de predicción, donde los coeficientes indican el valor que debe tener cada variable y explicar su relación con la temperatura y con la precipitación en análisis independientes. En éste análisis un aspecto importante son los residuales del ajuste de regresión que reflejan la variación inexplicada para cada observación (estación meteorológica).

Las capas de altitud se obtuvieron de los modelos digitales de elevación de la plataforma ASTER (gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp), las capas de latitud y longitud se obtuvieron tomando como referencia las coordenadas extremas que delimitan el área de estudio y con funciones del SIG. Estas capas de naturaleza matricial (ráster) en cada celda o pixel (pictureelement) representan el valor de altitud en metros, y la latitud y longitud en grados decimales.

4.-MODELAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS

La modelación de las normales de temperatura y precipitación medias anuales se realizó utilizando regresión lineal múltiple. En análisis independientes se consideró a la temperatura media y la precipitación media anual como variables

dependientes (Y), y a la altitud, longitud y latitud como variables dependientes (X1, X2 y X3).

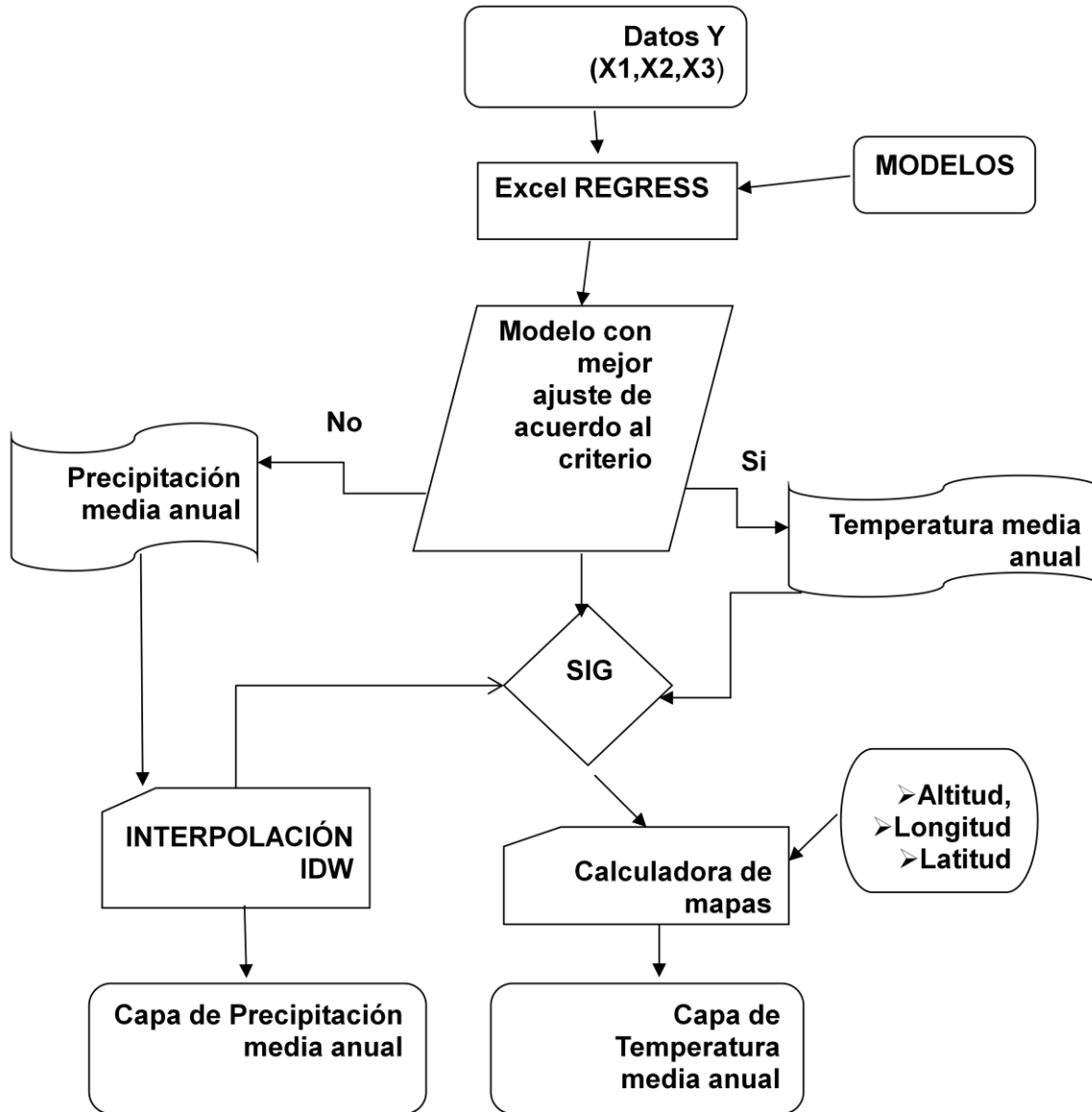
4.1.-Criterios de selección del modelo

Los criterios empleados en la selección de los mejores modelos para estimar clima o Temperatura y Precipitación, fueron los siguientes:

- 1) Valor de R^2 ajustada.
- 2) Error estándar (S_{xy}).
- 3) Significancia del modelo ($P < 0.05$).
- 4) Test Durbin – Watson.
- 5) Coeficiente de variación (%).

La metodología utilizada en la obtención de las capas de Temperatura media anual y precipitación media anual se presenta esquemáticamente en la figura 3

Figura 3 Esquema de la obtención de las capas de Temperatura media anual y precipitación media anua



IV RESULTADOS

1.-Modelos de Regresión

1.1.Análisis de correlación

Los coeficientes de correlación de Pearson solo se utilizaron como ayuda para estimar las relaciones entre las variables climáticas y las variables geográficas independientes (cuadro 1, 2).

Cuadro de correlación de Pearson

Cuadro 1 Correlación Periodo 1940- 1970

	Y1	Y2	X1	X2	X3
Y1	1				
Y2	-0.00443202	1			
X1	0.13047121	0.55619967	1		
X2	0.36375093	-0.12196807	-0.0571314	1	
X3	-0.90131674	-0.15924023	-0.33969073	-0.48851198	1

Cuadro 2 Correlación Periodo 1971-2004

	Y1	Y2	X1	X2	X3
Y1	1				
Y2	0.05821867	1			
X1	0.16429049	0.57809825	1		
X2	0.34742021	-0.11357368	-0.02956107	1	
X3	-0.90717981	-0.19249624	-0.35723927	-0.47277434	1

Donde Y1= Temperatura media, Y2= Precipitación media, X1= Longitud, X2= Latitud, X3= altura

De acuerdo con las tablas las mejores correlaciones se dieron con los siguientes parámetros en el caso de temperatura la mejor correlaciones con la altura ($r = -0.90$) en una relación inversa para los dos periodos (a mayor altura decrece la temperatura) al decrecimiento de la temperatura con la altura recibe la denominación de Gradiente Vertical de Temperatura (GVT), definido como un cociente entre la variación de la temperatura y la variación de altura, entre dos niveles. Pero no siempre es así ya que en algunas partes de la tropósfera puede

existir una capa en la que la temperatura aumenta con la altura, a este fenómeno se le conoce como inversión de temperatura (IT).

Para la precipitación el mejor parámetro que se obtuvo fueron significativos con la longitud con una correlación baja para los dos periodos ($r = .55$ y $.57$). La influencia de la longitud se debe sin duda a un efecto de continentalidad que determina un gradiente de este a oeste con la distancia a la costa del golfo de México. Si bien se puede señalar con un factor determinante en la distribución de la precipitación regional, no es el único en este caso fue el que influyó más en el estado de Coahuila que es el área de trabajo ya que resultó un poco bajo lo que se hizo fue una interpolación basada en una función de Ponderación Inversa a la distancia (IDW).

1.2.- Resultados de regresión

Para obtener los modelos de regresión se usaron Modelos de Regresión múltiples y se muestran en el cuadro 3 dentro del programa ya señalado Regress. Los modelos obtenidos de acuerdo a los criterios establecidos se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 3 modelos utilizados en Temperatura para los dos periodos

Mod	Valor de R ² ajustada	Ecuación	Valor del parámetro	Valor P.
1	0.869	$Y_2 = B_0 + B_1 * X_3 + B_2 * X_1 + B_3 * X_2$	$B_0 = -17.31, B_1 = -0.0047, B_2 = -0.511, B_3 = 0.391$	$P_0 = 0.0044, P_1 = 2.70E-77, P_2 = 2.96E-14, P_3 = 1.84E-07$
2	0.869	$Y_2 = B_0 + B_1 * X_2 * X_3 * X_3 + B_2 * X_1 * X_1 * X_1 + B_3 * X_2 * X_2 * X_2 + B_4 * X_1$	$B_0 = 80.12, B_1 = -8.89285E-09, B_2 = -0.02013, B_3 = -3.64918E-05, B_4 = 1.114$	$P_0 = 0.752, P_1 = 0.625, P_2 = 0.879, P_3 = 0.662, P_4 = 0.01726$
3	0.870	$1/Y_2 = B_0 + B_1 * X_3 * X_3 + B_2 * X_1 * X_3 + B_3 * X_2 * X_3 + B_4 * X_3 + B_5 * X_1$	$B_0 = -2.543, B_1 = 5.26387E-12, B_2 = 0.291, B_3 = -0.01088, B_4 = 0.000136, B_5 = 1.62322E-08$	$P_0 = 0.835, P_1 = 0.356, P_2 = 0.546, P_3 = 0.480, P_4 = 0.028, P_5 = 0.109$
4	0.855	$Y_2 = B_0 + B_1 * X_2 * X_3 * X_3 + B_2 * X_1 * X_1 * X_3 + B_3 * X_2 * X_3 + B_4 * X_3 * X_3$	$B_0 = 3.136, B_1 = 3.47206E-09, B_2 = 3.88748E-08, B_3 = -2.17078E-05, B_4 = -6.34525E-11$	$P_0 = 0.205, P_1 = 0.312, P_2 = 0.135, P_3 = 0.00101, P_4 = 0.517,$
5	0.849	$Y_2 = B_0 + B_1 * X_3 * X_3 + B_2 * X_2 + B_3 * X_1 * X_1 + B_4 * X_1$	$B_0 = 796.97, B_1 = -7.54172E-08, B_2 = -0.155, B_3 = -0.0372, B_4 = 11.43$	$P_0 = 0.09128, P_1 = 3.5594E-05, P_2 = 1.84134E-08, P_3 = 7.7329E-05, P_4 = 0.028$

Mod				
1	0.879	$Y2=B_0 + B_1 * X_3+ B_2 * X_1+ B_3 * X_2$	$B_0=-11.12, B_1=-0.0045, B_2=-0.438, B_3=-0.354,$	$P_0=0.0437, P_1=1.99E-83, P_2=2.79E-83, P_3=1.74E-07$
2	0.868	$Y2 = B_0 + B_1 * X_3 * X_3 * X_3 + B_2 * X_2 * X_2 * X_3 + B_3 * X_1 * X_3 * X_3 + B_4 * X_1 * X_1 * X_1 + B_5 * X_1$	$B_0=0.08634, B_1=9.56879E-09, B_2=1.50594E-06, B_3=9.72764E-07, B_4=0.000119, B_5=-0.00133$	$P_0=1.00, P_1=1.41829E-82, P_2=0.01645, P_3=0.01161, P_4=0.01816, P_5=0.109$
3	0.865	$1/ Y2 = B_0 + B_1 * X_3 * X_3 * X_3 + B_2 * X_2$	$B_0=2.992, B_1=-1.08431E-07, B_2=-0.01566$	$P_0=0.000240, P_1=1.65978E-6, P_2=1.43675E-16.$
4	0.863	$Y2 = B_0 + B_1 * X_2 * X_3 * X_3 + B_2 * X_1 * X_1 * X_1 + B_3 * X_2 * X_2 * X_2 + B_4 * X_1$	$B_0=15.81, B_1=8.30476E-05, B_2=-0.503, B_3=-0.422, B_4=6.60302E-05$	$P_0=0.505, P_1=0.01161, P_2=1.41829E-62, P_3=0.01645, P_4=0.01816$
5	0.860	$Y2 = B_0 + B_1 * X_3 + B_2 * X_3 * X_3 + B_3 * X_1 * X_1 + B_4 * X_2$	$B_0=110.03, B_1=-2.26519E-07, B_2=-.02698, B_3=0.01028, B_4=2.074$	$P_0=0.0240, P_1=1.43675E-16, P_2=0.000209-08, P_3=0.00101, P_4=1.65978E-66$

Cuadro 4 modelos utilizados en precipitación para los dos periodos

Mod	Valor de R² ajustada	Ecuación	Valor del parámetro	Valor P
1	0.685	$\ln Y2 = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2 + B_3 * X_3$	$B_0=-28.29, B_1=0.221, B_2=5.24E-05$	$P_0=3.14E-26, P_1=1.80E-18, P_2=0.268, P_3=4.56412E-32$
2	0.363	$Y1 = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_1 * X_1$	$B_0=8665.5, B_1=167.95, B_2=0.815,$	$P_0=4.91454E-06, P_1=6.62039E-06, P_2=8.50277E-06$
3	0.390	$1/ Y1 = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2 + B_3 * X_3 + B_4 * X_1 * X_1$	$B_0=844.58, B_1=16.32, B_2=0.07943, B_3=3.8466E-07, B_4=-0.000807$	$P_0=0.000915, P_1=0.00245, P_2=0.00364,, P_3=0.07630, P_4=3.26512E-05$
4	0.392	$Y1 = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_1 * X_1 + B_3 * X_3 * X_3 + B_4 * X_3 + B_5 * X_3 * X_3$	$B_0=3933.7, B_1=55.81, B_2=-0.00167, B_3=4.36879E-10, B_4=-0.09004, B_5=8.68491E-06$	$P_0=0.01180, P_1=0.01383, P_2=7.30758E-06, P_3=9.39252E-06, P_4=1.18069E-05,$
5	0.373	$Y1 = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2 * X_2$	$B_0=9702.2, B_1=87.45, B_2=-16.16$	$P_0=4.91454E-06, P_1=6.62039E-06, P_2=8.50277$
Mod				
1	0.657	$\ln Y1 = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2$	$B_0=28.16, B_1=0.214, B_2=-0.0204,$	$P_0=4.98E-31, P_1=2.70E-22, B_2=0.341,$
2	0.362	$Y1 = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2 * X_2$	$B_0=0.619, B_1=-0.159, B_2=-0.00153$	$P_0=2.70657E-21, P_1=1.86446E-19, P_2=0.09359$
3	0.384	$1/ Y1 = B_0 + B_1 * X_3 * X_3 * X_3 +$	$B_0=-1.693, B_1-0.03089, B_2=-0.000147$	$P_0=0.000240, P_1=1.65978E-6,$

		$B_2 * X_2$		$P_2=1.43675E-16,$
4	0.390	$Y1 = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_1 * X_1 + B_3 * X_3 * X_3 + B_4 * X_3$	$B_0=0.05341, B_1=2.94635E-07, B_2=-0.01618, B_3=-0.000155, B_4=11.22$	$P_0=1.69396E-06, P_1=2.15823E-06, P_2=2.60115E-06, P_3=0.00223, P_4=0.00506$
5	0.391	$Y1 = B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_1 * X_1 + B_3 * X_2 * X_2 + B_4 * X_2$	$B_0=131.77, B_1=0.630, B_2=9.64215E-08, B_3=-0.07881, B_4=7.27108E-06$	$P_0=6.66503E-06, P_1=9.22574E-06, P_2=1.09961E-05, P_3=0.000141, P_4=0.000473$

Los modelos seleccionados para Precipitación y Temperatura fueron el 1, ya que cuando se revisó los valores de P, predicted, residuals, standardized residuals, PRESS, DFFITS, estos estaban mejores que el de los otros modelos, se presentan en el cuadro 5

Cuadro 5 Modelos seleccionados y sus estadísticos de ajuste para la estimación precipitación y temperatura en dos periodos 1940-1970: 1971-2004 en Coahuila de Zaragoza, México.

Periodos		Ecuación	R ² aj	Sxy	CV
1940-1970	Y2=	$B_0 + B_1 * X_3 + B_2 * X_1 + B_3 * X_2$	0.869	.935	4.720
	LnY1=	$B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2$	0.685	152.3	36.2
1971-2004	Y2=	$B_0 + B_1 * X_3 + B_2 * X_1 + B_3 * X_2$	0.879	0.897	4.565
	LnY1=	$B_0 + B_1 * X_1 + B_2 * X_2$	0.657	151.5	35.7

Donde:LnY1 = Variable dependiente Precipitación; Y2 = Variable dependiente Temperatura; X1 = Longitud; X2= Latitud; X3 = altura (m); R²aj = R² ajustada; Sxy = error estándar; CV = coeficiente de variación (%);. Nota: Todos los modelos fueron significativos ($P < 0.0001$).

Como se puede observar los modelos ajustados obtenidos para precipitación media anual presentan un bajo ajuste, por lo que únicamente se tomaron como adecuados los modelos para predecir temperatura media anual y con ellos generar las capas correspondientes en los dos periodos de tiempo seleccionados. El modelo seleccionado para la temperatura media anual, es un modelo lineal múltiple de la siguiente forma cuadro 5:

$$Y = B_0 + B_1 * X_3 + B_2 * X_1 + B_3 * X_2$$

Cuadro 6. Parámetros de regresión en las ecuaciones para estimar precipitación y temperatura en el estado de Coahuila de Zaragoza, México.

Periodo	Forma	Y	Parámetro	Valor	Valor P	Sxy	T
1940-1970		Y2=	B ₀	-17.31	0.0044	2.07	13.94
			B ₁	-0.0047	2.70E-77	0.02011	10.80
			B ₂	-0.511	2.96E-14	0.02316	0.533
			B ₃	-0.391	1.84E-07	1.49-E05	0.564
		Y1=	B ₀	-28.29	3.14E-26	2.279	12.41
			B ₁	0.221	1.80E-18	0.162	9.772
			B ₂	5.24E-05	0.268	4.71E-05	1.112
1971-2004		Y2=	B ₀	-11.12	0.0437	5.479	-2.030
			B ₁	-0.0045	1.99E-83	0.00013	-33.36
			B ₂	-0.438	2.79E-83	0.0559	-0.523
			B ₃	-0.354	1.74E-07	0.0652	-5.416
		Y1=	B ₀	28.16	4.98E-31	2.033	13.85
			B ₁	0.214	2.70E-22	0.019	10.99
			B ₂	-0.0204	0.341	0.0214	-0.955

Donde Y = variable dependiente; Y2 = Temperatura Media; Y1 = Precipitación Media; Valor P = confiabilidad del parámetro; Sxy = error estándar; T = distribución t de student del parámetro.

El estudio obtuvo resultados satisfactorios para el modelo de Temperatura con un ajuste aceptable en su R² ajustada ya que fue alrededor de 0.88 y un coeficiente de variación aceptable de 4.5 y 4.7 % en forma de grupo para los dos periodos del trabajo al igual que en los parámetros de regresión.

En cambio para la variable precipitación se obtuvo un ajuste bajo como se puede observar en el cuadro 5 ya que obtuvimos un R² ajustada alrededor de 0.66 y un coeficiente de variación aceptable de 36 %, sin embargo el bajo ajuste obtenido determinó no utilizar los modelos obtenidos para obtener las capas de precipitación media anual en los períodos de tiempo seleccionados. Por lo anterior, se utilizó una interpolación de Ponderación Inversa a la Distancia (IDW) en el SIG, como todos los métodos de interpolación se basan en la presunción lógica de cuanto más cercanos estén dos puntos sobre la superficie terrestre, los valores de cualquier variable cuantitativa (en este caso precipitación) que midamos en ellos serán más parecidos y proporcionar al mismo tiempo un mapa de la variabilidad de la precipitación (o de la varianza del error en la estimación), según la distribución de las estaciones, con las celdillas ó pixeles que carecen de información.

2.-Tipos de Climas.

Las capas de precipitación y temperatura media anual obtenidas se manipularon en el SIG utilizando una calculadora de mapas para obtener el tipo y subtipo de clima, de acuerdo a la modificación de la clasificación de Köppen, por Enriqueta García para los climas de México.

Para obtener el tipo de clima, se realizó una clasificación de acuerdo a la precipitación, temperatura y regímenes de lluvia, y considerando para este estudio únicamente los grupos de climas templados y secos (A y B)

Clima seco (B) = P (cm) < $(2T)+28$

Clima cálido húmedo (A) O templado húmedo (C) = P (cm) \geq $(2T (^{\circ}\text{C}))+28$

Donde P = Precipitación en centímetros

T = Temperatura en grados centígrados

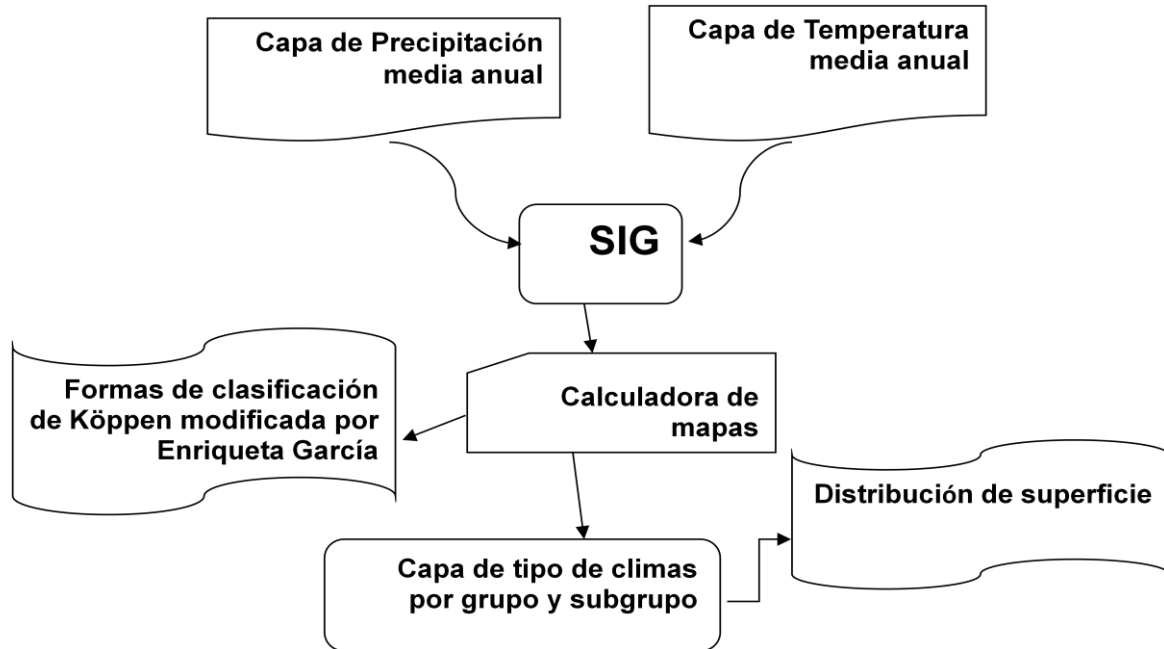
Después se clasificó el subtipo del clima para el grupo de los "B" de acuerdo al régimen de lluvias de verano, siguiendo la condición siguiente:

Tipo BS (Seco o árido) = P (cm) $\geq P'$, por el contrario el clima será BW (Muy seco, desértico) siendo $P' = (2T+28)/2$ y P (cm) la precipitación en centímetros.

En cambio para el clima BS, Enriqueta García hizo una modificación importante ya que este lo dividió en dos subtipos, el BS_1 y el BS_0 siendo el BS_1 , es el menos seco de los dos que posteriormente se clasificó como el subtipo del clima de acuerdo al régimen de lluvias de verano, siguiendo la condición siguiente: BS_1 presenta un cociente P/T (precipitación en mm / temperatura en grados centígrados) mayor al 22.9 mientras que BS_0 está por debajo de este valor.

El esquema metodológico se presenta en la figura 4

Figura 4 Esquema de obtención de capa de tipos de clima.

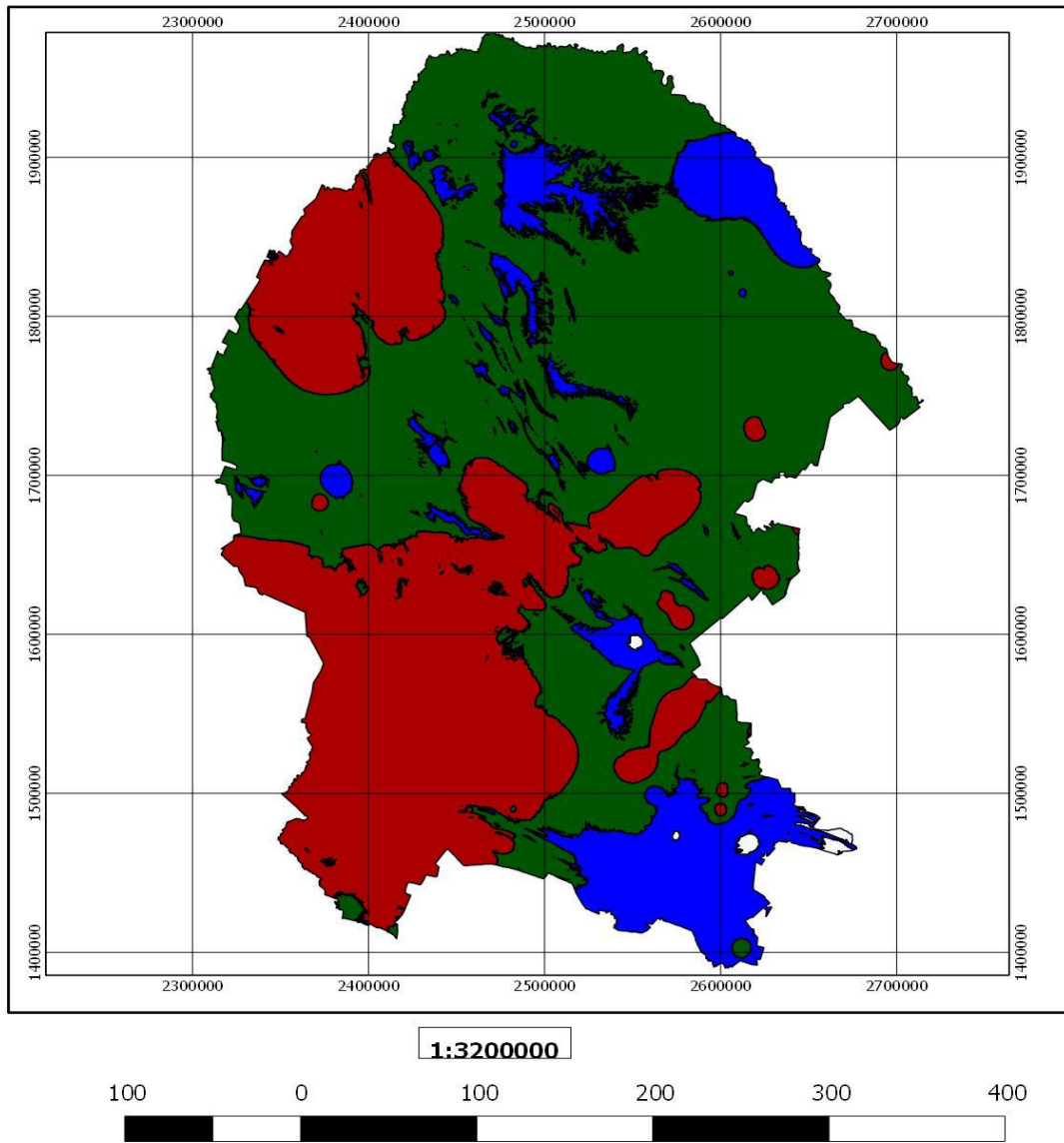


Las capas de tipos de clima se presentan en las figuras 5 y 6, y sus respectivas distribución de superficies en los cuadros 7 y 8, en donde se puede observar que los tipos de clima si bien se presentan de una manera similar en el territorio del Estado de Coahuila, estos han variado ligeramente en la distribución de superficies, sin embargo hay que recordar que las capas obtenidas cubren exhaustivamente el estado, por lo que se puede afirmar que estos ligeros cambios de superficies son debidos a los cambios en las normales meteorológicas registradas para los dos periodos de tiempo analizados. Así tenemos que los climas Secos (BS0), se presentan en las sierras y llanuras de la parte oriental, centro y noroccidental del estado, los del tipo Muy Seco Desértico (BW) se presenta en la región sur occidental y extremo occidente, las del tipo SemiSeco (BS1) en la región sureste, extremo nororiental, sierras de éstas regiones y del centro y norte del estado, y por último los Climas del Tipo Templado (A) se presentan únicamente en las partes más altas de los macizos montañosos de la Sierra Madre Oriental.

De esta manera tenemos que el clima Seco (BS0) es el más ampliamente representado en Coahuila con 55 y 56.3% de Coahuila para 1940 – 1970 y 1971 – 2004 respectivamente, y el que se presenta en menor superficie es el clima Templado (A) con un representación en porcentaje del territorio de 0.3122 y 0.2935 % para el primer y segundo período respectivamente.

Las diferencias en superficie se presentan en el (cuadro 7), en donde podemos observar que el clima Seco (BS0) fue el que se incrementó en un 1.2446% que representan 186467.3378, y por el contrario los demás tipos de clima disminuyeron en sus superficies, siendo el más notorio el Clima Muy Seco Desértico (BW) que disminuyó en un 1.1474% que representan 171889.9853 Ha. Los cambios en los tipos de clima (diferencias) se presentan en la figura 5 y 6.

Figura 5 Tipos de climas en el estado de Coahuila de Zaragoza Mapa de Coahuila periodo 1940-1970.



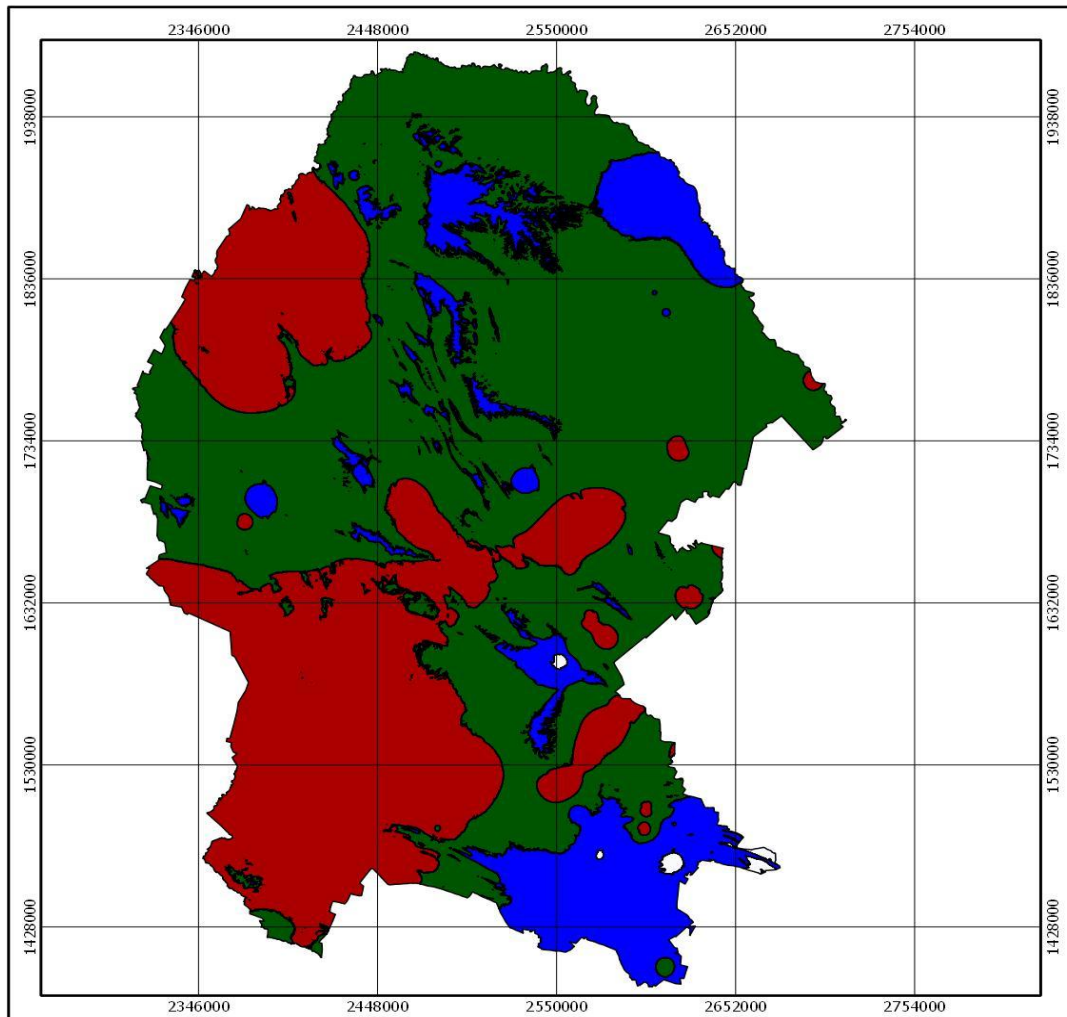
SIMBOLOGÍA

CLIMA4070_COAH

- A - CLIMA CÁLIDO HÚMEDO
- BS0 - CLIMA SECO
- BS1 - CLIMA SEMISECO
- BW - CLIMA MUY SECO DESERTICO

- DATOS GECÓESÍCOS
- PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
- WGS- 84
- FUENTE: DIGITALIZADO SOBRE LA CARTA DE COAHUILA DE ZARAGOZA.
- CLASIFICACION DE CLIMAS DE ACUERDO CON ENRIQUETA GARCÍA 1987.
- ERICK III VERSION 2010
- RESPONSABLE: EVELIO GARCÍA CAMILO
- PERIODO: 1940-1970

Figura 6 Tipos de climas en el estado de Coahuila de Zaragoza Mapa de Coahuila periodo 1971-2004.



1:3200000

100 0 100 200 300 400 KM



SIMBOLOGÍA

CLIMA7104_COAH

- A - CLIMA CÁLIDO HÚMEDO
- BS0 - CLIMA SECO
- BS1 - CLIMA SEMISECO
- BW - CLIMA MUY SECO DESERTICO

DATOS GEOCÉSICO
 PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
 WGS - 84
 FUENTE: DIGITALIZADA SOBRE LA CARTA DE CLIMAS DE
 COAHUILA DE ZARAGOZA
 CLASIFICACIÓN DE CLIMAS DE ACUERDO CON ERNIQUETA
 GARCÍA 1987
 ERICK III VERSION 2010
 RESPONSABLE: EVELIO GARCÍA CAMILO

PERIODO: 1971-2004

Cuadro 7 de resultados de cada clima en Hectáreas de la superficie de Coahuila del periodo 1940-1970.

1940-1970	HA-1940	% 1940-1970
A	46775.7259	0.3122
BS0	8253616.8723	55.0911
BS1	1932616.8340	12.8998
BW	4748745.4819	31.6969
Total	14981754.9140	100.0000

Cuadro 8 resultados en Hectáreas de cada clima del estado de Coahuila del periodo 1971 - 2004.

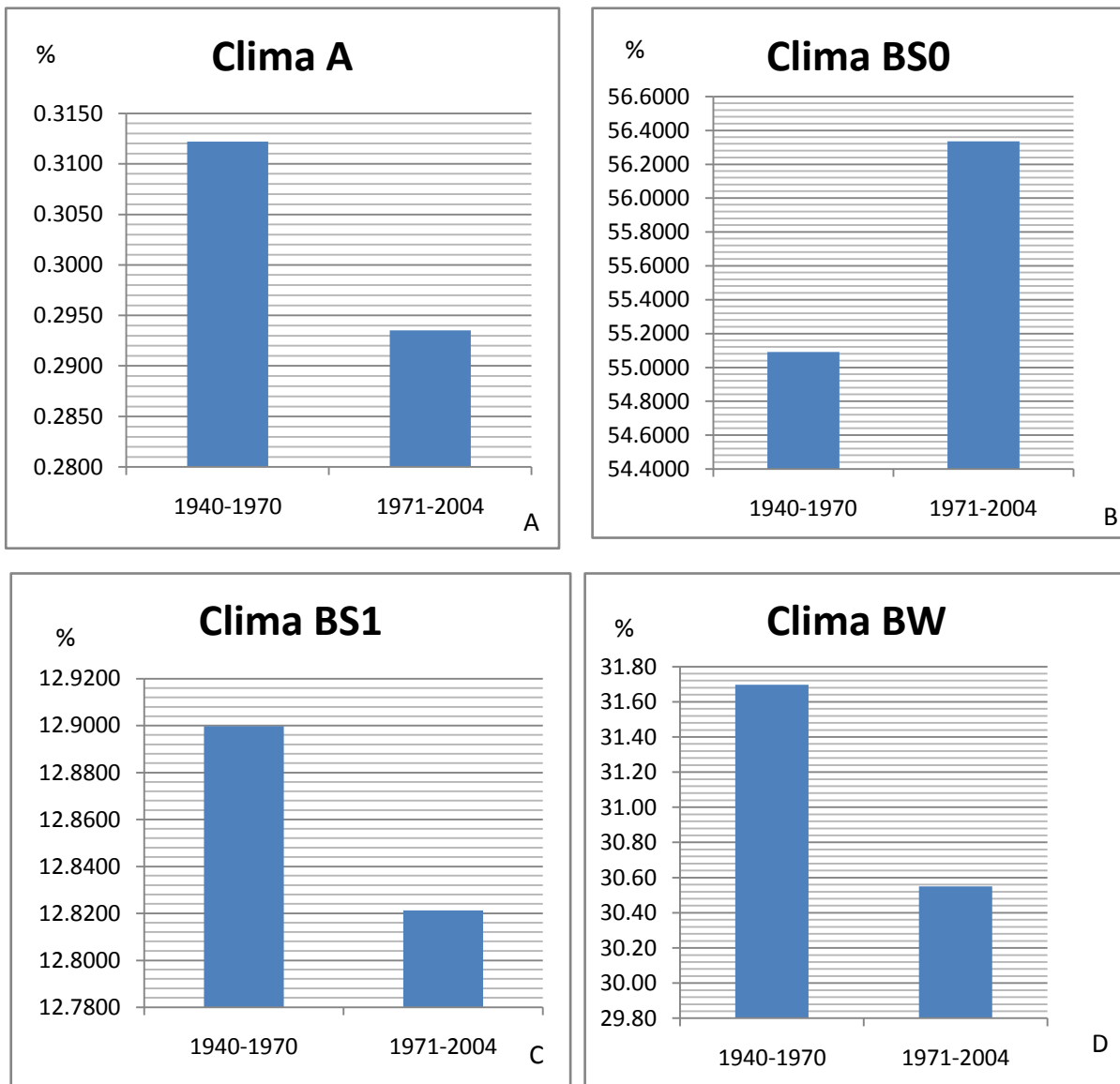
1971-2004	HA-1971	% 1971-2004
A	43972.397	0.2935
BS0	8440084.210	56.3357
BS1	1920859.702	12.8213
BW	4576855.497	30.5495
Total	14981771.81	100

Cuadro 9 de diferencias por periodo del estado de Coahuila.

1940-1970	HA-1940	% 1940-1970	DIF%	1971-2004	HA-1971	% 1971-2004	DIF HA
A	46775.725	0.3122	0.0187	A	43972.397	0.293	2803.329
BS0	8253616.872	55.091	-1.2446	BS0	8440084.210	56.335	-186467.337
BS1	1932616.834	12.899	0.0785	BS1	1920859.702	12.821	11757.131
BW	4748745.481	31.696	1.1474	BW	4576855.497	30.549	171889.985
Total	14981754.914	100.00			14981771.81	100	

Donde: 1940-1970 y 1971-2004= periodos, HA= Hectáreas, %= porcentaje, DIF %= diferencia de porcentaje de los periodos; A= clima cálido húmedo, BS0= clima seco, BS1= clima Semiseco, BW= clima muy seco desértico

Figuras 7 Diferencias por Clima en % de territorio del estado de Coahuila

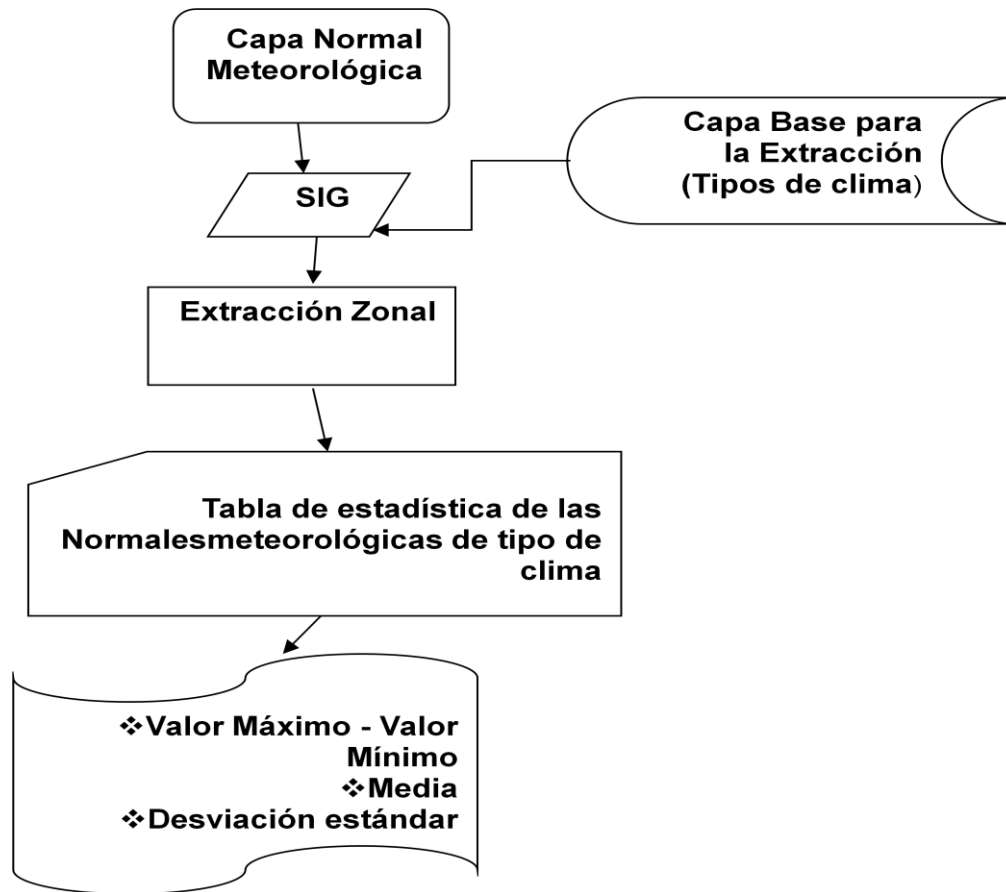


En las gráficas anteriores se pueden apreciar las diferencias en porcentajes de los tipos de clima en los dos periodos estudiados, resaltando que existen cambios importantes especialmente en el clima BS0 con una tendencia a incrementarse (con un 1.24%), mientras que los climas A, BS1, BW, registran una tendencia a disminuir. Éstas tendencias muestran que el clima del extenso territorio del Estado de Coahuila a estado cambiando poco a poco.

4.6.- Temperatura Media y Precipitación Media Anual de los diferentes Climas.

Los tipos de clima obtenidos para el territorio del Estado de Coahuila en los dos períodos de tiempo estudiados, son determinados por los valores de las normales meteorológicas de temperatura y precipitación media anual, de acuerdo a los umbrales establecidos en la metodología utilizada. De esta manera los parámetros estadísticos de la distribución de las variables en estudio pueden presentar diferencias aún en un mismo tipo de clima. Por lo anterior para obtener los parámetros de la distribución de los valores de temperatura y precipitación media anual en cada tipo de clima, se realizó con las herramientas del SIG una *extracción estadística zonal*, que consiste básicamente en la obtención de los estimadores de los valores máximos y mínimos, media y desviación estándar de una capa ráster continua (como las que nos ocupan) sobre la base de otra capa que presenta las zonas de interés (tipos de clima en ambos períodos). Una representación esquemática del procedimiento se presenta en la figura 8

Figura 8 Esquema de la extracción zonal de estadístico por tipo de clima



4.6.1.- Precipitación Media Anual

Los estadísticos obtenidos para la precipitación media anual se presentan en el cuadro 10, para el primer y segundo periodo de tiempo en estudio, y de su análisis se extrae que existen cambios de precipitación de los dos periodos ya que hay (incrementos y decrementos) en el clima A, el cambio más notable fue en la Precipitación media de un incremento de 9.18 mm lo mismo paso en la precipitación mínima pero aquí solo con 2.62 mm, la que se mantuvo estable fue la precipitación máxima, en el clima BS0 muestra un cambio notable en la precipitación máxima con un decremento de 92.71 mm, al igual que en la pp máxima pero aquí fue de 2.93 en cambio en la pp mínima hubo un incremento de 11.827, el clima BS1 el cambio más notable fue en la pp mínima con un

incremento de 22.04 y mantuvo datos equivalentes en los dos periodos y con respecto al clima BW.

Cuadro 10 Estadísticos obtenidos de la extracción zonal para la precipitación media anual.

Clima	Prec_Min	Prec_Max	Prec_med	Desv_estand
A	448.026	756.599	588.907	66.1888
BS0	270.818	593.199	390.373	39.8694
BS1	269.613	655.564	439.069	55.5406
BW	128.101	361.629	285.219	32.3131
Clima_71-04				
A	450.646	756.599	598.093	64.899
BS0	282.645	500.480	388.037	38.731
BS1	291.657	655.911	439.546	56.934
BW	128.100	361.517	286.334	31.741

Se realizó una prueba de hipótesis Z de medias poblacionales a un nivel de confianza del 99% ($\alpha = .01$) para determinar si la media de precipitación media anual obtenida para cada uno de los tipos de clima son estadísticamente diferentes, los resultados se presentan en el cuadro 11, en donde se puede observar que las diferencias observadas en sus valores promedio de precipitación media anual para un mismo tipo de clima, considerando los dos periodos de tiempo estudiados 1940-1970, 1971-2004.

Cuadro 11 Tabla de diferencia de medias en precipitación para los dos periodos a comparar.

TIPO DE CLIMA	MED1	MED2	S1	S2	n1	n2	dif	z
A	588.907	598.093	66.1888	64.8993	366670	344765	-9.186**	-59.0929
BS0	390.373	388.037	39.8694	38.7306	65707182	67182727	2.336**	342.4948
BS1	439.069	439.546	55.5406	56.9340	15288334	15193061	-0.477**	-23.4114
BW	285.219	286.334	32.3131	31.7412	37547549	36189314	-1.115**	-149.468

Med= Precipitación media anual, S= Desviación estándar, n= Numero de pixeles, Dif= diferencia de las precipitaciones, z= valores de la normal estándar calculados ($\alpha = .01$). Valor crítico de $z = 2.57$

Como puede observarse en el (cuadro 11) el valor de la estadística de trabajo está en la zona de rechazo de la hipótesis nula, por consiguiente, con una confiabilidad del 99 por ciento se afirma que existen cambios de precipitación en el estado de Coahuila comparando los dos periodos 1940–1970 y 1971-2004.

4.6.2.- Temperatura media Anual

Los estadísticos obtenidos para la temperatura media anual en cada período de estudio se muestran en el (cuadro 12), en donde se observan decremento se incremento desde 0.01° hasta 1.09° C pero el cambio más notable es en el clima muy seco desértico (BW) con más 1° de incremento, pero su temperatura media se mantuvo más estable a diferencia del clima cálido húmedo (A) en la cual hubo un incremento de 0.422° C.

CUADRO 12. Estadísticos obtenidos de la extracción zonal para la temperatura media anual.

Cuadro 12 Temperatura del periodo 1940-1970.

CLIMA 1940-1970	Tem-Min	Tem- Max	Tem- Med	Desv_est.
A	6.7110	18.8552	12.8701	2.7200
BS0	12.5492	23.6021	19.7726	1.9044
BS1	8.1785	23.0162	17.0722	2.9841
BW	12.9147	23.8492	19.3299	1.2682
CLIMA71- 04				
A	7.16698	18.83570	13.2923	2.5961
BS0	12.70990	22.34960	19.4024	1.6766
BS1	8.46218	22.16000	16.7514	2.6259
BW	14.01340	22.19400	19.2196	1.1447
Dif de periodo				
A	-0.45596	0.01950	- 0.42220	0.12399
BS0	-0.16070	1.25250	0.37020	0.22775
BS1	-0.28371	0.85620	0.32080	0.35817
BW	-1.09870	1.65520	0.11030	0.12345

Al igual que la precipitación media anual se procedió realizó una prueba de hipótesis Z de medias poblacionales a un nivel de confianza del 99% ($\alpha = .01$), los resultados se presentan en el cuadro 13, en donde se puede observar que las diferencias observadas en los valores promedio de temperatura media anual para un mismo tipo de clima, considerando los dos periodos de tiempo estudiados 1940- 1970 y 1971-2004 son alta mente significativas.

Cuadro 13 de diferencia de medias en temperatura para los dos periodos a comparar

tipo de clima	med1	med2	S1	S2	N1	N2	Dif	Z
A	12.870	13.292	2.720	2.596	549454	516320	0.422	-81.9870
BS0	19.772	19.402	1.904	1.676	98441956	100651888	0.370	1454.63
BS1	17.072	16.751	2.984	2.625	22903767	22761657	0.320	385.712
BW	19.329	19.219	1.268	1.144	56252361	54217882	0.110	480.198

Med= Temperatura media anual, S= Desviación estándar, n= Numero de pixeles, Dif= diferencia de las precipitaciones, z= valores de la normal estándar calculados ($\alpha = .01$). Valor critico de z = 2.57

Como puede observarse en el cuadro 13, el valor de la Temperatura media está en la zona de rechazo de la hipótesis nula, por consiguiente, con una confiabilidad del 99% se acepta que hubo cambios de temperatura de incremento y decremento en el estado de Coahuila comparando los dos periodos 1940-1970 y 1971-2004.

V- CONCLUSIONES

El estudio presenta evidencias claras de lo que está sucediendo hoy en día en el mundo sobre el tema del cambio climático, lo cual México es un país muy vulnerable a los efectos de este tema, esto de acuerdo con la INE y la UNAM, en base a esto ya que el clima BS0 (clima seco) sufren los cambios más importantes representando el 1.24% de incremento con respecto al primer periodo (figura 7B) que hablando en hectáreas son muchas con un total de 186467.33 has, a lo contrario del clima BW (Clima muy seco desértico) el cual presenta un decremento del 1.14 % en su superficie del primer periodo del que serian unas 171889.98 has. (figura 7D) para los otros dos climas que serian él A y el BS1 los cambios son mas insignificanticos comparándolos con los otros dos

Para las ecuaciones que se utilizaron para obtener los tipos de climas se demuestra que las ecuaciones generadas son confiables y pueden usarse en condiciones similares a las del presente estudio, los valores estadísticos de ajuste son aceptables en R^2 ajustada (0.879, 0.869) Para Temperatura y (0.657, 0.685) para Precipitación, la variable con mayor importancia fue la temperatura media y precipitación media de cada estación por cada periodo.

los factores climáticos de precipitación (Máxima, Mínima y Media) estatal para el área de estudio varia en los diferentes tipos de clima, ya que varia el (incremento/decremento) para cada uno de ellos desde 0.1 mm a 92.7 mm, pero en este estudio el más estable fue la Temperatura Media ya que mantuvo cambios más estables en incremento y decremento, a lo contrario de TM (Temperatura Máxima) donde hubo un decremento aparatoso en el clima BS0 (clima seco) de 92.7 mm por periodo esto de acuerdo con los datos obtenidos del estudio.

Las Temperaturas máximas y Temperaturas mínimas sufren cambios importantes ya que muestran tendencias de (incremento/decremento) con incrementos en las Temperaturas máximas y mínimas de 0.1 a 1.6 °C por periodos y de acuerdo con la IPCC, (2007) es mucho más visible en la parte Norte del país es por esto que Coahuila tenga estos cambios, pero lo que es la Temperatura Media los cambios

fueron menores de 0.5 °C comparando los dos periodos 1940-1970 y 1971-2004 aquí no hubo cambios intensos ya que se mantuvieron más estables tanto en (incremento/decremento) pero en cierto modo todos si son cambios significativos.

Ya que el estado de Coahuila de Zaragoza ha sufrido cambios en estos dos periodos la hipótesis nula se rechaza, y la hipótesis alterna es la que cumple ya que la distribución espacial de las variables analizadas y tipos de clima ha sufrido variaciones en los dos períodos analizados.

VII.-LITERATURA CITADA

- Bradley, 1987. Precipitation fluctuations over Northern Hemisphere land areas since the mid-19th century. *Science*, 237: 171-175.
- COCCIA, E (1986) "Planification territoriale, instruments de controle et gouvernement du territoire". Actas Europeati Conference or Ministers Responsible for Regional Planning: Committee or experts on cartography, sratisrics and terminology. Barcelona
- Chou, Y (1972) análisis estadístico, ST. john´suniversity, Jamaica, new york. pp. 883.
- Castañeda (2009) Estudios del calentamiento global para el periodo 1967- 2001 mediante un análisis de los valores extremos de temperaturas obtenidas de 21 estaciones climatológicas localizadas a 60 km alrededor del volcán de pico de Orizaba
- Conde, C. (2005). Agricultura y Cambio Climático (Diapositivas).Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. También disponible en: http://www.infoaserca.gob.mx/ponencias/AgriculturaYCambioClimatico_aserca.pdf
- EPA,2009. ClimateChange.US.EnvironmentalProtectionAgency.Recuperadoel 20 de Diciembre de 2009, de Glossary of ClimateChangeTerms
- Femenia, M. (SF) Sistemas de información geográficos (SIG o GIS) pdf. disponible: http://www.divisiongis.com/backup/docs/Que_es_GIS.pdf
- García E. (1988), Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen, Instituto de Geografía, UMAM, México.
- García Ojeda, M.A (2011). Tendencias de temperaturas máximas y mínimas en México en las últimas décadas. Tesis de licenciatura. División de Agronomía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 19 pp.
- González M., Mader J., Fontan A., Uriarte A., Del Campo A., Ferrer Luis., Revilla M., (2008) Análisis de la Tendencia de la temperatura ATMosférica en Donastia-San Sebastián (SE del Golfo de Vizcaya) a Partir del Estudio de la Serie del Observatorio del Monte Igeldo (1928-2007). *Revista de Investigación Marina*, ISSN: 1988-818X, Volumen 1: 7-7 INEGI (2010) Principales resultados por localidad 2010 (ITER) - Coahuila de Zaragoza

- INE y SEMARNAT. (2004). Cambio climático: Una visión desde México. México, D.F. Informe desarrollado por stratusconsultingpp. 66
- INE Y UNAM (2006) Documento Tercera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidaspp. 205
- Inegi (2009) Guía para la interpretación de la cartografía climatológica pp. 45
- Inegi (1983) Síntesis geográfica de Coahuila pp.165
- IPCC (2001).Climate change.TheScientific basis. Contribution of working group I to the Third Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell and C.A. Johnson (ed). Cambridge University Press.Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y, USA, 881p.
- IPCC (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.
- Jurado Almonte, J.M. (1991) "Los sistemas de información territorial en la planificación regional". Acras 11 Congreso Internacional de Ordenación del Territorio. pags. 183 1 - 1849. Universidad Politécnica. Valencia
- Lelys (2008) Análisis de datos de 113 estaciones de precipitación mensual disponibles para años recientes en Venezuela
- Méndez González; J.J Navá C; V Gonzales O. (2007) Análisis de tendencias de precipitación (1920–2004) en México. Investigaciones Geográficas Boletín del Instituto de Geografía,Universidad Nacional Autónoma de Méxicopp. 18.
- Molina G, M.F Rodrigo (2009) el modelo de Regresión lineal (estadística descriptiva en psicología) articulo vol. 9pp. 18.
- Pereyra D., D., D.G. Cruz T. y J.A.A. Pérez S. (2011). La evapotranspiración real (ETR) en la cuenca del río La Antigua, Veracruz: Estado actual y ante escenarios de cambio climático. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, No. 75. UNAM, pp. 37-50.
- Pérez S., J. A. A (2009). Estudio del agua de escurrimiento en la cuenca del río Tecolutla, México. México, DF, Tesis para obtener el grado de Maestro en Geografía (Ambiental). UNAM, Instituto de Geografía, pp. 100.

- Profauna (2009) Plan estatal de cambio climático para Coahuila de Zaragoza México.
- Ruiz B., A, A. Tejada M., S. Miranda A., R. H. Flores Z. (2010). Climatología. Capitulo en: Atlas del patrimonio Natural, Histórico, Cultural de Veracruz, E. Florescano, J. Ortiz-Escamilla coordinadores), pp. 280.
- Sánchez, M.I. (1992) Métodos para el estudio de la evaporación y Evapotranspiración. *cuadernos técnicos sociedad española de geomorfología, n° 3, 36 pp.*
- San Leandro, J. (1990) Sistemas de información geográfica integrados. Acras XII Jornadas de Informática Administración Local. pags. 25.1-25.13. Federación Española de Municipios y Provincias. Granada.
- Villaman P., R., Tijerina C. L., Quevedo N. A., Crespo P. G. (2001). Comparación de algunos métodos micro meteorológicos para estimar la evapotranspiración en el área de Montecillo, México. Terra, Vol. 19, No.3, pp. 281- 291.