

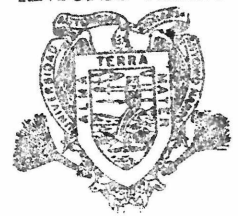
EL IMPACTO DE LA SEQUIA EN MEXICO

ARIEL TIJERINA VALDES

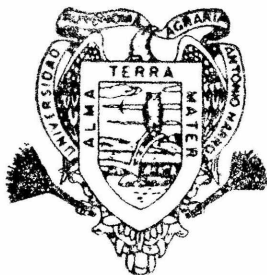
T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN RIEGO Y DRENAJE

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA



Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.


JUNIO DE 1997

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de

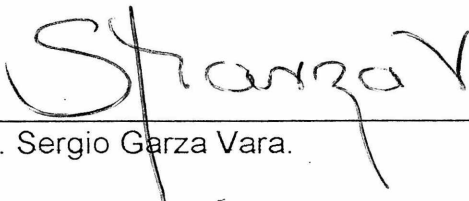
MAESTRO EN CIENCIAS
EN RIEGO Y DRENAJE

COMITE PARTICULAR

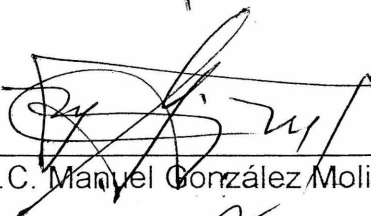
Asesor principal



Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera.

Asesor


M.C. Sergio Garza Vara.

Asesor


M.C. Manuel González Molina.


Dr. Jesus Manuel Fuentes Rodríguez
Subdirector de Postgrado.

Buenvista, Saltillo, Coah., Junio de 1997

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi gratitud a las personas e instituciones que me apoyaron en la realización de mis estudios de postgrado y del presente trabajo; a la Universidad Autónoma Agraria “ Antonio Narro “ y al Programa de Graduados en cuya acta constitutiva se le asignó la importante misión de formar especialistas que contribuyan al desarrollo de las zonas áridas y semi-áridas de México; al Departamento de Riego y Drenaje, cuyos maestros se esmeran en preparar profesionistas que coadyuven a la mejor utilización del recurso más preciado en el semidesierto: el agua; al Dr. Felipe de Jesús Ortega Rivera y a los M.C. Sergio Garza Vara y Manuel González Molina, distinguidos maestros investigadores y asesores de este trabajo; al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su apoyo económico para la realización de los estudios de postgrado; a la Comisión Nacional de las Zonas Áridas, señera institución que ha logrado una fecunda labor en las comunidades del semidesierto y quien a partir de 1990 me ha brindado la oportunidad de colaborar en su lucha contra la pobreza extrema de los campesinos del árido mexicano y la desertificación de sus tierras; a los Ings. Héctor Padilla G., Miguel Angel Rangel S., Antulio Piña D., Mario Reyes L, Efraín Alvídrez V., Samuel Ortega I. y Eduardo Valdés M., a la Lic. Julia Rosa Contreras T. y a la señora Estela Jasso C. por las orientaciones y apoyo que me brindaron para la elaboración del presente estudio.

DEDICATORIA

Con todo mi afecto y estimación dedico este estudio a mi familia y a los campesinos de México, que día a día, después de arduos trabajos logran que en tierras secas y áridas crezcan espigas, árboles y frutas y cuya actividad es la más noble y relevante de la historia; en especial a mi padre el profesor Pedro Tijerina Ortegón, quien en la zona árida coahuilense ha dedicado su vida a dos nobles tareas: la educación y la producción de alimentos.

Con respeto y estimación a mis compañeros de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas, en Oficinas Centrales, Delegaciones Estatales y jefaturas del Proyecto Ixtlero, a ese grupo interdisciplinario que diariamente comparten; a veces lejos de sus hogares y de sus familias; arduas jornadas de trabajo con los campesinos del semidesierto. En especial a la memoria de mi amigo y compañero Ing. Carlos Aldana Márquez, quien se desempeñó como jefe del Departamento de Planeación y Operación de la Delegación de CONAZA en el Estado de Zacatecas y quien siempre se distinguió por su entrega a la causa de las zonas áridas.

COMPENDIO

El Impacto de la Sequía
en México

POR

ARIEL TIJERINA VALDES

MAESTRIA

RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO 1997.

DR. FELIPE DE JESUS ORTEGA -Asesor-

Palabras claves: clima, sequía, zonas áridas

México se encuentra en las latitudes correspondientes a la inestabilidad climática que origina las zonas áridas y semi-áridas, es decir, en la misma latitud del cinturón de los grandes desiertos del mundo. En éstas áreas existen cerca de 25,000 pequeñas localidades, comunidades y ejidos; la mayoría con menos de 500 habitantes, en ellos se encuentran grupos de recolectores como son: Los Ixtleros, Los Candelilleros y Los Tejedores de palma y que practican una agricultura y ganadería de subsistencia; estas zonas son periódicamente

azotadas por intensas y recurrentes sequías, las cuales al manifestarse provocan enormes pérdidas directas e indirectas, agudizando la pobreza de sus pobladores y la desertificación de sus tierras.

El objetivo del presente estudio es realizar un análisis cronológico de la sequía en México; con especial enfoque hacia las zonas áridas; a través de cuatro diferentes etapas históricas: la primera, considerada como Epoca Prehispánica, que abarca 10,000 años A.C. fecha que se considera que el actual territorio de México fue poblado por las migraciones procedentes del estrecho de Bering hasta el año 1521 D.C., año en que se inició formalmente la colonización del territorio mexicano; la segunda considerada como Epoca Colonial, que abarca de 1521 a 1821, año en que se realizó la Independencia de México; la Epoca Moderna, que abarca el período 1821 a 1927 agrupando el inicio del México Independiente, la intervención francesa, La Reforma y La Revolución Mexicana, para concluir con la Epoca Contemporánea que comprende de 1927 a 1996.

En el análisis se considera el entorno económico, político y social existente en los períodos en que se ha presentado el fenómeno, los efectos que ha provocado sobre la población existente, el aprovechamiento de los recursos hidráulicos y las acciones con que se ha tratado de mitigarlo.

ABSTRACT

IMPACT OF DROUGHT IN MEXICO

BY

ARIEL TIJERINA VALDES

MASTER OF SCIENCE

IRRIGATION AND DRAINAGE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

SALTILLO, COAHUILA, JUNE 1997

DR. FELIPE DE JESUS ORTEGA ADVISOR

KEY WORDS : CLIMATE, DROUGHT, ARID LANDS

México is situated between latitude corresponding to inestable climate and this gives origin to semiarid lands and arid lands, in the same latitude of circuit earth of large deserts; In these areas exist about 25,000 little communities, most with less of 500 persons, they are collector groups as : ixtleros, candelilleros, that working weave palm, also practice a agriculture and cattle by subsisting.

These lands with frequency are attacked for intense and recurrent droughts, which causing to them direct and indirect large damage and this cause to them as consequence poor ness and desertification on yours lands.

The intention of this study is to present a chronological analysis of the drought around of four stages historical: the first period considered as Pre-colonial, includes 10,000 years A.C.; date that consider that mexican territory had a population emigrated from Estrecho of Bering, until on 1521 D. C. years in wich was formaly the Colonization of mexican lands. The second period considered as Colonial, from 1521 to 1821 year, on this last year in which had efect the Mexican Independence; the third period from 1821 to 1927; treating to join the beginning of Independence Mexican, the Reforma and Mexican Revolution. To conclude with actual period that including from 1927 to 1996, in this period considering the results economics, politics and social, inside of four stages in wich the drought attacked the lands and the actions that people had done for attenuating and in this from to know the areas more frecuently and intensity attached and also to do a proposal for a correct strategies agropecuaria, acording to arid lands conditions.

INDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
INDICE DE CUADROS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xiv
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
Distribución del Agua en la Hidrósfera.....	5
Los Sistemas Climáticos.....	6
Las Zonas Aridas y Semiáridas	12
Origen de las Zonas Aridas y Semiáridas de México.....	19
Ubicación y caracterización de las Zonas Aridas y Semiáridas de México.....	22
Desertificación.....	26
La Desertificación en México.....	30
Definición de Sequía.....	31
Sequía Versus Aridez.....	35
Sequía y Balance Hídrico.....	35
Agua del Suelo.....	36
Precipitación.....	37
Rocío Neblina.....	39
Esguerrimiento Superficial.....	39

Sequía, Desbalance Ecológico y Erosión del Suelo.....	40
Características Espaciales y Duración de la Sequía.....	43
Extensión de la Sequía.....	43
Principio y Final de la Sequía.....	45
Duración de la Sequía.....	47
Persistencia de la Sequía.....	48
Causas de la Sequía.....	49
Pronóstico de la Sequía.....	51
MATERIALES Y METODOS.....	54
Caracterización del Area de Estudio.....	54
La Sequía en la Epoca Prehispánica.....	61
El Entorno.....	61
Cronología de Sequías	68
Efectos Políticos, Económicos y Sociales.....	71
Prevención de la Sequía.....	72
La Sequía en la Epoca Colonial.....	74
El Entorno.....	74
Cronología de Sequías.....	78
Efectos Políticos, Económicos y Sociales.....	78
Prevención de la Sequía.....	81
La Sequía en la Epoca Moderna	82
El Entorno.....	82

Cronología de Sequías.....	83
Efectos Políticos, Económicos y Sociales.....	86
Prevención de la Sequía.....	93
La Sequía en la Epoca Contemporánea	94
El Entorno.....	94
Cronología de Sequías.....	96
Efectos Políticos, Económicos y Sociales.....	98
Prevención de la Sequía.....	103
RESULTADOS Y DISCUSION.....	106
CONCLUSIONES.....	112
RESUMEN.....	118
LITERATURA CITADA.....	120

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Distribución aproximada del agua en la hidrósfera (FAO. 1973).....	6
2.2	Estimación de la superficie que ocupan las zonas áridas en el mundo (Meigs. 1952 - Schantz. 1956)....	14
2.3	Clasificación de los climas del mundo según la precipitación media anual (Wilsie. 1962).....	15
2.4	Regiones de aridez en los distintos Continentes (Contreras. 1955).....	15
2.5	Regiones de aridez en los países de América del Norte (Contreras. 1955).....	17
2.6	Clasificación de los climas de México (SEDUE. 1986).	17
2.7	Pasado geológico de México (Rzedowski. 1978).....	22
2.8	Clasificación de los deciles de precipitación (Medina. 1986).....	44
2.9	Clasificación de la sequía (Medina. 1986).....	44
2.10	Rangos de índice de severidad de la sequía (Medina. 1986).....	45
3.1	Principales Unidades de Suelo en México (Ortiz y Ortiz, 1984).....	59
3.2	Cronología de sequías en el valle de México en la Epoca Prehispánica.....	70
3.3	Cronología de sequías en la época Colonial.....	78
3.4	Cronología de sequías en la época Moderna.....	84

3.5	Zonas con mayor frecuencia de Sequías, según regionalización de Carrillo-Arronte.....	85
3.6	Producción agrícola entre 1877 y 1908.....	90
3.7	Cronología de sequías en México (1927-1996)	96
3.8	Conformación del hato ganadero en México.....	101

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Página
2.1	Distribución de las zonas áridas del Mundo.....	16
2.2	Distribución de las zonas áridas y semiáridas de México y cobertura actual de CONAZA.....	20
2.3	Desertificación Mundial.....	28
2.4	Desertificación global de la República Mexicana.....	32
3.1	Rutas de poblamiento en América.....	63
3.2	Aridoamérica y Mesoamérica.....	66
3.3	Principales culturas de Mesoamérica.....	69
3.4	Población en México 1521 - 1994.....	95
3.5	Análisis de sequías nacionales 1941 - 1985.....	97
3.6	Incidencias de sequías por estados en los últimos 100 años.....	98

INTRODUCCION

El clima es el factor que conjuntamente con el suelo, los recursos bióticos y las consideraciones económicas, determinan los patrones del uso de las tierras; los elementos principales del clima son: precipitación, temperatura, la radiación, la humedad y el viento, la caracterización dinámica de estos es determinante en la clasificación de las diferentes regiones climáticas del globo, así como el conocimiento de las variaciones temporales y/o espaciales; el clima y sus variaciones, principalmente la disponibilidad de agua; dentro de las diferentes épocas ha marcado en gran medida el uso y aprovechamiento de los recursos naturales desde el inicio de las sociedades pre-históricas hasta nuestros días.

A nivel mundial, en las últimas décadas las anomalías climáticas han provocado sequías e inundaciones particularmente severas en las áreas agrícolas que bordean los desiertos, ejemplo de lo anterior lo tenemos en la serie de sequías que durante los años setentas se presentaron acompañadas por hambruna y muerte, tanto de personas como de animales en la región Saheliana, en la India, Bangladesh y Trinidad.

México, a partir de 1993 ha venido padeciendo en las zonas áridas y semiáridas, una intensa y recurrente sequía que ha afectado

considerablemente la disponibilidad de agua en ciudades y pequeñas localidades rurales y que sólo en los primeros meses de 1996 ha dejado pérdidas por más de 9,000 millones de pesos por el descenso de la producción agropecuaria. Las pérdidas han afectado considerablemente la economía de los pobladores del árido mexicano acentuando las desigualdades del desarrollo regional; la sequía, al manifestarse, provoca pérdidas directas a través de una inmediata reducción de la disponibilidad de agua para consumo humano y animal, disminución en los rendimientos de los cultivos, deterioro en las pasturas, pérdida de peso y muerte del ganado. Otras pérdidas financieras directas son las relacionadas con la transportación emergente de alimentos para el hombre y el ganado así como establecimiento de abastecimientos emergentes de agua; las pérdidas indirectas son más difíciles de evaluar, pero podrían incluirse las pérdidas de cultivos no plantados, la producción de animales no concebidos, la venta de vientres de razas especializadas, producto del mejoramiento genético de varios años (por no poder mantenerlas), pérdidas debidas al abandono de las tierras, cambios de uso del suelo después de la sequía, así como el aumento de los incendios forestales y la desertificación. El costo de la sequía se dispersa finalmente, sobre la totalidad de una nación, y los gobiernos se ven obligados a solicitar ayuda del exterior, las importaciones se incrementan y los precios de los alimentos suben.

Sequía, pobreza y desertificación son los grandes problemas que afectan al semidesierto mexicano, ante esta crítica situación, cerca de 25,000

localidades, comunidades y ejidos, dispersos en la inmensidad del desierto y en su mayoría con menos de 500 habitantes, (el 92 por ciento), hacen de cada día un milagro de sobrevivencia, sumidos en la pobreza extrema defendiendo y aprovechando el espacio más crítico del país, frente a lo que es la gran nación mexicana; los habitantes rurales de las zonas áridas y semiáridas; los ixtleros, los candelilleros y los tejedores de palma; constituyen uno de los tres grandes conjuntos nacionales de pobreza y pobreza crítica. Ellos son los más pobres en relación a los otros dos conjuntos integrados por la población indígena y por los sectores populares de los cinturones de miseria de las ciudades del país. Su pobreza, insuficiente atención y el medio desértico donde viven, han sido y siguen siendo sinónimos de hambre y marginación social. El rezago y la carencia de oportunidades para mejorar su capacidad productiva es de gran magnitud, sin embargo existe en ellos una larga historia cultural enraizada en su vieja tradición y en su adaptación milenaria a lo desértico, con una gran vivencia de conocimientos y sabidurías; ante los factores climáticos adversos, como la sequía, emigran pero vuelven para seguir siendo recolectores de lechuguilla, candelilla y orégano, con la esperanza de que las cosas cambien, los objetivos del presente estudio son:

Realizar un análisis cronológico de la sequía, a través de las diferentes etapas históricas de México, el entorno económico, político y social existente en los períodos en que se ha presentado el fenómeno, los efectos provocados y las acciones con que se ha tratado de mitigarlos, recopilando e

interpretando información que se ha generado y que a la fecha se encuentra dispersa.

Determinar las áreas afectadas con mayor frecuencia e intensidad por la sequía, a efecto de tener información que permita a instituciones y personas relacionadas con el ámbito agropecuario desarrollar estrategias de planeación adecuadas a las condiciones de los ecosistemas áridos que permitan mitigar los efectos del fenómeno.

REVISION DE LITERATURA

Distribución del Agua en la Hidrósfera

El agua, en todos los tiempos ha sido factor determinante para la movilización de los grupos humanos y su asentamiento, donde ello ha sido posible, ha estimulado el crecimiento de las actividades productivas y a veces ha permitido alcanzar altos niveles de civilización; en otros casos por el contrario los ha frenado y en ocasiones al faltar el agua por los fenómenos climatológicos ha provocado el derrumbe de algunas civilizaciones.

El agua dulce no es un recurso abundante o en el mejor de los casos no existe un gran excedente; considerando la distribución general del agua en la hidrósfera y los distintos tipos de ella, se llega a la conclusión de que el 95 por ciento esta contenida en los océanos y mares salados y el restante 5 por ciento son los recursos de agua dulce de la tierra, de este por ciento la parte almacenada en forma de nieve y hielo o nieves eternas corresponde al 4 por ciento. En consecuencia solo alrededor del 1 por ciento del total del agua en la hidrósfera de la tierra se encuentra en una forma que puede ser utilizada con facilidad y economía (FAO 1973).

Del agua dulce disponible, el 99 por ciento está constituida por agua

subterránea y 1 por ciento remanente se encuentra en otras formas. El cuadro 2.1 resume lo anterior.

Cuadro 2.1 Distribución aproximada del agua en la hidrósfera
(FAO, 1973)

Tipo de agua	% del total	% de agua dulce	% de agua disponible (sin congelar)
Total			
Salada	95		
Dulce	5		
Dulce			
Congelada	4	80	
Líquida	1	20	
Dulce			
Líquida	0.99	19.7	99
Subterránea	0.01	0.2	1
Lagos	0.002	0.04	0.2
Suelos	0.001	0.02	0.1
Ríos	0.001	0.02	0.1
Atmosférica	0.0005	0.001	0.005
Biológica			

Los Sistemas Climáticos

El clima en su conjunto forma parte de un gran sistema dentro del que se encuentran -además de la atmósfera-, los océanos y los cuerpos de agua continentales, los glaciares, los suelos, la vegetación, y las relaciones geofísicas entre la Tierra y el Sol. Estos componentes han variado a través del tiempo y sus evidencias se han determinado por medio de los estudios de dendrocronología, de glaciología, de sedimentología, de micropaleontología, de palinología, de paleopedología, de paleoceanografía, así como por medio de

los datos isotópicos de sedimentos continentales y marinos. Los estudios nos revelan que el clima es el resultado y también la causa de una serie de procesos físicos complejos, algunos conocidos y otros aun no conocidos, con retroalimentaciones positivas y/o negativas. Ejemplos típicos de éstas son las interacciones entre los glaciares, el albedo y la temperatura, las relaciones entre las temperaturas superficiales de los océanos, la circulación de los mismos y la atmósfera (Ortega 1995).

Gates mencionó en 1993, que el ambiente durante los dos últimos millones de años de la historia de la Tierra (Cuaternario), se ha caracterizado por una secuencia de épocas glaciales con intervalos interglaciales. Hace 20,000 años, el mundo se encontraba dentro del último período glacial de Cuaternario Tardío, con temperaturas de alrededor de 6° C inferiores a los valores actuales, este período fue seguido por una tendencia hacia condiciones más cálidas hacia 12,000 años a.C., provocadas por un incremento de alrededor de 7 por ciento de la radiación solar. Esta tendencia, fue interrumpida por un breve descenso en la temperatura de 6°C durante un intervalo, conocido como el "Evento Younger Drys", caracterizado por avances de los glaciares de montaña, y consecuentemente a nivel global por un clima frío y húmedo. Durante este período, por ejemplo, se han identificado por métodos paleontológicos, migraciones de hipopótamos del Africa del sur hacia la región del Sahara, así mismo se han localizado asentamientos prehistóricos en los alrededores de antiguos paleolagos; posteriormente al Younger Drys, se

registró un aumento de la insolación de verano en el hemisferio norte de 8 por ciento superior a la actual, por ejemplo se tiene conocimiento que los niveles lacustres en el suroeste americano descendieron, mientras que la temperatura aumentó de 2°C a 4°C (Gates, 1993).

Durante el período conocido como Optimo Climático Postglacial o Hipsitermal, las temperaturas de verano fueron de 2 a 4°C superiores a las actuales en todo Norteamérica y Europa: además, de acuerdo a los modelos paleoclimáticos GCM (General Climate Model), la insolación de verano fue de 4 por ciento inferior con respecto a los valores presentes. Durante el Optimo Climático los casquetes polares migraron arriba de los 80° norte. Las grandes Planicies americanas fueron más áridas, mientras que los climas europeos fueron más cálidos y húmedos; con el aumento de la temperatura a nivel global, los bosques migraron hacia latitudes septentrionales alcanzando su límite entre 3,000 y 1,500 años a.C. Este período coincide con la expansión y el desarrollo cultural del hombre y con el nacimiento de la agricultura; sin duda, los datos paleoclimáticos de mayor interés son los relacionados con épocas más recientes en la historia de la tierra; así tenemos que a partir de 1100 a 1400 D.C. -Edad Media-, las condiciones climáticas fueron extremadamente cálidas, seguidas por un período con inviernos muy fríos y veranos húmedos de 1430 a 1850 D.C., intervalos conocido como "La Pequeña Edad del Hielo", durante el cual muchos glaciares de tipo alpino alcanzaron su máximo desarrollo, similar al obtenido durante el último Glacial del Pleistoceno

Superior.

Las variaciones climáticas siempre han existido en la historia del planeta tierra, en las últimas décadas han provocado sequías e inundaciones particularmente severas en las áreas agrícolas que bordean los desiertos, ejemplo de lo anterior lo tenemos en la serie de sequías que durante los años 70's se presentaron acompañadas de hambruna y muerte, en la región Saheliana, en la India y Bangladesh.

Las causas de las fluctuaciones climáticas no han sido identificadas con certeza y un gran número de hipótesis están bajo discusión; generalmente éstas pueden separarse en dos categorías: las que consideran la participación de fuerzas extraterrestres variables que tienen que ver con los cambios de circulación y las que tratan los cambios por sí mismos dentro del complejo Tierra-Océano-Atmósfera y la influencia del hombre sobre éstos; entre las primeras se pueden considerar, de acuerdo a la teoría astronómica las tres características principales en el movimiento de la Tierra con respecto al Sol: la primera es la excentricidad, la segunda la oblicuidad y la tercera la precesión.

La Tierra se mueve en una órbita elíptica alrededor del sol y la cantidad de radiación solar que recibe, varía inversamente con el cuadrado de la distancia con respecto al Sol. Por lo tanto, la Tierra recibe más radiación durante el perihelio y menos radiación durante el afelio; sin embargo, esta

condición ha cambiado ya que la órbita varía gradualmente a través del tiempo, de elíptica a casi circular. Este cambio tiene una periodicidad de alrededor de 100,000 años y es conocido como excentricidad.

El ángulo de rotación de la Tierra con respecto al plano de la elíptica actualmente es de 23.5° y se denomina oblicuidad de la Tierra. La oblicuidad varía de 22.1° a 24.5° con una periodicidad de 41,000 años, variación que afecta la distribución solar que llega a la tierra a diferentes latitudes y épocas del año.

Alrededor de 125 a.C. el astrónomo Hipparchus descubrió que el Polo Norte de la Tierra no siempre apunta hacia las mismas estrellas, lo cual significa que existen movimientos retrógrados de los puntos equinocciales retardando así año con año las épocas de los equinoccios o el principio de las estaciones; a este movimiento se le conoce como precesión, mismo que tiene una periodicidad de 22,000 años. Actualmente el Polo Norte apunta hacia la "estrella polar" en la constelación de la Osa Mayor; sin embargo, hace 4,000 años apuntaba hacia la estrella de Draco y dentro de 5,000 años estará dirigida hacia la estrella de Cepheus. En el presente el solsticio de invierno ocurre cuando la Tierra se encuentra en el perihelio; hace 11 mil años, el solsticio de invierno ocurría en el lado opuesto de la órbita; de acuerdo a cálculos matemáticos efectuados y corroborados por evidencias geológicas, las variaciones de estos tres parámetros a través del tiempo han dado como

resultado las glaciaciones y los períodos interglaciales (Ortega 1995).

Gribbin (1986), investigó que, muchos fenómenos biológicos se presentan en forma periódica, asociados con ciclos planetarios de corta duración como el ciclo circadiano, o de mayor alcance como las manchas solares, o incluso las glaciaciones. Estos ciclos planetarios influyen en las dinámicas oceánicas y atmosféricas que a su vez determinan el clima de una región en particular. En las zonas áridas, las variaciones interanuales de su condición de estiaje pueden asociarse no solo con el ciclo planetario que determina las estaciones del año, sino también a otros de mayor amplitud. Algunos de los ciclos en la escala interanual que han sido relacionados con los cambios en las variables que determinan el clima, son por ejemplo: el ciclo de las manchas solares, que ocurre aproximadamente cada 11 años, otro, el doble del anterior aproximadamente 22 años se caracteriza por el cambio de polaridad magnética del sol (ciclo de Hale) y se han asociado particularmente con las sequías en las grandes planicies de los Estados Unidos. Muchos otros ciclos han mencionado, tales como el ciclo de las mareas lunares, de 19 años aproximadamente (Currie 1987).

Entre las segundas se consideran: el ciclo Cuasi bianual durante el cual los vientos cambian de dirección en la atmósfera superior con una regularidad aproximada de 2 años (Gray y Schaefer 1991), la condición térmica oceánica, incluyendo el fenómeno del niño cuya periodicidad es todavía tema de estudio

de mucho investigadores del mundo; destaca entre estos ciclos la interacción constante entre los componentes del sistema terrestre considerando que el hombre, en las últimas décadas ha rebasado la capacidad de cambio de los procesos naturales transformando la atmósfera, la hidrósfera y la biósfera con velocidades superiores al ciclo natural, a través del recalentamiento o efecto de invernadero por la emisión de gases, bióxido de carbono y ozono principalmente y la disminución de la biomasa terrestre que provoca la desertificación. También se asume que la inyección de grandes cantidades de ceniza y polvo a la atmósfera debido a erupciones volcánicas violentas pueden alterar el balance de radiación en la tierra que induce a fluctuaciones climáticas. En el pasado ha habido numerosas erupciones volcánicas como la erupción del Krakatoa en 1883. (Trenberth 1991).

Las Zonas Áridas y Semiáridas

En las zonas áridas las sequías son recurrentes, cuando se habla de zonas áridas, viene inmediatamente a nosotros la idea de una región de la Tierra donde la escasez de agua, como elemento indispensable para la vida vegetal y animal, constituye el más importante de los factores limitantes; sin embargo, al tratar de definir lo que son las zonas áridas, encontramos problemas primordiales: uno es su delimitación en el ámbito geográfico y el otro es su caracterización o sea el conocimiento de sus particularidades. En ocasiones la cantidad total de precipitación pluvial en la región es tan pequeña

que por si misma limita las posibilidades de desarrollo de los organismos.

Existen otras condiciones donde la definición tiene que orientarse de diferente manera. Puede suceder que una cantidad de lluvia en una región con un clima predominantemente frío, pueda considerarse suficiente; mientras que la misma cantidad en otra zona donde la temperatura sea mayor, resulta insuficiente para satisfacer las demandas de la población biológica; o bien una cantidad determinada, bastante para sostener una vegetación normal si se encuentra distribuida uniformemente a lo largo de todo el año, resulta insuficiente cuando se concentra en un corto período de precipitaciones torrenciales, separada del siguiente por largos intervalos de intensa sequía.

Tres son fundamentalmente los criterios que se aplican para definir y delimitar las zonas áridas: el climatológico, que toma en cuenta la cantidad y distribución de la precipitación, y sus relaciones con la temperatura; el hidrológico, que considera la disponibilidad de agua con miras a su utilización, analizando no solamente los factores anteriores, sino también los orográficos y edáficos, que pueden afectar mas o menos profundamente el panorama respectivo; y el ecológico, que apoyándose en los datos básicos derivados de las consideraciones anteriores, usa como criterio para la delimitación de las zonas las características de su vegetación, ya que ésta al no poder trasladarse de un lugar a otro, se encuentra en íntima armonía con el medio en el cual se desarrolla (Beltrán 1964).

Considerando el conjunto del planeta, y estimando una superficie total para sus tierras emergidas de 134'602,300 km², Meigs (1952) utilizando un criterio climatológico basado en el sistema de Thornthwait (1948) estimó que la superficie que ocupan las zonas áridas es un 36 por ciento de la mundial; por su parte Schantz (1956), basándose en el estudio de la vegetación obtuvo que es de un 35 por ciento; más recientemente Wilsie (1962) considerando la precipitación media anual estimó que las zonas áridas y semiáridas ocupan un 55 por ciento. Los cuadros 2.2 y 2.3 sintetizan los resultados obtenidos por los autores.

Cuadro 2.2 Estimación de la superficie que ocupan las zonas áridas en el mundo (Meigs 1952, Schantz 1956).

Clasificación	Superficie km ²	
	Meigs	Schantz
Extremadamente arido	5'811,960.	6'293,700.
Arido	21'802,620.	33'411,000.
Semiárido	21'243,180.	7'044,800.
Total	48'857,760.	46'749,500.

Cuadro 2.3 Clasificación de los climas del mundo según la precipitación media anual (Wilsie 1962).

Precipitación Media Anual (milímetros)	Clasificación	% de la Superficie
Menos de 500	Arido y semiárido	55
500 - 1000	Subhúmedo	20
1000 - 1500	Húmedo	10
Más de 1500	Muy húmedo	15

Contreras (1946), utilizando el criterio climatológico, establece una comparación entre las regiones de aridez de los distintos continentes, de acuerdo al cuadro 2.4.

Cuadro 2.4 Regiones de Aridez en los distintos Continentes (Contreras 1955).

Continente	% de la Superficie Total
Australia	69.0
Africa	50.9
Euroasia	28.7
América	15.0

La figura 2.1 muestra la distribución de las zonas áridas del mundo

Las cifras anteriores colocan globalmente al continente americano en una situación privilegiada, sin embargo al analizar la distribución de las zonas

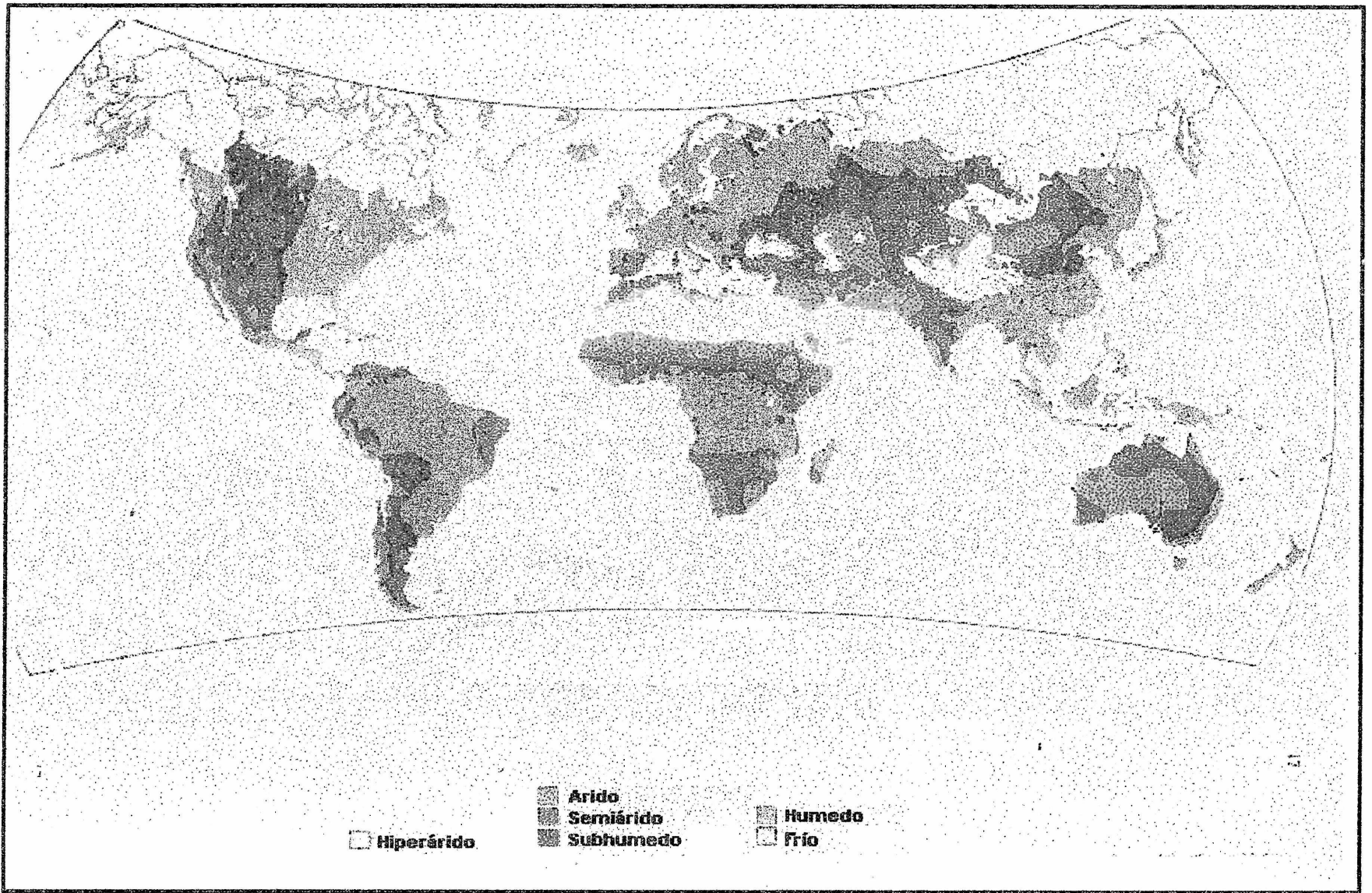


Figura 2.1 Distribución de las zonas áridas del Mundo.

áridas en América del Norte, encontramos que en México alcanzan la elevada cifra del 52.2 por ciento del territorio nacional, de acuerdo al cuadro 2.5.

Cuadro 2.5 Regiones de aridez en los países de América del Norte
(Contreras 1955).

País	% de la Superficie Total
Canadá	4.6
Estados Unidos	33.6
México	52.2

En 1987 la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) realizó trabajos para lograr la clasificación de los climas de México, los resultados se resumen en el cuadro 2.6.

Cuadro 2.6 Clasificación de los climas de México (SEDUE 1986)

Precipitación Media Anual	Clasificación	Superficie	% del Suelo
Menos de 500	Arido y semiárido	1,027,051	52
500 - 1000	Sub-húmedo	390,241	20
1000 - 1500	Húmedo	254,927	13
Más de 1500	Muy húmedo	285,983	15

Medellín y Gómez (1979) indican que las zonas áridas y semiáridas de México cubren aproximadamente un millón de kilómetros cuadrados de la superficie total del país y están divididas en ocho áreas: Sonorense,

Chihuahuense, Queretana, Hidalguense, Poblana, Guerrerense, Oaxaqueña, y Yucateca. Estos autores, usando la clasificación de Meigs (1952), determinaron que el 58 por ciento de las áreas secas de México son semiáridas; cerca del 38 por ciento áridas y sólo el 4 por ciento extremadamente áridas.

Los investigadores del Instituto de Geografía de la UNAM (Stretta y Mosiño, 1963), utilizando el criterio climatológico e incluyendo métodos estadísticos para describir las características sobresalientes del régimen pluviométrico del país, formularon una carta de zonas áridas de la República Mexicana. También se ha utilizado como criterio para definición de las zonas áridas los índices de evapotranspiración potencial de las plantas y la distribución geográfica de la flora y de la vegetación. En todos los casos la superficie del país que queda definida por condiciones de aridez y semiaridez oscila entre el 40 y el 52.2 por ciento del territorio nacional (Contreras, 1955).

ONU (1994), considera por zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas aquellas zonas en las que la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración potencial esta comprendida entre 0.05 y 0.65, excluidas las regiones polares y subpolares.

Las consideraciones anteriores indican perfectamente la importancia que para nuestro país, considerado en conjunto, tiene el estudio de los problemas de las zonas áridas, acorde con lo anterior, en el diario oficial de la federación

de 5 de Diciembre de 1970 se crea la Comisión Nacional de las Zonas Áridas, como Institución promotora del desarrollo de las zonas áridas del país, las áreas que se consideran son aquellas en las que no es posible obtener cosechas costeables de cereales en ningún año, a menos de que se disponga de riego; y aquellas en que a causa de la escasa precipitación pluvial, las cosechas de cereales son de muy bajo rendimiento y se pierden totalmente en el 50 por ciento de los años del cultivo, aproximadamente, como promedio; la superficie árida y semiárida de México esta distribuida en 22 Estados y alcanza una superficie de 1'027,000 km², comprendiendo 672 municipios donde se asienta una población total de 18'053,068 habitantes.

En la figura 2.2 se muestra los Estados de México que comprenden zonas áridas y semiáridas así como la cobertura actual de CONAZA

Origen de las Zonas Áridas y Semiáridas de México

En la época actual las zonas áridas y semiáridas de México cubren la mayor parte del Altiplano Mexicano y de la Planicie Costera de los estados de Baja California y de Sonora . Aunque es aceptado que la extensión y la distribución de los desiertos en el pasado fueron distintas a las del presente, actualmente existe una fuerte controversia acerca de la antigüedad de los desiertos de México, ya que mientras para algunos autores los desiertos son de origen muy antiguo, del orden de 65 millones de años, para otros son un

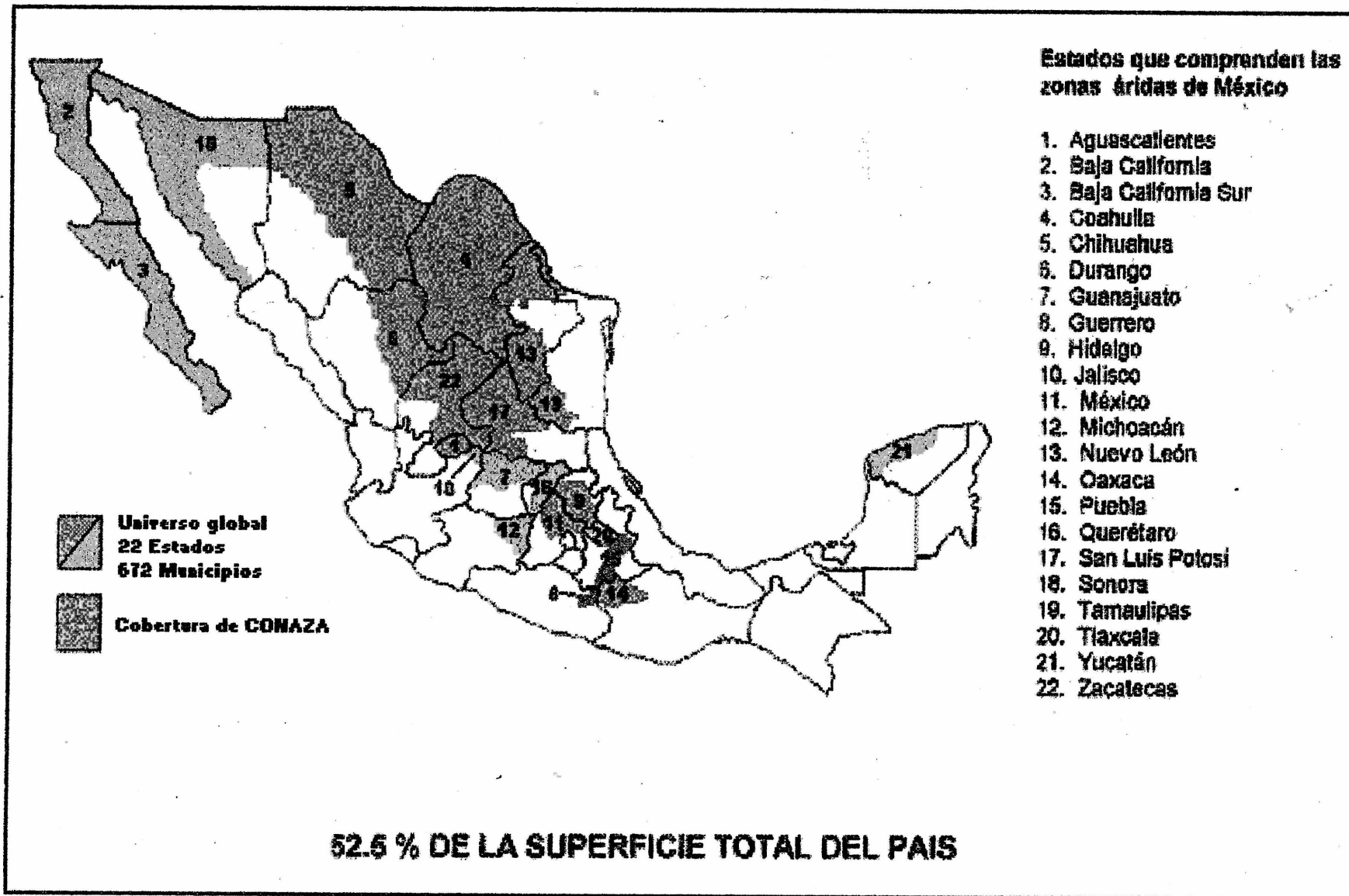


Figura 2.2 Distribución de las zonas áridas y semiáridas de México y cobertura actual de CONAZA

fenómeno postglacial, con aproximadamente 10,000 años de antigüedad.

Los principales argumentos que apoyan la hipótesis de que los desiertos de México son muy antiguos son: las evidencias biogeográficas a través de endemismos y paleoendemismos, las afinidades geográficas de la flora de los desiertos, la evolución de la flora árida Norteamericana a través de los problemas a considerar sobre la evolución de la flora y la evolución de la flora del desierto sonorense, así como la consideración de que a través del tiempo geológico han habido amplias masas continentales, cadenas montañosas, dunas y marismas en las costas, que posiblemente fueron causas como lo son ahora, de la existencia de sitios con clima árido o semiárido, que pudieron soportar una vegetación desértica en el pasado (Briones 1994).

Los principales argumentos que apoyan la hipótesis de que los desiertos de México son un fenómeno postglacial, con aproximadamente 10,000 años de antigüedad, son las evidencias de flora y de fauna fósil en depósitos fósiles de desechos de las ratas del género neotoma encontrados en México en el bolsón de Mapimí, en Coahuila y Durango, y en Estados Unidos en las sierras de San Andrés y Sacramento en Nuevo México, así como los estudios palinológicos realizados en las áreas desérticas y en la periferia de ellos, en el cuadro 2.7 se muestra el pasado geológico de México.

Cuadro 2.7 Pasado geológico de México (Rzedowski, 1978)

	Tiempo	Periodo	Epoca	Pasado Geológico de México
M i l l- o n e s d e A ñ o s	2	Cuaternario	Holoceno	Cambios climáticos por las Glaciaciones en el Peistoceno. Gran actividad volcánica en el centro del país y aisladamente en el extremo noroeste. La Planicie costera del noreste, las islas revillagigedo y extremo sur de Chiapas. Formación del eje volcánico transversal, así como gran parte de las montañas de Baja California del Altiplano y sur de México.
	12		Pleistoceno	
			Plioceno	
	25	Terciario	Mioceno	El vulcanismo abarco toda el área de la Sierra Madre Occidental y grandes porciones del altiplano, así como partes de Baja California y sur de México, aparece el mar de Cortes y gran parte de la Península de Yucatán.
			Oligoceno	
Eoceno				
35		Paleoceno	Orogénesis Laramidica: levantamiento de la Sierra Madre Oriental y montañas paralelas del Altiplano. Sierra Madre del Sur y sierras del Norte de Oaxaca y de Chiapas	
55			Comienza la emersion definitiva del territorio Mexicano, con excepción de la Planicie costera del Noreste, Tabasco, la Península de Yucatán y sur de Chiapas. no existe el mar de Cortes.	
65	Cretacico	Superior		

Los argumentos anteriores se pueden conciliar si se acepta la existencia de zonas con clima árido anterior al cuaternario y al considerar que en el pasado han habido fuertes oscilaciones climáticas como las de la última época glacial que han actuado sobre la biota y sus especies, mismas que han respondido de manera individual a la variación ambiental (Briones, 1994).

Ubicación y Caracterización de las Zonas Áridas y Semiáridas de México

Las zonas áridas mexicanas son áreas con flora xérica y de clima

caliente y seco, que presentan una precipitación anual menor a 500 mm, generalmente del orden de 200 mm y sólo en pequeñas áreas se registran valores inferiores a 50 mm (Rzedowski 1978). De acuerdo a Shreve (1951) y Rzedowski (1978), en nuestro país se ubican los siguientes desiertos.

Sonorense que ocupa la mayor parte del estado de Sonora y de la península de Baja California; el Chihuahuense, en la altiplanicie mexicana, entre las Sierras Madres Oriental y Madre Occidental, desde los estados norteamericanos de Arizona, Nuevo México y Texas, pasando por los de Chihuahua y Durango, hasta su límite meridional en el estado de San Luis Potosí; el Hidalguense, constituido por dos regiones aisladas, una en la Cuenca del Río Estórax, en el centro del estado de Querétaro y la otra en el Valle de Mezquital, estado de Hidalgo y el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, que es una pequeña región en el sureste del estado de Puebla y porciones adyacentes del de Oaxaca; la porción árida y relativamente reducida en los alrededores de Perote, Veracruz, probablemente forme parte de la región del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Rzedowski 1991).

La siguiente caracterización de los desiertos de México proviene principalmente de las siguientes fuentes: Rzedowski (1978), Axelrod (1979) y MacMahon y Wagner (1985).

El clima del desierto Sonorense es muy caluroso y árido o semiárido,

aunque en la Península de Baja California presenta muchas variantes regionales, pero en esta última en general es menos árido en la parte meridional. El régimen de precipitación es más o menos bi-estacional y debido a que en muchos lugares la altitud está bajo los 600 msnm, las temperaturas son relativamente más altas que las del desierto Chihuahuense.

El desierto Sonorense contiene una gran diversidad de cactáceas, incluyendo formas columnares de los géneros *Carnegiea*, *Machaerocereus* y *Pachycereus*, una gran variedad de arbustos altos o de árboles bajos, así como una gran diversidad de especies de arbustos perennes y de hierbas anuales, tanto de invierno como de verano. En la Península de Baja California la vegetación predominante la constituye el matorral xerófilo.

La altitud del desierto Chihuahuense varía en general entre los 1000 y 2000 msnm a lo largo de su eje norte-sur, por lo que es más notoria la influencia de las bajas temperaturas, si lo comparamos con el desierto Sonorense. La precipitación de verano es más importante que la de invierno. Las cactáceas son generalmente abundantes, dominan los arbustos perennes y varias especies de *Agave* y *Yucca* son comunes y conspicuas. En algunos lugares ocurren cactáceas columnares (*Myrtillocactus geometrizans*) y especies arborescentes de *Yucca*. Las hierbas anuales principalmente germinan en el período de precipitación del verano. Las gramíneas tienen una proporción más importante en la composición de la vegetación que en los otros

desiertos. La vegetación predominante consiste en matorrales xerófilos, aun cuando también son frecuentes los pastizales y bosques espinosos de *Prosopis* spp.

Debido a su localización intertropical, el clima del desierto Hidalguense es algo diferente al del desierto Chihuahuense, ya que la frecuencia de heladas es casi o totalmente nula, a pesar de su altitud. En la cuenca del Río Estórax, Queretáro, la altitud varía entre los 1300 a 2200 msnm y en la región de Meztlán, Hidalgo, la altitud es de 1264 m en su parte más inferior; la flora del desierto Hidalguense, especialmente a su porción sur o de la región de San Luis Potosí. Se presentan matorrales xerófilos con algunas cactáceas columnares de los géneros *Cephalocereus*, *Myrtillocactus* y *Stenocereus*; en las laderas de mayor declive se encuentran elementos rosetófilos de *Agave* y *Hechtia*. Muchas de las especies típicas del desierto Chihuahuense encuentran su límite sur de distribución en el desierto Hidalguense.

En el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, que es el enclave de clima seco más alejado hacia el sur en México y también el más aislado, el matorral xerófilo es relativamente más méxico que el de los desiertos más al norte. La altitud de esta provincia florística oscila entre los 545 y 2458 m, aunque la media latitudinal son 1,500 msnm; de una manera similar al desierto Hidalguense, el relieve en el Valle de Tehuacán Cuicatlán presenta gran número de componentes montañosos y pocas zonas planas. Las lluvias son

marcadamente estacionales, ya que ocurren en el verano, y la cubierta vegetal presenta menor área desnuda debido a que las plantas se encuentran más cercanas entre sí. A diferencia de los otros desiertos, las cactáceas de tallo columnar están mejor representadas, tanto en especies como en individuos; además, ya no se presenta *Larrea Tridentata*, que es una especie común al resto de las zonas áridas de México. La vegetación en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán se compone principalmente de matorrales espinoso con cactáceas arborescentes de los géneros *Neobuxbaumia* y *Cephalocereus*. La zona árida veracruzana, cercana al cofre de perote presenta una vegetación arbustivas, en donde la palma *Nolina parviflora* es uno de los elementos más importantes de la vegetación.

Desertificación

En la década de los 50's a través de la ONU comenzó a externar su preocupación por los problemas crónicos en las tierras áridas y semiáridas, pero fue a partir de las sequías ocurridas de 1968 a 1973 en la región del Sahel, en África, cuando se manifestó el creciente deterioro de los ecosistemas debido a las variaciones climáticas, y la fuerte presión ejercida sobre los recursos naturales, los problemas de las zonas áridas y la desertificación adquirieron relevancia a nivel mundial.

En 1974 la FAO, UNEP y UNESCO, realizaron una evaluación sobre la

degradación actual y potencial de los recursos naturales. Fue así como en 1977, con la participación de científicos y técnicos de la comunidad internacional se obtuvo el plano mundial de la desertificación, de acuerdo con estimaciones realizadas el 19 por ciento de la superficie de la tierra esta amenazada por este problema, afecta a dos terceras partes de los 150 países del mundo, a más de 900 millones de habitantes, al 70 por ciento de las tierras secas (3,600 millones de has) y al 25 por ciento de la superficie mundial (ONU 1978), en la figura 2.3 se muestra el plano de desertificación mundial.

Por desertificación se entiende la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, resultante de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas.

Por degradación de las tierras se entiende la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de poblamiento, tales como: la erosión del suelo causada por el viento o el agua; el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o económicas del suelo y la pérdida duradera de la vegetación natural. (ONU 1994).

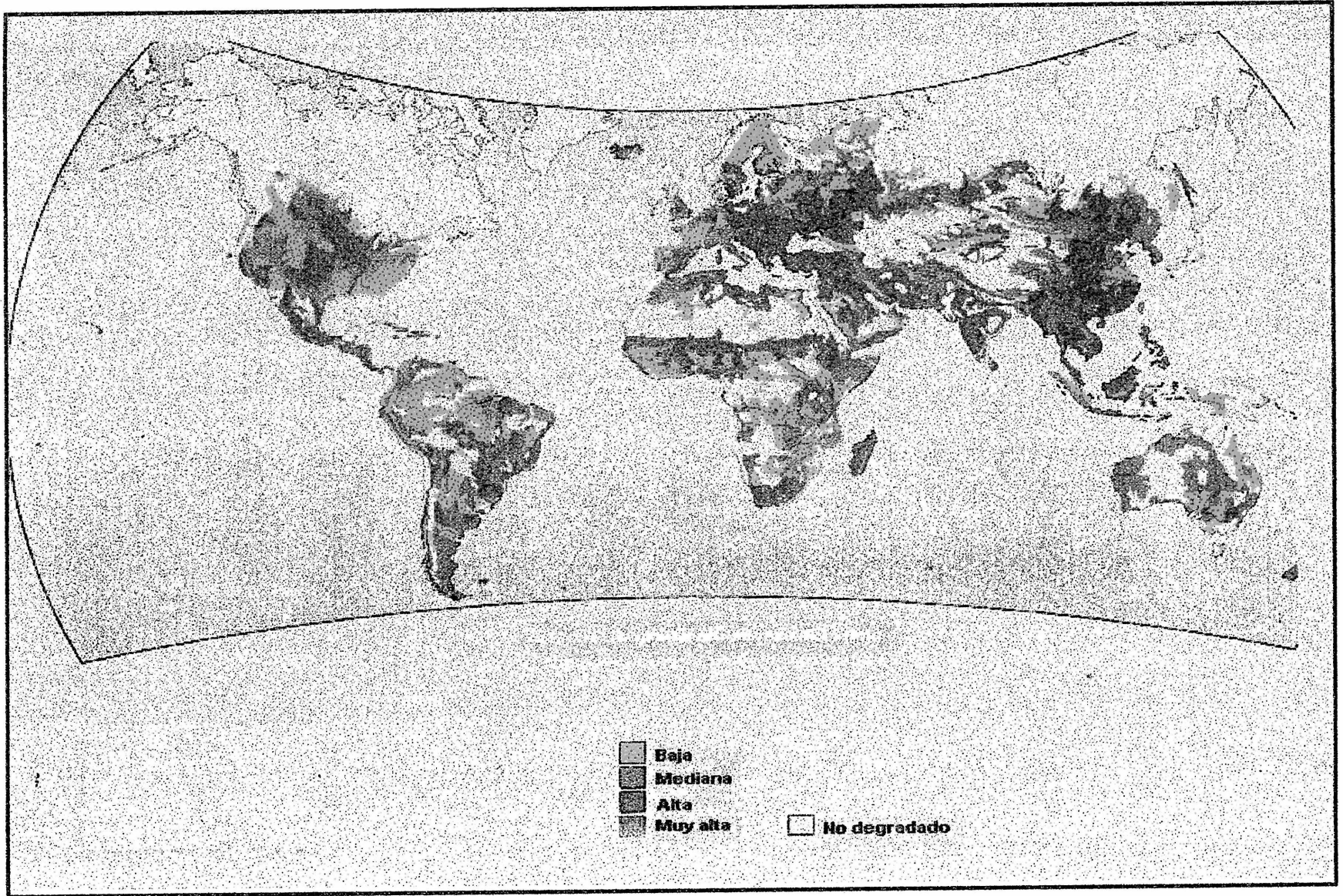


Figura 2.3 Desertificación mundial

La desertificación representa un problema mundial por los impactos en los países donde se presenta, provocando: degradación de la tierra, hambruna, pérdida de cosechas y ganado, desempleo, marginación social, pobreza, desnutrición, disminución de la biodiversidad, migraciones e impactos sobre el clima local; entre los impactos ex-situ, es decir, en los demás países del planeta se provoca: polución, inundaciones, azolve de infraestructura hidráulica, disminución de los pulmones verdes mundiales, inmigraciones e impactos sobre el clima local y global.

Son muchas y muy variadas las causas promotoras de la desertificación, ya que de 45 citadas por los expertos en la conferencia de Nairobi el 13 por ciento se origina por efectos naturales, entre los que destaca la sequía y el 87 por ciento restante puede ser adjudicado al manejo equivocado que el hombre hace de los recursos (Kassas, 1977).

Las actividades del hombre moderno están propiciando cambios climáticos importantes que afectan el ciclo del agua. Los cambios tienen su origen por ejemplo, en la adición a la atmósfera de 7,000 millones de toneladas de carbono anuales en forma de bióxido de carbono. El origen de estas emisiones son la actividad industrial, la calefacción y los transportes, que suman 5,500 millones de toneladas mientras que el resto proviene de incendios forestales y de zonas agrícolas, la sequía propicia los incendios forestales y la deforestación de las tierras.

Los residuos inorgánicos producidos a nivel doméstico incluyen detergentes, plásticos, recipientes de metal y otros. La industria por su parte, produce metales pesados y considerables cantidades de productos químicos sintéticos, como los pesticidas (Llorente 1992).

La Desertificación en México

La Universidad Autónoma de Chapingo y el Colegio de Postgraduados llevaron a cabo diversos trabajos aplicando la metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos, a una escala 1:2'000,000., con el objeto de analizar los procesos de erosión hídrica y eólica, salinización y degradación física, biológica y química. Dicho trabajo tuvo como finalidad apoyar uno de los objetivos de la FAO, consistente en compilar la información suficiente y adecuada para elaborar el plano mundial de degradación de los suelos; además se evaluó la degradación de la cubierta vegetal y la distribución de asentamientos humanos con imágenes del satélite erts-landsat, en falso color.

Entre los resultados más relevantes de este estudio se puede mencionar la degradación de la cubierta vegetal, estimándose una tasa anual de deforestación de 1'000,000 hectáreas, sobrepastoreo del 85 por ciento de los predios de las zonas áridas, un 85 por ciento del territorio del país con fuertes riesgos de erosión hídrica y un 80 por ciento afectado por erosión eólica, con

una pérdida promedio de 2.75 toneladas por hectárea cada año y el 10 por ciento de la superficie total de riego en el país con problemas de salinización (CONAZA, 1994).

En la figura 2.4 se muestra la desertificación global de México

Definición de Sequía

El estudio de la sequía presenta la peculiaridad de que no existe una sola definición ya que este fenómeno puede ser tratado desde los más diversos puntos de vista y hace que existan varios conceptos que a su vez, se basan en los parámetros utilizados por cada autor, Medina (1986) considera las siguientes definiciones

Para el caso de la precipitación, se considera que hay sequía cuando ocurre un período de diez días de lluvia, que no excede el valor de 0.2 pulgadas, también se considera que existe una sequía cuando la precipitación anual es de 75 por ciento, o cuando la precipitación mensual es del 60 por ciento abajo de lo normal; por otra parte, utilizando deciles de precipitación se obtiene la distribución espacial de la sequía, estableciendo áreas en donde la lluvia está comprendida dentro del rango del primer decil que coincide como primera aproximación con las áreas de sequía. Esta definición es la que se ha tomado en cuenta para aplicarla a la República Mexicana.

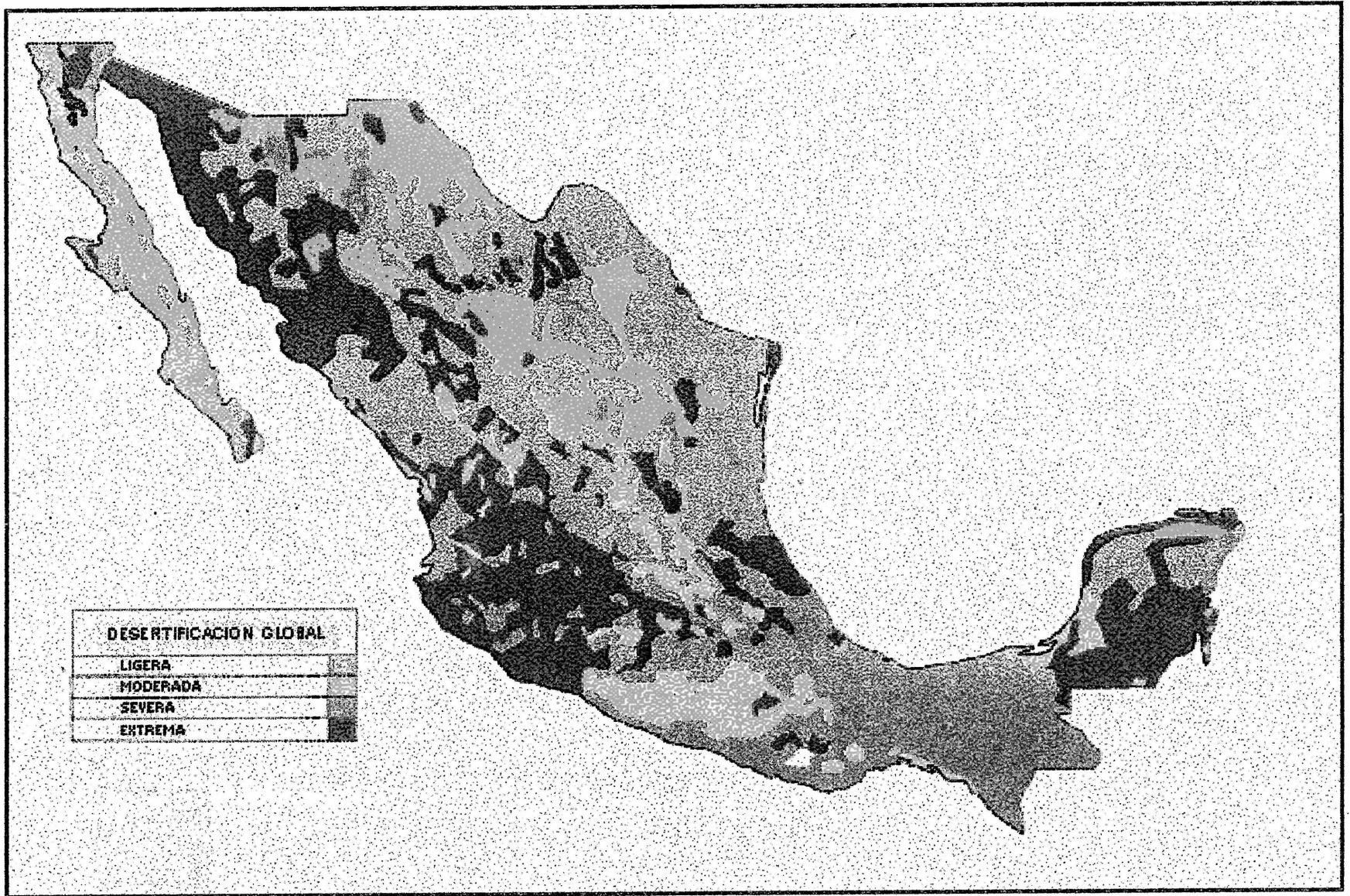


Figura 2.4 Desertificación global de la República Mexicana.

El concepto de sequía atmosférica también ha sido aplicado, considerando que existe una condición provocada por un alto déficit de vapor de agua acompañada de alta temperatura del aire, fuertes vientos y luz solar intensa.

Otra definición aplicada indica que la sequía es un período de tiempo anormalmente seco, suficientemente prolongado para que la carencia de agua provoque un serio desequilibrio hidrológico (es decir, daños a los cultivos, disminución en el aprovisionamiento de agua, etc.), dentro del área afectada.

En el aspecto de la sequía agrícola, se refiere a un conocimiento más completo de la física del suelo, de la fisiología de las plantas y de la economía agrícola, de acuerdo con los conceptos de los balances de agua, la precipitación y la humedad del suelo son las fuentes de suministro de agua a los vegetales, la pérdida de agua se debe a la evaporación de la superficie y transpiración de las plantas, el excedente de la precipitación se transforma en escurrimientos lo que aumenta el caudal de los ríos y las reservas de agua.

También se define la sequía como un estado en condiciones deficientes de humedad; las cuales producen un efecto adverso sobre las plantas, particularmente sobre aquellas que tienen una mayor importancia económica.

Otra defición considera que por sequía se entiende el fenómeno

que se produce naturalmente cuando las lluvias han sido considerablemente inferiores a los niveles normales registrados, causando un agudo desequilibrio hídrico que perjudica a los sistemas de producción de recursos de tierras.

Para caracterizar la sequía se conocen actualmente dos tendencias: una que propone estudiar el problema en base al análisis estadístico de la lluvia, ya que se arguye es en última instancia el factor más importante a considerar; la otra, es aquella que propone el uso de índices que relacionan varios factores como son : lluvia, temperatura, humedad, viento, evaporación, humedad del suelo y condiciones de las plantas, esta tendencia es importante en la caracterización de la sequía agrícola, aun dentro de ésta se han caracterizado dos grupos de índices : los climáticos y los agroclimáticos; hay básicamente tres clases de sequía:

a) Sequía permanente que caracteriza a los climas áridos, la vegetación es esparcida y se adapta a la aridez y la agricultura es imposible sin el riego.

b) Sequía estacional, ocurre en climas que tienen bien definidas las estaciones seca y lluviosa. Para una agricultura satisfactoria las siembras y plantaciones deben ajustarse al período húmedo.

c) Sequía en climas húmedos y subhúmedos, es impredecible e involucra una anomalía en la ocurrencia de la lluvia y puede ocurrir en

cualquier lugar, pero es más característica en climas húmedos y subhúmedos. Generalmente es breve e irregular y afecta una área pequeña (Tijerina 1996).

Sequía Versus Aridez

Resulta importante distinguir entre sequía y aridez, la aridez es usualmente definida en términos de bajo promedio de precipitación o de agua disponible y generalmente de altas temperaturas, esto es una característica climática permanente en una región. En cambio la sequía es una característica temporal, que se experimenta solo cuando la precipitación se desvía apreciablemente debajo de la normal; la sequía se produce con mayor o menor frecuencia en todas las zonas climáticas del país. Las regiones situadas sobre las zonas áridas, son las más afectadas por la frecuencia y crudeza de las sequías. Su vegetación es ecológicamente frágil y la desertificación constituye un peligro permanente.

Sequía y Balance Hídrico

Los factores principales que definen la relación entre la sequía y el balance hídrico son de acuerdo a los siguientes factores que a continuación se mencionan:

Agua del suelo.

El primer factor que controla el balance de agua en el ambiente suelo-planta, es el abastecimiento de agua aprovechable para las plantas; la evapotranspiración actual depende de los cambios en el agua del suelo y generalmente es mucho menor que la evapotranspiración potencial y que puede ser muy alta bajo estas condiciones, la sequía desde el punto de vista agrícola, no inicia cuando cesa la lluvia, sino cuando el agua disponible almacenada abastece la evapotranspiración a una pequeña fracción de la tasa de evapotranspiración potencial. En esta fase las relaciones agua-suelo-planta son muy complejas y han sido sujetas a un considerable número de investigaciones en años recientes; la capacidad de campo de un suelo (CC), es la cantidad de agua que es retenida por éste, después de que ha sido completamente humedecido y que se ha drenado continuamente por dos o tres días (depende del tipo del suelo), la capacidad de campo parece ser más o menos una cantidad fija para un suelo dado, pero estrictamente desde el punto de vista físico varía también ampliamente para ser considerada como una constante; el punto de marchitamiento permanente de un suelo (PMP), es el límite superior de la cantidad de agua del suelo abajo del cual las plantas permanecen marchitas permanentemente en una atmósfera de 100 por ciento de humedad relativa, el potencial del agua del suelo a PMP se acepta generalmente como 15 bars aunque se ha encontrado que varía de 10 a 20 bars.

El agua aprovechable del suelo, es la cantidad de agua retenida en la zona radical entre CC y PMP y se asume que es disponible para el crecimiento de las plantas; la tasa de transpiración para un cultivo, depende grandemente de la disponibilidad de agua en el suelo y es determinante para el crecimiento del sistema radical de las plantas. A medida que se consume el agua dentro de la zona radical, se expanden nuevas raíces hacia abajo y horizontalmente, encontrando nuevas fuentes de agua. Esto ayuda a mantener la transpiración, pero generalmente siempre a una tasa decreciente. La presencia del manto freático cercano a la zona radical es ventajoso para mantener la transpiración y el crecimiento en los períodos de sequía.

Precipitación.

Sobre las grandes áreas de la superficie de la tierra, el agua que abastece al suelo proviene de la precipitación en forma de lluvia. Sin embargo, en algunas áreas de las altas latitudes o elevadas la forma predominante es la nieve: la neblina y el rocío casi sin excepción son fuentes de humedad menores. Por otra parte el granizo es importante porque causa severos daños sobre las plantas, durante la sequía sin embargo, estas áreas se ven beneficiadas de la lluvia que acompaña al granizo, más que por el daño que causa éste; el rol que tiene la caída de la nieve en el alivio de la sequía depende de varios factores. La principal contribución de la nieve puede ser el reabastecimiento de las reservas del agua del suelo acumuladas antes del

inicio de la estación de crecimiento. En áreas de alta precipitación de nieve, el agua del suelo es generalmente reabastecida por las nevadas lluvias de otoño y primavera, en estas estaciones la nieve puede ser superflua y contribuye principalmente al escurrimiento y al flujo en cauces y si la superficie del suelo no está congelada la percolación se ve favorecida incrementándose el nivel del agua subterránea. En las regiones más áridas la nieve es generalmente ligera y durante los períodos de sequía puede ser despreciable. En las zonas áridas donde puede caer nieve y están sujetas a vientos fuertes que evitan la acumulación de la nieve sobre los campos abiertos donde esta es necesaria.

La variabilidad en el área de la lluvia es bien conocida, pero adicionalmente a esto, a una menor escala, la variación se debe a la intercepción de la lluvia por la vegetación. La lluvia que cae en plantas individuales, tiende a fluir a lo largo de tallos, ramas y troncos, por lo que hay un gran concentración del agua que entra al suelo cerca de la base de la planta. Esta forma de coleccionar el agua depende grandemente de la forma de la planta. Algunas que tiene ramas y hojas que son inclinadas y una posición vertical, son las colectoras más eficientes. El viento también tiene un efecto sobre la distribución de la lluvia local a través del efecto directo sobre la intercepción por las plantas y el efecto del transporte horizontal de las gotas. La lluvia que es requerida para humedecer las hojas de las plantas, es finalmente evaporada sin que pase a través de ella. Es posible que no llegue a alcanzar el suelo y no participe en el proceso de transpiración.

Rocío Neblina

Otra contribución al agua del suelo, puede provenir en forma de rocío, pero varias objeciones han sido hechas en relación a la cantidad de humedad aprovechable a partir de esta fuente, la mayoría de los estudios de los últimos años han indicado que el rocío no tiene un efecto significativo sobre la aminoración de la sequía a excepción quizás de las zonas áridas.

Escurrimiento Superficial.

La efectividad de la lluvia, depende considerablemente de la proporción a que ésta se pierde por escurrimiento superficial, bajo condiciones de una moderada a alta intensidad de lluvia, el escurrimiento puede alcanzar valores que exceden el 90 por ciento, mientras que para el caso de bajas intensidades el escurrimiento puede ser alto también si los suelos están a saturación y la lluvia se prolonga por algún tiempo. El escurrimiento puede ser dividido en dos tipos, primero aquel que entra a un cauce bien definido donde eventualmente contribuye a la recarga del acuífero o alcanza el mar y el segundo tipo, aquel que es redistribuido dentro de una pequeña área por medio del flujo de las altas elevaciones hacia las depresiones. Este último tipo de escurrimiento, resultará en una acumulación de agua en algunos puntos donde de alguna manera un campo puede recibir una cantidad de agua dos o más veces la lámina de lluvia que cae.

Hay también combinaciones de estos dos tipos de escurrimiento; por ejemplo, cuando un número de arroyos fluyen de las cadenas montañosas hacia las costas, éstas son alimentadas substancialmente por las lluvias que causan de un moderado a alto escurrimiento en el cauce y eventualmente se presentan algunas inundaciones en la estación húmeda. Estos arroyos cuando se dirigen al interior de las zonas áridas, van perdiendo agua progresivamente por evaporación y por percolación profunda. Sin embargo, en algunas estaciones, pueden tener suficiente flujo para causar inundaciones sobre una amplia zona en las planicies áridas a un nivel ligeramente arriba del nivel del lecho del río. Este es un caso especial de irrigación por inundación natural, en donde la sequía de una zona árida es aliviada casi una vez cada año por adición de humedad precipitada a miles de kilómetros de distancia. Los antiguos Egipcios prosperaron por similares inundaciones del Nilo.

Sequía, Desbalance Ecológico y Erosión del Suelo

En un ambiente en el que el hombre no ha ejercido su influencia, el clímax o estado de equilibrio existe entre las condiciones climáticas, topográficas y suelo con las condiciones bióticas. Los números relativos de plantas y animales de cada especie varían de estación a estación y de año a año, pero los cambios tienden a oscilar alrededor de una condición media la cual es mantenida al menos que un evento catastrófico como un cataclismo geológico, o un cambio climático mayor ocurriera. Las inundaciones o sequías

pueden también tener un efecto marcado en el balance de un ecosistema, pero generalmente una reversión a lo normal puede efectuarse dentro de un próximo período relativamente corto por decir algo, cinco años después de un incendio de arbustos.

Cuando el hombre altera un ecosistema, para mejorar su productividad, puede introducir nuevas especies de animales o de plantas, remover la vegetación mediante incendios, maquinaria o químicos, cultivar el suelo, almacenar agua aguas arriba, adicionar agua al suelo mediante el riego y remover el agua del suelo mediante el drenaje. La intrusión del hombre en áreas de pastoreo, por una sobrecarga de ganado que induce a un sobrepastoreo provocando una subsecuente reducción de las coberturas vegetales, aun durante las estaciones buenas y bajo condiciones de sequía, los pastos nativos sufren severamente.

Mientras que las operaciones de los productores, probablemente aumentan el total de su productividad (al menos temporalmente), traen otros cambios que no siempre son benéficos principalmente en áreas predispuestas a sequía. Los efectos principales son exponer el suelo protegido a la radiación, viento y lluvia. Los cambios locales en el ciclo hidrológico son también a veces inducidos; como sabemos la radiación que llega a una superficie vegetal es un ingrediente esencial para un buen rendimiento provisto de una adecuada cantidad de agua para mantener el flujo evapotranspirativo y las condiciones

óptimas pueden aproximarse. Sin embargo, una vez que el suelo ha sido despojado de la vegetación por la sequía, es expuesto a la radiación directa, se presentan cambios marcados en el balance de calor. El suelo llega a ser más caliente durante el día y más frío durante la noche y estos cambios rápidos resulta en otros cambios físicos incluyendo la desintegración de las partículas grandes de suelo y se propicia grandemente el riesgo de erosión. Cuando la sequía finalmente se suspende, las temperaturas extremadamente altas, pueden también causar un abatimiento del humus con los consecuentes cambios bióticos que reducen la calidad del suelo como medio para el crecimiento de la vegetación. Por lo tanto, después de una extensa sequía se inician o se intensifican los problemas de erosión del suelo. Con la intensificación y continuación de la sequía la vegetación sufre y en caso extremo morirá. Por un período corto las plantas muertas continuarán protegiendo el suelo, pero una vez que se han desintegrado, por la naturaleza del perfil del viento superficial y por reducción de la rugosidad de la superficie, la superficie del suelo experimenta un fuerte flujo del viento. La posición llega a ser perjudicial si la sequía se prolonga hasta las raíces muertas, hasta desintegrar y relajar su influencia cementante sobre las partículas del suelo, favoreciendo así la erosión hídrica y eólica, trasladando grandes cantidades de este a los océanos con la consiguiente desertificación de las zonas afectadas por la sequía.

Características Espaciales y Duración de la Sequía

Extensión de la Sequía.

La sequía puede ocurrir sobre áreas de unos cuantos kilómetros cuadrados, pero casi invariablemente sus intensidades no son tan severas y las duraciones son cortas. Por otro lado una sequía continental puede extenderse sobre grandes áreas cubriendo cientos de miles o en casos extremos millones de kilómetros cuadrados, es virtualmente imposible que un continente completo pueda ser afectado simultáneamente, aunque se tienen reportes que la sequía ha afectado a casi la mitad de Australia y se espera un fenómeno de este tipo cada 50 años.

La correlación inter-estacional de la lluvia de los Estados Unidos, ha surgido la siguiente lista de propiedades del área bajo una sequía continental.

a).- La superficie promedio continental cubierta por la sequía es del orden de 5 a 15 millones de kilómetros cuadrados.

b).- A mayor severidad, una sequía prolongada cubre una mayor superficie.

c).- La forma de la superficie bajo sequía se aproxima más a una elipse que a un círculo.

Para obtener la distribución de la lluvia y tratar de describir la amplitud de la sequía, se ha hecho uso de deciles de precipitación. Los límites de cada decil se calculan por medio de la distribución de frecuencia acumulada ordenando la serie de datos en forma creciente y dividiendo la serie en 10 partes. Por lo tanto el decil uno es la cantidad de lluvia que no es excedida por el 10 por ciento del total y así sucesivamente. En el cuadro 2.8 se muestra la clasificación de los deciles.

Cuadro 2.8 Clasificación de los deciles de precipitación (Medina 1986)

Rango del Decil	Significado del Rango del Decil
1	Mucho muy abajo de la normal (sequía)
2	Muy abajo de la normal
3	Abajo de la normal
4	Ligeramente abajo de la normal
5.6	Normal
7	Ligeramente arriba de la normal
8	Arriba de la normal
9	Muy arriba de la normal
10	Mucho muy arriba de la normal

Para el análisis de extensión de la sequía, se ha utilizado la clasificación del cuadro 2.9.

Cuadro 2.9 Clasificación de la sequía (Medina 1986).

Porcentaje del Area Afectada	Categoría de la Sequía
Menor de 10	Local
11 - 20	Vasto
21 - 30	Muy vasto
31 - 50	Extraordinario
Mayor de 50	Catastrófico

Para establecer el grado de afectación de las sequías, se usa un índice de severidad que corresponde cada año a las sumas de las desviaciones cuando la lluvia mensual es menor que la normal, la ecuación empleada es la siguiente:

$$I.S. = (Y - X) \quad Y < X$$

x

Donde:

Y = Precipitación mensual registrada

X = Precipitación mensual normal

I.S = Índice de Severidad

Los rangos de interpretación se muestran en el cuadro 2.10.

Cuadro 2.10 Rangos de índice de severidad de la sequía

(Medina 1986).

Intensidad de Sequía	Rangos
Severa	0.75 - 1.00
Fuerte	0.75 - 0.50
Leve o normal	0.50 - 0.25
Ausente	0.00 - 0.25

Principio y Final de la Sequía

La sequía difiere de otros fenómenos meteorológicos en aspectos temporales. Su inicio y terminación son frecuentemente indefinidos y con respecto a su duración, puede ser relativamente larga.

El término principio de sequía, depende mucho de la definición usada. Obviamente no comienza con el cese de la última lluvia útil, pero puede estar relacionada a esta fecha a través del almacenamiento de agua del suelo, si este tipo de definición es aceptada. La situación es frecuentemente complicada por la ocurrencia de lluvias esporádicas tanto en tiempo como en espacio de importancia menor durante el tiempo de sequía, las cuales contribuyen en forma despreciable en la humedad del suelo pero también paralelamente detienen temporalmente el proceso de secado. Aun cuando se utilice un método objetivo para evaluar la sequía, como por ejemplo; la deficiencia de lluvia acumulada o el almacenamiento del agua en suelo derivado de un balance hídrico, es necesario establecer puntos de referencia donde el valor del índice objetivo pueda ser comparado con observaciones directas de las condiciones en que se encuentran las plantas en el campo.

A pesar de esto, es improbable que pueda llegarse a una conclusión general: pero en su lugar puede decirse por ejemplo, que la sequía afectó cultivos y pastos pero no árboles.

El problema frecuente es definir el final de una sequía, excepto en aquellas regiones donde bajo circunstancias especiales caen tormentas de gran magnitud que saturan el suelo hasta una profundidad apreciable; sin embargo este no es el caso usual, frecuentemente la lluvia cae en forma intermitente y la humedad no penetra a una profundidad apreciable para

beneficiar el sistema radical, por lo tanto si no sigue lloviendo dentro de las próximas semanas la sequía puede reanudarse. De hecho, esta lluvia inusual puede ser dañina si el nuevo crecimiento (yemas) se inicia y las plantas son expuestas a condiciones de sequía severa. Palmer (1965), consideró este problema en su procedimiento de análisis de la sequía y presenta un criterio para determinar objetivamente el final de los períodos de sequía. Básicamente él asume que al final de una sequía los déficits de agua acumulados decrecen gradualmente cuando la precipitación excede la cantidad esperada y ese pequeño exceso de humedad puede ser considerado como indicador preliminar del término de sequía, pero es necesario observar un exceso grande acumulado, antes de que se pueda concluir que el período largo de sequía ha terminado.

Duración de la Sequía.

Si el uso del suelo es apropiado y cuidadosamente manejado en una región climática en particular, se puede argumentar que la sequía en agricultura podría ser un caso no común. Por ejemplo, si las actividades agrícolas o pastoriles fueron conducidas con referencia a la mediana anual de la lluvia en el lugar promedio, entonces solo tres años de cada 10 podrían considerarse secos ó muy secos independientemente de las zonas que pueden ser húmedas o áridas. Sin embargo, esto nos dice muy poco acerca de la duración o severidad de la sequía como un año de lluvia subnormal puede

comprender algunos meses con lluvia subnormal seguido de algunos meses arriba de lo normal. Lo mismo la total anual puede ser acumulada hasta 12 meses de precipitaciones mensuales ligeramente subnormales.

La mayoría de los lugares del mundo están sujetos a sequía desde el punto de vista agrícola pero la duración y la intensidad varían grandemente de una zona climática a la siguiente. Hay numerosas ocasiones en los últimos 100 años que las sequías sobre partes de los continentes del mundo sobrepasan los 12 meses, mientras que en raras ocasiones las sequías se han continuado con alivios despreciables por espacio de 10 años.

Persistencia de la Sequía

Puede verse estadísticamente que frecuencias de lluvia mensual por arriba o por abajo de la mediana puede en algunos casos exhibir un grado significativo de persistencia. El efecto es la tendencia a disminuir el número de frecuencias cortas con lluvia y aumentar el número de frecuencias largas con lluvia así como reducir el número total de frecuencias con lluvia.

Hay también razones para sospechar que la sequía por si misma puede perpetuarse hasta algún grado. Una vez que la superficie ha quedado sin vegetación, una gran cantidad de calor sensible regresa a la atmósfera en lugar de calor latente. En estos casos hay un gran calentamiento de la

superficie y microturbulencias que promueven un mayor abastecimiento de aerosoles que participan como elementos de nucleación de las nubes, los cuales son mezclados a través de un mayor espesor de la atmósfera. La preponderancia del tipo de nubes cúmulos continentales sobre los marítimos pueden contribuir a la persistencia de la sequía.

Causas de la Sequía.

La sequía debe ser más simple enunciada como la escasez de lluvia durante un período intenso de tiempo, pero esto no es estrictamente correcto, particularmente en aquellos casos basados en un modelo de balance hídrico. Un enunciado más aproximado es aquel que indica que la sequía agrícola es causada por una cantidad de agua aprovechable del suelo en un período crítico y esta condición dependerá de las especies de plantas y tipos de suelo; la sequía es una manifestación regional de una fluctuación climática general, asociada con una persistencia de una aberrante circulación de la atmósfera a gran escala. Los meteorólogos explican generalmente la sequía de una región, en términos de una circulación atmosférica que subsidie sobre la región. Esta explicación de la causa inmediata describe meramente movimientos y procesos meteorológicos concomitantes más que fuerzas fundamentales dinámicas y termodinámica que producen la circulación aberrante y sus productos meteorológicos concurrentes.

Aunque algo se ha encontrado, es conveniente ver la sequía y similares fluctuaciones climáticas, como un fenómeno del azar, esto parece decir que estas anomalías meteorológicas son explicables en términos de:

a).- Fuerzas físicas y restricciones que determinan a gran escala los patrones de circulación atmosféricas, acoplados con

b).- factores regionales que sobreimponen peculiaridades climáticas locales y que retroalimentan el clima a gran escala.

También hay quien cree que las ocurrencias de las sequías son rítmicas y por lo tanto predecibles por métodos estadísticos, pero esto también es improbable.

También hay razones substanciales para suponer, que la sequía puede resultar de cambios en la composición de la atmósfera que pueden revertir y producir alteraciones en ciertas características de la circulación general a gran escala. Los gases más frecuentemente mencionados están en conexión con el vapor de agua, bióxido de carbono y ozono, estos son gases absorvedores selectivos de radiación que pueden modificar el balance de calor en la tierra. Aquí nuevamente las evidencias son pobres, pero esto puede ser considerado como otro factor que puede ser responsable en alguna medida para las peculiaridades del clima.

Otra hipótesis presume que la calidad y cantidad espectral de la radiación solar, varía continuamente en ciclos de 80 a 90 años, hay un ciclo tal en el número de manchas solares, pero no hay una evidencia de tal ciclo desde el punto de vista de la energía que proviene del sol. Si tal ciclo existe, la circulación de la atmósfera debería estar en constante reajuste de acuerdo con la mayor o menor cantidad de energía solar que llega a la tierra. Si los reajustes involucrados existieran, la sequía probablemente apareciera en una región y luego en otra, hay una obvia necesidad urgente de colocar un observatorio orbital que pudiera continuamente monitorear la energía solar emitida con gran precisión,

Pronóstico de la Sequía

Examinando varios métodos que han sido utilizados para predecir las tendencias a largo plazo del clima, parece ser que éstos pueden clasificarse como estadísticos, estadístico físicos, analógicos y físico numéricos; Mitchel discute las causas físicas de las fluctuaciones climáticas y concluye que puede ser posible predecir cambios si se reúnen las siguientes condiciones:

a).- Una variable estadística es autopredicible a partir del conocimiento de su propio pasado histórico.

b).- Una variable climática está estadísticamente correlacionada con una o más variables del medio ambiente que al revertirse es estadísticamente

autopredecible.

c).- Una variable climática es prescrita a través de las relaciones físicas causa-efecto establecidas por una o más variables que gobiernan el ambiente y que al revertirse son estadísticamente autopredecibles.

d).- Una variable climática es prescrita a través del establecimiento físico de las reacciones causa-efecto por una o más variables que gobiernan el ambiente y que al revertirse son físicamente autopredecibles.

En muchos lugares del mundo en condiciones áridas se han llevado a cabo estudios considerando las relaciones entre la temperatura superficial del mar (TSM) y las condiciones de aridez han sido descritas para el desierto de Sahel (Falland, et al., 1986); en Brasil (Namias, 1972); en Chile (Romero, 1989), para Australia (Simmonds y Rocha, 1991), en India y Sri-Lanka (Rasmusson y Carpenter, 1983) incluso para Europa (Namias, 1978) y, sobre todo para las grandes planicies de los EUA (Orville, 1990).

Adicionalmente, eventos extremos de condición térmica oceánica se han relacionado con las condiciones de sequía prevalecientes en diferentes partes del mundo, (Romero, 1989; Namias, 1989). Un ejemplo de estos eventos es el sucedido durante 1988 y catalogado como uno de los fenómenos oceanográficos fríos más intensos en el Océano Pacífico ecuatorial y oriental, fenómeno conocido como "El niño".

Durante las últimas tres décadas expertos en el pronóstico del clima han enfocado su atención hacia la determinación anticipada de las condiciones climáticas que se presentan en regiones particulares, sobre todo en escalas de tiempo que van más allá del patrón estacional (Namias, 1972). Recientemente se ha conocido que este tipo de estudios son relevantes para el adecuado manejo y uso de los recursos naturales, entre ellos el agua (Lluch-Belda et al., 1991). En la actualidad el estudio de las teleconexiones, junto con la reconocida importancia que los modelos estadísticos tienen en estas escalas de tiempo y espacio son consideradas como uno de los campos de la Ciencia que prometen resultados alentadores en el pronóstico del clima de largo plazo, (Namias, 1985).

MATERIALES Y METODOS

Caracterización del Area de Estudio

La República Mexicana se localiza geográficamente en el continente americano, en el hemisferio norte, entre las latitudes $14^{\circ} 30'$ y $32^{\circ} 42'$ de latitud norte y los meridianos $86^{\circ} 42'$ y $118^{\circ} 22'$ de longitud oeste. Cuenta con una superficie $1,958,201 \text{ km}^2$, ocupa el décimo tercer lugar en el mundo por su extensión. Colinda al norte con Estados Unidos de América, al este con el Golfo de México y Mar de las Antillas, al sureste con el Mar Caribe, Belice y Guatemala, y al oeste con el Océano Pacífico.

Esta localización y la configuración física, en particular la orografía que domina más del 50 por ciento del territorio nacional, contribuye de manera decisiva a que se reúnan los paisajes más diversos, desde el desierto, la selva y las playas tropicales, hasta las nieves perpetuas y glaciares.

Políticamente el país se divide en 31 estados y un distrito federal, aproximadamente el 50 por ciento de la superficie total es árida y semiárida.

Por su situación fisiográfica, México es el puente que une las dos masas continentales americanas y su corteza terrestre presenta formas muy

diversas. Así se tiene que más del 65 por ciento de la superficie del país está por encima de los 500 msnm y poco más del 50 por ciento se localiza en altitudes superiores a los 1000 msnm.

La complejidad de los componentes climáticos en el territorio nacional es el resultado de su ubicación a ambos lados del trópico de cáncer, así como a la influencia de los vientos y aguas cálidas provenientes de Golfo de México y el Mar Caribe, y a las aguas frías procedentes del Océano Pacífico. Estos factores en conjunto con las montañas producen grandes diferencias regionales en cuanto a la precipitación pluvial, a la humedad y en general al clima; de acuerdo con el atlas nacional del medio físico, publicado por el INEGI (1988) los climas que presenta México según la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), están representados por 97 tipos y subtipos, que van desde muy cálidos con lluvias todo el año (Af) hasta los muy secos (BW), pasando por los cálidos húmedos [Am(f)], los templados (C), el estepario (BS) y con algo de nieves perpetuas de altura (EHF) en los picos de las montañas del eje neovolcánico, sin embargo, los climas predominantes son los secos.

Rzedowski (1978) menciona que el trópico de cáncer, además de ser una línea significativa desde el punto de vista térmico, constituye la franja de transición entre los climas áridos y semiáridos, y los climas húmedos y subhúmedos; las zonas áridas y semiáridas agrupadas en los denominados desiertos Sonorense y Chihuahuense, se han originado principalmente por la

desiertos Sonorense y Chihuahuense, se han originado principalmente por la ubicación de los macizos montañosos, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental, los cuales forman una barrera que cierra el paso a los vientos húmedos y provoca la ausencia de lluvias a las tierras del interior; cuando estos vientos descienden sobre la vertiente de sotavento, se transforman en vientos secos que absorben rápidamente la poca humedad de esas áreas formando condiciones de aridez evidente.

El desierto de Baja California es un desierto costero denominado "de neblinas", que se forma por la circulación de los vientos provenientes del poniente, enfriados por las corrientes oceánicas que bañan sus litorales.

En las regiones áridas y semiáridas las temperaturas medias anuales varían desde 15°C hasta los 25°C, con grandes oscilaciones entre los valores medios mensuales, así como entre los máximos y mínimos diarios. En estas regiones se presentan temperaturas máximas absolutas del orden de los 38°C a los 46°C, mientras que mínimas absolutas fluctúan desde 0° hasta -16°C.

De acuerdo a la Carta de Precipitación Pluvial del Atlas de México, (UNAM, 1990), en las zonas áridas y semiáridas de México ésta se distribuye de la siguiente manera: hasta 125 mm anuales, en el extremo noreste del estado de Sonora, sur y noreste de Baja California y en el extremo noreste de Baja California Sur, de 125 a 400 mm (excluyendo los lugares anteriores),

tanto en la Península de Baja California, norte, centro y suroeste del estado de Sonora, Chihuahua, Coahuila y parte de Nuevo León, franja costera de Sinaloa, norte y centro de San Luis Potosí. De 400 a 600 mm anuales en parte de Sinaloa, Sonora, Chihuahua, Durango, Aguascalientes, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Nuevo León, Tamaulipas y noreste de Coahuila, se incluyen además pequeñas porciones de los estados de Tlaxcala, Puebla, Oaxaca y Yucatán, en Sonora, Chihuahua, Durango y Zacatecas quedan excluidas las áreas localizadas en la Sierra Madre Occidental por presentar lluvias hasta de 1,000 mm anuales.

En México se cuenta con 320 cuencas hidrológicas aproximadamente, que tienen un escurrimiento medio anual de 410,000 millones de metros cúbicos en promedio, cifra que representa prácticamente el total disponible como recurso renovable. Desafortunadamente su distribución no es uniforme en el territorio nacional; el norte del país solo cuenta con el escurrimiento de 12,300 millones de m³ que representa 3 por ciento del total, en una área que comprende prácticamente 30 por ciento del territorio nacional, mientras que el sureste del país dispone de 205,000 millones de m³, en una área que no excede 20 por ciento del territorio nacional.

En referencia a la precipitación pluvial, que es en promedio de 780 mm que también están distribuidos de una manera desigual y sujetas a fuertes variaciones, la zona norte tiene precipitaciones medias anuales inferiores a los

500 mm y en el sureste éstas pueden llegar a ser superiores a 2,000 mm.

En 1990 la demanda de agua, para diferentes fines, es como sigue en orden de importancia: para generación de energía eléctrica, riego, la industria y agua potable. Destaca pues, el sector que genera energía eléctrica, como el principal extractor de agua. Sin embargo el consumo de agua por esta actividad es mínima, además de que la descarga de agua la realiza este sector en las mismas condiciones de calidad que en su extracción, por lo que se considera que no tiene efecto significativo en la disponibilidad del recurso, entre 1990 y 2000, se estima que la demanda crecerá de 87,115 a 118,934 millones de m³ en el segundo año. La demanda de agua para riego seguirá siendo prioritaria y se incrementará la industrial, en referencia al suministro de agua potable se tienen diferentes características, dada la distribución poblacional la presencia de agua y la actividad económica, por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar existe el 80 por ciento de agua disponible y se localizan 85 ciudades con más de 15,000 habitantes que alojan el 29 por ciento de la población. El 71 por ciento restante vive arriba del nivel mencionado en 95 centros urbanos mayores de 15,000 habitantes que solo cuentan con el 20 por ciento del agua en el país, entre las latitudes 18° Y 22° se concentra el 60 por ciento de la población y el 80 por ciento de las actividades industriales, lo que provoca problemas de escasez de agua.

Las unidades de suelo dominantes en la República Mexicana, de

acuerdo al análisis realizado por Ortiz y Ortiz (1984), se presentan en el cuadro

3.1

Cuadro 3.1 Principales unidades de suelos en México
(Ortiz y Ortiz 1984).

Unidad de suelo	Superficie (millones de ha)	Proporción (%)
Litosol	29.2	14.83
Luvisol	17.3	8.78
Rendzina	13.4	6.79
Castanozem	29.0	14.75
Vertisol	9.5	4.81
Regosol	9.3	4.72
Yermosol	16.9	8.59
Ansosol	7.3	3.72
Cambisol	3.9	1.95
No determinado	50.0	25.96
Total	195.8	100.00

En relación a los suelos de las zonas áridas y semiáridas, las unidades predominantes son: Regosoles, Xerosoles, Yermosoles, Litosoles, Solonchaks, Luvisoles y Cambisoles.

La flora en México está estimada en unas 30,000 especies de plantas sobre pasando las 18,000 de Estados Unidos de América, las 20,000 de Rusia y las 26,000 de China, otro aspecto notable de la flora mexicana es su riqueza en organismos endémicos ya que se tienen registradas 3,573 especies vegetales lo que representa el 11.1 por ciento del total nacional. Los mayores

porcentajes de endemismo se registran en las floras donde predomina el material xerófilo y los pastizales de zonas áridas y semiáridas, la cubierta vegetal de México ha sido clasificada por diversos autores; la más generalizada es la de Rzedowski (1978) quien la clasifica en nueve tipos. A un nivel más detallado, la comisión técnica para la determinación de los coeficientes de agostadero identificó 41 asociaciones vegetales solamente para la zona árida y semiárida del país. La población utiliza unas 6,000 plantas comestibles y se estima que 5,000 son utilizadas en la medicina tradicional, a pesar del potencial mencionado el aprovechamiento intensivo se enfoca a unas cuantas especies maderables y no maderables. En la zona árida y semiárida la explotación de recursos se concentra en palmas, lechuguilla, candelilla, jojoba, cortadillo, nopal, maguey y mezquite, de donde se extraen resinas, ceras, leña, fibras y aceites entre otros.

México presenta una megadiversidad biológica, existen casi 1,000 especies de aves y 2,500 de mariposas, su herpetofauna es la más diversa del mundo, con 957 especies de anfibios y reptiles. Existen 2,413 especies de vertebrados terrestres lo que representa el 10.6 por ciento del total mundial.

El aprovechamiento económico de la fauna se ha realizado bajo criterios de irracionalidad, factores como la destrucción de los hábitat, la captura con diversos fines y la cacería irracional entre otros, han afectado seriamente la fauna silvestre poniendo en riesgo su abundancia y diversidad.

La Sequía en la Epoca Prehispánica

El Entorno

Hace 30,000 años la Tierra se hallaba en los finales de la llamada edad de hielo, determinada por los geólogos como período Pleistoceno, con lo que se inició la era Cuaternaria; durante este período la especie humana evolucionó hasta alcanzar la categoría del " homo sapiens ".

Se produjeron las glaciaciones con las consiguientes subidas y bajadas del nivel del mar e hicieron su aparición nuevas especies de animales pertenecientes a las familias del toro, el caballo y el elefante, los dos últimos acontecimientos fueron determinantes en el poblamiento primitivo de América, a través del estrecho de Bering y su posterior desplazamiento a Alaska, Estados Unidos y México.

Durante las glaciaciones el nivel de los océanos descendió aproximadamente unos 40 metros menos de lo que tienen en la actualidad. Tal circunstancia hizo posible que en lo que ahora es el Estrecho de Bering se formara un puente de tierra que unió a Siberia con Alaska, como este puente quedaba casi a la altura del mar no estuvo cubierto por hielo, tampoco lo estuvieron la parte occidental de Alaska ni en el valle de Yukón que prolongaron este "corredor" en el continente americano.

De este modo, al finalizar la última glaciación, animales pleistocénicos se internaron por el "corredor" de Bering y llegaron a nuestro continente, detrás de ellos entraron en Alaska los primeros hombres, hará unos 20,000 años. Para llegar al actual territorio de Canadá y posteriormente a los Estados Unidos y México, estos primeros inmigrantes debieron haber transitado por el valle del Río Yukón, más tarde seguramente continuaron por el curso del Río Makenzie y las faldas orientales de las montañas rocallosas, hasta alcanzar las planicies norteamericanas, se calcula que unos 8,000 años a.C. el nivel de los mares volvió a subir y el "corredor" de Bering desapareció completamente poniendo fin a las migraciones asiáticas terrestres, de ahí en adelante, durante milenios, las poblaciones de los dos continentes tuvieron un desarrollo autónomo, cada uno por su cuenta.

En la figura 3.1 se muestran Las Rutas de Poblamiento de América

El objeto más antiguo encontrado hasta ahora es una punta de dardo del tipo Clovis, descubierta en el rancho Weicker, del estado de Durango, a la cual se le asignó una antigüedad aproximada de 10,000 años.

Los primeros pobladores de México llegaron por el norte, por lo que necesariamente debieron haber cruzado los territorios de las zonas áridas y semiáridas, donde sólo pequeños grupos permanecieron por las condiciones de aridez y la mayor parte continuó en busca de mejores tierras, los

antropólogos han clasificado a los pueblos prehispánicos colocando dentro del salvajismo a los pueblos recolectores y cazadores nómadas; dentro de la barbarie han catalogado a los recolectores semisedentarios y a los agricultores sedentarios y han considerados como pueblos civilizados a los habitantes de grandes ciudades que vivieron de la agricultura, el artesanado, el comercio o la conquista de los pueblos débiles.

Al analizar el período de 11,500 años, comprendidos entre los inicios de la población de México estimado en 10,000 años a.C. a 1521 D.C., fecha de la conquista española, se llega al conocimiento de que los pueblos que ocuparon las mejores tierras lograron evolucionar rápidamente hasta hacerse civilizados, los pueblos que se sitúan en las regiones marginales a las anteriores solo alcanzaron la etapa de la barbarie y los pueblos que se vieron precisados a vivir en las zonas desérticas no pasaron más allá de los límites del salvajismo, nuestro actual territorio se divide en esta época, en dos grandes áreas culturales: Mesoamérica y Aridoamérica.

A Mesoamérica se le ha señalado un territorio que principiaba en el Río Pánuco hacia el Golfo de México y el Río Culiacán hacia el Pacífico y se extendía por todo el centro, sur y sureste de nuestro país, incluyendo Guatemala, Belice, El Salvador y una parte de Honduras. En esta región se establecieron pueblos que evolucionaron hacia la barbarie y la civilización,

Aridoamérica comprendió el resto de nuestro territorio situado más allá de la frontera norte de Mesoamérica.

En la figura 3.2 se muestran los territorios de Aridoamérica y Mesoamérica

En Aridoamérica, todavía en 1521, fecha de la conquista española, los pobladores fueron nómadas o seminómadas, ya que la falta de agua hacía imposible sembrar, los grupos indígenas como Irritilas, Coahuiltecos, Laguneros, Zacatecos, Tobosos y Guachichiles tenían poca población y gran movilidad, así como una íntima dependencia de la vegetación en sus actividades de recolección de una gran diversidad de productos vegetales- frutos y plantas comestibles para satisfacer sus necesidades alimenticias, que complementaban con actividades de caza y pesca, los animales que cazaban era el venado, bisontes, liebres, ratas, topos, tortugas, culebras, aves y pequeños mamíferos, se relata que consumían vainas de mezquite, jugo de maguey y tunas, jugaban con pelotas de guayule y usaban las fibras de lechuguilla y la cera de candelilla, la cual extraían por cocción en agua caliente, empleándolo para recubrir sus tiendas y las cuerdas de sus arcos para protegerlas de los cambios climáticos; los vestigios de estas civilizaciones se encuentran en la Quemada, Zacatecas y en Casas Grandes, Chihuahua.

El cultivo del maíz marca la fase más avanzada de los conocimientos

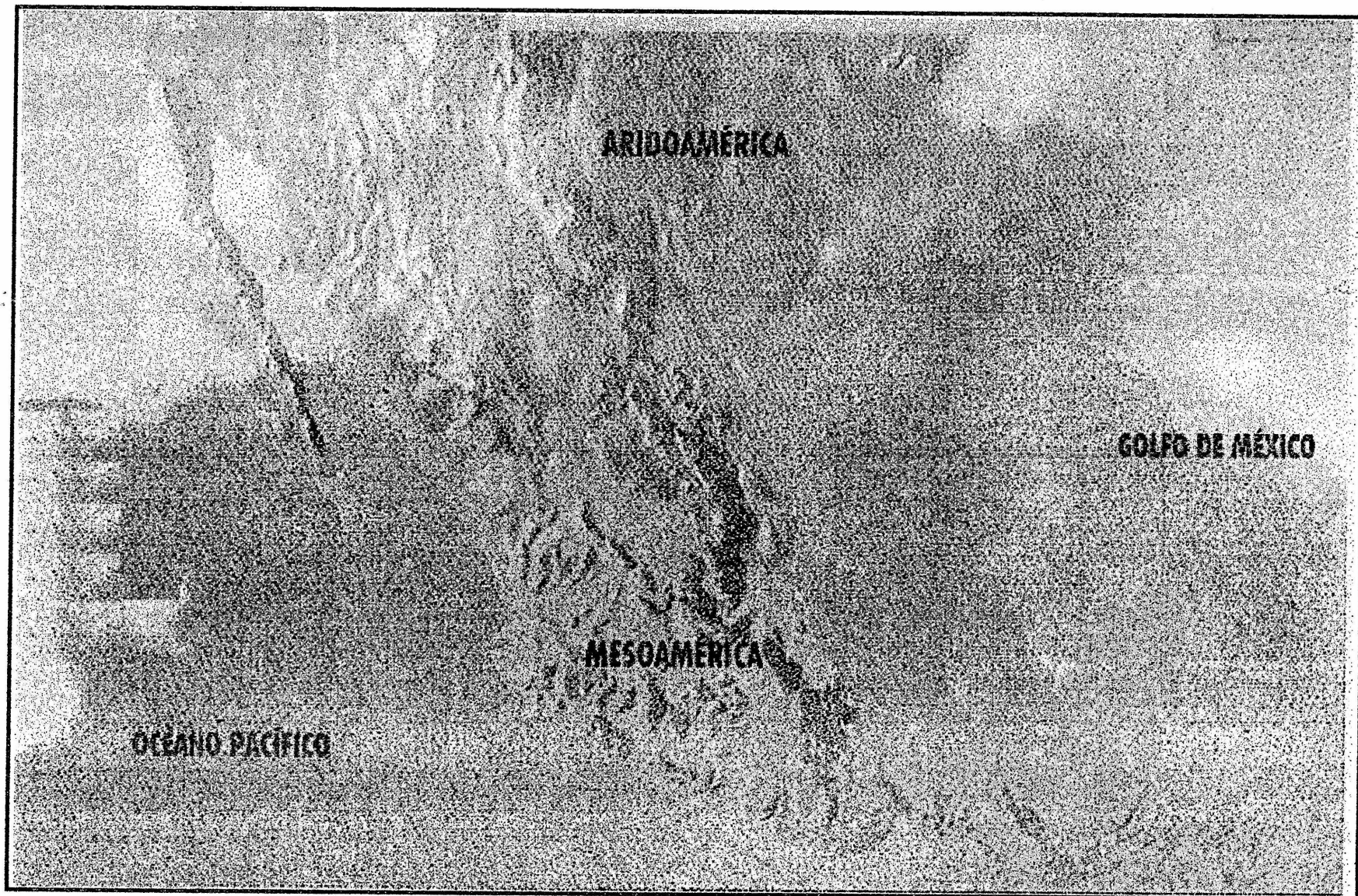


Figura 3.2 Aridoamérica y mesoamérica.

agrícolas logrados por el hombre de América, en una perforación que se realizó en la actual ciudad de México, a 80 metros de profundidad se hizo un notable descubrimiento: granos de polen de maíz. Como los geólogos le concedieron un antigüedad de 80,000 años, se puede afirmar que el maíz es una planta originaria de América; el lugar en que se considera se cultivó por primera vez el maíz en América fue el valle de Tehuacán, en el Estado de Puebla, al inventar la cerámica, el hombre resolvió el problema de cocer, servir, transportar y conservar sus alimentos.

Cuando el hombre introdujo el riego para cultivar la tierra aun en tiempo de secas, se convirtió en agricultor de tiempo completo y se hizo sedentario. La necesidad de protegerse y ayudarse entre sí, obligó a los integrantes del grupo a construir sus viviendas muy cerca unas de otras, surgiendo las primeras aldeas que estuvieron situadas generalmente en las proximidades de los ríos y de los lagos; hacia 1,800 años a.C. los primeros pueblos agricultores de América habían sentado las bases de la vida sedentaria; para 1521 D.C. dentro del territorio de Mesoamérica los arqueólogos han identificado seis regiones arqueológicas correspondientes a igual número de culturas que florecieron en diferentes épocas: la Teotihuacana, Tolteca y Mexica, con Teotihuacan, Tula Tenochtitlan y Calaxtla, en el Altiplano Central; en la costa del Golfo, los Olmecas con Tajin y Zepoala, tres Zapotes y la Venta; en occidente los Tarascos con Tzinzzunzan; en Oaxaca, zapotecas y mixtecos y el territorio Maya, con Chichen-Itzá, Palenque y Copan.

En la figura 3.3 se muestran las Culturas de Mesoamérica.

Estas civilizaciones crearon un sistema de escritura, un sistema de numeración, un sistema calendárico, una religión formal, el juego de pelota, el arte lapidario, la escultura monumental y una sociedad estratificada, se estima que teotihuacan alcanzó una población de por lo menos 100,000 habitantes y Tenochtitlan de 200,000 habitantes.

Cronología de Sequías.

La carencia de agua en la región de Aridoamérica influyó tan drásticamente que en 11,500 años; período transcurrido entre la llegada de los primeros pobladores a México y la llegada de los españoles a América; los habitantes del semidesierto no lograron desarrollar su sociedad. En Mesoamérica, los pobladores de la época seguramente registraban las sequías y sus efectos, sin embargo, como es sabido muchos códices Prehispánicos fueron destruidos y seguramente se perdió información valiosa. Con base a la información procedente de códices Prehispánicos, crónicas escritas y estudios arqueológicos, Florescano (1980), ha podido recabar información que permite establecer una cronología de algunas de las sequías que se presentaron en el valle de México y los efectos que provocaron; es conveniente mencionar que los registros de fenómenos meteorológicos, como lo demuestran algunos de los pocos códices que quedaron, solo consideran hechos excepcionales,

es decir las pocas sequías que se encuentran registradas en los códices, son seguramente aquellas que afectaron más visiblemente a las sociedades Prehispánicas, de donde se desprende que las sequías menos intensas no fueron registradas. Las sequías que se encuentran registradas se consignan en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2 Cronología de sequías en el valle de México
en la Epoca Prehispánica

Nº	AÑO	LUGAR	DURACION
1	1500 a.C. - 3600 a.C.	Valle de México y Teotihuacan	prolongada
2	1052	Tula	7 años
3	1064	Coatepec	
4	1200	El Bajío	
5	1297	Otlaltepec	9 años
6	1328	El Peñoncillo	2 años
7	1332	Chalco - Coyoacán	4 años
8	1347	Chalco	4 años
9	1448	Chalco	
10	1450-1454	Valle de México	3 años
11	1460 y/o 1464	Tenochtitlan	
12	1502	Cocollan	
13	1514	Tenochtitlan	

Efectos Políticos, Económicos y Sociales.

En cuanto a los efectos políticos más destacados son: Interrupción de la guerra entre Aztecas y Tlaxcaltecas.

Los efectos económicos más notables fueron: Pérdida de las cosechas, interrupción de labores agrícolas, escasez de maíz, agotamiento de los graneros estatales, se recurre a productos como raíces, ranas y camarones, se prohíbe sacar el maíz y se trae de fuera, se secan las acequias, las chinampas encallan en tierra.

Entre los efectos sociales más relevantes son los siguientes: la gente se vende a cambio de maíz, siendo el precio de una doncella cuatrocientas mazorcas de maíz y quinientas un mozo; la escasez afectó a la gente de más bajos recursos, los pueblos que si tienen maíz se aprovechan de la necesidad de los que no tienen; migraciones, la nación Tolteca huyendo de la muerte y solicitando remedio a tantas desgracias en otros climas, abandonó aquella tierra y se esparció en diferentes países, peregrinación de los pueblos en la época del fin de Tula y de las migraciones chichimecas la sequía debe haber abarcado una zona extensa pues todas las tribus peregrinantes recuerdan haber salido de su lugar de origen buscando tierras donde establecerse; gran mortandad por epidemias, hambruna y ataques de bestias como coyotes salvajes, bestias monteses y aves de rapiña.

Prevención de la Sequía

La cuenca del Valle de México presenta ciertas características desfavorables, por su régimen de lluvias, para la agricultura basada en el cultivo del maíz ; La precipitación pluvial dentro del Valle está concentrada en una sola estación de lluvias, que es muy irregular. La irregularidad de las lluvias resulta particularmente crítica con respecto al comienzo de la estación, y se vuelve angustiosa al combinarse las heladas tempranas y tardías con las sequías . Debido a que el maíz es originario de regiones de menor altitud con respecto a la cuenca de México, éste tiene poca resistencia a las heladas y particularmente vulnerable en las fases críticas de la germinación y la formación de la espiga, dos fases en que los requerimientos de humedad son muy altos. De allí que, una estación de lluvias tardías y heladas tempranas resulten fatales para la cosecha del maíz. En otras palabras, si las siembras se realizan al comienzo de la estación de las lluvias, se presenta el riesgo de enfrentarse a una sequía que destruya los sembradíos, pero si las siembras se retrasan, el riesgo son las heladas.

Este problema es particularmente agudo en el centro y norte de la cuenca, donde la precipitación es menor y más irregular que en el sur y donde además el manto del suelo tiende a erosionarse debido a las lluvias torrenciales, perdiendo su capacidad de retención de humedad. Todo lo anterior nos habla de un medio natural que hace indispensable el manejo del

agua para practicar la agricultura (Palerm, 1957).

Los tipos de obras hidráulicas utilizadas en la agricultura del Valle de México, fueron los siguientes:

Riego de terrazas con agua de manantial. Estos eran sistemas de irrigación relativamente pequeños, que se originaban en los manantiales permanentes situados en lo alto de las montañas. Allí, el agua se captaba mediante un canal principal, conduciéndose a través de una red de distribución de pequeños canales hacia las terrazas de cultivo, y finalmente a caudales mayores. Parte de este sistema lo constituían también los acueductos, que salvaban los grandes desniveles de terreno, y las presas de almacenamiento, muchos de los canales y depósitos se impermeabilizaban con estuco y calicanto.

Riego de río en llanura. Eran sistemas mayores de irrigación, que utilizaban los ríos permanentes y semi-permanentes para regar la superficie llana no cubierta por los lagos, mediante presas, canales de desviación y extensas redes de acequias.

Chinampas. Era un tipo de cultivo basado en los sistemas hidráulicos localizados en la zona lacustre, que se caracterizaba por su mayor complejidad y por ser los más productivos, clasificándose en chinampas aguas adentro y

aguas afuera.

La astronomía, astrología, calendario, ceremonias y religión. Estaban ligados íntimamente entre sí y a su vez todos ellos estrechamente relacionadas con el ciclo agrícola y por lo tanto con la sequía. La primordial importancia de la observación de los astros era descubrir los momentos del ciclo agrícola. La clase sacerdotal y la religión estuvieron íntimamente ligados desde un principio con la agricultura. El calendario, con usos ceremoniales y mágicos eminentes, como en todas partes, nació también de la necesidad de establecer el paso de las estaciones, los períodos de siembra, de cosechas, de lluvias y de la sequía, con relación a la agricultura, los tlanatimime tenían la función de coordinadores de las labores agrícolas de la comunidad. Es decir, aunque el agricultor sabía cuánto debía realizar cada una de las faenas agrícolas, carecía de los conocimientos necesarios para sincronizar sus actividades con las del resto de la sociedad. Así el sacerdote, al fijar con exactitud los días del año, daba al campesino como puntos de referencia las festividades que repetían invariablemente (Palerm, 1957).

La Sequía en la Epoca Colonial

El Entorno

Con el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, el 12 de Octubre

de 1492, se volvió a establecer contacto entre el continente Americano y el Viejo Mundo, estableciéndose 29 años después formalmente la colonización española con la caída de Tenochtitlan el 13 de Agosto de 1521.

Los conquistadores y colonizadores europeos encontraron que les era difícil adaptar los métodos de Europa a las condiciones naturales de América. Los inmigrantes sufrieron penurias y hambres, y sobrevivieron muchas veces gracias a los abastecimientos que recibieron de su país de origen y los víveres que compraron o arrebataron a los indios. El establecimiento de las colonias no estuvo asegurado sino hasta que la agricultura se realizó siguiendo en algunos casos los métodos de cultivo de los nativos y adaptando, en otros los métodos europeos, en este período, la agricultura evoluciona, la minería y la ganadería se inician, los españoles introdujeron a América la alfalfa, cebada, caña de azúcar, trigo, uva, cítricos como naranja y limón, así como hortalizas; también introdujeron animales que se usaron para carga, tiro y locomoción, como bueyes, caballos y mulas, así como la vaca, cabras, ovejas y cerdos que proporcionaron : leche, carne y lana; así mismo introdujeron técnicas e instrumentos, como: la rotación de cultivos, el uso de abono animal, la azada, el arado romano, la carreta; el aprovechamiento del agua se enriqueció con la construcción de acueductos, canales y acequias.

Recíprocamente, los colonizadores y conquistadores llevaron a Europa y distribuyeron en sus colonias: maíz, papa, tabaco, henequén, cacahuete,

papaya y otros cultivos y frutales. La ganadería fue de gran importancia para la población española, dos prácticas ganaderas fueron de gran interés: la emigración o transhumancia anual al comienzo y final de la estación seca y la recogida mediante el rodeo para la marca del ganado nuevo, la tenencia de la tierra sufrió profundos cambios, ya que se creó el sistema de encomiendas que consistían en la entrega de pueblos enteros y tierras al cuidado de conquistadores individuales para administrar y civilizar a la comunidad, siendo los encomenderos los responsables de hacer trabajar a los indios y sacarles tributos, en los 300 años los encomenderos crearon derechos de propiedad sobre la tierra, fue así como se crearon las grandes haciendas con su estructura típica de clases, los dueños y señores, españoles y mestizos y los campesinos esencialmente indígenas.

En este período la población decreció, ya que de acuerdo a la Estadística del Anáhuac ordenada por Hernán Cortés en 1521, se estimó una población de 7.2 millones de habitantes; en 1795 de acuerdo al censo ordenado por el virrey Revillagigedo era de 5.2 millones y en 1803 de acuerdo con estimaciones del varón de Humboldt era de 5.8 millones. En el descenso de la población, desempeñó un papel importante los rudos trabajos a que fueron sometidos los indígenas y las enfermedades como la viruela, el tifo, la difteria y el sarampión, contra los cuales los americanos no tenían defensas. Con la caída de Tenochtitlan y las alianzas con los diversos señoríos indígenas, los españoles se adueñaron del centro de lo que ahora es México, en los años

siguientes fueron extendiéndose hacia el occidente y el sureste, en lo que se consideraba Mesoamérica. Los territorios más difíciles de someter fueron los de Aridoamérica, pues las tribus seminómadas del norte carecían de ciudades, tenían carácter belicoso y habilidad guerrillera, esto aunado a la falta de atractivos económicos como metales preciosos o posibilidades de tributo habían desalentado a los españoles, sin embargo, con los descubrimientos de plata en Zacatecas en 1546 se inicia la conquista y colonización de las zonas áridas y semiáridas.

En el proceso de colonización de Aridoamérica, el colonizador debe recurrir a métodos diferentes a los que había empleado exitosamente en la culta Mesoamérica, dentro de esa estrategia desempeñó un papel importante el traslado de colonias indígenas tlaxcaltecas, tarascos, mexicas y otomíes a la región. Los actuales sistemas de producción de cosechas en las zonas áridas y semiáridas, como el riego en cañadas o planicies de inundación ribereña y las cosechas de secano con agua que cae "in situ" y labranza mínima, implican un amplio conocimiento tradicional que tienen sus raíces, tanto en los colonos españoles como en los colonos indígenas, con el desarrollo del mercado interno, a partir de la apertura de rutas y caminos para transportar las mercaderías, alimentos y metales, se inició la primera revolución de los transportes en América.

Cronología de Sequías.

Con base a consultas realizadas en documentos de diezmos eclesiásticos que contienen los montos de la producción agrícola por pueblos, libros de precios del maíz, actas de cabildo y crónicas, Florescano (1980) ha logrado documentar la sequía en el valle de México y en el área del bajío, de acuerdo al cuadro 3.3.

Cuadro 3.3 Cronología de sequías en la época Colonial.

Nº.	Año	Nº.	Año	Nº.	Año	Nº.	Año
1	1543	11	1624	21	1691-92	31	1764-65
2	1576	12	1627	22	1695	32	1768
3	1580	13	1639	23	1701-02	33	1770
4	1587	14	1641-42	24	1705	34	1772-73
5	1591	15	1653	25	1711	35	1778-80
6	1594	16	1661	26	1713	36	1785
7	1597-98	17	1663	27	1720	37	1799
8	1611	18	1667	28	1735	38	1808-09
9	1616-18	19	1678	29	1749	39	1817
10	1620-21	20	1686	30	1755		

Efectos Políticos, Económicos y Sociales.

Veamos ahora, las consecuencias que tuvo la sequía en la economía y la sociedad colonial.

El efecto de la sequía sobre la producción agrícola era la inmediata reducción de la cosecha. Esta era más o menos grave según que la sequía

hubiera sido muy intensa y prolongada o según su extensión o concentración en la zona de los cereales. Solo en el caso de las sequías más severas tenemos datos suficientes para determinar con cierta precisión la intensidad de la sequía y el área geográfica que cubrió. Las sequías de 1785 y 1808-09 afectaron por ejemplo a la mayor parte de la zona de los cereales y fueron muy intensas, la reducción más o menos considerable de la producción agrícola provocaba la escasez de los productos, a la cual seguía, de manera mecánica, la carestía inmediata de los cereales y de otros artículos de primera necesidad. La escasez y carestía del maíz provocaba el alza de precios en los demás cereales y también en la carne. Las sequías más severas, al mismo tiempo que ocasionaban una fuerte contracción en las cosechas, producían gran mortandad en la ganadería, lo cual hacía más grave y profunda la crisis en la agricultura. La muerte del ganado incrementaba la carestía y hacía subir más rápidamente los precios de los alimentos básicos, y sobre todo, afectaba las siembras del año siguiente por la reducción de los animales de tracción que se empleaban en los cultivos.

Con la escasez y carestía se generaban otros problemas económicos y sociales que hacían de la crisis agrícola uno de los fenómenos más catastróficos de la sociedad colonial. En todos los casos de las malas cosechas y carestías de los alimentos básicos, las consecuencias del fenómeno natural eran agravadas por factores sociales. La escasez y la carestía se incrementaban por la especulación y el acaparamiento, las crisis agrícolas más

hubiera sido muy intensa y prolongada o según su extensión o concentración en la zona de los cereales. Solo en el caso de las sequías más severas tenemos datos suficientes para determinar con cierta precisión la intensidad de la sequía y el área geográfica que cubrió. Las sequías de 1785 y 1808-09 afectaron por ejemplo a la mayor parte de la zona de los cereales y fueron muy intensas, la reducción más o menos considerable de la producción agrícola provocaba la escasez de los productos, a la cual seguía, de manera mecánica, la carestía inmediata de los cereales y de otros artículos de primera necesidad. La escasez y carestía del maíz provocaba el alza de precios en los demás cereales y también en la carne. Las sequías más severas, al mismo tiempo que ocasionaban una fuerte contracción en las cosechas, producían gran mortandad en la ganadería, lo cual hacía más grave y profunda la crisis en la agricultura. La muerte del ganado incrementaba la carestía y hacía subir más rápidamente los precios de los alimentos básicos, y sobre todo, afectaba las siembras del año siguiente por la reducción de los animales de tracción que se empleaban en los cultivos.

Con la escasez y carestía se generaban otros problemas económicos y sociales que hacían de la crisis agrícola uno de los fenómenos más catastróficos de la sociedad colonial. En todos los casos de las malas cosechas y carestías de los alimentos básicos, las consecuencias del fenómeno natural eran agravadas por factores sociales. La escasez y la carestía se incrementaban por la especulación y el acaparamiento, las crisis agrícolas más

graves provocaban, además de inmediata escasez, carestía, especulación y grandes movimientos migratorios, propagación e intensificación de epidemias, paro en las actividades económicas, desempleo en el campo y en las ciudades, muertes masivas de población indígena y campesina, tensión social en la ciudad y en ocasiones alborotos y motines populares. Las sequías de 1624, 1695, 1749 y 1808-09 presentan estos efectos; esta última antecedió a la Guerra de Independencia, el descontento del pueblo mexicano se agravó aun más por el hambre.

La explicación de la intensidad y gravedad que presentan estos casos se encuentra en el papel central que ocupaba la agricultura en la economía de esas sociedades. La agricultura era la actividad principal de la mayoría de la población y la base que daba sustento a las otras actividades. La mayor parte de la población dependió del maíz como alimento principal y casi no había sustituto de él, pues el trigo y la carne eran productos más caros y su precio se elevaba también con la pérdida de las cosechas de maíz y de los pastos. Además, la política comercial de la época y el bajo desarrollo de los caminos y transportes impedían que en los casos de disminución grave de la producción de maíz éste se pudiera traer de otras regiones o importar del exterior. Debido a lo anterior, una reducción importante de la cosecha del maíz provocaba una crisis general en la economía colonial y graves conflictos sociales y políticos. La suspensión total o parcial de las actividades económicas no agrícolas (minerías, manufacturas y artesanías textiles), y las migraciones y el

desempleo aumentaban la criminalidad y las tensiones sociales, tanto en el campo como en la ciudad.

Prevención de la Sequía

Durante la época de la colonia se construyeron algunas grandes obras de irrigación, de las que la más notable fue posiblemente la laguna artificial de Yuriria, en Guanajuato. Sin embargo el mayor énfasis lo pusieron hacendados y rancheros en la ejecución de pequeñas obras de riego, construidas a bajo costo y que bastaban para satisfacer las necesidades de una área restringida, se continuó con el riego de terrazas con aguas de manantial, se amplió los sistemas de riego con aguas de río en las llanuras, el riego en chinampas se disminuyó.

El aspecto ganadero jugó un papel importante en la explotación extensiva y la trashumancia del ganado, ovino y caprino principalmente, así como la venta de éste antes de la época de secas. Se inició la construcción de bordos para el riego de pequeñas superficies y abrevadero para el ganado, la conservación de los cereales se mejoró con la construcción de graneros en las ciudades y en las haciendas.

Tanto la explotación ganadera como la minería, causaron profundo impacto. La ganadera degenerando y destruyendo la vegetación y propiciando

con ella una incipiente erosión del suelo; la minería con un doble efecto: por una parte la enorme demanda de maderas para sus trabajos, y por la otra, el hecho de que las minas requerían numerosos trabajadores y eran centro de riqueza, lo que constituía aliciente para formación de poblaciones más o menos numerosas, cuyas necesidades se satisfacían con los elementos que encontraban en el medio donde se asentaban.

La Sequía en la Epoca Moderna

El Entorno

La influencia que el fenómeno de la sequía tuvo en la agricultura del siglo XIX e inicios del XX, presenta características de gran importancia si tomamos en cuenta que solo una mínima parte del país contaba con sistemas de agua adecuados para contrarrestar los efectos de la sequía. En cambio, la mayor parte del país con una agricultura de temporal quedaba expuesta a la pérdida de las cosechas y a los consiguientes problemas económicos, sociales y políticos que acarrearía el fenómeno.

Si a los efectos de la sequía, juntamos la inestabilidad económica, social y política que agobió al país durante casi todo el siglo XIX y principios del siglo XX, con los inicios del México Independiente, la época de la Reforma, las Leyes de Amortización, la Intervención Francesa, el Porfiriato y la Revolución

Mexicana veremos que los siniestros agrícolas sólo se suman a una agricultura pobre, en constante crisis.

Para los gobiernos post-independientes la agricultura fue un tema de preocupación aunque no de solución, ya que la fuerza de la crisis política les obligaba a relegar a segundo plano los problemas de la agricultura y de la industria, impidiendo su desarrollo. No fue sino hasta el régimen del Porfiriato (1871-1910) cuando el país empezó a entrar en una fase de desarrollo económico-político que permitió a través de la dictadura porfirista una relativa estabilidad económica y política suficiente para desarrollar la agricultura y la industria. Es en este período donde se crea el observatorio meteorológico nacional y una incipiente red de estaciones climatológicas, sociedades agrícolas, civiles y publicaciones oficiales encargadas del agro, la construcción de vías férreas en este período contribuyó a modificar las condiciones ecológicas y económicas, tanto porque los ferrocarriles representaron nueva demanda de madera para durmientes y combustibles afectando profundamente la forma y ritmo de vida de las regiones que atravesaban.

Cronología de Sequías.

En este período, de acuerdo con estudios realizados por el Florescano (1980), la elaboración de la cronología descansó fundamentalmente en la recopilación de datos en las publicaciones periodísticas de la época, como son

periódicos y boletines oficiales la cuál se muestra en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4 Cronología de Sequías en la época Moderna.

AÑO	INTENSIDAD	UBICACION
1822-1823	Severa	Península de Yucatán
1830		Valle de México
1831	Media	Valle de México
1834-1835	Severa	Península de Yucatán
1836	Severa	Veracruz y Valle de México
1842		Jalisco
1843	Severa	Veracruz
1868	Severa	Todo el País
1875	Severa	Región Norte y Meseta Central
1880	Severa	Sinaloa, Media en León y Tula
1881	Media	
1882	Severa	Mesa Central y Litoral del Pacífico
1883	Severa	Huetamo
1884	Severa	Región Norte y el interior
1885	Severa	Oaxaca y Zacatecas
1886	Media	
1887	Severa	Región Norte
1889	Media	
1891-1892	Severa	Todo el País
1894	Media	
1895	Severa	Veracruz, Media
1896	Severa	Región Norte y el interior
1897	Media	
1898	Media	
1899	Media	
1900	Media	
1901	Severa	El interior
1904	Media	
1905	Media	
1906	Leve	(Retraso de temporal y lluvia en exceso)
1907	Media	
1908	Severa	El interior
1909	Media	
1910	Severa	Nuevo León
1917	Severa	N.L., B.C.N., Colima, Jalisco, Gto., SLP.
1918	Media	S.L.P., Guerrero.
1919	Severa	Colima, Hgo., Guerrero, Oaxaca.
1920	Media	Hidalgo, S.L.P.
1921	Media	D.F., Chih., Coah., B.C.N., Hog., Guerrero
1922	Severa	DF, Hgo., Méx., Chih., Coah., Pueb., Tlax.
1923	Media	DF., Méx., Coah., N.L., Sin., Qro., Zac., Oax
1924	Severa	Méx., Coah., Qro., Dgo., Oaxaca.
1925	Media	Coah., Zac., N.L., Nay., Sin., Qro., Hgo.
1926	Media	Chih., Coah., Oaxaca.

Las zonas en que incide con mayor frecuencia las sequías se muestran en la regionalización de Carrillo-Arronte donde se agrupan las sequías por estado y por región, de acuerdo al cuadro 3.5.

Cuadro 3.5 Zonas con mayor frecuencia de sequías, según regionalización de Carrillo-Arronte.

REGION	ESTADO	AÑOS CON SEQUIA	Sequías por estado	Sequías por región
I	Distrito Federal	1830,1831,1836,1877-78,1885,1893,1907	8	12
	México	1830,1831,1836,1868,1885,1904,1905,1909	8	
II	Morelos	1884	1	19
	Nuevo León	1868,1886,1887,1889,1894,1897,1905,1906,1907,1909,1910	11	
III	Tamaulipas	1889,1895,1898	3	19
	Chihuahua	1886,1887,1893,1896,1908,1909	6	
	Coahuila	1868,1877,1883,1884,1887,1909,1910	7	
IV	Baja California Nte.			5
	Nayarit			
	Sinaloa	1880,1886	2	
V	Sonora	1886,1887,1893,1896-1897	4	5
	Campeche			
VI	Quintana Roo		5	8
	Yucatán	1817,1822-1823,1834-1835		
VII	Colima	1882	1	6
	Jalisco	1842,1898	2	
VIII	Michoacán	1877,1883,1896,1904,1905	5	21
	Veracruz	1836,1843,1868,1877,1894,1895	6	
	Tabasco			
IX	Guanajuato	1877,1880,1894,1895,1896,1902,1905	7	18
	Puebla	1875,1885,1894,1895,1901,1902,1906	7	
	Tlaxcala	1896,1905,1909,1910	4	
	Querétaro	1854,1882,1885,1887,1889,1894,1900,1902,1904,1905,1907,1908,1909	13	
	Hidalgo	1843,1880,1885,1889,1895,1900,1905,1908	8	
X	Aguascalientes	1868,1895,1905	3	4
	Durango	1850,1877,1894	3	
	San Luis Potosí	1875,1887,1889,1894,1896,1898,1899,1900,1904,1905,1906,1907,1908	13	
	Zacatecas	1875,1885,1889,1895,1907	5	
X	Chiapas	1868,1887,1899	3	4
	Guerrero	1868	1	
	Oaxaca	1868,1885	2	

Efectos Políticos , Económicos y Sociales

La información obtenida señala que el fenómeno de la sequía tuvo características de gran importancia durante el siglo XIX y principio del siglo XX, ya que el campo mexicano contaba con solo una mínima parte de tierras con sistemas de riego adecuados para contrarrestar los efectos de la sequía, en cambio la mayor parte de tierras siendo de temporal quedaba expuesta a la pérdida de las cosechas y a los consiguientes problemas económicos, políticos y sociales.

A los efectos de la sequía en la agricultura se suman la inestabilidad política, económica y social que agobió al país durante casi todo el siglo XIX, dando como consecuencia lógica un atraso en la agricultura y la industria. No es sino hasta el período denominado del porfiriato donde la relativa tranquilidad política y social hace que se desarrolle la agricultura y la industria. Es en este período donde la información es más abundante y sistemática para el estudio de la sequía y sus efectos.

El efecto de la sequía en la producción agrícola era la inmediata reducción de la cosecha. Esta era más o menos grave, dependiendo de su intensidad, de su duración y de la zona afectada. Una reducción más o menos considerable de la producción agrícola provocaba la escasez de los productos a lo que seguía invariablemente la carestía de los cereales y otros artículos de

primera necesidad.

La falta y la consecuente elevación del precio del grano provocaba la necesidad de importar cereales para satisfacer la demanda interna y aliviar a las clases poblacionales del campo y de las ciudades. Son constantes las medidas de los gobiernos durante el siglo XIX, de permitir la libre importación de cereales extranjeros a los estados afectados por la sequía por su parte los gobiernos estatales crean depósitos de maíz y expendios donde se vende el grano a bajo precio, para proteger a la clase proletaria del abuso de los acaparadores, en la Península de Yucatán en la primera mitad del siglo XIX donde se tienen más datos de los efectos de la sequía, además de que la Península en ese tiempo se ve afectada por las inundaciones, plagas de langosta y epidemias. El gobierno federal se ve obligado a legislar por medio de decreto a favor de Yucatán, dando períodos de libre importación de cereales cada vez que se viera afectada la agricultura de la Península por los siniestros climatológicos.

De 1810 a 1876 no se cuenta con datos sobre la producción agrícola, sin embargo se puede afirmar que las medidas económicas tomadas por los gobiernos en el siglo XIX para contrarrestar los efectos del fenómeno y que se extendían a todo el país como en 1868, 1875, 1877 y 1892 fueron la libre importación de harinas, la compra de cereales por el gobierno en las zonas afectadas, la creación de depósitos de maíz y la venta de cereales a bajo

precio para combatir la carestía y el acaparamiento.

Hacia el último cuarto del siglo XIX, es donde se cuenta con más rica información sobre la agricultura, que nos permite intentar un análisis más objetivo sobre los efectos de la sequía en la producción agrícola, si comparamos la producción nacional de maíz, trigo y frijol de los años disponibles para los años (1877-1908) con la cronología de las sequías podemos observar que :

a).- La producción mínima de maíz y frijol coincide con la sequía del año 1896.

b).- La producción de maíz y frijol en 1896 tiene un mínimo parcial y coincide con la sequía de ese año, que abarca el centro del país.

c).- La producción de maíz y frijol tiene otro mínimo que coincide con la sequía de 1902 calificada de media y ocurre un año después de la sequía de 1901 calificada como severa.

d).- En 1908, el maíz y frijol tienen otra vez un mínimo que coincide con la sequía del año que abarca también el interior del país.

e).- El trigo alcanza su máxima producción en 1892, año de la sequía más severa de la época. Coinciden mínimas parciales de la producción con las sequías de 1896 y 1908.

Podemos decir que la sequía era uno de los males principales que afectaba el maíz y al frijol, no así al trigo que era más afectado por otros

fenómenos meteorológicos como las heladas, si comparamos con la producción agrícola del país, veríamos que el año de 1892 coincide la sequía más severa del período con la mínima producción y la crisis agrícola más grave de la época de 1875-1910, en 1892-1893 las medidas tomadas por el gobierno federal y los gobiernos estatales fueron las de conceder importantes franquicias a las juntas de beneficencia para vender frijol y maíz a precio de costo y se acordó que la Secretaría de Comunicaciones gestionara fuertes rebajas en los fletes a estos productos, disposiciones similares se dictaron en 1908 a causa de la sequía.

Las situaciones de extrema escasez provocaban la crítica a las medidas tomadas por el gobierno que siempre se limitaba al remedio inmediato facilitando la internación del maíz extranjero, pero no a soluciones a largo plazo para evitar la escasez. En el período solo se emprendieron las siguientes obras: la desecación de Chalco; la desecación de Chapala y Zacapu, los primeros canales de riego en el Valle de Mexicali; los tajos de la Comarca Lagunera y la instalación de bombas en el bajo río Bravo. En total y quizás exagerada la cifra, antes de 1910 se hallaban en cultivo bajo riego unas 700,000 hectáreas en toda la República. La producción agrícola entonces dependía en gran medida del medio físico, las sequías más severas además de ocasionar una baja en la producción agrícola, era una de las calamidades que resentía con más frecuencia la ganadería, sobre todo en el norte del país, los pastos secos, la escasez de agua para beber y las enfermedades como la

epizootia y la fiebre carbonosa diezaban el ganado. Como ejemplo tenemos los años de 1875, 1884, 1886 y 1894.

La recuperación económica consiguiente debido a la escasez de la carne era su encarecimiento, sumándose así al encarecimiento y la escasez de los cereales.

Cuadro 3.6 Producción agrícola entre 1877 y 1908

AÑO	PRODUCCION DE MAIZ (HECTOLITROS)	PRODUCCION DE FRIJOL (HECTOLITROS)	PRODUCCION DE TRIGO (HECTOLITROS)	SEQUIA EN :
1877	2,730,622,000	210188,485	338,704,093	Severa en Durango
1888	2,252,116,700	209,464,002	310,073,225	
1889	1,944,196,590	81,498,800	265,162,499	Media
1892	1,349,857,030	73,157,596	382,318,302	Severa generalizada
1893	1,707,120,800	128,391,252	222,013,175	
1894	1,906,172,380	148,628,512	233,446,309	Media
1895	1,773,759,260	116,616,453	273,358,077	Severa en Veracruz
1896	1,881,274,570	213,901,900	213,844,124	Severa Región Norte y el interior
1897	3,006,827,880	189,291,316	263,987,047	Media
1898	2,746,681,000	336,686,108	239,186,186	Media
1899	2,304,909,460	165,568,433	252,749,501	Media
1900	2,274,474,230	226,004,547	338,263,902	Media
1901	2,306,062,990	190,812,362	327,159,027	Severa en el interior
1902	1,926,526,560	175,213,231	229,892,752	Media en el centro del país
1903	2,241,781,220	155,252,267	285,561,429	
1904	2,174,015,550	142,746,321	255,644,477	Media
1905	2,134,860,980	170,361,770	302,629,414	Media
1906	2,715,074,670	161,891,955	350,051,478	Leve
1907	2,679,085,190	165,528,347	312,109,551	Leve
1908	2,127,131,340	161,371,152	257,445,812	Severa en el interior

Los efectos de la sequía se manifiestan con diferente intensidad en el campo y en las ciudades. Mientras que para la última el encarecimiento de los

cereales y de la carne causaba abatimiento en el poder adquisitivo de las clases proletarias, en el campo se traduce en grandes hambrunas que obligan a grandes grupos humanos a abandonar sus tierras y a concentrarse en las poblaciones y ciudades principales en busca de alimento y trabajo.

En información obtenida sobre la primera mitad del siglo XIX encontramos referencias entre la relación estrecha de la sequía con la violencia en el campo. Es en la Península de Yucatán donde se dan los levantamientos armados como resultado de la desesperación por el hambre en época de crisis agrícola, aunado al sistema de explotación del indígena y del despojo de las tierras comunales que en Yucatán llegó a grados intolerables a mediados del siglo XIX. En los años de 1807, 1817, 1822, 1823, 1834 y 1835 la violencia, la mortandad, las epidemias y los desplazamientos de población hacia zonas menos afectadas o con mayores recursos, son los efectos sociales más frecuentes en Yucatán durante el período, provocados por la sequía.

Otras sequías severas donde se recogen datos respecto de la violencia provocada por el fenómeno son las de 1877 y la de 1891-1892. En Durango la sequía severa en 1877 motivó un grave conflicto social: la carestía del maíz, hizo que más de 4,000 personas se amotinaron, saquearan bodegas y comercios en busca de maíz, los encargados de los comercios y después la fuerza pública dispararon sobre la multitud de hambrientos.

En la sequía severa de 1891-1892 que azoló al país entero los periódicos de la época resumían: México tiene hambre, los artículos suben diariamente, el trabajo disminuye, falta el maíz americano y de esa falta se aprovechan los especuladores para vender el maíz procedente de Chalco, en 12 centavos el cuartillo; precio que está fuera del alcance del pobre, bien podría decirse que de nuestro pueblo que de los siete días de la semana es imposible averiguar como lo hace para vivir seis. En los Estados la situación aun era peor. En Oaxaca por ejemplo, la escasez de maíz llegaba a tal extremo que era imposible satisfacer las necesidades del pueblo. Se aseguraba que el expendio de grano era forzado, por exigencias de la demanda pública.

Así vemos que los fenómenos climatológicos y los efectos sociales son paralelos. Para el siglo XIX la falta de información y la escasa atención que los historiadores le han prestado a esta época y particularmente a este tipo de estudios, hacen difícil ver con precisión la relación de las crisis agrícolas provocadas por la sequía y otros fenómenos climatológicos, con las crisis sociales en el campo.

El problema principal del período estudiado es la presencia de grandes lagunas en las fuentes de información. Entre los años 1810 a 1876 hay una gran carencia de información sobre la agricultura y particularmente sobre las sequías. Esto se debe primordialmente a la inestabilidad política, las guerras civiles y de la intervención que impedían la mayoría de las veces el interés por

el desarrollo de la agricultura y de la industria.

Se encontró que en la mayoría de los casos es difícil precisar si se trata de una sequía que afecta al primer ciclo agrícola o si afecta todo un año agrícola, lo cual impide demostrar con plena certeza la intensidad, amplitud y gravedad de cada sequía, tal es el caso de las sequías de 1830, 1831, 1836, 1842, 1850, 1854.

La fuente primordial de datos sobre agricultura de 1880 a 1910 es el Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana. Semanario de la Sociedad Agrícola Mexicana, dirigido a los miembros de la sociedad, en este semanario se explican las nuevas técnicas para mejorar los métodos de producción. Informa sobre los progresos y problemas que tienen las cosechas en diferentes puntos del país. Su defecto principal es que en muchos casos la información se refiere específicamente a pueblos y/o haciendas determinados, no ampliando la información.

Prevención de la Sequía

En este período el mayor énfasis lo pusieron hacendados y rancheros en la ejecución de pequeñas y medianas obras de riego, logrando incorporar a este 700,000 has, se continuó con el riego de terrazas con aguas de manantial, se amplió los sistemas de riego con aguas de río en las llanuras.

El aspecto ganadero jugó un papel importante en la explotación extensiva y la trashumancia del ganado, ovino y caprino principalmente, así como la venta de éste antes de la época de secas. Se inició la construcción de bordos para el riego de pequeñas superficies y abrevadero para el ganado.

La conservación de los cereales se mejoró con la construcción de graneros en las ciudades y en las haciendas, las vías del ferrocarril y los puertos marítimos permitieron la importación de cereales en época de sequía.

La Sequía en la Epoca Contemporánea

El Entorno

En esta época se inició el reparto agrario, fijándose los límites de la pequeña propiedad agrícola, ganadera y forestal, repartiéndose los excedentes a grupos de mínimo 20 campesinos. A través de 76 años de reparto la superficie nacional tiene aproximadamente un 46 por ciento de propiedad social y un 54 por ciento de propiedad privada; otro hecho relevante fue que a partir de 1926 el gobierno federal ejecutó una intensa política de construcción de presas y aprovechamiento de aguas subterráneas, que permitió incorporar al riego una superficie de 5.6 millones de hectáreas, los principales almacenamientos para riego se concentran en la parte noreste, centro y noroeste del país.

El continuo aumento de la población en este período es notable, al hacer un análisis de la población en México desde 1521 a 1994, de él se desprende que en el período de 1521 a 1850 (329 años) la población disminuyó en el período intermedio volviendo a estabilizarse hasta 1850; de 1850 a 1950 (100 años) registró un aumento considerable en la población, ya que de 7.6 millones de habitantes pasó a 25.7 millones de habitantes, y en el período de 1950 a 1994 la explosión demográfica ha sido intensa, ya que en 44 años se pasó de 25.7 millones de habitantes a 91.5 millones de habitantes, basandonos en la estadística de Anáhuac ordenada por Hernán Cortéz en 1521, el censo del Virrey Revillagigedo de 1795, la estimación del Barón Alejandro Von Humboldt en 1803, el censo de 1850 de Don Miguel Lerdo de Tejada, el censo General de 1895 y los censos Generales de 1910 a 1990, así como la estimación de 1994 se elaboró la figura 3.4.

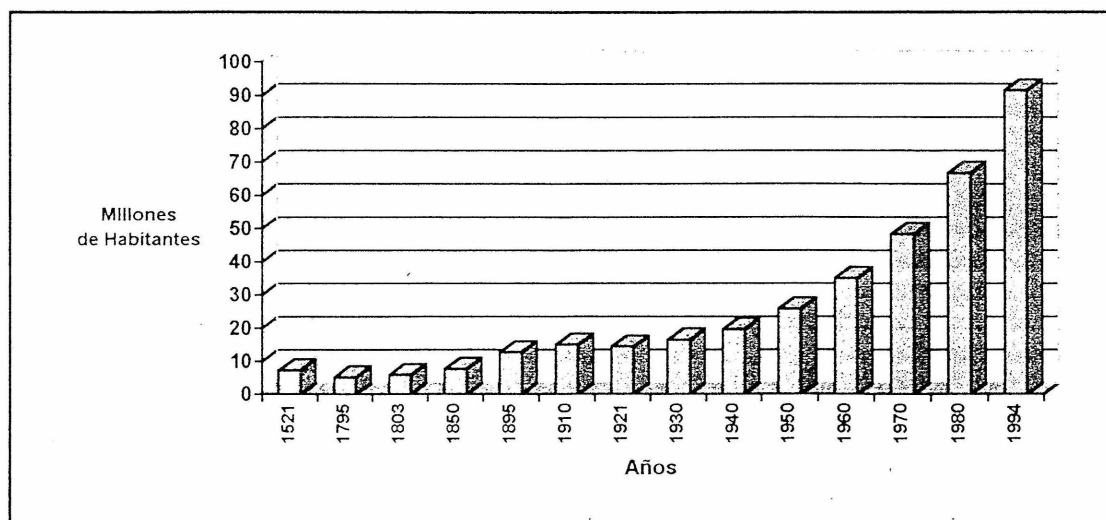


Figura 3.4 Población en México 1521 - 1994

Cronología de sequías.

En el cuadro 3.7 se resumen las sequías de la época.

Cuadro 3.7 Cronología de sequía en México (1927 - 1996).

Región	Estado	Años con Sequía	Nº de Sequías por Estado	Nº de Sequías por Región
I.	Distrito Federal	1960	4	10
	México	1922, 23, 24, 27, 32, 35, 43, 57	8	
	Morelos	1943	1	
II. *	Nuevo León	1917, 23, 25, 27, 32, 35, 37, 43, 49, 50, 51, 53, 57, 60, 62, 72, 75, 77	17	30
	Tamaulipas	1927, 35, 43, 49, 50, 51, 53, 56, 58, 60, 62, 75, 77	12 14	
	Chihuahua	1921, 22, 26, 35, 43, 49, 50, 51, 53, 56, 57, 58, 60, 62, 77	21	
	Coahuila	1921, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 37, 38, 39, 43, 49, 50, 51, 53, 56, 57, 60, 62, 69, 74, 75, 76, 77		
III.	Baja California Nte.	1917, 21, 27, 43, 58, 62	6	18
	Nayarit	1962	1	
	Sinaloa	1925, 56, 62, 77	4	
	Sonora	1923, 25, 34, 35, 37, 39, 43, 49, 51, 56, 57, 60, 62, 77	14	
	Campeche	1935, 77	2	
IV.	Quintana Roo	1935, 43	2	4
	Yucatán	1935, 43, 60	3	
	Colima	1917, 19, 35, 43, 57, 69, 77	7	
V.	Jalisco	1917, 51, 69, 72	4	12
	Michoacán	1927, 32, 51, 60, 59, 72	6	
	Veracruz	1925, 32, 33, 35, 43, 50, 58, 77	8	
VI.	Tabasco	1969	1	9
	Guanajuato	1917, 32, 49, 57, 58, 60, 69, 72, 77	9	
VII. *	Puebla	1922, 49, 77	3	19
	Tlaxcala	1922, 43, 77	3	
	Querétaro	1923, 24, 25, 32, 57, 60, 69, 72, 77	8	
	Hidalgo	1918, 20, 21, 22, 25, 33, 39, 57, 60, 62	10	
	Ags.	1957, 60, 62, 69, 72, 77	6	
VIII. *	Durango	1924, 56, 57, 60, 62, 69, 71, 76, 77	9	19
	San Luis P.	1917, 18, 20, 30, 41, 53, 57, 58, 69, 77	9	
	Zacatecas	1923, 25, 57, 69, 72, 77	6	
	Chiapas	1960, 77	2	
IX.	Guerrero	1918, 19, 21, 43, 57, 69, 77	7	13
	Oaxaca	1919, 23, 24, 26, 33, 38, 57, 69, 77	8	

En las figuras 3.5 y 3.6 se muestra el análisis de sequías del período

comprendido entre 1941 - 1985 y el área nacional afectada por incidencia de las sequías en los últimos 100 años, las cuales fueron elaboradas por el servicio meteorológico nacional, Medina (1986), Tinajero (1986).

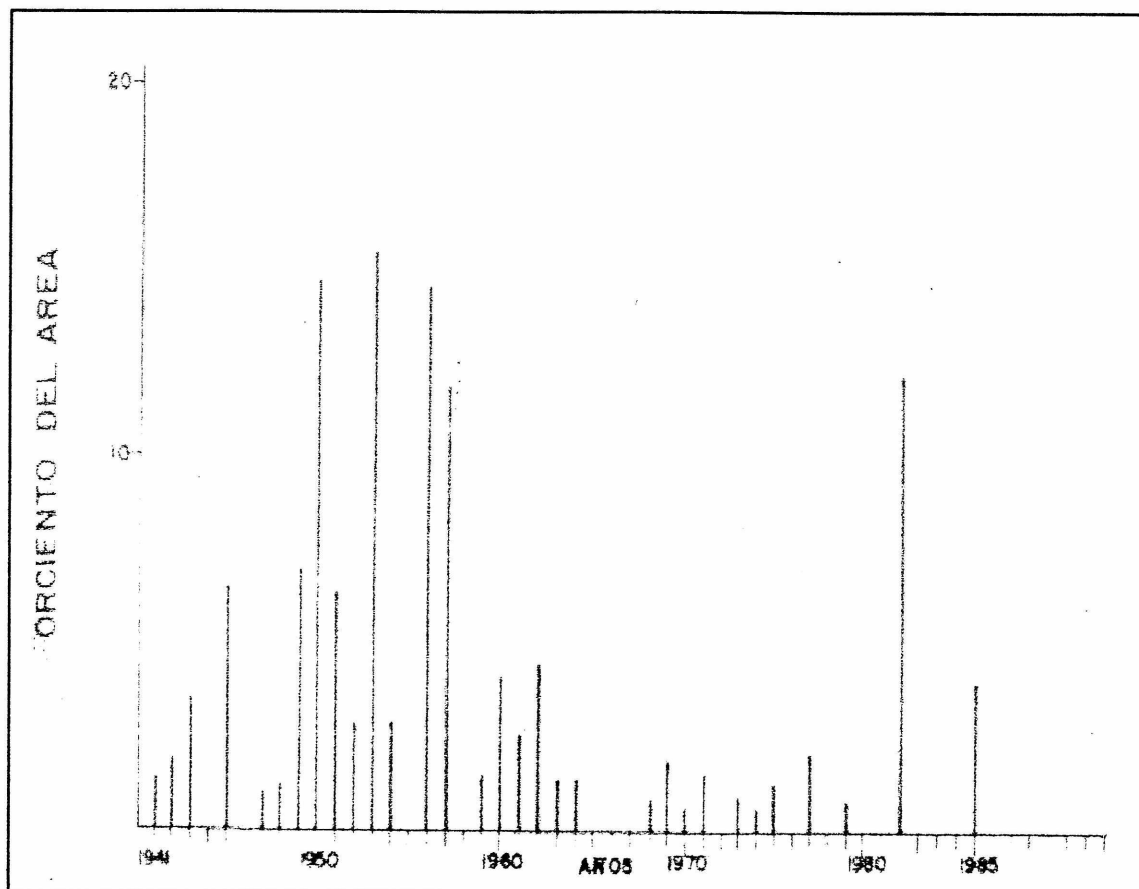


Figura 3.5 Análisis de sequías nacionales 1941 - 1985.

A estas sequías habrá de sumarse la que se ha presentado en 1993-96 que aunque aun no ha sido evaluada por su extensión y persistencia seguramente será incluida entre las severas.

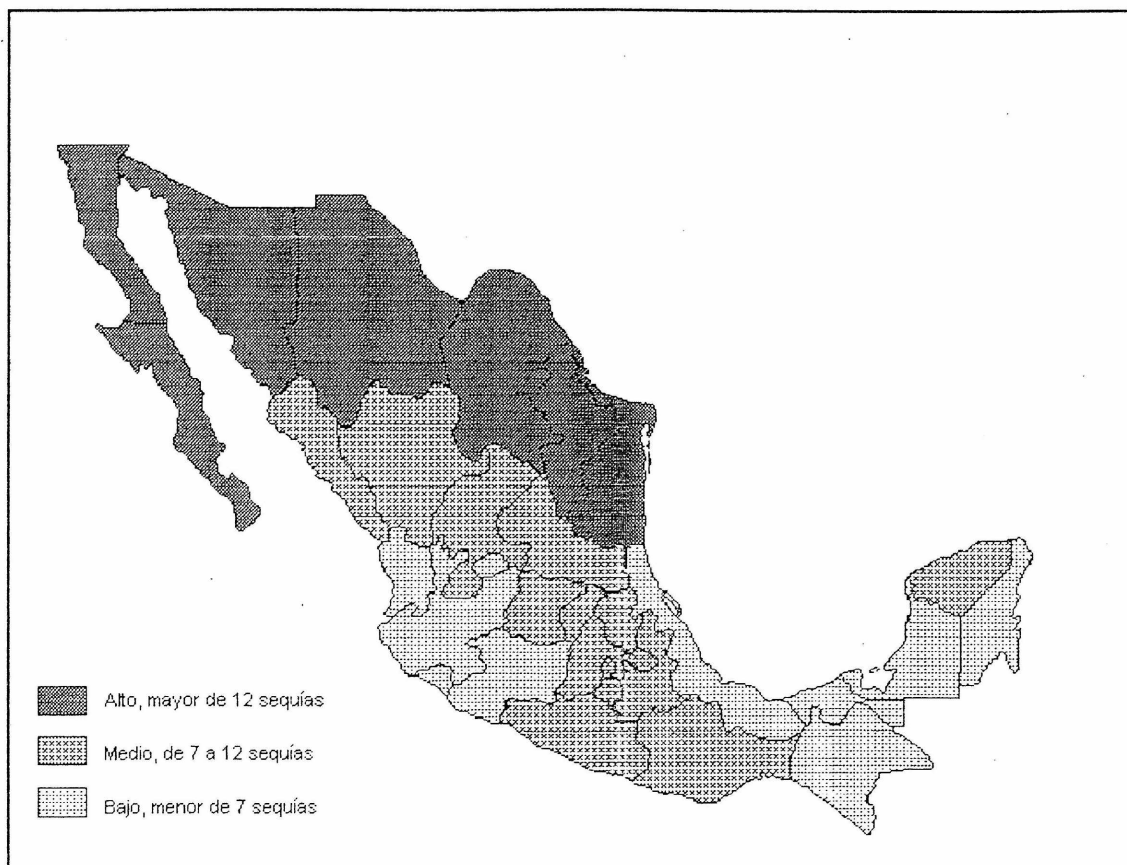


Figura 3.6 Incidencias de sequías por estados en los últimos 100 años.

Efectos Políticos, Económicos y Sociales.

A partir del año de 1993, el país ha venido padeciendo un proceso de sequía extrema, principalmente en los estados de: Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas, Sonora y Baja California con los consiguientes problemas sociales, económicos y ambientales.

La carencia de agua para consumo humano en las ciudades de Chihuahua, Saltillo, Torreón, Monterrey y San Luis Potosí se ha manifestado ya que han tenido fuertes problemas con el abastecimiento del agua potable, el problema se ha agudizado en la mayoría de las 25,000 localidades, comunidades o ejidos dispersos en el semidesierto por el abatimiento o reducción de las fuentes permanentes de abastecimiento, como son aljibes, trampas de agua, ollas de agua, estanques, norias, techos cuenca y pozos profundos, lo cual ha provocado un número creciente de pueblos que dependen del abasto de agua en auto-tanques, en las comunidades más alejadas la gente bebe de los bordos abrevadero que aun tienen agua, donde lo hacen también los animales, aumentando la insalubridad y enfermedades gastrointestinales.

El empleo rural ha disminuido sensiblemente por la reducción de la superficie a sembrar bajo riego en el norte del país, se dejaron de generar millones de jornales agrícolas, dejando sin oportunidad de empleo eventual a habitantes de las comunidades aledañas a los distritos de riego y a los estados que aportan un número importante de jornaleros para estas zonas, como son : Oaxaca y Zacatecas, sólo con la disminución de 20,000 hectáreas de hortalizas se perderán 200,000 empleos rurales, la sequía ha provocado un fuerte movimiento migratorio sin precedentes, se estima que el 80 por ciento de la población rural de los estados afectados a emigrado a las ciudades y a los Estados Unidos principalmente; la rigidez y xenofobia contra

los emigrantes mexicanos que se ocupan principalmente en ese país, afecta en forma severa a los habitantes rurales de Zacatecas y Oaxaca que han sido aportadores de braceros tradicionalmente.

Como consecuencia de los bajos almacenamientos de las presas: Lázaro Cárdenas, en la región Lagunera; la boquilla, en Chihuahua; Venustiano Carranza, en Coahuila; La Flacón y Marte R. Gómez, en Tamaulipas (las cuales están entre el 14 y 18 por ciento de su capacidad), los distritos de riego del norte del país, dejaron de sembrar en el ciclo primavera-verano de 1996 la cantidad de 647,000 has, lo que disminuirá la producción de granos en 4 millones de toneladas, lo que sumado al déficit de los anteriores años secos, provocara la importación de 11 a 15 millones de toneladas de granos y oleaginosas, los campesinos de las zonas áridas practican la agricultura de temporal de subsistencia, con cultivos de maíz y frijol, para el ciclo primavera-verano 1996 las bajas precipitaciones del primer trimestre, no permitieron que las tierras guardaran la humedad, previéndose siembras tardías si el temporal se recupera, esta situación tendrá el riesgo de las heladas tempranas en la época de floración, por lo que los índices de siniestralidad en las cosechas serán elevadas.

México tiene gran aptitud para la producción ganadera, el hato nacional tiene un inventario de 35.2 millones de unidades animal, ocupando el décimo lugar mundial, según se muestra en el cuadro 3.8.

Cuadro 3.8 Conformación del hato ganadero en México

Nº	Especie	Unidad Animal	%
1.	Bovino carne	24'938,020	70.7
2.	Bovino leche	2'510,483	7.1
3.	Ovinos	1'002,036	2.9
4.	Caprinos	1'586,475	4.5
5.	Equinos	5'217,558	14.8
	Total	35'254,570	100.0

En las zonas áridas y semiáridas se sustenta la tercera parte de la población ganadera del país (aproximadamente 12 millones de unidades animal), por lo que la sequía ha impactado fuertemente esta actividad, el agotamiento de agua en los bordos abrevaderos y la disminución de pastizales en 40 millones de hectáreas, ha provocado el descenso del hato ganadero en mas de 2 millones de cabezas, por: mortandad, baja fertilidad y venta de animales flacos, entre estos últimos destaca la venta de burros, caballos y bueyes, es decir los animales de trabajo de los campesinos más pobres, los ganaderos de la región tuvieron que exportar (por no poder mantener) 700,000 vientres de razas especializadas en la producción de carne, producto del mejoramiento genético de muchos años, en la actualidad se importa insumos (harinolina, pasta de soya, minerales y vitaminas) y forrajes para la alimentación del ganado, la situación se agravó debido al desplome del precio de la carne en un 52 por ciento con respecto a 1993 (de 1.20 dólares la libra a 0.63 dólares).

Los procesos de desertificación se han acelerado debido a la baja precipitación pluvial y al mal manejo que el humano da al ecosistema en períodos de sequía, teniendo el riesgo de la pérdida de la cubierta vegetal en gran parte de los 40 millones de hectáreas sometidas al sobrepastoreo y la pérdida de suelo en las áreas de temporal, debido a la falta de humedad en el suelo y a la erosión eólica, los incendios forestales se han incrementado, la temporada de éstos coincide con la época de estiaje, que comprende principalmente los meses de Enero a Mayo, las causas que los originan son: descuidos y negligencias con el 86.3 por ciento, en éstas se consideran las actividades agropecuarias como quema de pastos y residuos de cosechas, cambio de uso del suelo y fogatas; las intencionales con un 8.1 por ciento, entre las que se consideran rencillas, litigios, cacería furtiva e inducción de aprovechamientos; entre otras causas se considera un 5.6 por ciento, encontrándose en éstas los cultivos ilícitos y las tormentas eléctricas. Los resultados históricos indican que de 1989 a 1994 se tuvo un promedio nacional anual de 7,153 incendios y una superficie afectada media anual de 213,010 hectáreas, en 1995 se presentaron 7,860 incendios que afectaron 305,087 hectáreas, cifra superior en un 45 por ciento, al promedio, esto obedeció a las altas temperaturas y a la prolongada sequía.

Entre otros efectos provocados por la sequía en 1996 se pueden citar los siguientes: las Uniones Ganaderas de Nuevo León y Sonora solicitaron se declararan sus estados zona de desastre; el Gobernador de Chihuahua

promovió un frente de gobernadores de los estados del norte para demandar conjuntamente la ampliación de recursos semejantes y compensar los severos daños; en Monterrey N.L., 400 mujeres y niños asaltan un tren y roban por hambre 50 toneladas de maíz; los gobiernos estatales de Coahuila y Sonora implementaron programas de estimulación de lluvias; en Baja California elaboraron un proyecto para trasladar 30,000 reses del sur en Ensenada al norte de la entidad; investigadores de la UNAM, del Instituto de Investigaciones Económicas manifestaron que es increíble que para ocho estados afectados por la sequía se asignen recursos emergentes por solo 1,147 millones de pesos y apoyos a la banca por 165,000 millones de pesos; en todos los estados de las zonas áridas se realizaron procesiones religiosas pidiendo la lluvia.

Prevención de la Sequía

En este período se han hecho grandes esfuerzos a nivel internacional y nacional para tratar de sentar las bases para el combate a la desertificación y la sequía; entre los primeros destaca la preocupación de la United Nation Education Science, Culture Organization (UNESCO), que en la década de los '50s realizó estudios de investigación sobre las zonas áridas del mundo, en los '70s se enfocó estos estudios a través del programa el hombre y la biósfera (MAB), con énfasis en la utilización de los recursos naturales, incluyendo aspectos de conservación, manejo y desarrollo socioeconómico; como

resultado de este programa y las prolongada sequías en el Sahel en 1968-73 el problema de la fragilidad de los sistemas desérticos sobre utilizados se hace evidente; la desertificación y la sequía adquieren relevancia a nivel mundial. Como resultado de estas actividades se obtuvo en 1977 el plano mundial de la desertificación, definiéndose grandes líneas para encarar el problema de la desertificación, constituyéndose el plan de acción para el combate a la desertificación (PACD), una de las principales recomendaciones de este se refiere a la necesidad de que los países afectados elaboren su plan de acción de acuerdo a sus características ecológicas, económicas, culturales y sociales.

A nivel nacional destaca la creación en 1926, de la Comisión Nacional de Irrigación y su transformación a Secretaría de Recursos Hidráulicas en 1946, que permitieron emprender en escala nacional la planeación y ejecución de grandes obras de irrigación, elevando la superficie de riego en el país a 5.6 millones de hectáreas con el aprovechamiento de aguas superficiales y subterráneas. En las zonas áridas y semiáridas la agricultura se practica en 8 millones de hectáreas, de las cuales 2.3 millones son de riego y 5.7 millones de temporal, en estas áreas el índice de siniestralidad es el más elevado del país, siendo los principales factores de las pérdidas de cosechas las heladas y las sequías.

Destaca también la creación en 1954 de los Comités Promejoramiento y los Trabajos del Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables

(IMRNR) en 1955; en 1962 la creación de la comisión mixta de las zonas áridas y en 1970 la de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas; en 1971 la creación del Colegio de Postgraduados en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y en 1973 la elaboración del plan de acción para el combate a la desertificación en México.

En lo referente a agua para consumo humano los gobiernos federal, estatal y municipal han organizado sus sistemas de agua potable, para garantizar a través de perforaciones o la construcción de grandes presas el consumo de agua; destaca la reciente construcción de la presa el cuchillo, destinada a proporcionar agua a la ciudad de Monterrey N.L. En las casi 25,000 localidades de las zonas áridas se ha tratado de mitigar el problema con la captación de manantiales, perforaciones profundas, cosecha de agua de lluvias y el acarreo de agua en autotanques.

Durante 1996 el Gobierno Federal destinó para los ocho estados del norte del país afectados por la sequía 1,147 millones de pesos como fondo emergente para un programa de empleo temporal y construcción de pequeñas obras hidráulicas, así como la importación de 10 millones de toneladas de granos como son maíz, sorgo y trigo, cuyo costo será entre 1800 y 1900 millones de dólares.

RESULTADOS Y DISCUSION

A la época Prehispánica (10,000 a.C - 1,521 d.C) corresponde la llegada de las migraciones de Asia por el Estrecho de Bering, llegando a México hace aproximadamente 10,000 años a.C. por Aridoamérica, territorio de las actuales zonas áridas, permaneciendo solo pequeños grupos emigrando la mayoría hacia los climas más benignos de Mesoamérica. La enorme influencia del medio físico marca este período ya que no obstante su origen común, las tribus de Aridoamérica permanecen nómadas, en el salvajismo y la barbarie, mientras que las de Mesoamérica se hicieron sedentarios iniciando el cultivo de maíz y evolucionando hacia la civilización, la población no fue muy densa, lo cual permite formular dos consideraciones: en primer lugar por lo poco acogedor de Aridoamérica no estimuló gran concentración de habitantes; pero, al mismo tiempo señalar el hecho de que la escasa proporción demográfica evitó la deterioración del ambiente.

Los pobladores de Aridoamérica no dominaron la escritura, los de Mesoamérica sí, y seguramente registraban acontecimientos importantes como las sequías, sin embargo, mucha información valiosa se destruyó en la época de la Conquista, no obstante, con base en el cuadro 3.2, se tiene información de 13 sequías en el valle de México, algunas de ellas prolongadas, entre las que destacan las que se asocian al derrumbe de las civilizaciones de Tula y

Teotihuacan, provocando que la gente se vendiera a cambio de maíz, la pérdida de cosechas, epidemias y grandes migraciones; con el establecimiento de chinampas, el cultivo de tierras en las vegas de los ríos y en terrazas así como el establecimiento de graneros se realizaron acciones para mitigar el efecto de la sequía.

En la Epoca Colonial (1521-1851), se establece contacto nuevamente entre América y el Viejo Mundo, se revoluciona la agricultura con el intercambio de cultivos, la introducción de animales de carga, tiro y locomoción, así como de técnicas e instrumentos; se inicia la ganadería con la introducción del ganado vacuno, ovino y caprino y la explotación de los pastizales. La minería se inicia y también el proceso de formación de las grandes haciendas. En este período la población decreció debido a los rudos trabajos a que fueron sometidos los indígenas y a enfermedades contra las cuales los americanos no tenían defensas; para esta época se tiene información de sequías en el valle de México y área del bajío en los 300 años analizados, para esta época se registran 51 casos documentados de sequía en el Valle de México y 26 casos en el área del Bajío. De las sequías registradas en el Valle de México, siete abarcaron dos años consecutivos (1597-98, 1620-21, 1641-42, 1701-02, 1764-65, 1772-73, y 1808-09), y 2 se prolongaron por tres años (1616-17-18 y 1778-79-80). La comparación entre la cronología de las sequías en el Valle de México y la del Bajío muestra que en muchos casos la sequía afectó simultáneamente a zonas muy amplias del Virreinato, pero habría que tener

mayor información para precisar su extensión. En todos los casos de disminución de la producción agrícola se pudo establecer que la causa fue la sequía, las heladas, el granizo o una combinación de estos factores, se registran las sequías que causaron consecuencias graves en la agricultura, la economía o la sociedad colonial. Es decir, dan cuenta de los casos más severos de sequía, pero raramente de las sequías leves. Entre las primeras se registran sequías al principio de las siembras (abril-mayo), en la época de lluvias (junio-septiembre) y casos de sequía durante la época de germinación y en la época de maduración de la planta de maíz (abril-septiembre). Cuando la presencia de sequías coincidió con fenómenos meteorológicos como heladas y granizadas, esta conjugación provocó algunas de las catástrofes agrícolas más severas de la época colonial, como es el caso de las crisis agrícolas de 1695, 1785 y 1808-09, destacando la sequía que antecedió a la guerra de Independencia en 1808 y 1809, el descontento del pueblo mexicano se agravó aun más por el hambre. Tanto la explotación ganadera como la minería causaron profundo impacto. La ganadera degenerando y destruyendo la vegetación y propiciando una incipiente erosión del suelo, la minería con un doble efecto: por una parte la enorme demanda de maderas y la formación de poblaciones.

En el período correspondiente a la Epoca Moderna (1821-1927), la influencia que tuvo la sequía presenta características de gran importancia, si juntamos los efectos de la sequía y la inestabilidad económica, política y social

que agobió al país al inicio del período independiente, la intervención francesa, las leyes de amortización y reforma y la Revolución Mexicana, veremos que los siniestros agrícolas se suman a una agricultura empobrecida y en constante crisis. En la etapa de Porfirio Díaz, el país empezó a entrar a una fase de desarrollo Económico-Político que permitió una relativa estabilidad para desarrollar las actividades agropecuarias e industrial, en 1877 se crea el observatorio meteorológico nacional y una incipiente red climatológica, en 1887 con la llegada del ferrocarril se realiza la segunda revolución de los transportes y se manifiestan las severas crisis económicas de 1897 y 1905.

La propiedad de la tierra es fuertemente concentrada, primero por el clero y posteriormente por las haciendas, la población registró un aumento considerable, ya que de 7.6 millones en 1850 pasó a 14.3 en 1921; la construcción de las vías férreas contribuyó a modificar las condiciones ecológicas y económicas, ya que los ferrocarriles requerían de madera para durmientes y combustibles.

En los 105 años de esta etapa se encuentran 47 casos de sequía, entre estos destacan cuatro de sequía generalizada en todo el país (1868, 1877, 1896, 1901 y 1892). Las sequías regionales que destacan por su intensidad son las de 1822-1823, 1834-1835, 1850, 1854, 1875, 1882, 1884, 1877, 1896, 1901 y 1908. El resto son sequías locales entre las que se significa la ocurrida en 1910 de tres años de duración en Nuevo León; destaca

por el tiempo en que se presentó la sequía de 1909 que antecedió a la Revolución Mexicana de 1910 y las de 1917 y 1918 en lo que se denominó la época del hambre; al término de este período se contaba con 700,000 hectáreas bajo riego, la mayoría en pequeñas obras de irrigación.

Los efectos provocados por la sequía se reflejaron en hambrunas que obligaron a grandes grupos a abandonar sus tierras y a concentrarse en las ciudades en busca de alimento, en la importación de cereales y harinas, el alza de los artículos de primera necesidad, mortandad y epidemias.

En la Epoca Contemporánea (1927-1997), se realiza el reparto agrario y se ejecuta una intensa política de construcción de presas y aprovechamiento de agua subterráneas que permitió incorporar al riego 5.6 millones de hectáreas de las cuales corresponden 2.3 millones de hectáreas a las zonas áridas; el aumento de la población es notable, llegándose a 91.5 millones de habitantes en el país.

De acuerdo con el Cuadro 3.7 y la Figura 3.5 en los 70 años comprendidos se han presentado 32 con sequías en diferentes regiones: cuatro de ellas han sido particularmente críticas: la de 1948 - 1954, que es considerada la más severa y afectó el norte y centro del país; la de 1960 -1964 que fue de menor intensidad que la anterior pero afectó a toda la República; la de 1976-1980 y cubrió a todo el país y la de 1993 - 1996 que aunque aun no ha

sido evaluada seguramente será considerada entre las de mayor severidad y afectó el norte del país.

Los efectos políticos, económicos y sociales que ha provocado son difíciles de cuantificar, destacando la carencia de agua para consumo humano en las ciudades de Chihuahua, Saltillo, Torreón, Monterrey y San Luis Potosí, así como la mayoría de las 25,000 localidades, comunidades o ejidos dispersos en el semidesierto. El empleo rural disminuyó sensiblemente y provocó un fuerte movimiento migratorio sin precedentes; las presas Lázaro Cárdenas en la Región Lagunera, la Boquilla en Chihuahua, Venustiano Carranza en Coahuila; la Flacón y Marte R. Gómez en Tamaulipas están entre el 14 y 18 por ciento de su capacidad, solo en el ciclo primavera-verano 1996 se dejaron de sembrar 647,000 hectáreas, provocando la importación de 11 a 15 millones de toneladas de granos y oleaginosas. La ganadería ha sufrido fuertes pérdidas disminuyéndose sensiblemente el hato ganadero; los procesos de desertificación se han acelerado debido al sobrepastoreo y a los incendios forestales.

A nivel nacional se han realizado muchas iniciativas para tratar de sentar las bases para el combate a la desertificación y la sequía, sin embargo debido a la falta de planeación y continuidad en estos programas es poco lo que se ha logrado, como se demuestra por los efectos causados por la última sequía.

CONCLUSIONES

La sequía y la desertificación son problemas de carácter nacional, los cuales se hallan interrelacionados con el clima, la degradación de la tierra, y la diversidad biológica afectan principalmente a los ecosistemas de las zonas áridas.

México, a través de sus diferentes etapas históricas ha sido afectado por sequías particularmente severas; en lo que va del presente siglo se han manifestado cuatro particularmente críticas, con duración entre tres y cinco años, lo cual demuestra que el país cuenta con extensas áreas vulnerables a estas anomalías climatológicas, como es el caso de los estados dentro de las zonas áridas y semiáridas y que representan el 52 por ciento del área nacional; en la época contemporánea éstas han aumentado considerablemente su población y en años normales contribuyen al desarrollo nacional a través de destacados polos de desarrollo industrial, importantes áreas de riego y temporal y extensas áreas de agostadero en donde se sustenta una tercera parte de la ganadería nacional.

La última sequía ha causado ya una catástrofe agrícola, ganadera, económica y humana de grandes proporciones, los rigores de la naturaleza se han abatido sobre ciudades enteras, pequeñas propiedades, ejidos y

comunidades; ha golpeado con dureza a quienes menos tienen; a la carencia de agua para consumo humano y a la migración temporal y definitiva de los pobladores de las zonas secas de México, han de sumarse las cuantiosas mermas del hato ganadero y las incontables cosechas perdidas. Todo ello implica una reducción brusca del nivel de vida de la población, que ya permanecían en niveles de mera subsistencia.

Durante los años de sequía se sufre sus efectos y se inician programas, que al llegar los años lluviosos normalmente se olvidan, por lo que es muy a propósito recordar la frase que dice: los pueblos que no aprenden de su historia están condenados a repetir los errores del pasado; en esta perspectiva, la situación de este año en México debe de ser considerada como un foco rojo que remite a la necesidad que el país avance a una política ecológica, hidrológica y de desarrollo más congruente e integrada, con visión al futuro, es primordial que al concluir la presente sequía se lleve a cabo una evaluación de los procesos de degradación del suelo, así como formular estrategias nacionales sobre programas de corto y largo plazo, de preparación para las épocas de sequías, con miras a reducir la vulnerabilidad de los sistemas de producción, intensificar el flujo de información de alerta temprana de sequías para que se puedan aplicar estrategias de intervención y auxilio; una de las perspectivas de desarrollo de las zonas áridas de México consiste en impulsar las obras de irrigación en todos sus aspectos; obras grandes y pequeñas, aguas superficiales o subterráneas; pero que existe un tope prácticamente

infranqueable a las zonas que se pueden irrigar. En consecuencia habrá que considerar las condiciones ecológicas que prevalecen en esas zonas áridas que no recibirán riego, teniendo en cuenta el complejo planta-animal-hombre. Consideremos pues las fuentes de vida que puede tener el hombre del desierto y que son: la agricultura, la ganadería, la explotación de las plantas silvestres, la explotación de la fauna silvestre y la industria.

La agricultura tiene como factor limitante especial la sequía y, en consecuencia, la esperanza de poder impulsarla en el futuro tiene que orientarse a través de la investigación científica que permita la obtención de variedades de plantas tan resistentes a la sequía como sea posible, y que permita también perfeccionar las técnicas de aprovechamiento de las más pequeñas cantidades de agua.

La ganadería se encuentra también en similares condiciones en lo que hace al factor limitante, el agua, que aquí actúa sobre dos ángulos distintos: el indirecto o sea la cantidad que necesitan los pastos para desarrollarse y alimentar a los animales y el directo, en el sentido de proporcionar a éstos agua suficiente para calmar su sed.

En el aprovechamiento pecuario de las zonas áridas pueden abrigarse grandes y fundadas esperanzas, pero será necesario enfocarlo desde muy diversos ángulos. En primer lugar, desde los dos que ya se mencionaron al

hablar de la agricultura, y que se aplican también a los pastizales: especies de forrajes resistentes a la sequía, y métodos de manejo que permitan aprovechar al máximo todas las fuentes disponibles de agua; gracias a ello se podrán tener praderas con alimento suficiente para sustentar al ganado.

Pero también será necesario enfocar, desde el ángulo de la zootecnia, la producción de razas de animales que sean resistentes al máximo a los desfavorables factores ambientales. Y, por último, habrá que planear cuidadosamente un mínimo de obras de provisión y almacenamiento de agua, para que el ganado pueda apagar su sed.

Un aspecto importante de considerar es el referente a la clase de ganado que debe tenerse en estas zonas. Desde luego, en aquellas en que es posible la cría de vacunos, nada hay que objetar al respecto, salvo ajustarse estrechamente a las condiciones reinantes, para evitar un sobrepastoreo que sería de catastróficos resultados.

Pero cuando la explotación es a base de ganado menor, especialmente caprino, los problemas se multiplican. Por un lado sabemos que -por ineludibles factores ecológicos- en muchas zonas áridas éstos son los únicos animales que pueden subsistir y que con su leche, carne y pieles contribuyen grandemente a la economía local. Pero, por otra parte, conocemos de sobra sus hábitos que los hacen excepcionalmente peligrosos para el ambiente, el

cual deterioran en gran escala. Será, pues, menester analizar este problema cuidadosamente y bajo todos sus aspectos, permitiendo las cabras en aquellos lugares donde otros animales no encontrarían alimento y donde los caprinos constituyen el único factor capaz de hacer una utilización provechosa de la vegetación nativa. Pero son olvidar nunca se trata de organismos de una gran peligrosidad, cuyo número, en consecuencia, debe mantenerse cuidadosamente controlado y siempre en bajos niveles.

La explotación de las plantas silvestres puede ser -y en realidad lo es- factor de enorme importancia en la vida del hombre del desierto; y para darnos cuenta de ello basta con mencionar la candelilla, la lechuguilla, la palma samandoca, el guayule, el nopal entre otras.

La explotación de la flora silvestre -aunque desgraciadamente anárquica y destructiva- ha constituido y constituye renglón importante en la economía de nuestras zonas áridas, la utilización de la fauna silvestre no ha despertado el mismo interés ni ha dado rendimientos semejantes, aunque hay la posibilidad de que se convierta en importante fuente de ingreso, si se maneja adecuadamente.

En efecto, el hombre del desierto practica la caza tan intensamente como le es posible, con el fin principal de utilizar en su alimentación las piezas cobradas, o bien para intentar la venta de algunas, aunque con ello infringe la

legislación cinegética vigente que prohíbe el comercio con los animales silvestres o sus despojos. Y esta caza la realiza sin ningún método, no respetando edades, sexos ni épocas de reproducción, por lo que al mismo tiempo que es poco remuneradora en sus resultados, amenaza con la extinción de las especies.

En general la sequía y su problemática económico-social es un tema poco abordado por la mayoría de los investigadores, incluso, por los especialistas de la agricultura, siendo imprescindible el enfoque interdisciplinario, los efectos de la sequía y su investigación son necesarios para enriquecer los estudios económicos, sociales, y políticos del agro mexicano, tratar de resolver los delicados y profundos problemas de los desiertos mexicanos a base de buena voluntad y mejores intenciones, no puede conducir al éxito si previamente no se planea una cuidadosa investigación de sus problemas, por lo que es imprescindible contar con la voluntad y decisión política así como del apoyo de la investigación científica y movilización tecnológica para lograr el desarrollo sostenible en las zonas áridas.

RESUMEN

Se realizó un análisis cronológico de la sequía en México, a través de cuatro diferentes etapas históricas; en la época prehispánica se manifiesta la enorme influencia del medio físico sobre la población, ya que tribus de origen común permanecen en el salvajismo y la barbarie en aridoamérica. Mientras en mesoamérica, con clima más benigno, se desarrollan y evolucionan a la civilización; en esta época la escasa proporción demográfica evitó se deteriorara el ambiente. Para esta época se tiene información de 13 sequías en el valle de México, entre las que destacan las que se asocian al derrumbe de Tula y Teotihuacan. Entre los efectos sociales que provocó el fenómeno sobresale el que la gente se vendiera a cambio de maíz.

En la época colonial, en 300 años analizados se registran 51 casos de sequía en el valle de México y 26 en el bajío; en la época moderna, 105 años analizados se encuentran 47 casos de sequía, la inestabilidad económica, política y social agravó los efectos.

En la época contemporánea, que comprende 70 años, se han presentado 32 casos de sequía, cuatro de ellos particularmente críticos, la última de 1993 a 1996 no ha sido catalogada oficialmente sin embargo por su

crudeza y extensión será considerada entre las severas, los efectos provocados son difíciles de cuantificar, destacando entre estos: la carencia de agua para consumo humano, la disminución del empleo rural, la baja de la producción agropecuaria, el aumento de los procesos de desertificación y los incendios forestales.

A nivel nacional se han realizado muchas iniciativas para tratar de sentar las bases al combate a la desertificación y la sequía, sin embargo debido a la falta de planeación y continuidad de los programas es poco lo que se ha logrado, como lo demuestran los efectos causados por la última sequía.

En general la sequía y su problemática es un tema poco abordado por la mayoría de los investigadores; se considera importante para resolver los delicados y profundos problemas de los desiertos mexicanos la voluntad y decisión política, así como el apoyo de la planeación, la investigación científica y la transferencia tecnológica.

LITERATURA CITADA

- Axelrod D., L. 1979. Océano Pap Cal Acad. Sci. 132. 1-74 p, Paris, France.
- Beltrán E., E. 1964. Las zonas áridas del Centro y Noreste de México y el Aprovechamiento de sus Recursos, Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, p 166 - 170, México.
- Briones V., D.L. 1994. Origen de los Desiertos Mexicanos, revista Ciencia. 1994, 45, 263-279 p, México.
- Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA) 1970. Decreto de Creación de la Comisión Nacional de las Zonas Áridas. Diario Oficial de la Federación 5 de Dic. 1970. 33-34 p, México.
- _____ 1994. Plan de Acción para Combatir la Desertificación en México. (SEDESOL). Saltillo, Coahuila, México.
- Contreras A., A. 1955. Definición de las Zonas Áridas y Su Delimitación en la República Mexicana. "Mesas redondas sobre problemas de las zonas áridas de México". Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, México.
- Currie, R. G. 1987. On Bistable Phasing of 18 Multiplied by 6 year induced drought and Flood In The Nile Record Since A.D. 650 J. Climatol, Vol 7, N° 4, 373-389 p, Washington, D.C.
- Falland C., K. T.N. Palmer and D.E. Parker. 1986. Sahel rainfall and worldwide sea temperatures. 1901-1985 Nature, Vol. 320, N° 6063, 602-607 p, New York, N.Y.
- FAO. 1973. Man's influence on the hidrological cycle. Irrigation and Drenaje Paper, Special Issue N° 17 Rome, Italy. 46p.
- Florescano E., L. 1980. "Una Historia Olvidada : La Sequía en México". Revista Nexos(32) 9-18 p, México.
- García A., E. 1973. Modificaciones al sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) Instituto de Geografía, UNAM, 2ª de, México.

- Gates, D.M. 1993. *Climate Change and its Biological Consequences*. Sinaver Associates Inc. Publishers. 179 p, Washington, D.C.
- Gray, W.M. and J.D. Scheffer. 1991. "El Niño" and QBD Influences on Tropical Cyclone Activity In Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies, (Eds) Glantz, M. H., R.W. Katz and N. Nicholls, Cambridge Univ. Press. Chap. 8. 258-284 p, Cambridge.
- Gribbin J., A. 1986. *El Clima Futuro*. Biblioteca Científica Salvat (Eds) 241 p, México.
- Kassas F., C. 1977. *Causas promotoras de la desertificación*. Conferencias de FAO en Nairobi. 70-72 p, Nairobi, Africa.
- Llorente J., R. 1992. *Calentamiento Global Hidrológico*. Mundo Científico. Número Especial Medio Ambiente N° 26, 56-63 p, México.
- Lluch-Belda D., S. Hernández-Vázquez, D.B. Lluch-Cota, C.A. Salinas-Zavala, F. Magallón-Barajas y F. de Lachica-B., 1991. *Variación climática y oceanográfica global: sus efectos en el noroeste mexicana*. Ciencia y Desarrollo, Vol. XVII, N° 98, 79-88 p, México.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1988. *Atlas Nacional del Medio Físico*. 253 p, México.
- Macmahon, J.A. and F.H. Wagner 1985. *The Mojave Sonoran and Chihuahuan deserts of America*, Noy - Meir Y D.W. Goodall (Ed.) 105-202 p, Amsterdam.
- Medina R., A. 1986. *Estudio de los Deciles de Lluvia y su Aplicación a la Estimación de la Sequía*. Servicio Meteorológico Nacional, SARH, 9-20 p. México.
- Meigs, P. A. 1952. *Distribution and Arid Homoclimates*. Maps 392-393 p. United Nations, New York, N.Y.
- Namias, J. C. 1972. *Influence of the northern hemisphere general circulation on drought in the northeast Brazil*. Tellus, Vol. XXIV, 336-343 p, Paris, France.
- Namias J. C. 1985. *Extra-tropical connections*. JSC/CCCO Int. Conf on the TOGA Scientific Programme. WCRP Publ. Ser. N° 4. Paris, France.
- Namias J. C. 1989. *Cold waters and hot summers*. Nature, Vol 338, 15-16 p, Scientific Programme. WCRP Publ. Ser. N° 9. Paris, France.

- ONU. 1978. Convención de las Naciones Unidas para la evaluación sobre la degradación actual y potencial de los recursos naturales. 210-234 p, Roma Italia.
- ONU. 1994. Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación en los Países afectados por sequía grave o desertificación en particular en Africa. 307-605 p, Roma Italia.
- Ortega R., J. 1995. La Evolución del Ambiente: Paleoclimatología. Memorias del IV curso sobre desertificación y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecalto, 9-11 p, Edo. de México.
- Ortiz S.,M. y Ortiz J. 1984. Suelos Dominantes en la República Mexicana, Universidad Autónoma de Chapingo, 46-48 p, México.
- Orville, H.D. 1990. AMS Statement on Meteorological Drought. Bull. Amer. Meteor. Soc., Vol. 71, N° 7, 1021-1023 p, New York, N.Y.
- Palerm, A. E. and E.R. Wolf. 1957. Ecological Potential and Cultural Development In Mesoamerica. In *Estudies In Human Ecology*. Panamerican Union. Washington 1-37 p.
- Palmer, W. C. 1965. Meteorological Drought RES, pap 45 U.S. weather bureau, 58 p Library and information services division, Washington, D.C.
- Rasmusson, E.M. and T.H. Carpenter, 1983. The Relationship Between Eastern Equatorial Pacific Sea Surface Temperatures and Rainfall over India and Sri Lanka. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. 111, 517-528 p,
- Rzedowski J., F. 1978. *Vegetación de México*. Ed. Limusa, 432 p, México.
- Romero, H. A. 1989. The 1988 Drought in Chile. *Top. Ocean-Atmosph. Newslett.*, N° 52, 5-6 P, Santiago, Chile.
- Schantz, H.L. 1956. History and Problems of Arid Lands Development In the Future of the Arid Lands. G.F. White (Ed). 48 - 52 p, Washington D.C.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). 1986. *Estado del Medio Ambiente en México*. 79 p, México.
- Shreve F. E. 1951. *Vegetation of the Sonoran Desert*, Carn Institut Wash Publ 1-192 p. Washington D.C.

- Simmonds, I. E. and A. Rocha. 1991. The Association of Australia Winter Climate with Ocean Temperatures to the West. *J. Climate*, Vol. 4, 1147-1161 p, New York, N.Y.
- Stretta E., J.P. y P Mosiño A. 1963. Distribución de las Zonas Aridas de la República Mexicana, según el nuevo índice de aridez derivado del de Emberger. *R. Ingeniería Hidráulica en México*. Vol. XVII N° 40. México.
- Thorntwait, C.W. 1948. An Approach Toward a Rational Classification of Climate, *Geog Rev.*, 38 - 55 - 99 p, Paris, France.
- Tijerina Ch., I. 1996. Evaluación Temporal y Especial de la Sequía. *Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*. 47-58 p, San Luis Potosí, México.
- Tinajero G., J. 1986. Análisis de la Sequía en México en el Período 1976 - 1980. 36-51 p, Comisión del Plan Nacional Hidráulico. México.
- Trenberht, K.E. 1991 General Characteristics of "El Niño" - Southern Oscillation. In *Teleconnection Linking Worldwide Climate Anomalies*. (eds) Glantz, M. H., R. W. Katz and N. Nicholls, Cambridge Univ. Press, Cap 2, 13 -42 p, Cambridge.
- UNAM / Instituto de Geografía 1990. Atlas Nacional de México. vol. 1, II, III, UNAM, México.
- Wilsie, C.P. 1962 *Crop Adaptation and Distribution*. W.H. Freeman and co. 48, San Francisco California U.S.A.