



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ECONOMIA
COORDINACION DE EDUCACION CONTINUA
SEMINARIO DE TITULACION
ECONOMIA PUBLICA

ESTUDIO SOBRE LA TECNOLOGIA ELAT DE LONIZACION
ATMOSFERICA APLICADA EN EL ESTADO DE
AGUASCALIENTES

E N S A Y O

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN ECONOMIA
P R E S E N T A :
HECTOR ORTEGA RECILLAS



ASESOR: SERGIO JAVIER MERAZ MARTINEZ

MEXICO, D. F.

ENERO 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTO

Deseo agradecer profundamente a la casualidad que la vida me otorgó al haberme puesto en un hogar maravilloso al nacer, el cual recuerdo ahora de manera nostálgica. Sin el apoyo en todo sentido incondicional de mis padres Héctor y María Antonieta, el placer cotidiano de vivir sería simple monotonía. Es difícil imaginar cómo sería el andar cotidiano sin recordar su comprensión, su apoyo inmenso y su amor. Gracias a mis hermanos; Roy, Pepe y Paty por compartir y dedicar gran parte de sus vidas conmigo y por darme aliento para la ardua tarea de caminar hacia la perspectiva de un nuevo día; de verdad serán inolvidables.

Quiero agradecer muy especialmente a Luz María, mi querida Samy, que durante bastante tiempo tuvo la paciencia suficiente para apoyarme profundamente, para darme su comprensión, su cariño y su amor. Gracias por hacer de esos momentos un verdadero vivir. No podría faltar mi adorada chiquita Alex, que es la luz de mi vida a quien le dedico esta tesis, para que en un mañana sea una motivación en el desarrollo de su vida.

Agradezco al Prof. Sergio Javier Meráz Martínez, mi asesor de esta tesis, por su amabilidad, su apoyo y sus consejos, que han facilitado enormemente la tarea.

Gracias a la amistad brindada, las sugerencias y contribuciones que para este trabajo hicieron Gilberto Chavarría y Victor Pineda pues resultaron de gran utilidad. Quiero dar las gracias a la gente que revisó con paciencia este trabajo, mis sinodales: Leonardo Lomeli, Alberto Velásquez, José Manuel Guzmán y Marco Antonio Hernández.

Agradezco las facilidades otorgadas por el Lic. Mario Domínguez y el Dr. Lev Pokhmeinykh para poder realizar este trabajo.

Por último quiero dar las gracias a todos aquellos que me han devuelto una sonrisa, a todos aquellos que me ofrecieron un pan en tiempos difíciles, a todos aquellos que han puesto de su parte para que el trajín diario sea más llevadero y muy en especial a la vida que, como dijera Alberto Cortéz, me ha dado tanto.....

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo receptional.

NOMBRE: HÉCTOR OCTAVO LEALLAS

FECHA: 29- ENERO-2004

FIRMA: 

INDICE

INTRODUCCIÓN

1.	PROBLEMÁTICAS POR EL EFECTO DE LA DESERTIZACIÓN	6
1.1	Los Cambios Climáticos como Origen de la Desertización	6
1.2	Efectos de la Desertización	9
2.	ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS CONTRA LA DESERTIZACIÓN	17
2.1	Métodos para Provocar Precipitación Pluvial	18
2.1	Sembrado de Nubes (Bombardeo de Nubes)	22
2.2	Planta Desalinizadora	25
3.	TECNOLOGÍA DE ELECTRIFICACIÓN ATMOSFÉRICA	28
3.1	Antecedentes	28
3.2	Marco Teórico	29
3.3	Teoría General	30
3.4	Estructura de una Estación de Ionización	32
3.4.1	Equipamiento	32
3.4.2	Instalación	33
3.5	Aplicaciones	34
4.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES	35
4.1	Climatología	36
4.2	Hidrología	37
4.3	Balance del Agua	38
5.	DEMOSTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA	40
5.1	Datos y Metodología	42

5.2	Experimento Año 2000	48
5.3	Experimento Año 2001	56
5.4	Experimento Año 2002	60
5.5	Síntesis de Resultados 2000 – 2002	62
5.6	Fenómeno Meteorológico de “El Niño”	72
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
	BIBLIOGRAFÍA Y HEMEROGRAFIA	78
	GLOSARIO	81
	ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

En los últimos 30 años se han registrado en diversas partes del mundo un número sin precedentes de fenómenos meteorológicos climáticos extremos, como inundaciones, ciclones tropicales y sequías. Sin embargo, desde hace aproximadamente 10 años se ha duplicado el número de desastres hidrometeorológicos. La sequía y la desertización reiteradas en el mundo suponen una grave amenaza para la subsistencia de más de 1,200 millones de personas que dependen de la tierra para atender la mayor parte de sus necesidades. Efectos como el conocido fenómeno *El Niño* (1997/1998), el más intenso del pasado siglo, se estima que ha afectado a 110 millones de personas, con un costo para la economía mundial de casi 100,000 millones de dólares. Las estadísticas compiladas de las compañías de seguros en el período 1950-1999 muestran que los mayores desastres naturales relacionados principalmente con el tiempo y el clima han causado unas pérdidas económicas estimadas en 960,000 millones de dólares. Y la mayoría de esas pérdidas se han registrado en los últimos decenios.¹

Para el caso de México, durante los últimos años, las sequías y sus consecuentes déficit son más recurrentes, lo que causa serios problemas a la economía del país. La región más afectada se ubica al centro - norte de México, donde se localiza 90% de las zonas irrigadas y 70% de las plantas industriales, las cuales demandan gran cantidad de agua. Sin embargo, esta región recibe menos del 40% de la lluvia total del país. Además, la agricultura consume más del 85% del agua disponible. Así, se tienen grandes problemas económicos y sociales cuando no se satisface la demanda. En México se presentan cada año incendios forestales de diversas magnitudes. En el período de 1994 a 1997 se presentaron 30,109 incendios que afectaron 807,199 hectáreas. Especialmente en 1998, como consecuencia del fenómeno de El Niño, el número de incendios forestales aumentó considerablemente (200%) respecto al año anterior. Se estima que se pierden entre 400 mil y 600 mil

¹ Nuestro Clima Futuro, Organización Meteorológica Mundial, N° 952, Ginebra, Suiza, 2003.

hectáreas cada año lo que representa un porcentaje de deforestación anual de 0.3%.²

La falta de lluvias, las altas temperaturas y la alarmante escasez de agua en la mayor parte del Altiplano del país donde se ubica el Estado de Aguascalientes, han causado ya una catástrofe agrícola, ganadera, económica y humana de grandes proporciones, según SEMARNAT " La sequía extraordinaria actual se ha prolongado ya por casi 10 años. Las reservas en las presas mexicanas han bajado en un 81% y en este (2001), el peor año de la sequía, ha llovido la mitad de lo registrado en el 2000, que se había considerado hasta entonces el peor año de la sequía".³

En Aguascalientes, la prolongada sequía que se ha presentado desde 1997 ha ocasionado que en lo que va del año 2000, 30 mil campesinos emigren a Estados Unidos en busca de mejores oportunidades de trabajo. Esta situación ocasionará que para el próximo ciclo agrícola primavera-verano se dejen de producir maíz, frijol y guayaba, entre otros productos agrícolas. Según estudios de la SEMARNAT, de persistir la intensa sequía el campo de Aguascalientes dejará de ser una zona productora, toda vez que las 15 presas del estado se encuentran a menos del 7 por ciento de su capacidad, por lo que se dejarán de regar más de 109 mil hectáreas de cultivo. Teniendo como mudo testigo una gran extensión de tierra árida, la cual ya se encuentra cuarteada porque no le ha caído ni una gota de lluvia, el escaso almacenamiento de agua que existen en las 15 presas de la entidad, se agrava más la situación. Las poblaciones más afectadas serán las de Rincón de Romos, Tepezalá, Cosío, Calvillo, Pabellón de Arteaga, Asientos, San José de Gracia y El Llano. Por su parte el delegado de la SEMARNAT, Jesús Infante de Alba advirtió que "este año 2000 será uno de los más difíciles para el campo de Aguascalientes, toda vez que se espera una escasa precipitación pluvial de 340 milímetros. Explicó que en

2 Organización Meteorológica Mundial, "Nuestro Clima Futuro", www.wmo.ch/wmd/sgmessage_sp.doc - 18 Ago 2003.

3 Victor O. Magaña, "Interannual Precipitation variability and water availability in northern Mexico", Workshop on Managing Water Resources Under Conditions of High Climatic Variability in the US-Mexico Border Region, La Paz, BCS, México, January 14-16, 2003.

primavera-verano se espera que las temperaturas lleguen a más de 40 grados."⁴

En un sentido más general, debe quedar claro el fenómeno inexorable de la falta de agua. Se ha señalado en numerosas ocasiones que las disputas por los recursos hídricos darán lugar a las guerras del siglo XXI, que la escasez de agua provocara la ruina de regiones enteras del planeta y que las fuentes del líquido no podrán abastecer a los cada vez más grandes conglomerados humanos.

En esta perspectiva, la situación en México debe ser considerada como un foco rojo que remite a la necesidad de que el país avance a una política ecológica, hidrológica y de desarrollo más congruente e integrada, con visión de futuro.

Ante dicha problemática el gobierno mexicano se ha hecho a la tarea de fomentar proyectos de nuevas tecnologías estratégicas, programas y políticas respecto al agua, replanteando el vínculo con la sociedad y con ella propiciar el desenvolvimiento de una política pública integrada, coordinada y permanente que, sin desatender cada problema y compromiso local, concentre esfuerzos y visualice resultados ejemplares donde hay más urgencia.

Bajo estos linamientos el Estado a través de organismos públicos tales como: la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); La Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); los Gobiernos Estatales de Aguascalientes, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas; el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA); Centro Tecnológico Aragón UNAM-ENEP-Aragón; Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), participarán en la aplicación de una nueva tecnología desarrollada por la empresa Electrificación Local de la Atmósfera Terrestre (ELAT), donde sumarán y comprometerán recursos políticos, económicos,

⁴ Adriana Ochoa, "El campo un panorama sin esperanza", El Universal, México, D.F., Domingo 9 de Marzo del 2000.

científicos y tecnológicos, para resolver un problema de alto impacto social como lo es el recurso vital del agua.

La tecnología de ionización atmosférica la cual se ha venido aplicando en los últimos tres años en seis Estados de la República Mexicana; Aguascalientes, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas, para estimular las precipitaciones pluviales han mostrado su capacidad para revertir la sequía recurrente registrada durante los últimos 10 años.

El presente ensayo tiene como propósito el estudio de los resultados de la nueva tecnología ELAT de ionización aplicada para generar condiciones climáticas favorables sobre el territorio Centro-Norte de la República Mexicana. Cabe mencionar que el que suscribe ha colaborado desde 1999 a la fecha para este proyecto, primero dentro del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE) hasta el 2001 y a partir de entonces directamente en la empresa de Electrificación Local de la Atmósfera Terrestre (ELAT), En dicho ensayo sólo nos abocaremos al análisis del estado de Aguascalientes para un estudio detallado y conciso. Para confirmar los indicios positivos de la tecnología es indispensable realizar una comparación entre el comportamiento de las precipitaciones durante el experimento y el comportamiento histórico de éstas durante los mismos meses, en donde los resultados puedan demostrar eventos estadísticamente relevantes y estos sean conclusivos para determinar si dicha técnica tiene un sustento científico para un proyecto innovador como este.

En el primer apartado se abordarán los efectos y consecuencias de la desertización que en los últimos años han venido afectando el comportamiento climático en el mundo, y por consiguiente las prologadas sequías extremas en México.

En el segundo apartado se mencionan algunas alternativas tecnológicas aplicadas en México para contrarrestar los efectos de la desertización,

mencionando los diversos procedimientos y materiales con las cuales se estimula la precipitación pluvial o se adquiere la captación de agua potable.

El tercer apartado se hará una breve explicación del funcionamiento, desarrollo y aplicación de la tecnología de ionización atmosférica. En el cuarto apartado se mencionan los aspectos generales del Estado de Aguascalientes como son: su ubicación y extensión geográfica; condiciones climáticas, agrícolas, ganaderas e industrial; su distribución hidrológica, así como su capacidad total en almacenamiento de Presas. Se menciona la importancia del vital líquido, como lo es el agua potable, para el impulso de su economía.

El penúltimo apartado contiene los resultados durante el trienio 2000-2002, respecto a la aplicación experimental de la tecnología de ionización, se incluyen los almacenamientos de las presas en el Estado, así como también, una serie de correlaciones estadísticas comparando el Estado de Aguascalientes con un Estado testigo, como lo es en este caso el Estado de Guanajuato, Jalisco y Querétaro. En el último subtema se presenta un análisis detallado del comportamiento de las precipitaciones en el Estado, bajo el efecto de los años Niño, Niña o Neutros; estos registros se integran para determinar, como aún en el caso de tener la presencia de un Niño débil en el 2002, las precipitaciones en el Estado muestran cifras favorables.

El sexto apartado presenta las conclusiones y recomendaciones que se derivan del análisis y evaluación del ensayo.

Se presenta la bibliografía y hemerografía que se empleo para documentar el análisis y sustentar los argumentos señalados.

Se incluye un glosario, conteniendo definiciones de los principales conceptos utilizados en el desarrollo del presente estudio para tener una mayor comprensión.

1. PROBLEMÁTICAS POR EL EFECTO DE LA DESERTIZACIÓN

1.1 Los Cambios Climáticos como Origen de la Desertización

Podemos definir el clima como la sucesión de los diferentes tipos de tiempo que se producen en un lugar concreto de la tierra. La división del globo en regiones o zonas climáticas delimitadas es difícil de determinar, ya que casi nunca se pasa de un clima a otro atravesando una frontera climática, de ahí que se hable de climas de transición. Las clasificaciones pueden basarse en distintas combinaciones de los diversos elementos y factores climáticos, por ello no existe una clasificación única para satisfacer los distintos fines. Las clasificaciones basadas en temperatura, humedad y precipitaciones son las más usuales.⁵

En los últimos años se ha dedicado un amplio espacio al estudio de los cambios climáticos ocurridos en todo el planeta y en determinadas áreas del mismo. Fenómenos hasta hace poco estudiados, como el cambio climático global, el sobre-calentamiento de la atmósfera, o el calentamiento de la superficie oceánica mejor conocido como "El Niño", han sido objeto de serias investigaciones que intentan explicar sus causas y efectos con la pretensión de lograr predecir su ocurrencia y evitar daños a la población.

Como todos sabemos, también en el pasado se han producido cambios climáticos. Pero esos cambios se debían a causas naturales. Los cambios recientes, como el aumento de la temperatura media mundial de 0.6°C desde que se iniciaron los registros de instrumentos en el decenio de 1860, se atribuyen en gran parte a actividades humanas (con talas, incendios, sobre pastoreo y el abandono de las tierras agrarias). En efecto, el año 1998 fue el más cálido registrado, seguido del 2001. El decenio de 1990 fue el más caluroso del siglo XX, y es probable que la tasa y la duración del calentamiento en ese siglo sea mayor que en cualquier otro período de los mil últimos años. El calentamiento observado está vinculado a la mayor concentración de gases

⁵ Mapa Climático, Copen, <http://tiemposmodernos.turincon.com/>, 2003.

de efecto invernadero en la atmósfera. El dióxido de carbono, importante gas de efecto invernadero, ha crecido de unas 280 partes por millón en volumen (ppmv) en 1750 a 370 ppmv a finales de 2001, lo que representa un crecimiento superior al 32%. En el mismo periodo, las concentraciones atmosféricas de metano y óxido nitroso han aumentado en 151% y 17%, respectivamente. Como resultado del calentamiento, el nivel mundial medio del mar ha subido entre 10 y 20 cm. Se ha estimado que esta elevación equivale a diez veces el aumento medio de los 3,000 últimos años. En los últimos 50 años, la extensión del hielo marino en el hemisferio norte ha disminuido entre el 10 y el 15% aproximadamente. La duración del hielo anual en lagos y ríos ha disminuido en unas dos semanas en el último siglo. También se ha reducido en un 40% el espesor del hielo marino en el Ártico entre finales del verano y comienzos del otoño en los últimos 45-50 años, y se ha observado una recesión generalizada de los glaciares de montaña en las regiones no polares en los últimos 100 a 150 años.⁶

Los escenarios del cambio climático para México son muy graves, debido al propio impacto de las alteraciones climáticas pero también a la gran vulnerabilidad social, económica y política del país. En países como México, que carecen de los recursos para enfrentar y mitigar, en lo posible, los impactos del cambio climático, este fenómeno tendrá mayores consecuencias. La gente que vive en zonas vulnerables, en viviendas precarias, en áreas con escasez de agua, con graves problemas de contaminación, o que cultiva tierras de temporal, no cuenta con seguros, carece de alimento, asistencia en salud y servicios, es decir, gran parte de la población mexicana, sufrirá en mayor grado los efectos de las alteraciones climáticas. Un escenario del cambio climático sobre la distribución actual de la vegetación en el país, indica que los bosques de coníferas y encinos se verían afectados negativamente y los bosques tropicales lluviosos se verían favorecidos, bajo un escenario de más 2 grados centígrados de temperatura y menos 10% de precipitación. Viller L. Y Trejo I., del Instituto de Geografía señalan que " Los climas templados y semicálidos donde se distribuyen básicamente los bosques

⁶ "Día Meteorológico Mundial, Nuestro Clima", Godwin O. P. Obasi.
www.wmo.ch/wmd/sgmessage_sp.doc - 18 Ago 2003.

de coníferas y algunos de encinos se verían disminuidos por lo que estos se mostrarían más sensibles al cambio". Esto significa que el clima se volvería más extremo, en general, disminuyendo los climas templados y semicálidos y aumentando los cálidos-húmedos y secos-cálidos. Las alteraciones que provoca el cambio del clima sobre la flora se convierten en afectaciones graves sobre la producción de alimentos, principalmente cuando la agricultura es de temporal.⁷

Por otro lado, dichos cambios climáticos han generado un incremento y períodos más largos de sequías, y esto se observa claramente que durante la década de 1990 el mundo padeció 143 sequías que afectaron a 185 millones de personas, sostiene el informe publicado el día 22, en coincidencia con el Día Mundial del Agua (Organización de Naciones Unidas, 1993)⁸. En muchos países en África, Asia, y Norteamérica sufrieron la furia de las sequías en los últimos años. Durante 2000 y 2001, se desarrolló la sequedad intensiva por mucho tiempo en la primavera y en el verano en el sur y el este de los Estados Unidos. La sequía al principio de la temporada del Cuerno de África tempranamente en el año 2000 y durante un período de cuatro meses, aumentó e intensificó tanto que se transformó en un desastre nacional. Esta sequía continuó en 2001, causando una crisis en la temporada agrícola en Etiopía, la epidemia de enfermedades (noticias de cólera) en Somalia, malas condiciones de pasto y la muerte de ganado en Kenia, y la falta de alimentos para millones de habitantes por todas partes de la región. En Asia, durante 2000 y 2001, la sequedad de la primavera y del verano gravemente afectó a las regiones donde se producían cosechas y a las tierras de pasto de Afganistán, Pakistán, Irán, India, Mongolia, y China. Las consecuencias incluyeron pérdidas de la producción agrícola, la falta de agua, bajos niveles de embalse, las cuales afectaron a decenas de millones de personas. La extraña sequedad del verano también afectó a los países en la región del Mar Caspio.⁹

⁷ Cambio climático: Impactos en México, Greenpeace, 16 de Febrero de 2001
www.greenpeace.org.mx/php/doc.php?f=en_impacto_mx.xml

⁸ Samanta Sen. "Medio Ambiente y Desarrollo", Londres, 27 de Marzo de 2001.
http://www.tierramerica.net/2001/04/01/noticias3_shtml

⁹ Producción de Alimentos Función decisiva del Agua, Cumbre Mundial de la Alimentación, Noviembre 1996. <http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s07a.htm#a>

Las sequías en México y sus consecuentes déficit son más recurrentes, lo que causa serios problemas a la economía del país. La región más afectada se ubica al centro - norte de México, donde se localiza 90% de las zonas irrigadas y 70% de las plantas industriales, las cuales demandan gran cantidad de agua. Sin embargo, esta región recibe menos del 40% de la lluvia total del país. Además, la agricultura consume más del 85% del agua disponible. Así, se tienen grandes problemas económicos y sociales cuando no se satisface la demanda. En México se presentan cada año incendios forestales de diversas magnitudes. En el período de 1994 a 1997 se presentaron 30,109 incendios que afectaron 807,199 hectáreas. Especialmente en 1998, como consecuencia del fenómeno de El Niño, el número de incendios forestales aumentó considerablemente (200%) respecto al año anterior. Se estima que se pierden entre 400 mil y 600 mil hectáreas cada año lo que representa un porcentaje de deforestación anual de 0.3%. Otra característica de la sequía en México es su distribución espacial, ya que generalmente cubre grandes extensiones y las acciones de respuesta local contribuyen muy poco a resolver el problema en general. El gobierno federal y los gobiernos de los estados afectados deben generar estrategias que permitan mitigar los efectos negativos de las sequías, definiendo zonas de mayor o menor vulnerabilidad a través de la evaluación de sus impactos ambientales, económicos y sociales.¹⁰

Las sequías son un fenómeno constante a través de los años que ha impactado considerablemente el abastecimiento de agua de acuerdo a registros históricos, estos fenómenos se presentan con una frecuencia de uno por cada diez años y puede tener una duración que varía de uno a tres años, según estudios realizados por la Comisión Nacional del Agua (CNA).

1.2 Efectos de la Desertización

Como ya mencionamos anteriormente los cambios climáticos se han reflejado en la degradación de los recursos naturales y uno de estos fenómenos es el

¹⁰ Nuestro Clima Futuro, Organización Meteorológica Mundial, Folleto # 952, Ginebra, Suiza, 2003.

efecto de desertificación ó desertización. Para poder explicar el impactos de la desertización es necesario entender su concepto.

La desertización es la disminución o la destrucción del potencial biológico de la tierra y puede desembocar en definitiva en condiciones de tipo desértico. Constituye un aspecto del deterioro generalizado de los ecosistemas y ha reducido o liquidado el potencial biológico, es decir, la producción vegetal y animal, con múltiples fines, en un momento en el cual es necesario aumentar la productividad para mantener a un número creciente de personas que aspiran al desarrollo. Esta definición resultó inadecuada cuando en diferentes partes del mundo se trató de realizar una evaluación cuantitativa de la desertificación. Científicos, instituciones científicas y organismos de ejecución desarrollaron una serie de definiciones. Una definición más precisa se hacía necesaria, especialmente por la necesidad de distinguir entre la desertificación y el fenómeno de las oscilaciones cíclicas de la productividad de la vegetación en los márgenes del desierto (expansión o contracción del desierto) revelado por datos obtenidos por satélite y relacionado con las fluctuaciones climáticas.

Por desertificación / degradación de la tierra se entiende, en el contexto de la evaluación, la degradación de la tierra en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas derivadas de los efectos negativos de actividades humanas.¹¹

La desertización (fenómeno que nada tiene que ver con el avance de los desiertos, sino con el deterioro de las tierras áridas y semiáridas) afecta al 25 por ciento de la superficie del planeta, habitada por el 15 por ciento de la población mundial. Los expertos sostienen que el 73 por ciento de las zonas áridas de África están seriamente dañadas, proporción que en Asia alcanza el 71 por ciento, el 25 por ciento en América Latina y el Caribe y cerca del 65 por ciento en los países mediterráneos. Según cálculos del Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (PNUMA), esa pérdida de tierra cultivable o apta para el pastoreo hace que los países afectados dejen de

¹¹ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. <http://www.rolac.unep.mx/deselac/esp/> 2003.

ingresar unos 42,000 millones de dólares anuales. Aunque los países africanos son los que deben hacer frente a las mayores pérdidas, el PNUMA calcula que la desertización priva a China de 6,500 millones de dólares anuales, de unos 800 millones a Brasil y de 350 millones aproximadamente a España. Las mismas fuentes sostienen que para revertir esa tendencia sería necesario realizar esfuerzos eficaces durante 20 años y contar con un presupuesto anual global de entre 10,000 y 20,000 millones de dólares. Los países en desarrollo carecen, sin embargo, de recursos para combatir la desertización, de ahí el pesimismo de los africanos y el reciente llamamiento en favor de una mayor movilización de recursos del secretario general de la ONU, Kofi Annan. Según explicaron a EFE (Agencia de Noticias en Español) fuentes de la secretaría, la mayoría de los fondos que ahora se destinan a combatir la degradación del suelo tienen carácter público o proceden de los préstamos blandos que otorgan para ese fin los organismos financieros internacionales.¹²

El fenómeno de la desertificación y la degradación de la tierra en América Latina y el Caribe, se puede caracterizar de la siguiente manera: 250 millones de hectáreas de tierras son afectadas por la desertificación en América del Sur; 63 millones de hectáreas son afectadas por la desertificación en Mesoamérica; la erosión del suelo es la principal amenaza (68 % en América del Sur y 88% en Mesoamérica del total de las tierras afectadas en cada subregión); en América del Sur, 100 millones y 70 millones de hectáreas han sido degradadas debido a la deforestación y sobrepastoreo, respectivamente; en el Caribe, la urbanización acelerada y mal planificada ha resultado en la pérdida de tierras para uso agrícola, protección de cuencas y conservación de la biodiversidad; la población más vulnerable debido a la migración hacia las ciudades en búsqueda de nuevas oportunidades, por la degradación de las tierras, son las mujeres y los niños; la sequía y la desertificación traen como resultado la pobreza, la ruptura de estructuras sociales e inestabilidad económica; las pérdidas totales debido a la desertificación en la región, podrían alcanzar cifras de hasta 2 mil millones de dólares por año; de acuerdo a cifras

¹² Desertificación y Pobreza. Teresita de J. Vives Romero, Diario Orbe de Cuba, 8 de Agosto del 2003.

del PNUMA es necesario hacer inversiones de hasta 13,000 millones de dólares para restaurar las tierras degradadas de la región.¹³

Para el caso de México que reúne los paisajes más diversos, desde el desierto, la selva, las playas, hasta las nieves perpetuas y glaciares; presenta diversas formas del terreno que influyen en la diversidad de climas, en tipos de suelo, de flora y fauna y sobre todo en numerosas y diversas etnias. El país cuenta con una precipitación pluvial media al año de 780 mm, lo que equivale a un volumen aproximado de 1.53 billones de m³, que divididos entre 100 millones de habitantes, refleja un promedio de 15,300 m³ por persona, lo cual sería suficiente para satisfacer la demanda de agua para sus diversos usos. Sin embargo, la precipitación no se distribuye de manera uniforme, es errática y además provoca problemas de erosión hídrica en más del 70% del territorio nacional, lo cual indica la urgente necesidad de multiplicar las obras de conservación del suelo y del agua; es decir, una conservación basada en la cultura del agua y del suelo, recursos naturales básicos para el desarrollo de la humanidad (Anaya, 1996).¹⁴

México perdió en los últimos 50 años la mitad de su capacidad para aprovechar el agua de lluvia y recargar sus mantos acuíferos. De los 1,530 km cúbicos que en promedio se precipitan como agua de lluvia en el país, solamente se almacena el 11%, el resto causa en la mayoría de los casos erosión, deslaves y muerte.¹⁵

De acuerdo a estudios realizados por la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Postgraduados, se encuentra que la desertificación afecta en diversos grados (desde el más leve, hasta el más severo) a más del 70% del Territorio Nacional. La velocidad de la desertificación es cientos de veces mayor que la velocidad de recuperación en los ecosistemas dedicados a la producción agrícola, pecuaria y forestal; a México, le llevará varias décadas

¹³ Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, http://www.rolac.unep.mx/deselac_esp/

¹⁴ Anaya, G. M. (1996). Creeping desert casts shadow over Mexico. FORUM for applied research and public policy. Fall. Univ. of Tennessee. U.S.A. Vol. 11, N° 3. Págs. 23-26.

¹⁵ Cárdenas, J. A. (2003). AGUA Y BOSQUES en la Seguridad Nacional, La Buena Cepa. México, D.F. Págs. 30-31.

igualar la velocidad de desertificación con la de recuperación y rehabilitación de los suelos. El sistema de uso del suelo que cubre más superficie en México es el dedicado a la ganadería (más de 100 millones de hectáreas), donde el principal problema es la escasez de forraje con las consecuencias ya conocidas.

La sequía afecta cada año a México ya que millones de animales quedan propensos a la escasez de agua y de forraje; además, millones de hectáreas no producen cosechas debido a la sequía y al creciente deterioro de los suelos cultivados bajo condiciones de temporal.

A pesar del trabajo y los esfuerzos realizados durante siete décadas de acción, no se ha corregido el problema de la Desertificación, por lo que urge el establecimiento de programas y proyectos tendientes a asegurar, en forma prioritaria, el abastecimiento de agua, de granos básicos y de forrajes, lo cual asegurará la alimentación de las diversas especies animales y de los habitantes. Dichos proyectos ayudarán, además, a combatir la creciente desertificación en México. En segunda instancia deberán reforzarse los programas de reforestación. Es urgente, dar atención a los programas del manejo integral de los recursos naturales en las cuencas hidrográficas.¹⁶

Respecto a la intensidad del fenómeno de sequía tampoco existe uniformidad en las opiniones y los datos que las sustentan. Las evaluaciones de los sectores agrícolas de las zonas Centro y Norte del país vertidas en los medios de comunicación muestran una situación más grave que la que expresan las evaluaciones de los organismos federales involucrados en esta problemática.

Esto quizás se deba al hecho que las tablas de precipitación promedia estatal que CNA - SMN presenta de forma mensual para cada año, muestran, para los años 90, una disminución limitada de las precipitaciones en el periodo de Mayo a Septiembre, respecto al promedio histórico general, en el mismo periodo;

¹⁶ Anaya, G. M. (2002). Desertificación en América Latina y el Caribe: Estrategias para su prevención y control. En: 2º Simposio Internacional sobre Degradación del Suelo. Soc. Méx. De la Ciencia del Suelo. Chapingo. Edo. de México. Págs. 19-28.

estos datos llegan a mostrar hasta un incremento en los años 90¹ para algunos estados del Norte del país.

Sin embargo el análisis hecho por el grupo de investigación de la UNAM sobre la base de los datos históricos de CNA - SMN, desglosados por estaciones pluviométricas, muestran una disminución más importante; en promedio del 30% durante el período de los años noventa.¹⁷

En la Tabla 1 se muestran los datos promedios calculados por CNA - SMN y los calculados por la UNAM; analizando los factores entre el período 91 - 98 y el período 1931 - 90 se puede ver que ambos conjuntos de datos muestran indicio de sequía, sin embargo en el segundo la disminución de la precipitación se ve más acentuada y afecta de forma mas o menos homogénea los siete estados enlistados y que como veremos participaron en el experimento del año 2000.

Tabla 1
Precipitaciones Estatales Promedias
Período Mayo - Septiembre

	Valores CNA-SMN			Valores UNAM		
	PROMEDIO 1931-1990	PROMEDIO 1991-1998	FACTOR	PROMEDIO 1931-1990	PROMEDIO 1991-1998	FACTOR
AGUASCALIENTES	365.0	361.8	0.99	412.8	290.9	0.71
COAHUILA	208.9	265.0	1.27	299.7	252.4	0.84
DURANGO	396.0	342.0	0.86	345.7	252.3	0.72
NUEVO LEÓN	401.3	367.0	0.91	432.0	296.4	0.68
SAN LUIS POTOSÍ	718.9	588.8	0.82	797.7	606.4	0.76
TAMAULIPAS	554.0	493.0	0.89	538.0	363.4	0.67
ZACATECAS	413.7	418.2	1.01	442.3	322.5	0.73

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA), Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

La diferencia entre los dos valores calculados, se debe probablemente a que en el cálculo realizado por el grupo de la UNAM se hizo un análisis exhaustivo de la completez de los datos para cada estación en cada año descartando las estaciones que mostraran indicios claros de fallas en los reportes. Otra

¹⁷ Informe de trabajo ELAT de SA de CV, 2000, www.elat.com.mx/reporte2000/reporte2000.html

posibilidad es que quizás CNA - SMN aplique algún peso geográfico arbitrario a los valores de cada estación en el cálculo del promedio territorial. El hecho es que en el análisis de los valores estatales promedios (de CNA) se encuentran valores promedios extraños y hasta imposibles en función del archivo original de las estaciones (ver Durango Agosto 92).¹⁸

La disminución de aproximadamente 30% en las precipitaciones de los años 90's, que se aprecia en los promedios obtenidos por la UNAM, es más congruente con la apreciación general del sector agrícola y con la condición extrema de mínimo en los embalses que alcanzaron las presas en 1998 en la región Centro - Norte y Norte del País.

Para concluir este breve análisis del fenómeno de la sequía en la siguiente tabla 2 mostramos los factores de precipitación entre los promedios del período 1991 - 1998 y 1931 - 1990 para los siete estados de la Tabla anterior; en este caso se presentan los datos de forma mensual para los meses de Mayo a Septiembre.

Tabla 2
Factor Entre Promedios de Precipitación
Período 1991 - 1998 vs Período 1931 - 1990

	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
AGUASCALIENTES	0.52	0.81	0.83	0.48	0.75
COAHUILA	0.67	0.85	0.79	1.30	0.66
DURANGO	0.51	0.72	0.69	0.74	0.80
NUEVO LEÓN	0.66	0.61	0.39	1.08	0.61
SAN LUIS POTOSÍ	0.66	0.67	0.81	0.83	0.76
TAMAULIPAS	0.59	0.61	0.33	0.92	0.83
ZACATECAS	0.54	0.72	0.63	0.82	0.72

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA), Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Aunque la disminución de la precipitación en el período de los años noventa se presenta a lo largo de los cinco meses, vale la pena resaltar algunos rasgos

¹⁸ Informe de Trabajo Experimental de Ionización Atmosférica del Estado de Durango 1999, www.efat.com.mx.

particulares de esta disminución. Es evidente una tendencia de las lluvias a retrasarse, como demuestra el hecho que los factores correspondientes al mes de Mayo son evidentemente menores respecto al resto de los meses en todos los estados excepto Nuevo León.

Resaltan también las condiciones de sequía extrema que se presentaron en el mes de Julio en los estados de Nuevo León y Tamaulipas, estados más estrechamente ligados al flujo de humedad del Norte del Golfo de México. Esta es una indicación de que este fenómeno de sequía, que se ha presentado en los últimos años en el Norte de México, puede estar más relacionado con el comportamiento de las corrientes oceánicas de gran escala en el Golfo de México y en el Atlántico, que de las oscilaciones más conocidas como los fenómenos del Niño y la Niña en el Pacífico.

2. ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS CONTRA LA DESERTIZACIÓN

El Estado en la sociedad surge desde el momento en el que éste adquiere o toma el papel organizador y administrador de la sociedad, lo que es un conglomerado organizado de individuos que le confieren el poder de decisión colectiva al Estado, que actúa en función de decisiones colectivas de los individuos, en nombre de ellos y por encima de cada uno de ellos ¹⁹.

En relación con el medio ambiente, la intervención del Estado surge del reconocimiento que existen limitaciones para aprovechar en forma los recursos naturales del país, fundamentalmente el agua, y con ello alcanzar un desarrollo sustentable. Es por ello que el Estado amplía sus facultades originales, al pasar de ser un organismo encargado de velar por el cumplimiento de protección de los recursos nacionales de los individuos, a manejar una política pública que le permita participar más directamente en la corrección complementando la investigación básica y aplicada, la innovación y el desarrollo tecnológico, que integran un proceso continuo que permite ampliar las fronteras del conocimiento y aplicar éstas en beneficio de nuestro desarrollo social y económico.²⁰

La ciencia y la tecnología han sido las variables clave para el éxito de países y regiones de todo el orbe. En el entorno mundial dominan y se mantienen a la vanguardia quienes hacen suyo el saber científico y tecnológico y lo aplican a sus procesos productivos, así como los que tienen capacidad innovadora y creativa para transformar el entorno. La importancia e influencia de la investigación básica en la calidad de la educación, el desarrollo social y la calidad de vida en general es otro factor determinante.

El avance en el conocimiento científico y el aprovechamiento de los recursos tecnológicos son notas distintivas de estos tiempos. La creciente importancia de los conocimientos científicos y de las capacidades tecnológicas en todos los aspectos de la vida social es evidente. Sus ámbitos son tan amplios y su

¹⁹ José Ayala Espino, Economía del Sector Público Mexicano, Ed. Esfinge, seg. Ed. Junio 2001. p32.

²⁰ Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006, <http://www.conacyt.mx/dap/pecvt/index.html>

impacto tan profundo, que sin la ciencia y la tecnología modernas sería impensable no sólo el mantenimiento de las condiciones de vida logradas, sino también el desarrollo futuro de la nación.

Para enfrentar adecuadamente los problemas del país es necesario impulsar la ciencia y la tecnología, y ponerlas a la disposición de la sociedad para satisfacer sus demandas. En la Actualidad, la Comisión Nacional del Agua (CNA), el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), son las instituciones encargadas de encabezar este esfuerzo científico y tecnológico, coordinando la participación de universidades, centros de investigación y otras instancias.

Dentro de los proyectos tecnológicos que han buscado solucionar la problemática de la desertización y por consiguiente la escasez del agua, se han aplicado una variedad de métodos como los que se describen a continuación.

2.1 Métodos para Provocar Precipitación Pluvial

Los trabajos bajo los nombres de estimulación de lluvias; lluvia provocada; lluvia artificial; inducción de precipitación; siembra de nubes; modificación de nubes; lluvia modificada; redistribución de la precipitación, etc., tiene como meta aumentar la precipitación natural por medios artificiales, los cuales con frecuencia, son tomados como nuevos, o bien, el actualmente denominado "Fabricante de Lluvia" hace creer que su técnica es novedosa, y sin precedentes en el campo de la ciencia. Sin embargo, la investigación realizada por el Dr. Víctor Manuel Ramos González en su trabajo "La Estimulación de Lluvia en México", señala que estas actividades tienen una larga historia, pero, la gran mayoría, ajena a la física de nubes, los descubre cuando se entera de su existencia, tomándolos como un nuevo paso de la ciencia.²¹

²¹ Víctor Manuel Ramos González. "La Estimulación de Lluvia en México". Tesis de Maestría Facultad de Ciencias. Ciudad Universitaria, México, D.F., 1987.

La estimulación de lluvia es un método desarrollado por el hombre, que lo acerca a su pretensión de someter a su voluntad a la atmósfera, motivándolo para desarrollar la ciencia meteorológica, particularmente la física y la microfísica de nubes, con cuyo conocimiento, o sin el, se han desarrollado métodos con bases científicas o simplemente con buena intención, y en algunos casos el de hacerse millonarios.

El desarrollo de la microfísica de nubes ha permitido entender la formación de desarrollo de la precipitación, y con ello reproducir en laboratorio la nucleación semejante a la de la nube; sin embargo, los modelos físicos experimentales, aún no han producido precipitación, aunque ya se logro reproducir industrialmente las características físicas y geométricas mediante combinaciones químicas de sustancias cuya presencia en el seno de la nube actúa como germen de precipitación.

No obstante la gran gama de materiales artificiales y naturales disponibles, aún no se ha determinado el material cuya eficiencia haya sido probada en todos los casos, debido a los factores aleatorios que intervienen en la formación de la lluvia, pero la experimentación directa en el seno de la nube, ha permitido avanzar vía ensayo-error, en el conocimiento real de la formación artificial o inducida de la lluvia.

En otro punto de vista, la modificación de nubes intentada o realizada por grupos científicos, técnicos o por entusiastas improvisados, reportan resultados espectaculares o fracasos sonoros, sometiendo a discusión la validez científica de sus trabajos, considerados puramente operaciones técnicas basadas en el empirismo artesanal, muy lejos de comprobaciones científicas.

A pesar de todo, "La siembra" de nubes es una posibilidad para regiones con escasez crónica de agua, siendo este método el camino a seguir para captar agua a corto plazo.

En México por su extenso territorio tiene partes con grave carencia de agua, por ello, desde hace varias décadas se realizan experimentos de siembra de nubes desde tierra o con el uso de aeronaves. Durante los últimos 10 años han experimentado con la utilización de aeronaves, distribuidas en las entidades federativas de Tamaulipas, Baja California Sur, Yucatán, Durango, San Luis Potosí, Querétaro, Oaxaca, Aguascalientes, Zacatecas, Veracruz, Chiapas, Sinaloa y Coahuila, efectuadas por un buen número de físicos.

A continuación se mencionará algunos métodos usualmente aplicados para la estimulación de lluvias.²²

SIEMBRA CON METALDEHIDO (RUSKIN E. ROBERT)

Es un método de siembra con un compuesto orgánico común, que ha mostrado una excelente capacidad de nucleación del hielo, iniciándose esta a -1°C . El floroglucional en polvo, la solución y la suspensión de materiales orgánicos, son sembrados desde avión en capas de nubes invernales. Cada cristal de este material se enfría cuando esta parcialmente disuelto en agua, auxiliando presumiblemente la nucleación de hielo, sin embargo, partículas de humo preparadas por condensación del vapor son reportadas como ineficaces.

WATHER MODIFICATION METED (KNOLLENBERG ROBERT G.)

Es un método para producir lluvia o nieve a partir de nubes naturales usando agentes de siembra caracterizados por su alta solubilidad en el agua y con una gran absorción de calor de la solución del agua. Materiales típicos disponibles para uso práctico son urea, nitrato y nitrato de potasio y nitrato de amonio. Experimentos de laboratorio mostraron que la urea es un efectivo productor de cristales de hielo dentro del vapor de nube, teniendo una temperatura alrededor de -12°C , en el campo experimental se ha observado que la urea causa chubascos de nubes súper enfriadas.

²² Víctor Manuel Ramos González, "La Estimulación de Lluvia en México", Tesis de Maestría de la Facultad de Ciencias, Ciudad Universitaria, México, D.F., 1987.

PYROTECNIC COMPOSITION FOR GENERATING LEAD BASED SMOKE (HAZELTON D; SOHNSON D.)

Es una composición pirotécnica que comprende un forro de iodato, iodato alcalino, boro y resina resistente a la corrosión, la cual sobre la combustión genera vapor que puede usarse para la modificación artificial del tiempo meteorológico.

CATALYST GENERATOR (AMAND P.; HAZELTON D.)

Es un cartucho que genera un catalizador para modificación del tiempo, teniendo un resorte cargado para mover sobre una corredora alineada del detonador, que inicia la ignición, solamente cuando el pirotécnico ha sido bien disparado de la caja de cartucho.

FORMACIÓN DE GOTAS DE NUBE SOBRE IONES:

Experimentos en cámaras de niebla, se introdujeron iones negativos y positivos por medio de la polarización de un campo eléctrico, determinándose que la formación de niebla se facilita en presencia de iones positivos, pero aun es más fácil cuando el aire tiene iones negativos. La condensación sobre iones negativos, es mucho más fácil, debido a que se necesita una concentración menor de vapor de agua para formar una gota de nube, por lo que la inducción o estimulación de lluvia tendría más probabilidad de éxito, si la nube se ionizara negativamente. Un experimento simple de laboratorio que consiste en aplicar un campo eléctrico a un chorro de agua saliendo de una boquilla, provoca que un lado del agua se haga ligeramente positivo y el otro ligeramente negativo. Luego cuando el chorro se rompe, las gotas de un lado pueden ser positivas y las del otro negativa. Se atraerán y tendrán una tendencia mayor de adherirse unas a otras por otra parte, si el campo es más intenso, la carga de cada gota, será mucho mayor; y la tendencia de la carga misma ayuda a romper las gotas debido a su propia repulsión, quedando manifiesto que los campos eléctricos influyen considerablemente sobre las gotas de agua.

En resumen, los métodos utilizados para la precipitación pluvial pueden beneficiar directamente, a corto o mediano plazo; asimismo, dichos métodos tienen varios problemas para ser aceptados como valederos, ya que se trata de cuantificar un fenómeno aleatorio, del cual hoy en día se desconocen muchas variables, ya que después de un año de sequía puede venir uno de inundaciones, o viceversa. Desde hace medio siglo, México inició la realización de proyectos y actividades con el propósito de incrementar la cantidad de lluvia y contribuir a la modificación del clima, habiéndose intentado procedimientos como el uso de hielo seco, del cloruro de sodio o del yoduro de plata; aplicados bajo programas experimentales u operativos, de casi todos ellos se han obtenido resultados poco confiables, los cuales obedecen más a la variabilidad de los factores climáticos, que a la participación artificial en el proceso natural.

A continuación se explicará el método que se aplicó recientemente en el norte de la República Mexicana.

2.2 Sembrado de Nubes (Bombardeo de Nubes)

Con el fin de impulsar una solución tecnológica a la prolongada sequía que ha afectado al Estado de Coahuila, donde desarrollan actividades sus principales empresas, Grupo Acerero del Norte (GAN) participó en el programa Siembra de Nubes coordinado por las autoridades estatales para incrementar en número y volumen las precipitaciones pluviales, asegurar las reservas de agua por la vía de incrementar la recarga de mantos freáticos y vasos de almacenamiento.²³

A través de Altos Hornos de México, GAN comprometió un apoyo por 3.2 millones de dólares en cuatro años al programa, el cual sería financiado con aportes de los sectores público y privado. La operación comprendería un estudio y seguimiento de las características geohidrológicas de Coahuila, en forma paralela a la aplicación de la técnica de bombardeo químico de nubes,

²³ Siembra de Nubes Batalla Técnica contra la Sequía,
http://www.uaej.mx/dia/publicaciones/guia_del_agua/indice_articulos.htm.

para incentivar las lluvias y a la vez aumentar el volumen de agua que descargan las nubes.

El acuerdo de colaboración para el programa Siembra de Nubes fue firmado en el verano de 1997, en la capital coahuilense por el Gobernador Rogelio Montemayor Seguy y el Licenciado Alonso Ancira Elizondo, Vicepresidente Ejecutivo y Director General de GAN. A partir de un concurso abierto, se encargó el desarrollo del plan cuatrienio de trabajo a National Center for Atmospheric Research (NCAR) de Denver, Colorado, Estados Unidos. Con el Aeropuerto Internacional Venustiano Carranza de Monclova - Frontera como base de operación, el equipo técnico encabezado por Dan Breed contaría con radares para localización de nubes, una unidad móvil computarizada de apoyo y un avión especialmente equipado para el bombardeo. Dicha tecnología de inducción de lluvias ha sido aplicada en forma exitosa en Israel, Francia, Estados Unidos y Sudáfrica, en éste último las condiciones climatológicas tienen una similitud como las de Coahuila.

A partir de junio de 1999 inició el plan, cuya primera etapa de cuatro meses consistió en acopio de información regional sobre presiones atmosféricas, humedad, temperatura, punto de rocío, dirección y velocidad de los vientos, entre otros factores. Este proceso se inició con el lanzamiento de globos con una radiosonda que cada diez segundos envió información a la unidad móvil, como base de los modelos matemáticos para diseñar la generación de lluvia. Después de ser detectada por el radar una nube susceptible de ser inducida, un avión Piper Cheyene II realizó vuelos de reconocimiento y al confirmar condiciones propicias, realizó en la base de la nube una inyección de sales higroscópicas (70% cloruro de potasio; 12% cloruro de sodio y 18% óxido de magnesio). Estos cartuchos fueron disparados desde la parte trasera de las alas del avión; las sales actúan como aglomerantes de las pequeñas partículas de agua diseminadas en la nube, provocando la formación de gotas que ceden a la fuerza de gravedad y se precipitan, fenómeno que tarda unos 15 segundos a partir del bombardeo.

La aeronave contó con diferentes sensores como: una sonda-espectrómetro de goteo delantero, sonda de cable caliente y sonda bidimensional, que permitían conocer el nivel de concentración de agua, tamaño y temperatura de las gotas, así como punto de rocío y presión atmosférica, entre otros factores necesarios para la siembra y medición microfísicas de las nubes. En la etapa inicial, durante los primeros tres meses se esparcieron en el cielo coahuilense alrededor de 70 kilos de sales higroscópicas, que sirvieron para analizar las características de formación de las nubes y en cierta medida provocaron precipitaciones. En términos de hacer llover, además de generar la descarga de las nubes el procedimiento busca incrementar el volumen de precipitación. Por norma general, las nubes durante una lluvia natural descargan alrededor de un 30% de su humedad y mediante el bombardeo con sales higroscópicas es posible incrementar esa precipitación hasta un 45%.

El sistema de acrecentar las reservas de agua por Siembra de Nubes se dice que tiene más probabilidad de éxito que otras alternativas desarrolladas en México, ya que entre sus ventajas está el bajo costo comparativo, por ejemplo con la desanilización de agua marina: un metro cúbico obtenido por bombardeo cuesta 6 centavos de dólar, contra 32 centavos del desalado.²⁴

Dan Breed precisó que concluida la primera etapa, una vez evaluados y sistematizados sus resultados, se contaría con información sólida para incentivar en forma precisa las lluvias y se localizarían las zonas de mayor precipitación, para un mejor aprovechamiento con infraestructura de conservación. Entre los beneficios a largo plazo destacan la venta de tecnología y la preparación de personal técnico residente de la entidad, para garantizar la continuidad de Siembra de Nubes más allá de los cuatro años del programa inicial.

Para este proyecto lo curioso es que ni los propios investigadores pueden precisar qué es lo que ocurre exactamente en las nubes sembradas. Una consulta realizada por el periódico argentino Clarín, al Científico Brintjens del

²⁴ Siembra de Nubes Batalla Técnica contra la Sequía.
http://www.uacj.mx/dia/publicaciones/guia_del_agua/indice_articulos.htm.

Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas de los Estados Unidos dijo que "los resultados del experimento en Coahuila son para entusiasmarse. Sin embargo, no entendemos completamente el proceso. Esperamos hacer nuevos estudios para probar alguna de las hipótesis sobre cómo funciona la siembra".²⁵ Bruinjtes afirma que para ser capaz de proporcionar datos cuantitativos acerca del incremento en las lluvias, el programa debe llevarse a cabo durante por lo menos tres o cuatro años.

2.3 Planta Desalinizadora

Si bien, la tecnología de Desalinización no es un método para estimular nubes, resulta eficiente para la captación de agua potable. Dicha tecnología se encuentra en estos días en estudio para su desarrollo y aplicación en México, principalmente en el Estado de Sonora.

A continuación se mencionará la versión estenográfica de las palabras del entonces presidente de la República Ernesto Zedillo, durante el acto Avances del Programa "Agua Potable para Hermosillo", que encabezó en el salón "Gobernadores", del Palacio de Gobierno, en esta ciudad, el 21 de septiembre de 1999, en Hermosillo, Sonora.²⁶

En Sonora, como en todo México, no hay desarrollo posible sin un acceso confiable, seguro y suficiente al agua que se necesita para el consumo humano. Esta necesidad es más notoria en una ciudad como Hermosillo, donde las condiciones de los mantos acuíferos, el clima y el crecimiento de la población ha hecho muy complicado el suministro del líquido. Hace poco más de un año, cerca de aquí, en la presa, el señor Gobernador y un servidor tomamos decisiones importantes para evitar una catástrofe social, por la caída en el suministro de agua durante el verano que se aproximaba.

La perforación y el mejoramiento de pozos, la construcción de un acueducto y otras obras complementarias dentro del Plan Emergente de Agua Potable que

²⁵ Diario el Clarín, Provocan Lluvias con sustancias Químicas lanzadas a las Nubes, 17 de febrero del 2001.

²⁶ Palabras del Presidente Ernesto Zedillo, http://zedillo.presidencia.gob.mx/page_dise/sep99_21sep99-2.html.

*acordamos para Hermosillo, hizo que la situación no fuera tan grave como pudo haber sido. Se trató de un esfuerzo muy grande en presupuestos. Ya se ha comentado cómo entre el gobierno Estatal y el Gobierno Federal hemos tenido que invertir más de 230 millones de pesos. Se trató de un esfuerzo, sin embargo, que consistía en una solución provisional y que todos dijimos entonces que no era la solución definitiva, que necesitaba el abasto de agua en Hermosillo. Por eso, desde entonces hemos venido trabajando en la búsqueda de una solución como la que demandan los habitantes de Hermosillo; es decir, una solución de largo plazo que, además, pudiera realizarse con el menor costo posible. Esta solución consiste en La construcción de una **Planta Desalinizadora**, un nuevo Acueducto, una nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y, por supuesto, la Bateria de Pozos que extraerán esa agua que será tratada, son la mejor respuesta que los técnicos han encontrado para garantizar este abasto para los próximos 20 años.*

La finalidad del discurso se debió a la problemática que desde entonces enfrenta la ciudad de Hermosillo en relación a la escasez de agua potable, en respuesta a la solicitud del entonces gobernador Armando López Nogales para dar solución ante dicho problema, se presentó un proyecto piloto para instalar una Planta Desalinizadora que consistiría de las siguiente características.

Para el proceso de desalación se aplicaría el proceso de osmosis inversa, mediante el cual se producirían 2,500 litros por segundo de agua potable de excelente calidad, que sería conducida a Hermosillo a través de un acueducto de 110 kilómetros, el cual en el trayecto, contaría con una planta de bombeo y tres rebombes para entrar el líquido en dos tanques de regulación, situados en el norte y sur de la ciudad. Dicha obra cuya inversión requeriría de 1800 a 2100 millones de pesos, requeriría la perforación de una batería de pozos profundos localizados en la franja costera del acuífero "costa de Hermosillo", para extraer 3 mil 400 litros por segundo de agua salobre.²⁷

El proyecto ha enfrentado gran suspicacia y desconfianza ya que plantea no sólo la construcción de la mayor planta desalinizadora que se haya construido en cualquier lugar del mundo, sino también que este tipo de plantas se han construido en islas y lugares costeros que no tienen necesidad de transportar el

²⁷ Francisco Romero Cruz, La Problemática del Agua en Hermosillo, Revista Derecho Ecológico, Universidad de Sonora, 2001. www.uson.mx/medios_informativos/derecologico/agua_hermosillo.shtml

agua más de cien kilómetros al interior con gran gasto de energía eléctrica. Aún funcionando es casi seguro que resulte una solución cara para los hermosillenses. Aunque el proyecto divulgado anuncia que el agua desalada costará seis pesos el metro cúbico, los investigadores Arreguín Cortés y Martín Domínguez, del Instituto Mexicano del Agua, informaron que el precio promedio de desalar agua de mar a la salida de la planta es de 1.53 dólares el metro cúbico, es decir aproximadamente 15 pesos. Actualmente en Hermosillo el costo de agua por metro cúbico es de \$ 3.20.²⁸

En la Tabla 3 se muestra un comparativo del costo de agua potable por metro cúbico en diferentes ciudades de la República Mexicana.

Tabla 3
Comparativo de Costo del m³ de Agua
Octubre 2000

<i>Ciudad</i>	<i>Costo por m³</i>
Ensenada, B.C.	\$ 14.62
Monterrey, N.L.	\$ 13.66
Tijuana, B.C.	\$ 12.80
Los Cabos, B.C.S.	\$ 8.96
Aguascalientes, Ags.	\$ 6.25
Tecate, B.C.	\$ 6.04
Chetumal, Q.R.	\$ 5.67
Manzanillo, Col.	\$ 5.25
Culiacán, Sin.	\$ 4.00
Hermosillo, Son.	\$ 3.20

Fuente: Comisión del Agua Potable y Alcantarillado del Estado de Sonora, (COAPES).

La desalación del agua de mar es una solución en tiempos de sequía, pero no la única. Las plantas desalinizadoras pueden abastecer la demanda de ciudades y de industrias, pero difícilmente pueden cubrir las necesidades agrícolas, que representan entre el 70 y 80 % del consumo total del agua.

²⁸ Felipe I. Arreguín Cortés, Alejandra Martín Domínguez, Desalinización del Agua, Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XV num. 1, enero-abril, pp. 27-49.

3. TECNOLOGÍA DE ELECTRICIDAD ATMOSFÉRICA

3.1 Antecedentes

Ante la problemática que presentaba la ciudad de México en 1995, respecto a los altos índices de contaminación ambiental, el Ing. Heberto Castillo Martínez, presidente de la Comisión de Ciencia y Tecnología del Senado de la República, invitó al científico ruso Dr. Lev A. Pokhmelnikh, creador de la Tecnología de Electrificación Atmosférica para exponer su teoría, con la cual se podría disipar la contaminación ambiental del Valle de México, así como incrementar ó disminuir el régimen de precipitaciones pluviales sobre una área determinada.

En Mayo de 1996, la Comisión Federal de Electricidad convino en realizar una prueba de campo en la Central Termoeléctrica de Puerto Libertad, Son., con la cual se pretendía verificar si la tecnología de Electricidad Atmosférica (ELAT) era capaz de producir precipitaciones pluviales a voluntad. Las pruebas se realizarían con énfasis en la demostración de la relación causa-efecto entre la tecnología y el fenómeno. Los resultados mostraron una precipitación 2.9 veces mayor que el promedio del período 1978-1995. Los valores de humedad aumentaron sensiblemente y el registro de temperatura mostró una disminución de 4.5°C, respecto al promedio de los últimos 15 años de registro. En 1998, el experimento se repitió, y se obtuvieron una vez más, registros de lluvia sin precedente.²⁹

En 1999, el Sr. Gobernador Ángel Sergio Guerrero Mier, titular del Ejecutivo del Estado de Durango, tomó la iniciativa de llevar a cabo la instalación de tres estaciones de ionización, dos en el Estado y una más en el Estado de Sinaloa (Mazatlán). El resultado que arrojó ésta experimentación, mostró un incremento de un 131 por ciento sobre los registros promedio de precipitaciones durante el período de sequía de los años 90.³⁰

²⁹ Informe de Trabajo de Ionización, Estado de Sonora, 1996, <http://www.elat.com.mx>.

³⁰ Informe de trabajo de Ionización, Estado de Durango 1999, <http://www.elat.com.mx>.

A principios del año 2000, El Señor Gobernador Felipe González González y el MVZ. Roberto Von Bertrab Peters, hicieron contacto con el Dr. Gianfranco Bisiacchi Giraldi, investigador de la UNAM, para conocer directamente los detalles de la tecnología, e iniciar un periodo experimental de tres años. El 15 de Mayo del año 2000, se puso en operación, en Jaltomate municipio de Aguascalientes, una estación de ionización atmosférica para revertir las condiciones adversas de la sequía.

3.2 Marco Teórico

En 1984 en Rusia, fueron elaborados los fundamentos de una nueva teoría de interacción eléctrica de algún cuerpo con el medio circundante, la cual está sustentada en la suposición de que el campo electrostático se apantalla por la materia neutra. La parte integral de ésta teoría, se basa en un modelo de electricidad atmosférica, la cual demuestra que: **“El desarrollo de los procesos meteorológicos naturales, depende del estado eléctrico de la atmósfera”**.

Con base a éstas premisas teóricas, fue creado un método de influencia sobre la atmósfera mediante la modificación de la distribución de la corriente eléctrica de conductividad en el espacio, denominado Electrificación Local de la Atmósfera Terrestre “ELAT”; dicho método se desarrolló, hasta convertirse en una tecnología que está patentada en Rusia.

La tecnología de Electricidad Atmosférica, pasó una serie de pruebas en el Polígono de Pestovo, en Moscú, entre los años de 1988 y 1991; durante los años de 1991 a 1995, se llevaron a cabo diversas aplicaciones de la tecnología en Rusia, Argentina y Jordania, consistentes en provocar y/o eliminar precipitaciones pluviales, destruir ciclones, eliminar contaminación, disipar nieblas y disminuir la intensidad de granizadas.

3.3 Teoría General

El método propuesto está basado en los siguientes hechos conocidos y nuevos procesos:

Los movimientos verticales y horizontales de masas de aire están determinados, fundamentalmente, por variaciones en el espacio y tiempo de la temperatura del aire.

La temperatura del aire refleja la acción simultánea de los procesos de llegada y salida de calor en la atmósfera.

Existen tres mecanismos de captura de energía en la atmósfera:³¹

- Por un proceso de condensación del vapor en partículas aerosólicas líquidas ($P= 88 \text{ W/m}^2$).
- Por absorción directa de la radiación solar ($P=80 \text{ W/m}^2$).
- Por intercambio convectivo con la superficie terrestre ($P=17 \text{ W/m}^2$).

La teoría elaborada de la interacción eléctrica de la Tierra con el espacio cósmico, considera el debilitamiento del campo electrostático por la materia³²³³, muestra también el papel importante de los iones en el aire y su influencia sobre el balance térmico de la atmósfera. Asimismo nos muestra que "los iones de la atmósfera, son los centros principales de condensación del vapor atmosférico". Si consideramos a los iones como centros principales de condensación en la atmósfera; podemos expresar analíticamente que: la dependencia del calor de condensación P , que se desprende de un polo

³¹ Pokhmelnikh L.A. Electricity of earth and sun, thermal balance of earth atmosphere as consequences of charge density waves in cosmos. VINITI, ISSN 0235-5019, No. 10, 2001, 2-17. (Rus).

³² Pokhmelnikh L.A. Geo-solar-cosmic electric relations in electrostatics with field e screening by matter. Proc. of the 1st Int. Congress on Geo-Cosmic Relations. Amsterdam, 1989.

³³ Pokhmelnikh L.A. Theoretical problems of weather modification by ions. WMO Workshop on Measurements of Cloud Properties for Forecasts of Weather and Climate. México City, 350-352. 1977.

³⁴ Svensmark H. and Friis-Christensen E. Variation of cosmic ray flux and global cloud coverage. Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics. Vol. 59, 1225, 1997.

vertical de sección igual a la unidad, de densidad de corriente eléctrica j en la atmósfera es:³⁴

$$P = \frac{4}{3} \pi r_{\max}^3 k \rho R e^{-1} j, \quad (1)$$

Donde:

$k \leq 1$ es el coeficiente que caracteriza la parte de iones que se convierten en centros de condensación,

ρ es la densidad de masa de agua,

r_{\max} es el radio máximo de crecimiento de las partículas aerosólicas por el proceso de condensación ($r_{\max} \cong 10^{-5} \text{ m}$),

R es calor latente de condensación,

e es la carga elemental.

De la ecuación (1); sigue que la cantidad de calor que se desprende en la atmósfera con la corriente artificial I_g de un generador de iones es:³⁵

$$\frac{dQ_a}{dt} = \frac{4}{3} \pi r_{\max}^3 \rho R I_g e^{-1}. \quad (2)$$

El valor del coeficiente de ganancia de energía K_e de un generador de iones se determina por la energía que se desprende a la atmósfera por segundo, debido a la corriente eléctrica del generador y la energía P_g consumida por la misma fuente en un segundo.

$$K_e = \frac{dQ_a}{dt} / P_g. \quad (3)$$

Es el caso del generador ELAT

$$K_e = 5 \cdot 10^8. \quad (4)$$

Con éste coeficiente de ganancia de energía, la tecnología de ionización permite manejar procesos meteorológicos con un gasto inapreciable de energía, con lo cual es posible cambiar en un rango determinado la temperatura del aire, crear corrientes de aire de larga escala y favorecer el proceso de formación de partículas aerosólicas en nubosidad y precipitaciones.

³⁵ Pokhmelnikh L.A. Theoretical problems of weather modification by ions. WMO Workshop on Measurements of Cloud Properties for Forecasts of Weather and Climate, México City, 350-352, 1977.

3.4 Estructura de una Estación de Electrificación Atmosférica

3.4.1 Equipamiento

Fuente de Alimentación.- Voltaje de entrada: 220/110 volts de corriente alterna, Capacidad hasta 10 KVA, Operación: 2,700 m.s.n.m., caseta prefabricada para rectificación a CC, y realización de conexiones en aire de alta tensión. (Desarrollo tecnológico ELAT)

Microcontrolador.- Scenix SX28AC/SS,20 MHz/4,000 instrucciones por segundo EPROM: 16K bytes, Hasta 17 puertos RS232, Comunicación Serial de: 300-50K baud I/O, MODEM: Cermetek CH1786, 2400 bps, Eeprom: 64 bytes, Almacenamiento no volátil. (Desarrollo tecnológico ELAT)

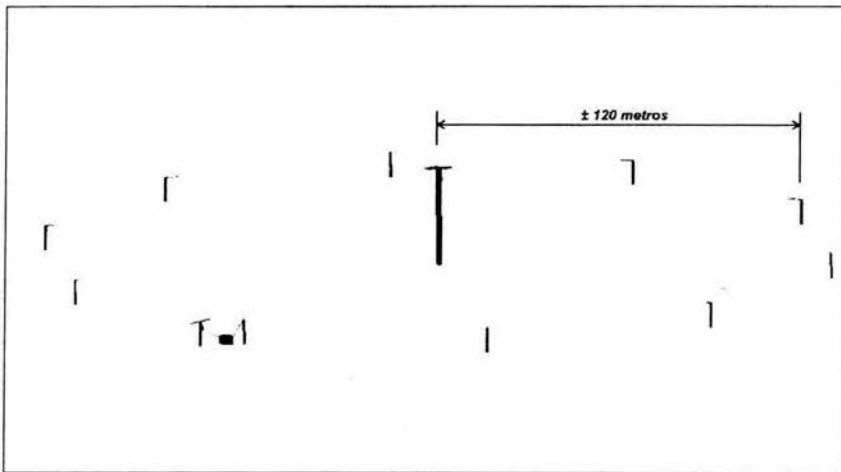
Antena.- Estructura tubular Mod. AT-35 de 36 a 42 mts. de altura (según condiciones orográficas), retenida con cable de acero Multifil; mástiles auto soportados ced. 40 de 9 a 12 mts.; poleas móviles; aisladores de alto voltaje y tendido eléctrico en acero inoxidable. (Desarrollo tecnológico ELAT)

Electropluviómetros.- Cilindro con malla de protección y medidor de impulsos eléctricos, conectado a un radio-modem en banda ISM, modelo X09-009NSC-Tx, con antena Yagi de 15 Dbi, para la transmisión de los datos al tablero de operación de la estación ELAT, mismo que contiene un radio-modem, en banda X09-009WMC con antena omnidireccional de 9.1 Dbi, para la recepción de los datos. Este equipo opera con una celda solar. (Desarrollo tecnológico ELAT). Los registros pluviométricos de las diferentes estaciones, serán procesados en el Centro de Operaciones en la Ciudad de México (COCM), con datos georeferenciados. Estos datos serán mostrados en relación a sus coordenadas sobre un mapa de la República Mexicana, a través de un paquete Ocx de Mapinfo en Visual Basic 6.0; lo que permitirá observar mediante la página www.elat.com.mx, en tiempo real y de forma detallada, el comportamiento de las precipitaciones por estación pluviométrica.

3.4.2 Instalación

En un terreno rústico de 6 hectáreas aproximadamente, sin obstáculos ó cuerpos sólidos mayores a 2 metros, y con un ángulo de inclinación menor a los 15 grados sobre su plano horizontal; se lleva a cabo la obra civil de cimentación para soportar los mástiles periféricos, una torre central y una caseta de control de 5 metros cuadrados aproximadamente. El terreno deberá estar cercano a una línea de transmisión de corriente alterna 220/110 volts, y a una distancia no mayor a los 50 metros del límite exterior del terreno.

Esquema de una Estación de Ionización



3.5 Aplicaciones

Utilizando el principio de condensación artificial del vapor en partículas aerosólicas, la tecnología de Electrificación Atmosférica es eficaz bajo cualquier temperatura del aire atmosférico para:

- Disminuir o aumentar la temperatura del aire.
- Crear corrientes de aire local y de larga escala.
- Aumentar la humedad en zonas secas.
- Estimular precipitaciones pluviales.
- Inhibir precipitaciones excesivas.
- Eliminar neblinas y/o nieblas indeseables.

4.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES

El Estado de Aguascalientes está ubicado entre los 21°39' y 22°28' de latitud Norte y los 101°54' y 102°53' de longitud Oeste a una altitud media de 2,053 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra ubicado en el centro de México; colinda al norte, noreste y oeste con Zacatecas; al sureste y sur con Jalisco. Consta de once municipios: Aguascalientes, Asientos, Calvillo, Cosío, Jesús María, Pabellón de Arteaga, Rincón de Romos, San José de Gracia, Tepezalá, San Francisco de los Romo y El Llano.³⁶

La población total del estado es de 944 285 habitantes (2000) y cuenta con una superficie de 5,589 kilómetros cuadrados, que representan el 0.3% del territorio nacional. La superficie dedicada a la actividad agrícola consta de 170 Mil 159 hectáreas de las cuales el 34% pertenece a áreas de riego y el 66% restante a temporal. La actividad pecuaria se desarrolla en 279 Mil hectáreas y la forestal en 90 Mil 205 hectáreas. En términos generales, existen en el Estado 24 Mil 392 habitantes dedicadas a las actividades agropecuarias lo que representa el 7.4% de la Población Económicamente Activa en el Estado, de las cuales aproximadamente el 67% son ejidatarios. La vocación histórica agropecuaria y las condiciones del territorio permiten que los principales cultivos producidos en el Estado sean en orden de importancia con respecto al volumen de producción los Forrajes, Frutales, Hortalizas, Maíz y Frijol.³⁷

Las principales actividades pecuarias son la avicultura productora de carne, la leche y la producción de carne de bovino, porcino, ovino y caprino.

En Aguascalientes la estrategia para el desarrollo industrial ha sido decisiva en la migración de los trabajadores y sus familias a los centros urbanos. En los últimos años, la población urbana aumentó a 757,579 habitantes, y el empleo de las industrias un 25.5%. De esta forma, el sector manufacturero logra un

³⁶ División por Entidad Federativa con Base en el Marco Geoestadístico, <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.asp>, 2003.

³⁷ Características Generales de Aguascalientes, <http://www.aguascalientes.gob.mx/agro/dos.html>, 2003.

incremento muy importante, el cual permite toda una estructura social y económica. Tres de las actividades principales que responden a un 92.4% de la producción son: la maquinaria y equipo, productos alimenticios, bebidas y tabaco, textiles y artículos para vestir. La industria textil es particularmente importante por el valor de sus ventas y el número de empleos directos que genera.

Así, de 1982 a la fecha, el monto de Inversión Extranjera Directa (IED) acumulada en Aguascalientes, asciende a 4,301 millones de dólares, lo que ha permitido ofrecer empleo a poco más de 30,000 personas de la entidad, lo que significa que Aguascalientes concentra el 3.5% del total de la inversión extranjera directa en México.

Por su parte, las empresas de Estados Unidos han invertido 1,234 millones de dólares. Las inversiones de Alemania, España, Francia, Brasil, Suiza y Hong Kong ascienden a 142 millones de dólares, lo que en conjunto participan con el 3% del total de la IED en el estado.

4.1 Climatología

En el Estado de Aguascalientes el clima es un 85% estepario o semidesértico y templado subhúmedo en un 15% de la superficie.³⁸

La temperatura media anual en el estado es de 16.7 °C, la media anual máxima es de 20.2 °C, y la media anual mínima es de 13.2 °C. La temperatura máxima diaria registrada ha sido de 44 °C y la mínima de -10 °C.

El periodo libre de heladas en el Estado, a un 60% de probabilidad de ocurrencia, tiene una variación de presencia entre los meses de marzo a noviembre.

³⁸ Características Generales de Aguascalientes, <http://www.aguascalientes.gob.mx/agro/dos.html>, 2003.

La precipitación pluvial media anual del Estado es de 522 mm, ésta es superior en la región montañosa occidental con 605 mm. e inferior en la planicie oriental con 491 mm. La precipitación mensual máxima registrada ha sido de 337.5 mm. y la máxima en 24 horas ha sido de 120mm. El periodo de lluvia se presenta en un 75% en los meses de junio a septiembre. La evaporación potencial media anual en Aguascalientes es de 2,100 mm. con un máximo de 2,446 mm. Y un mínimo de 1,481mm.

La orografía en el estado se ubica con el 46% de la superficie que son terrenos planos y ligeramente ondulados con pendiente menor al 5%; el 23% del territorio se ubica dentro del intervalo de pendiente entre 5 al 10%; el 11% de la entidad corresponde a lomeríos con pendientes de 10 a 15% y el 20% restante de la superficie, corresponde a terrenos montañosos cuya pendiente es superior al 15%.

Existen dos grandes regiones fisiográficas, la Montañosa Occidental, que comprende la mitad poniente del estado y la Planicie Oriental, que abarca la porción oriente. Dentro de la primera región se tienen tres subregiones: Norte, Sur y Valle de Calvillo. La segunda región se divide también en tres subregiones, las cuales son el Valle de Aguascalientes-Chicalote, la Noreste y El Llano.

4.2 Hidrología

La red hidrológica de Aguascalientes, tiene como ejes principales a los ríos Aguascalientes y Calvillo, los cuales pertenecen a la subcuenca de los ríos Verde y Juchipila, respectivamente. Estos últimos, a su vez forman parte de la cuenca del Río Santiago de la vertiente del Océano Pacífico. En el estado existen alrededor de 450 presas y pequeños vasos de almacenamiento con una capacidad total de aproximadamente 500 millones de m³. El 85% de esta capacidad corresponden a las 8 presas más importantes: Presidente Calles (340 millones de m³), General Abelardo Rodríguez (28.7), El Niágara 2 (16.5), Media Luna (15), La Colorada (6.4), Malpaso(6.1), El Saucillo (6) y la Codorniz

(5.4). Asimismo, se cuenta con cinco acuíferos subterráneos. De estos, se extraen 572 millones de metros cúbicos a partir de 2 911 pozos profundos. El acuífero del Valle de Aguascalientes proporciona 464 mm³ (81%), el de Chicalote 48 mm³ (8%), Calvillo 31 mm³ (5%), El Llano 24 mm³ (4%), y Venadero 5 mm³ (1%).³⁹

La capacidad total de almacenamiento superficial no es alcanzada al 100%. Se estima que sólo hay una disponibilidad de 190 mm³ al año. En consecuencia, la cantidad de agua utilizada actualmente, tanto superficial como subterránea, es de alrededor de 783 mm³. Esta cantidad varía año con año en función de múltiples factores: la precipitación pluvial, la recarga e inmigración subterránea y la eficiencia en el uso del agua, entre otros.

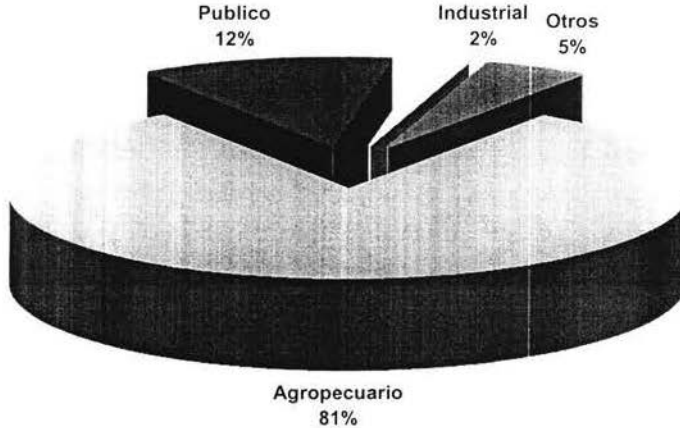
4.3 Balance de Agua

El sector agropecuario es el principal consumidor de agua en el estado. Participa con el 81% del total, a continuación le siguen el consumo público municipal con el 12%, la actividad industrial con el 2% y otros usos diversos participan con el 5%. La agricultura utiliza 611 mm³ fundamentalmente para irrigar alrededor de 58,000 hectáreas. Las prácticas ineficientes del riego han contribuido en gran medida al agotamiento de los mantos acuíferos. En efecto, en los últimos 4 años ha habido un descenso preocupante de los niveles del agua subterránea. Actualmente, una gran cantidad de pozos presentan un nivel estático superior a los 100 metros de profundidad y muchos otros presentan niveles cercanos a los 200 metros, lo que contrasta con los niveles presentados en los años 50 que no excedían los 20 metros.⁴⁰

³⁹ Arturo Rodríguez Villalobos, "Situación Actual y Perspectivas del Agua en Aguascalientes". Cuaderno de Trabajo # 58. Secretaría de Recursos Naturales, Ags., Diciembre, 1996.

⁴⁰ Joaquín Sosa Ramírez, "Perspectivas en el Suelo y Agua en la Agricultura". Cuaderno de Trabajo # 12. Secretaría de Recursos Naturales, Ags., Enero-Febrero, 1995.

Distribución de Agua por Sector en México Aguascalientes 1995



Fuente: Comisión Nacional del Agua, (CNA), 1995.

En la República Mexicana las políticas de abastecimiento están basadas en esquemas de usos prioritarios del agua. El más importante es el abastecimiento urbano, en segundo lugar el uso agrícola y en tercero el industrial. Pero en muchas cuencas, como la de Aguascalientes, la disponibilidad de agua esta condicionada por la extracción agrícola. Aunque se promueve el uso de agua tratada en la agricultura y la industria, esta cambio no se facilita por la política de costos del agua tratada.

Las prioridades locales de uso del agua deben cambiar. No es posible revertir los abatimientos sin comprometer el uso agrícola. La Geología restringe la perforación de nuevos pozos. Aún si los volúmenes destinados a irrigación se reducen en un 50 %, el balance hidrológico regional es negativo. La explotación del acuífero debe de hacerse como el de una mina, debe de generar riqueza. Una economía más fuerte propiciará la implementación de soluciones más caras y "sofisticadas": tratamiento terciario de las aguas residuales, recarga artificial, detección y corrección de fugas.

5. DEMOSTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA

Dos necesidades que se presentan de forma coincidente a principio del año 2000, favorecen la decisión de iniciar el Proyecto de Estimulación de Precipitaciones Pluviales en el área Centro - Norte de México.

Por un lado la necesidad de buscar un alivio a la natural escasez de precipitaciones pluviales de estas regiones de México, agravada por un fenómeno de sequía que se ha prolongado por más de cinco años.

Por el otro la necesidad del grupo de investigación, que llevaba ya más de cinco años de acumular datos sobre la influencia de la ionización artificial de la atmósfera en los fenómenos climáticos y en particular las lluvias, de extender su experimentación sobre una área geográfica mayor con un mayor número de estaciones ionizantes.

Esto condujo a que en Abril del 2000 se planteara, en colaboración entre 6 estados de la zona Centro – Norte; Aguascalientes, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí y Zacatecas; la empresa ELAT y la UNAM, un experimento de ionización artificial de la atmósfera para comprobar la factibilidad de inducir un incremento de las precipitaciones pluviales en los estados involucrados.

A lo largo de distintas reuniones que se realizaron entre los últimos meses de 1999 y los primeros meses del 2000, se fueron definiendo entre la empresa ELAT, la UNAM y varios estados del área Norte y Centro - Norte del país, los siguientes objetivos principales:

Desarrollar un proyecto de investigación, sobre una base de tiempo de 3 años, con el fin de demostrar la eficacia de la tecnología de ionización artificial de la atmósfera para incrementar los niveles de precipitación sobre el territorio de los estados involucrados en el experimento.

Los costos de la investigación serían asumidos por los estados que equivaldrían a \$1,000,000.00 de pesos por cada estación de ionización durante un año. El proyecto estaría diseñado para generar beneficios durante el periodo de investigación. Si no hubiera indicios satisfactorios de la eficacia de la tecnología los estados podrían suspender el proyecto después del primer año de experimentación.

El experimento iniciaría durante el verano del 2000 haciendo el mayor esfuerzo por parte de los estados y la empresa ELAT para instalar las estaciones de ionización a tiempo con el fin de obtener el máximo beneficio de la temporada de lluvia.

En el presente Ensayo sólo se estudiará el desarrollo de la aplicación de la tecnología en el Estado de Aguascalientes por las siguientes razones:

- Por ser un Estado que cuenta con una buena distribución de estaciones pluviométricas en su territorio,
- Porque cuenta con una base de datos históricos completa y confiable,
- Porque realizan constantemente estudios y análisis del comportamiento climatológico y estadístico,
- Porque es un Estado que le ha dado continuidad financiera manifestado un gran interés en el desarrollo y estudio de la tecnología de ionización,
- Y finalmente, porque ha trabajado la estación de ionización sin interrupciones, realizando pruebas en periodos fuera de la temporada de lluvias para aumentar la humedad.

A principios del año 2000, El Señor Gobernador Felipe González González y el MVZ. Roberto Von Bertrab Peters Director General de la Comisión para el Desarrollo Agropecuario del Estado de Aguascalientes, hicieron contacto con el Dr. Gianfranco Bisiacchi Giraldi, investigador de la UNAM, para conocer directamente los detalles de la tecnología, e iniciar un periodo experimental de tres años. El 15 de Mayo del año 2000, se puso en operación, en Jaltomate municipio de Aguascalientes, una estación de ionización atmosférica.

Las decisiones sobre la locación de la estación fue tomada por acuerdo entre el Director Científico de la empresa ELAT, Dr. Lev Pokhmelnikh y el responsable del grupo de investigación de la UNAM Dr. Gianfranco Bisiacchi Giraldi.

La empresa y la UNAM decidieron de forma unilateral dar la máxima prioridad, en el uso de los recursos disponibles, al cumplimiento del plan de instalación de la estación de ionización, independientemente de la fuente de los recursos disponibles en cada fase del proyecto. Las decisiones finales sobre la solución de los problemas logísticos de instalación fueron tomadas por la empresa ELAT.

Respecto a la evaluación de los resultados del experimento se decidió que esta se basara fundamentalmente en los datos pluviométricos de la Comisión Nacional del Agua. Estos se obtendrían por un lado del Servicio Meteorológico Nacional y por otro, de la Delegación Estatal de la CNA a través de la Comisión para el Desarrollo Agropecuario del Estado de Aguascalientes.

La comparación del comportamiento de las precipitaciones durante el experimento, con el patrón de precipitación histórica, es muy importante; se decidió por lo tanto que el estado recibiría en un primer informe de trabajo la base de datos histórica que el grupo de la UNAM utilizaría para el análisis de resultados.

El análisis de resultados se realizaría por parte del grupo de trabajo de la UNAM. Este análisis se presentaría a una COMISIÓN TÉCNICA del Estado, definida en el convenio correspondiente, que resolvería sobre la prosecución o no del experimento en los siguientes años.

5.1 Datos y Metodología

Como ya se mencionó antes, el objetivo fundamental del proyecto es demostrar la eficacia de la tecnología de ionización artificial de la atmósfera para incrementar los niveles de precipitación y al mismo tiempo generar beneficios, para Aguascalientes, durante el período de investigación.

El demostrar la eficacia de la tecnología, significa demostrar que la acción de la estación de ionización produce, en el territorio bajo una influencia, durante el periodo de operación, un incremento en las precipitaciones; esto ya sea respecto a su comportamiento histórico, ya sea respecto al comportamiento de las precipitaciones en un territorio vecino, no sujeto a la acción de la ionización.

Desgraciadamente, el fenómeno de las lluvias es, temporalmente y geográficamente, altamente variable, por lo que la demostración requiere un análisis estadístico de los datos que no es fácil.

Tan es así, que para una tecnología como el sembrado de nubes, que tiene ya más de 50 años de operación continua, todavía el incremento de las precipitaciones no ha podido ser establecido claramente y solamente se considera que es inferior al 15% (factor 1.15).

La experiencia acumulada por el que suscribe, durante la presentación de resultados de experimentos previos, muestra la necesidad de aclarar una serie de conceptos que definan los motivos por los cuales el análisis de los datos se realiza de cierta manera.

El primer concepto que tiene que quedar asentado es que la tecnología de ionización actúa sobre las condiciones naturales de entrada de humedad existentes al momento del experimento y se puede esperar que genere un incremento proporcional a la precipitación que se hubiera presentado de forma natural. Esto quiere decir que en una región geográfica con régimen de lluvia alto o en un periodo de tiempo con condiciones climáticas más favorables el incremento absoluto producido por la ionización será mayor a la que pueda producir en una región desértica o en un periodo desfavorable.

Este concepto respecto a una secuencia temporal se aclara de forma gráfica en la Gráfica 1 .

Gráfica 1



Nota: En 1984 y 1997 se supone un incremento hipotético inducido del 100 % (Factor 2)

En ella se muestra un ejemplo real de precipitación promedio de un estado para el período Mayo - Agosto desde 1980 a 1999.

Hipotéticamente suponemos que en el año 1984 y 1997 se haya aplicado la tecnología de ionización durante los cuatro meses y que esta haya generado un 100% de incremento (factor 2) respecto a la precipitación natural. La gráfica se modifica como muestran las cruces y el trazo punteado.

En ambos casos la efectividad hipotética de la ionización es la misma ya que duplicó la precipitación natural. Sin embargo, si el experimento hubiera sido real, que hubiéramos visto?

En un experimento real, los valores correspondientes a la precipitación natural (rombos) hubieran sido valores desconocidos para el experimentador.

Este sólo hubiera podido medir el valor de precipitación alterado por la ionización (cruces) y compararlo con el promedio de las precipitaciones de los 20 años. La tecnología mostró en este experimento ideal la misma efectividad en los dos años, sin embargo en 1984 hubiéramos obtenido un resultado espectacular que hubiera sido récord histórico de precipitación del período, con un factor 2.7 y una anomalía de 170% respecto al promedio histórico; en 1997 en cambio hubiéramos tenido un resultado mediocre apenas superior al promedio histórico (factor 1.12, anomalía 12%).

El caso hipotético de 1984 podría simular lo que sucedió en el mes de Mayo del 2000, período en el cual se rompió récord histórico de precipitaciones en el estado desde 1931. El segundo caso hipotético podría representar la condición de Agosto y Septiembre del 2000 como veremos en el análisis de las precipitaciones durante el experimento de este año.

Como se puede determinar la efectividad de la ionización con este tipo de datos tan variables?.

La primera operación y la más obvia, es que operando durante un cierto número de años la acción de **la ionización incrementa el promedio de la precipitación** arriba del promedio histórico a un nivel tal que vuelva esa diferencia estadísticamente imposible sin invocar la intervención de un elemento externo a las condiciones climáticas naturales. El número de años necesarios dependerá de la eficiencia de la propia ionización artificial o en otras palabras del valor del incremento porcentual que esta produzca.

La segunda es obtener, gracias al incremento de precipitación producida por la tecnología, **un cierto número de eventos independientes, a nivel de récord histórico o cercanos a él**. Estos eventos tendrán una probabilidad de evento muy baja de tal manera que el producto de las probabilidades de eventos sucesivos e independientes será tan baja como para demostrar que la

secuencia de eventos es imposible sin la intervención de un factor externo a los factores climáticos normales.

En la Gráfica 1, se pone en evidencia otra consecuencia del concepto anterior.

Si la tecnología de ionización está operando en un período de sequía su efectividad **deberá evaluarse comparando las precipitaciones del período experimental con el promedio del período de sequía.**

Para que esta afirmación resulte auto evidente en la Gráfica 1 se han reducido artificialmente las precipitaciones de los años de 1991 al 2000 de un 70% (factor 0.3). En esta condición artificialmente exagerada resulta obvio que aunque la ionización duplicara o triplicara las precipitaciones nos sería imposible demostrar su efectividad si comparáramos las precipitaciones con el promedio del período 1980 -1990.

En el Capítulo 1 de este Ensayo mostramos como los promedios de precipitación han disminuido durante el período de los noventa de un factor 0.7 o por una anomalía de -30% aproximadamente respecto al promedio del período anterior 1931 - 1990.

Por el razonamiento anterior hemos utilizado y utilizaremos el promedio de precipitación de los años noventa como elemento de comparación para evaluar la efectividad de la tecnología hasta que se demuestre que la condición de sequía terminó. Como veremos en el año 2000 las condiciones de sequía persistieron y fueron quizás las más extremas de los últimos años.

Un último concepto tiene que ser extraído de los razonamientos anteriores respecto a la evaluación de la efectividad de la tecnología con base en datos históricos.

Cuando se analiza el comportamiento de las precipitaciones en varias estaciones durante el experimento y se pretende calcular el incremento promedio de estas atribuible a la ionización comparándolas con el promedio

histórico de las mismas se deberá **calcular el factor de incremento individual para cada estación y posteriormente promediar los factores**. Sería incorrecto promediar las precipitaciones de la fase experimental y dividirlo por el promedio de promedios históricos de las estaciones.

Esto se ilustra en la tablita siguiente:

	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	PROMEDIO
PREC. EXPER. (mm)	100	1	1	34
PREC. HISTOR (mm)	50	1	1	17.3
FACTOR	2	1	1	

En ella se muestra una distribución extrema hipotética de datos para aclarar el punto. Véase como si sacamos el factor de incremento de la columna de promedio de la precipitación obtendríamos $34/17.3 = 1.96$ mientras que al promediar el renglón de factores obtenemos 1.33 que es el número correcto ya que si bien en la Estación 1 se muestra una efectividad de un factor 2 en las Estaciones 2 y 3 el factor es 1 o sea efectividad nula.

Lo que sucede es que realizando la operación de la primera manera se atribuye un peso desproporcionado a los resultados del experimento en la Estación 1 donde llueve más.

Hasta aquí los conceptos bajo los cuales se analizarán las precipitaciones del periodo del experimento contra los datos históricos. Ya vimos que esta forma de analizar la efectividad de la tecnología puede requerir tiempos relativamente largos para llegar a una conclusión definitiva; **el tiempo dependerá del valor del factor de incremento o el incremento porcentual que la ionización artificial es capaz de generar.**

¿Pero existe algún método para llegar a conclusiones en tiempos más cortos ?

Probablemente la solución del problema sea aplicar el concepto muy útil y muy socorrido en medicina y otras ciencias biológicas de la **muestra testigo**. En

nuestro caso la muestra testigo puede ser un territorio cercano al área afectada por el experimento, con condiciones climáticas similares a las del área en cuestión, y fuera del radio de influencia de las estaciones.

En el caso ideal e imposible de que las condiciones climáticas y de precipitación de la región bajo experimento y la región testigo fueran idénticas a lo largo de su historia bastaría un solo experimento para determinar con exactitud el factor de incremento producido por la ionización.

En un caso real esto es imposible dado el carácter estocástico de los fenómenos climáticos y de las precipitaciones. Sin embargo entre áreas geográficas relativamente cercanas existe un cierto nivel de correlación de las precipitaciones.

Tan es así que vimos como el fenómeno de sequía ha afectado al mismo tiempo los estados del Norte de México durante los años noventa.

Aprovechando estas correlaciones veremos como es posible, con los resultados obtenidos, demostrar la efectividad de la ionización artificial en incrementar las precipitaciones y evaluar con buena aproximación el incremento de precipitación atribuible a la tecnología.

5.2 Experimento Año 2000

Los datos utilizados provienen de 18 estaciones pluviométricas con más de 30 años de información, de 1931 al 2002, algunos de ellos tienen un registro de 70 años. La red completa de pluviómetros contiene, en este estado, más de 50 estaciones climatológicas; sin embargo, la mayoría de ellas tiene un período muy corto de observación o tiene intervalos importantes de discontinuidad como para ser aceptados para un análisis estadístico significativo.

**Estaciones Pluviométricas del Estado de Aguascalientes
2003**

Estación	Municipio
Observatorio	Aguascalientes
Calvillito	Aguascalientes
Cañada Honda	Aguascalientes
Presa 50 Aniversario	San José de Gracia
Presa el Niagara	Aguascalientes
El Novillo	El Llano
La Tinaja	El Llano
Los Conos	El Llano
Presa Media Luna	Calvillo
Pabellón	Pabellón
Palo Alto	El Llano
Presa Calles	San José de Gracia
Presa Jocoque	Pabellón
Presa la Codorniz	Calvillo
Presa Potrerillo	San José de Gracia
San Bartolo	Aguascalientes
Sandoval	Aguascalientes
Villa Juárez	Asientos

Fuente: Comisión para el Desarrollo Agropecuario de Aguascalientes.
Servicio Meteorológico Nacional y Comisión Nacional del Agua.

Como se mencionó anteriormente, el análisis del comportamiento de las precipitaciones se realiza sobre la base de datos históricos de la Comisión Nacional del Agua a través del Servicio meteorológico Nacional. Los datos del año 2000 tienen igualmente como fuente la CNA. En este caso los datos se reciben del Servicio Meteorológico Nacional y también de la Comisión para el Desarrollo Agropecuario del Estado, todos los datos son expresados en Milímetros.

Tabla 4
Registros Pluviométricos en el Estado de Aguascalientes

AGUASCALIENTES	PERIODO 31-90					PERIODO 91-98					PRECIPITACION 2000				
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
AGUASCALIENTES	17.64	81.10	113.57	116.07	88.18	10.40	38.20	121.48	78.78	44.13	71.50	105.30	58.20	135.32	49.70
CALVILLITO						14.00	73.00	81.00	53.00		33.30	150.60	40.70	53.70	23.90
CAÑADA HONDA	15.34	80.71	103.85	98.58	69.45	9.06	67.36	159.27	17.45	18.50	65.50	124.40	50.11	52.60	9.01
CINCUENTA ANIVERSARIO						6.39	76.33	104.01	82.14	73.59	121.41	193.20	84.20	95.11	16.51
EL NIAGARA	21.33	90.68	133.96	120.42	97.99	8.72	58.80	122.80	111.08	79.95	43.51	172.30	147.60	97.30	59.48
EL NOVILLO						6.71	42.90	37.91	22.70		78.30	121.30	105.63	58.92	26.00
LA TINAJA II						16.70	54.80	62.30	41.50		32.00	157.50	107.40	86.70	26.40
LOS CONOS						33.90	64.90	71.70	30.00		49.50	177.70	60.80	39.30	27.10
MEDIA LUNA						7.41	76.10	157.16	103.63	70.82	79.43	117.63	93.51	132.00	49.21
PABELLÓN	23.66	70.87	104.73	99.00	84.92	1.37	35.84	89.17	47.78	72.36	40.62	80.20	74.42	40.52	8.80
PALO ALTO	24.31	83.98	114.43	114.45	71.18	25.80	58.50	53.50	29.00		70.00	218.50	60.00	50.00	22.50
PRESA CALLES	19.81	80.96	102.74	103.91	75.04	7.18	81.61	93.99	85.65	59.86	132.31	91.53	93.42	70.00	10.40
PRESA JOCOQUE	21.50	73.60	106.59	120.53	88.96	4.62	62.76	99.02	60.19	51.09	80.11	85.44	98.90	54.50	16.00
PRESA LA CODORNIZ	21.35	83.27	151.64	147.72	108.65	5.03	77.56	134.88	107.87	84.59	124.00	193.92	95.01	85.60	73.41
PRESA POTRERILLO	18.07	77.91	103.78	108.95	82.45	3.88	81.65	92.19	87.89	80.89	120.10	112.91	84.82	81.20	2.85
SAN BARTOLO	28.79	89.47	128.17	123.70	91.33	32.03	82.73	69.02	0.01		47.00	191.70	55.00	76.50	43.50
SANDOVALES						5.02	47.50	126.80	28.00		77.00	171.00	48.00	67.50	42.00
VILLA JUÁREZ	24.94	61.68	90.64	95.85	68.75	2.64	83.31	51.23	14.40		84.90	86.50	60.80	62.22	16.80
PROMEDIO	21.52	79.48	114.01	113.56	84.26	11.16	64.66	95.97	55.62	63.58	75.03	141.76	78.81	74.39	29.09

Nota: las celdas en blanco se reportan como dato no disponible.

Cifras expresadas en milímetros.

En la Tabla 4 se muestran para cada estación todos los datos históricos y actuales, que tenemos disponibles, de la siguiente forma:

Para los periodos 1931 - 1990 y 1991 - 1998 los datos mensuales promedios del periodo Mayo – Septiembre para cada estación. Para el año 2000 los datos mensuales para cada estación. Los registros pluviométricos, están divididos en dos periodos: el primero de ellos corresponde a los años de 1931 a 1990, periodo referido como "largo", y otro como "corto", que corresponde a las precipitaciones de 1991 a 1998. Para cada estación se calculó el promedio aritmético la cual se define como la suma total de los datos, dividida por el número de años.

En nuestro análisis, se elimina al año 1999, por ser éste el primer año en el que operó el sistema de ionización con cuatro estaciones (Estado de Durango), y sus efectos, en un sentido, podrían ser favorables, como es el caso de Junio-Julio, o contraria como Agosto-Septiembre. Al haber un criterio estadístico en discrepancia, se optó por eliminarlo, y así no contaminar el trienio 2000-2002. Dividir los períodos en "largo" y "corto", nos permite evaluar el efecto de la ionización sobre un territorio específico con sesenta años de historia pluviométrica; transcurso durante el cual se han presentado todos los fenómenos meteorológicos conocidos. El período "corto" 1991-1998, nos permite extraer del análisis, como la tecnología de ionización ha podido impactar favorablemente en el fenómeno de la sequía. Para identificar un efecto anómalo en los períodos descritos, se promediaron las lluvias obtenidas en el trienio 2000-2002, durante los meses de Mayo-Septiembre.

Aún con la selección algunas de las estaciones tienen datos que despiertan dudas de incompletos. Independientemente de la nota al pie de tabla el criterio general para definir que una estación muestra datos incompletos es que la estación, durante dos meses seguidos, muestre reportes iguales a cero no siendo esto compatible con el comportamiento de las otras estaciones.

En la última sección de la tabla 5 y 6 se presentan los factores de incremento o decremento de la precipitación del año 2000 respecto a los promedios de los años 1931 - 1990 y 1991 - 1998.

Tabla 5
Registros Pluviométricos con Factores

AGUASCALIENTES	PERIODO 31-90					PRECIPITACION 2000					FACTOR 2000 / 1931-1990				
ESTACION	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
AGUASCALIENTES	17.64	81.10	113.57	116.07	88.18	71.50	105.30	58.20	135.32	49.70	4.05	1.30	0.51	1.17	0.56
CALVILLITO						33.30	150.60	40.70	53.70	23.90					
CAÑADA HONDA	15.34	80.71	103.85	98.58	69.45	65.50	124.40	50.11	52.60	9.01	4.27	1.54	0.48	0.53	0.13
CINCUENTA ANIVERSARIO						121.41	193.20	84.20	95.11	16.51					
EL NIAGARA	21.33	90.68	133.96	120.42	97.99	43.51	172.30	147.60	97.30	59.48	2.04	1.90	1.10	0.81	0.61
EL NOVILLO						78.30	121.30	105.63	58.92	26.00					
LA TINAJA II						32.00	157.50	107.40	86.70	26.40					
LOS CONOS						49.50	177.70	60.80	39.30	27.10					
MEDIA LUNA						79.43	117.63	93.51	132.00	49.21					
PABELLÓN	23.66	70.87	104.73	99.00	84.92	40.62	80.20	74.42	40.52	8.80	1.72	1.13	0.71	0.41	0.10
PALO ALTO	24.31	83.98	114.43	114.45	71.18	70.00	218.50	60.00	50.00	22.50	2.88	2.60	0.52	0.44	0.32
PRESA CALLES	19.81	80.96	102.74	103.91	75.04	132.31	91.53	93.42	70.00	10.40	6.68	1.13	0.91	0.67	0.14
PRESA JOCOQUE	21.50	73.60	106.59	120.53	88.96	80.11	85.44	98.90	54.50	16.00	3.73	1.16	0.93	0.45	0.18
PRESA LA CODORNIZ	21.35	83.27	151.64	147.72	108.65	124.00	193.92	95.01	85.60	73.41	5.81	2.33	0.63	0.58	0.68
PRESA POTRERILLO	18.07	77.91	103.78	108.95	82.45	120.10	112.91	84.82	81.20	2.85	6.65	1.45	0.82	0.75	0.03
SAN BARTOLO	28.79	89.47	128.17	123.70	91.33	47.00	191.70	55.00	76.50	43.50	1.63	2.14	0.43	0.62	0.48
SANDOVALES						77.00	171.00	48.00	67.50	42.00					
VILLA JUÁREZ	24.94	61.68	90.64	95.85	68.75	84.90	86.50	60.80	62.22	16.80	3.40	1.40	0.67	0.65	0.24
PROMEDIO	21.52	79.48	114.01	113.56	84.26	75.03	141.76	78.81	74.39	29.09	3.90	1.64	0.70	0.64	0.32
FACTOR											3.49	1.78	0.69	0.66	0.35

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Comisión para el Desarrollo Agropecuario del Estado de Aguascalientes (CNA).

Tabla 6
Registros Pluviométricos con Factores

AGUASCALIENTES	PERIODO 91-98					PRECIPITACION 2000					FACTOR 2000 / 1991-1998				
ESTACION	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
AGUASCALIENTES	10.40	38.20	121.48	78.78	44.13	71.50	105.30	58.20	135.32	49.70	6.87	2.76	0.48	1.72	1.13
GALVILLITO	14.00	73.00	81.00	53.00		33.30	150.60	40.70	53.70	23.90	2.38	2.06	0.50	1.01	
CAÑADA HONDA	9.06	67.36	159.27	17.45	18.50	65.50	124.40	50.11	52.60	9.01	7.23	1.85	0.31	3.01	0.49
CINCUENTA ANIVERSARIO	6.39	76.33	104.01	82.14	73.59	121.41	193.20	84.20	95.11	16.51	18.99	2.53	0.81	1.16	0.22
EL NIAGARA	8.72	58.80	122.80	111.08	79.95	43.51	172.30	147.60	97.30	59.48	4.99	2.93	1.20	0.88	0.74
EL NOVILLO	6.71	42.90	37.91	22.70		78.30	121.30	105.63	58.92	26.00	11.67	2.83	2.79	2.60	
LA TINAJA II	16.70	54.80	62.30	41.50		32.00	157.50	107.40	86.70	26.40	1.92	2.87	1.72	2.09	
LOS CONOS	33.90	64.90	71.70	30.00		49.50	177.70	60.80	39.30	27.10	1.46	2.74	0.85	1.31	
MEDIA LUNA	7.41	76.10	157.16	103.63	70.82	79.43	117.63	93.51	132.00	49.21	10.72	1.55	0.60	1.27	0.69
PABELLÓN	1.37	35.84	89.17	47.78	72.36	40.62	80.20	74.42	40.52	8.80	29.58	2.24	0.83	0.85	0.12
PALO ALTO	25.80	58.50	53.50	29.00		70.00	218.50	60.00	50.00	22.50	2.71	3.74	1.12	1.72	
PRESA CALLES	7.18	81.61	93.99	85.65	59.86	132.31	91.53	93.42	70.00	10.40	18.43	1.12	0.99	0.82	0.17
PRESA JOCOQUE	4.62	62.76	99.02	60.19	51.09	80.11	85.44	98.90	54.50	16.00	17.34	1.36	1.00	0.91	0.31
PRESA LA CODORNIZ	5.03	77.56	134.88	107.87	84.59	124.00	193.92	95.01	85.60	73.41	24.68	2.50	0.70	0.79	0.87
PRESA POTRERILLO	3.88	81.65	92.19	87.89	80.89	120.10	112.91	84.82	81.20	2.85	30.93	1.38	0.92	0.92	0.04
SAN BARTOLO	32.03	82.73	69.02	0.01		47.00	191.70	55.00	76.50	43.50	1.47	2.32	0.80	7650	
SANDOVALES	5.02	47.50	126.80	28.00		77.00	171.00	48.00	67.50	42.00	15.34	3.60	0.38	2.41	
VILLA JUÁREZ	2.64	83.31	51.23	14.40		84.90	86.50	60.80	62.22	16.80	32.16	1.04	1.19	4.32	
PROMEDIO	11.16	64.66	95.97	55.62	63.58	75.03	141.76	78.81	74.39	29.09	13.27	2.30	0.96	1.63	0.48
FACTOR											6.72	2.19	0.82	1.34	0.46

Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

Comisión para el Desarrollo Agropecuario del Estado de Aguascalientes (CNA).

Por la argumentación dada en la sección Datos y Metodología del "Capítulo 5.1" los factores se determinaron de la siguiente manera:

Se calcularon, para cada estación los promedios de los dos periodos históricos antes mencionados. Se obtuvo el factor de incremento o decremento de cada estación dividiendo la precipitación de cada mes del año 2000 por la respectiva precipitación promedio de los dos periodos. Estos factores se muestran en las dos secciones mencionadas.

Como podemos apreciar para el mes de Mayo y Junio los factores estuvieron por arriba de los factores del promedio histórico, tanto en el periodo largo como en el corto, con un factor de 3.49, 6.72; y 1.78, 2.19 respectivamente. Esto quiere decir que para el mes de Mayo se obtuvo un incremento del 249 por ciento más de lluvias con relación al periodo largo y 572 por ciento con relación al periodo corto, mientras que para el mes de Junio se obtuvo el 78 y 119 por ciento para los mismos periodos. Para el mes de Julio, Agosto y Septiembre en el periodo largo se obtuvieron factores inferiores a su media histórica con 0.69, 0.66 y 0.35 que significa un -31, -34 y -65 por ciento, mientras que en el periodo corto los factores fueron de 0.82, 1.34 y 0.46 siendo un porcentaje de -18, 34 y -54.

Para dar una explicación al comportamiento de los resultados arriba mencionados fue necesario utilizar imágenes de satélite de vapor de agua, infrarrojo y visible de alta y baja resolución así como mapas de vientos, para por llegar a la siguiente descripción de su análisis.

La temporada se subdivide claramente en dos partes:

Una primera dominada por vientos y humedad entrando del Pacífico con dirección variable entre OESTE SUROESTE y SUR en Mayo y Junio. Estos dos meses, en particular Mayo, fueron de precipitaciones abundantes sobre todo el territorio relacionado con el experimento, incluyendo los estados vecinos al área de influencia de las estaciones de ionización. Destaca en el mes de Mayo el Estado de Aguascalientes que mostró récord histórico de

lluvias con 75 mm promedios sobre el territorio, este comparado con 67 mm máximos en 1972.

Una segunda dominada por vientos y humedad entrando del Golfo de México con dirección entre NORESTE y SURESTE en Julio y Agosto. Estos dos meses, en particular Julio, fueron de precipitaciones pobres sobre todo el territorio relacionado con el experimento. De hecho el mes de Julio fue el Julio más seco desde 1941 en el promedio de precipitación en todo el territorio nacional (Informe SMN anexo 1); por otro lado, en los meses de Julio, Agosto y también Septiembre se presentaron condiciones de sequía extrema en todo el territorio de Texas que alcanzaron en algunas áreas condiciones de récord histórico desde 1875 (anexos 2). Lo que se ve en los factores presentados en los mapas de estos dos meses, mostraría una situación que puede ser un símil del caso hipotético marcado como 1997 en la sección 5.1 en el que la acción de las estaciones de ionización apenas logra acercar las precipitaciones a una situación promedio. Nótese que el mes de Julio vuelve a mostrar el fenómeno muy acentuado de sequía que mostró de forma sistemática durante los años noventa.

Pero existe otro elemento de información, muy útil para el análisis, que sobresale de forma evidente en el comportamiento de los factores en los mapas de los cuatro meses.

En las regiones con estaciones de ionización en operación, los factores son sistemáticamente mayores a los de las regiones y estados sin estaciones operando. Esto sucede sea en los meses que fueron naturalmente favorables como Mayo y Junio, sea en los meses naturalmente desfavorables como Julio, Agosto y Septiembre.

Este comportamiento nos remite al método de análisis descrito al inicio de esta sección como el de la "muestra testigo".

Las áreas y los estados fuera del área de influencia serán tratados como nuestra muestra testigo.

La diferencia en los niveles de precipitación, representada por los factores, entre las áreas bajo influencia de la ionización y las áreas externas es muy evidente en los mapas presentados (anexo 3), especialmente en las fronteras Sur en la comparación entre el estado de Aguascalientes con los estados de Guanajuato y Querétaro: durante los cuatro meses de Mayo a Agosto los factores de Aguascalientes son muy superiores a los de los otros dos estados.

Con los resultados obtenidos, por lógica surge la siguiente pregunta:

¿Cuántas veces se ha presentado en la historia una situación similar y qué tan probable es que esta situación se haya dado de forma casual y no debido al efecto de la ionización?

Hasta aquí la presentación de los datos y con ello la construcción de todos los cálculos realizados a partir de los datos brutos proporcionados por CNA, y así llegar a la obtención de los factores que se utilizarán en este análisis y los dos siguientes años, que servirán para evaluar la eficiencia de la ionización artificial.

5.3 Experimento Año 2001

El 2001 es el segundo año que opera una antena de ionización en el Estado, más tres en el mismo paralelo geográfico que va hacia Altamira, Tamps., todas ellas influyen en la región, sobre todo cuando el flujo de vientos proviene del Golfo de México; por lo que para fines de comparación analizaremos las precipitaciones del año 2001 vs. 2000, 1991-1998 y 1931-1990. En la Tabla 7 se presentan los valores de precipitación, destacándose que el factor, de Mayo a Septiembre para todo el Estado respecto al período 91-98, fue de 1.70. Con relación al promedio 1931-1990, el mes de Mayo, Agosto y Septiembre, fue mayor a 1; en Junio y Julio fue ligeramente inferior, por lo que el promedio del período largo es de 1.09.

Al comparar las precipitaciones del año 2001 contra las del año 2000, se destaca que en Mayo y Junio se obtuvo un registro menor a 1, y en Julio (1.33),

Tabla 7

**REGISTROS PLUVIOMETRICOS CON CIFRAS FACTORIALES
ESTADO DE AGUASCALIENTES
MAYO - SEPTIEMBRE**

AGUASCALIENTES	PERIODO 31-90					PERIODO 91-98					PRECIPITACION 2001					FACTOR 2001(31-90)					FACTOR 2001(91-98)				
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
AGUASCALIENTES	17.64	81.10	113.57	116.07	88.18	10.40	38.20	121.48	78.78	44.13	21.21	114.93	132.21	109.90	94.51	1.20	1.42	1.16	0.95	1.07	2.04	3.01	1.09	1.40	2.14
CALVILLITO						14.00	73.00	81.00	53.00		20.63	121.20	119.00	207.70	121.41						1.47	1.66	1.47	3.92	
CAÑADA HONDA	15.34	80.71	103.85	98.58	69.45	9.06	67.36	159.27	17.45	18.50	18.60	42.42	67.92	97.00	137.51	1.21	0.53	0.85	0.98	1.98	2.05	0.63	0.43	5.56	7.43
CINCUENTA ANIVERSARIO						6.39	76.33	104.01	82.14	73.59	24.71	47.00	133.10	101.00	132.70						3.86	0.62	1.28	1.23	1.80
EL NIAGARA	21.33	90.68	133.96	120.42	97.99	8.72	58.80	122.80	111.08	79.95	4.50	114.90	147.51	108.00	117.93	0.21	1.27	1.10	0.90	1.20	0.52	1.95	1.20	0.97	1.48
EL NOVILO						6.71	42.90	37.91	22.70		26.50	75.50	74.50	131.50	122.50						3.95	1.76	1.97	5.79	
LA TINAJA II						16.70	54.80	62.30	41.50		20.90	95.71	81.50	107.50	93.00						1.25	1.75	1.31	2.59	
LOS CONOS						33.90	64.90	71.70	30.00		26.50	76.20	138.50	117.80	103.80						0.78	1.17	1.93	3.93	
MEDIA LUNA						7.41	76.10	157.16	103.63	70.82	14.81	60.20	188.40	194.54	85.81						2.00	0.79	1.20	1.88	1.21
PABELLON	23.60	70.87	104.73	99.00	84.92	1.37	35.84	89.17	47.78	72.30	14.33	45.92	43.90	154.11	133.31	0.61	0.65	0.42	1.56	1.57	10.43	1.28	0.49	3.23	1.84
PALO ALTO	24.31	83.98	114.43	114.45	71.18	25.80	58.50	53.50	29.00		31.00	130.00	129.50	118.50	104.50	1.28	1.55	1.13	1.04	1.47	1.20	2.22	2.42	4.09	
PRESA CALLES	19.81	80.96	102.74	103.91	75.04	7.18	81.61	93.99	85.65	59.86	22.52	67.23	87.75	73.64	97.70	1.14	0.83	0.85	0.71	1.30	3.14	0.82	0.93	0.86	1.63
PRESA JOCOQUE	21.50	73.60	106.59	120.53	88.96	4.62	62.75	99.02	60.19	51.05	14.40	93.82	64.92	94.16	123.40	0.67	1.27	0.61	0.78	4.39	3.12	1.49	0.66	1.56	2.42
PRESA LA CODORNIZ	21.35	83.27	151.64	147.72	108.65	5.03	77.56	134.88	107.87	84.59	26.53	33.13	106.01	182.01	143.22	1.24	0.40	0.70	1.23	1.32	5.28	0.43	0.79	1.69	1.69
PRESA POTRERILLO	18.07	77.91	103.78	108.95	82.45	3.88	81.65	92.19	87.89	80.89	29.31	76.51	69.71	138.90	148.80	1.62	0.98	0.67	1.27	1.80	7.55	0.94	0.76	1.58	1.84
SAN BARTOLO	28.79	89.47	128.17	123.70	91.33	32.03	82.73	69.02	0.01		12.60	82.60	89.70	92.80	105.50	0.44	0.92	0.70	0.75	1.16	0.39	1.00	1.30		
SAN DOVALES						5.02	47.50	126.80	28.00		69.80	81.40	92.00	86.90	85.00						13.90	1.71	0.73	3.10	
VILLA JUAREZ	24.94	61.68	90.64	95.85	68.75	2.64	83.31	51.23	14.40		36.90	57.60	123.82	139.50	114.72	1.48	0.93	1.37	1.46	1.67	13.98	0.69	2.42	0.73	9.69
PROMEDIO	21.52	79.48	114.01	113.56	84.26	11.16	64.66	95.87	55.62	83.58	24.21	78.68	105.00	125.30	114.74	1.01	0.88	0.85	1.06	1.45	4.27	1.33	1.24	3.12	2.33
FACTOR PROMEDIO MENSUAL																1.12	0.99	0.92	1.10	1.36	2.17	1.22	1.09	2.25	1.80

DATOS EXPRESADOS EN MÍMETROS.

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA.
SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL.

ELABORO: UNAM - ELAT.

Agosto (1.68) y Septiembre (3.94), las precipitaciones fueron superiores a un factor 2.30 en promedio. Al analizar las precipitaciones del año anterior, debemos tomar en cuenta que para el mes de Mayo y Junio del 2001, las condiciones desfavorables de vientos que entraron a México de las regiones áridas de los Estados Unidos, impidieron la formación de nubes precipitables (ver Imágenes Visibles de Alta Resolución-anexo 4), y que solo se interrumpió esta condición anómala por breves periodos como se puede ver en la tabla indicativa de vientos (anexo 5); entre el 17 y 21 de Mayo, y entre el 13 y 19 de Junio, se estableció brevemente el flujo de humedad de ambos litorales, después de estos dos periodos, el flujo de vientos volvió a entrar del Norte hasta el último día de Junio. Este comportamiento de los vientos, fue distinto al de Mayo y Junio del año 2000, en el cual el flujo de humedad que se encuentra en la capa baja de la atmósfera, entró constantemente del Suroeste.

Bajo estas condiciones, las precipitaciones de Mayo y Junio del 2001, disminuyeron respecto a las del mismo periodo del año anterior por un factor 0.43.

El comportamiento de la entrada de humedad a alturas superiores a los 5000 metros, fue durante los últimos 10 días del mes de Mayo, y durante todo el mes de Junio del año 2000, prácticamente constante, permitiendo el ingreso de humedad de la franja intertropical de la costa del Pacífico, hasta la latitud de Jalisco y Nayarit. En cambio en el mes de Mayo del 2001, los vientos soplaron del Norte durante 20 días, y en Junio, de los 18 días con registro de vientos a alturas de 500 h.P., en 12 de ellos la dirección de los vientos provinieron del Norte, sin embargo en estos meses se puede apreciar en las imágenes satelitales infrarrojas (anexo 6), que hubo una notable formación de nubosidad en la región Centro-Norte del país, en particular, después del paso de los vientos dominantes sobre las primeras estaciones de ionización.

Para el mes de Julio, ya con vientos favorables del Golfo (ver Imágenes Visibles de Alta Resolución-anexo 4), las estaciones pluviométricas registraron factores arriba de 1, y en 6 de ellas hubo registros superiores a 2.0; de manera similar en Agosto, en todas las estaciones con excepción de una, se

presentaron precipitaciones mayores que en el 2000, y para Septiembre todas fueron superiores a 1, incluso consideramos que en las estaciones de Cañada Honda, Pabellón y Presa Potrerillo, pudo haber habido un sobre registro de lluvias, así el factor para el mes de Septiembre, fue de 3.94. Estos tres meses representaron un factor promedio mensual de 2.31 respecto al registrado en el 2000.

Cabe destacar que la influencia de los vientos ionizados se encuentra en el cauce de la cuenca del Río Aguascalientes, donde podemos apreciar según los mapas factoriales (anexo 7), valores relevantes de precipitaciones a un factor 3.65 contra las estaciones ubicadas en las cuencas de Juchipila, Calvillo y parcialmente el extremo Sur de la cuenca de Aguascalientes, donde se registraron en los 5 meses de análisis, valores promedio cercanos a 1.

Otra comparación relevante, resulta al analizar el factor de precipitaciones en el Estado de Aguascalientes, con el mismo factor de precipitaciones del Estado de Guanajuato, donde el primero obtuvo 1.70 contra 1.15 del segundo, estos factores corresponden a los registros de lluvia de Mayo a Septiembre del 2001 para ambos Estados, contra los registros del período 91-98. En el mismo análisis de comparación para las precipitaciones del 2000 vs. 2001, los factores resultaron 1.57 y 1.56 para Guanajuato y Aguascalientes respectivamente; hecho significativo si consideramos que en 61 años de registro, solo en tres de ellos se obtuvieron factores similares, y en dos de estos, ocurrió antes de 1973.

Otra forma de valorar los resultados de las precipitaciones del presente año, está en el almacenamiento de las presas del Estado (Tabla 8), las cuales muestran en su conjunto un saldo favorable de 83'185.3 Mm³ sobre los 48'873.5 Mm³ obtenidos como promedio histórico a la misma fecha del 30 de Septiembre; lo que expresado en términos porcentuales, equivale a un 70% más de almacenamiento.

Tabla 8
Almacenamiento de las Principales Presas
Estado de Aguascalientes
30 de Septiembre del 2001

PRESA	CUENCA RIO	ALMACENAMIENTO ACTUAL M3					
		PROMEDIO HISTORICO 1990 - 2000	MAXIMA	TOTAL	(%)	UTIL	(%)
ABELARDO L. RODRIGUEZ	AGUASCALIENTES	2,538,520	15,996,732	3,673,868	23.0	3,618,168	22.6
CALLES	AGUASCALIENTES	30,045,833	340,104,000	37,180,000	10.9	36,380,000	10.7
JOCOQUE	AGUASCALIENTES	0	10,975,000	9,960,000	90.8	1,160,000	10.6
POTRERILLOS	AGUASCALIENTES	552,975	2,038,000	1,281,600	62.9	681,600	33.4
50 ANIVERSARIO	AGUASCALIENTES	2,312,292	4,100,000	4,140,800	101.0	3,142,700	76.7
EL NIAGARA	AGUASCALIENTES	11,447,122	16,188,460	16,418,932	101.4	12,983,332	80.2
MEDIA LUNA	JUCHIPILA	0	15,000,000	5,820,000	38.8	3,420,000	22.8
LA CODORNIZ	CALVILLO	1,731,083	5,366,000	4,093,000	76.3	3,661,000	68.2
EL CEDAZO	AGUASCALIENTES	245,676	637,834	617,143	96.8	355,424	55.7
TOTAL		48,873,501	410,406,026	83,185,343	20.3	65,402,224	15.9

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA.

ELABORO: COMISION PARA EL DESARROLLO AGROPECUARIO DEL ESTADO DE AGUASCALIENTES.

5.4 Experimento Año 2002

Durante el tercer año de operación de la antena de ionización, se registraron los siguientes datos pluviométricos que se muestran en la Tabla 9, con estos datos se elaboró el mismo cuadro comparativo de las precipitaciones ocurridas, contra las registradas en el período "largo" o "corto", con la finalidad de destacar de forma factorial, la anomalía de las precipitaciones.

Para los meses de Mayo, Julio y Agosto el factor de precipitación fue mayor a uno con respecto a su período histórico 1931-1990 (1.30, 1.48 y 1.01 respectivamente); mientras que en los meses de Junio y Septiembre se obtuvieron valores de 0.91 y 0.77 respectivamente. Para el período 1991-1998 en los meses de Mayo a Septiembre se obtuvieron factores superiores a uno,

Tabla 9

REGISTROS PLUVIOMETRICOS CON CIFRAS FACTORIALES
ESTADO DE AGUASCALIENTES
MAYO - SEPTIEMBRE

AGUASCALIENTES	PERIODO 31-90					PERIODO 91-98					PRECIPITACION 2002					FACTOR 2002(31-90)					FACTOR 2002(91-98)				
	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP
AGUASCALIENTES	17.64	81.10	113.57	116.07	88.18	10.40	38.20	121.48	78.78	44.13	39.81	72.01	211.82	109.50	165.00	2.26	0.89	1.87	0.94	1.87	3.83	1.88	1.74	1.39	3.74
CALVILLITO						14.00	73.00	81.00	53.00		21.90	68.42	212.89	107.03	148.60						1.56	0.94	2.63	2.02	
CAÑADA HONDA	15.34	80.71	103.85	98.58	69.45	9.08	67.36	159.27	17.45	18.50	28.56	109.41	212.62	105.40	157.21	1.86	1.36	2.05	1.07	2.28	3.15	1.62	1.33	6.04	8.50
CINCUENTA ANIVERSARIO						6.39	76.33	104.01	82.14	73.59	38.41	47.09	221.80	79.71	125.50						6.01	0.62	2.13	0.97	1.71
EL NIAGARA	21.33	90.68	133.96	120.42	97.99	8.72	58.80	122.80	111.08	79.95	26.04	59.41	182.83	93.51	112.10	1.22	0.66	1.36	0.78	1.14	2.99	1.01	1.49	0.84	1.40
EL NOVILLO						6.71	42.90	37.91	22.70		33.00	82.30	120.31	121.90	137.50						4.92	1.92	3.17	5.37	
LA TINAJA II						16.70	54.80	62.30	41.50		23.90	70.20	170.00	115.50	166.00						1.43	1.28	2.73	2.78	
LOS CONOS						33.90	64.90	71.70	30.00		22.60	46.80	152.30	108.40	93.50						0.67	0.72	2.12	3.61	
MEDIA LUNA						7.41	76.10	157.16	103.63	70.82	11.04	69.56	243.83	123.91	88.20						1.49	0.91	1.55	1.20	1.25
PABELLON	23.66	70.87	104.73	99.00	84.02	1.37	35.84	89.17	47.78	72.36	12.01	76.41	101.21	98.91	180.72	0.51	1.08	0.97	1.00	2.13	8.75	2.13	1.14	2.07	2.50
PALO ALTO	24.31	83.98	114.43	114.45	71.18	25.80	58.50	53.50	29.00		21.50	64.00	153.50	127.50	88.21	0.88	0.76	1.34	1.11	1.24	0.83	1.09	2.87	4.40	
PRESA CALLES	19.81	80.96	102.74	103.91	75.04	7.18	81.61	93.99	85.65	59.86	15.52	81.01	135.66	85.82	94.00	0.78	1.00	1.32	0.83	1.25	2.16	0.99	1.44	1.00	1.57
PRESA JOCOQUE	21.50	73.60	106.59	120.53	88.96	4.62	62.76	99.02	60.19	51.09	24.31	108.92	99.31	124.20	78.26	1.13	1.48	0.93	1.03	0.88	5.26	1.74	1.00	2.06	1.53
PRESA LA COORINIZ	21.35	83.27	151.64	147.72	108.65	5.03	77.56	134.88	107.87	84.59	19.00	46.72	162.22	195.01	91.80	0.89	0.56	1.07	1.32	0.84	3.78	0.60	1.20	1.81	1.09
PRESA POTRERILLO	18.07	77.91	103.78	108.95	82.45	3.88	81.85	92.19	87.89	80.89	60.11	66.30	210.21	107.70	100.21	3.33	0.85	2.03	0.90	1.22	15.48	0.81	2.28	1.23	1.24
SAN BARTOLO	28.79	89.47	128.17	123.70	91.33	32.03	82.73	89.02	0.01		26.60	127.60	201.50	123.00	69.71	0.92	1.43	1.57	0.99	0.76	0.83	1.54	2.92		
SANDOVALES						5.02	47.50	126.80	28.00		33.00	64.50	146.60	91.50	67.70						6.57	1.36	1.16	3.27	
VILLA JUAREZ	24.94	61.68	90.64	95.85	68.75	2.64	83.31	51.23	14.40		45.80	34.52	103.22	150.02	93.20	1.84	0.56	1.14	1.57	1.36	17.35	0.41	2.01	10.42	
PROMEDIO	21.52	79.48	114.01	113.56	84.26	11.16	64.66	95.97	55.62	63.58	27.95	71.95	168.99	114.92	64.82	1.42	0.97	1.42	1.06	1.36	4.84	1.20	1.94	2.97	2.45
FACTOR PROMEDIO MENSUAL																1.30	0.91	1.48	1.01	0.77	2.50	1.11	1.76	2.07	1.02

DATOS EXPRESADOS EN MÍMETROS.

FUENTE: COMISION NACIONAL DEL AGUA.
SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL.

ELABORO: UNAM - ELAT.

incluso notándose que Mayo y Agosto se obtuvo un factor mayor a 2 (2.50, 1.11, 1.76, 2.07 y 1.02). Por lo tanto el factor de lluvias Mayo – Septiembre para el periodo 1931-1990 fue de 1.09, mientras que para el periodo 1991-1998 fue de 1.54; esto significa que hubo una anomalía positiva en precipitaciones de un 9 % y de un 54 % respectivamente.

El Estado de Aguascalientes junto con los de Coahuila, Durango y Zacatecas, fueron las únicas entidades federativas de los 14 que integran el territorio centro-norte de la República Mexicana, que obtuvieron precipitaciones superiores al promedio de 60 años. En conjunto, estos Estados operaron ocho estaciones de ionización.

Cabe mencionar que Aguascalientes obtuvo para el mes de Mayo 8.5 mm más precipitación que el Estado de Guanajuato, hecho sin precedente en el comportamiento histórico de 60 años de registro. Asimismo, obtuvo 15.2 mm de lluvia por arriba de su promedio; evento extraordinario para este mes en su historia.

Para Junio y Agosto se obtuvo casi la misma cantidad de lluvias que el promedio histórico de 60 años; mientras que en Julio y Septiembre se obtuvieron casi un 40 % más de lluvias.

El análisis meteorológico para el efecto de ionización son los mismo que se aplicaron en los años 2000 y 2001, los parámetros atmosféricos en los que se basan los regimenes de ionización, son la presión atmosférica, humedad, vientos, nubosidad y lluvias, durante el mes que se analiza.

5.5 Síntesis de Resultados 2000 – 2002

El poder demostrar que una tecnología es confiable, requiere hoy en día, de una amplia base experimental, y aunque existen recursos científicos de medición, éstos sin duda resultarían insuficientes para medir con un buen grado de certidumbre el comportamiento de la atmósfera baja y ello se

comprueba con el corto alcance que tienen los pronósticos del clima. Por eso consideramos que tres años de trabajo experimental para estimular precipitaciones pluviales a voluntad, resultan sin duda insuficientes. Sin embargo, los indicios que muestran los resultados de estos tres años de ionización; alientan la continuación del experimento. Una forma de valorar los resultados parciales, está en utilizar el factor promedio de precipitaciones del período 1941-1990, contra el promedio factorial de los meses ionizados del trienio 2000-2002. De esta manera es factible comparar un período largo de sesenta años, en el que se han presentado todos los fenómenos meteorológicos conocidos, contra el efecto de tres años de ionización.

Otra forma de valorar los resultados, está en comparar el comportamiento de la sequía de 1991 a 1998; dentro de los Estados que pusieron a prueba la tecnología de ionización, contra su propia historia durante el trienio 2000-2002. Utilizar estos dos períodos, nos permitirá medir como se ha revertido el fenómeno de la sequía, y también como los valores pluviométricos han mostrado una evolución favorable, cercana ó en algunos casos, rebasado el promedio de 60 años de historia.

En la siguiente tabla 10 se incluyen las precipitaciones y los factores comparativos de los meses de Mayo a Septiembre del trienio 2000-2002; en la cual se puede observar que los valores factoriales en todos los meses de 1991 a 1998 resultaron arriba de "1", es decir, lluvias superiores al promedio de ocho años de sequía, lo que arroja una anomalía positiva de 1.95 para el período. Respecto al promedio largo (1931-90) los factores resultan en todos los meses superiores a 1, excepto en el mes de agosto con 0.92. Sin embargo, el factor promedio de todo el período experimental, fue de 1.23.

Tabla 10
Registros Pluviométricos Bajo Influencia de Ionización
Estado de Aguascalientes
2000 –2002

MES	PERIODO 1931 - 1990	PERIODO 1991 – 1998	PERIODO 2000-2002	FACTOR 00-02 / 31-90	FACTOR 00-02 / 91-98
MAYO	21.52	11.16	42.40	1.97	3.80
JUNIO	79.48	64.66	97.46	1.23	1.51
JULIO	114.01	95.97	117.60	1.03	1.23
AGOSTO	113.56	55.62	104.87	0.92	1.89
SEPTIEMBRE	84.26	63.58	84.49	1.00	1.33
Promedio de factores:				1.23	1.95

Datos Expresados en Milímetros.

Fuente: Comisión Nacional del Agua (CNA), Servicio meteorológico Nacional (SMN).

Elaboró: ELAT – UNAM.

Para el periodo corto de 1991 a 1998 resultaron arriba de “1”, es decir, lluvias superiores al promedio de ocho años de sequía, lo que arroja una anomalía positiva de 1.95 para el período. En tal sentido, podemos afirmar que en el Estado de Aguascalientes el fenómeno de la sequía recurrente, muestra un balance sensiblemente favorable.

Por otro lado para responder a la pregunta expresada en el apartado 5.2 sobre

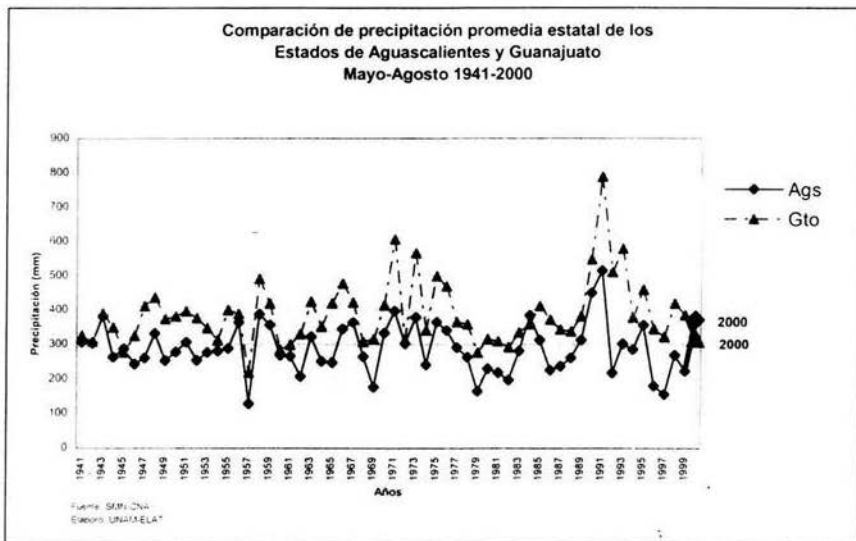
*¿cuantas veces se ha presentado en la historia una situación similar
y que tan probable es que esta situación se haya dado de forma
casual y no debido al efecto de la ionización?*

Para analizar este cuestionamiento tenemos que demostrar primero que existe una correlación en el comportamiento histórico de las precipitaciones en las áreas sujetas a la acción de la ionización y las “áreas testigo” y segundo mostrar que el comportamiento de la precipitación del año 2000, 2001 y 2002 en las dos áreas se aleja de esta correlación de forma significativa desde el punto de vista estadístico.

Estos datos se usarán cuando el análisis se realice comparando territorios estatales completos. Comparación Aguascalientes-Guanajuato, Aguascalientes - Querétaro y Aguascalientes - Jalisco.

En la Gráfica 2 se comparan las precipitaciones promedio del período Mayo - Agosto de los estados de Aguascalientes y Guanajuato, para cada año, desde 1941 al 2000. En esta gráfica se ve claramente que la precipitación en los dos estados está correlacionada y que por otro lado en Guanajuato la precipitación promedio es más alta.

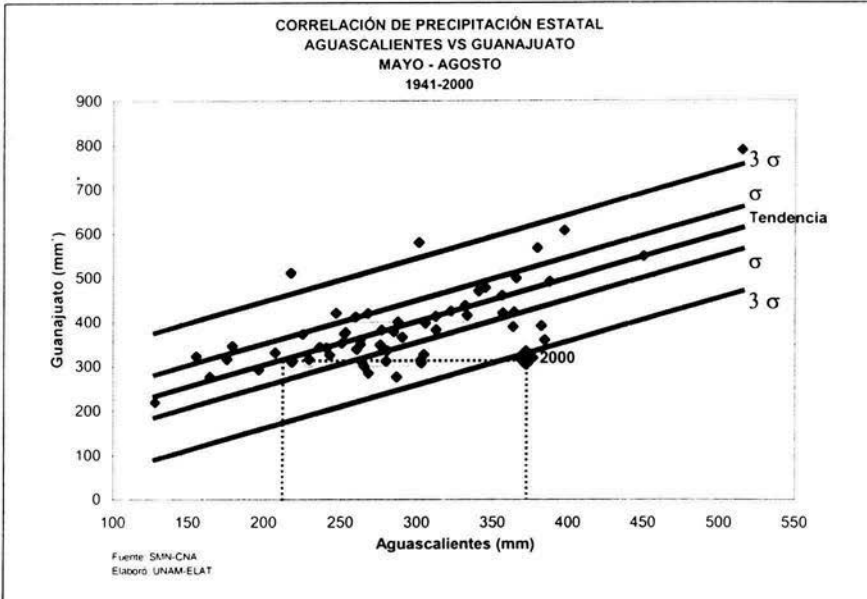
Gráfica 2



Esta última condición se invierte en el año 2000. La única otra inversión aunque un grado mucho menor se da en 1984. Este hecho ya demuestra que el fenómeno es raro, pero que tan raro ??

La respuesta a esto se puede encontrar en la Correlación 1 (Gráfica 3), donde los mismos datos se presentan en otra forma.

Gráfica 3



3σ = Significa que un intervalo contiene el 99.73 % de los valores centrales.

σ = Significa un intervalo en el cual se encuentran el 68.27 % de los valores centrales.

Tendencia = Es el valor del dato que se encuentra en el centro de la distribución de frecuencia.

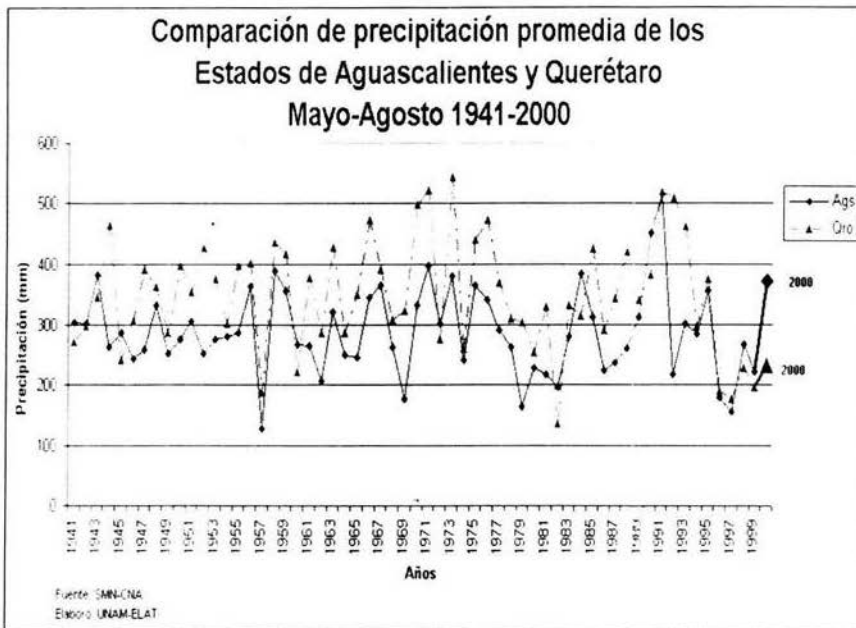
Cada punto tiene como coordenadas las mismas precipitaciones promedio del estado de Aguascalientes (eje X) y Guanajuato (eje Y) de cada año. La distribución de los puntos vuelve a mostrar que existe correlación y que el punto que representa el año 2000 es anómalo.

En lenguaje estadístico es tan anómalo que se aleja de la distribución por más de 3σ (σ = desviación estándar) esto demuestra que su existencia casual tiene una probabilidad inferior a $\frac{1}{333}$. Para que el punto cayera en el lugar que le corresponde en la recta de correlación, dada la precipitación de 293 mm que cayó en el estado de Guanajuato, el estado de Aguascalientes debió haber recibido aproximadamente 200 mm en vez de 370; la diferencia de 170 mm es atribuible al efecto de la ionización. **La efectividad de la ionización** sería representada por un **factor de 1.9, incremento del 90%**.

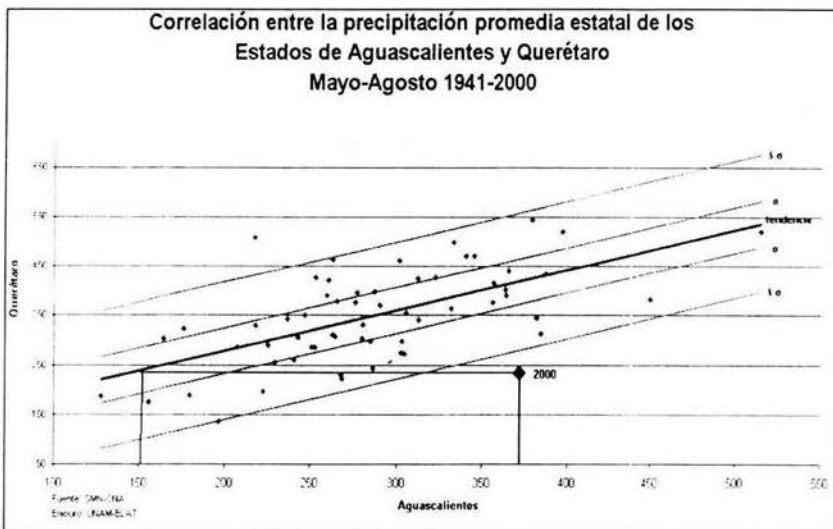
El mismo razonamiento se sigue en la comparación de las precipitaciones de Aguascalientes con las de Querétaro; la Gráfica 4 y la Correlación 2 (Gráfica 5) se construyen con el mismo criterio de las anteriores y conducen a las mismas conclusiones.

En la Gráfica 4 se comparan las precipitaciones promedias del período Mayo - Agosto de los estados de Aguascalientes y Querétaro, para cada año, desde 1941 al 2000. En esta gráfica se ve claramente que la precipitación en los dos estados está correlacionada y que por otro lado en Querétaro la precipitación promedio es más alta. De igual manera que el ejemplo anterior cada punto tiene como coordenadas las mismas precipitaciones promedias del estado de Aguascalientes (eje X) y Querétaro (eje Y) de cada año. La distribución de los puntos vuelve a mostrar que existe correlación y que el punto que representa el año 2000 es anómalo. Aunque los promedios de los años 1998 y 1999 muestran que las precipitaciones registradas en el Estado de Aguascalientes fueron mayores a las del Estado de Querétaro, en el año 2000 dicha diferencia es mucho más relevante. En lenguaje estadístico es tan anómalo que se aleja de la distribución por más de 4σ (σ = desviación estándar) esto demuestra que su existencia casual tiene una probabilidad inferior a $\frac{1}{15800}$. En otras palabras, esto significa que el punto del año 2000 es anómalo y que refleja una precipitación extraordinaria fuera de las lluvias normales, y sólo a esto se le puede atribuir a eventos externos (como Huracanes). Por estudios realizados para el período Mayo-Septiembre del 2000, ningún huracán entro a la zona del Bajío.

Gráfica 4



Gráfica 5



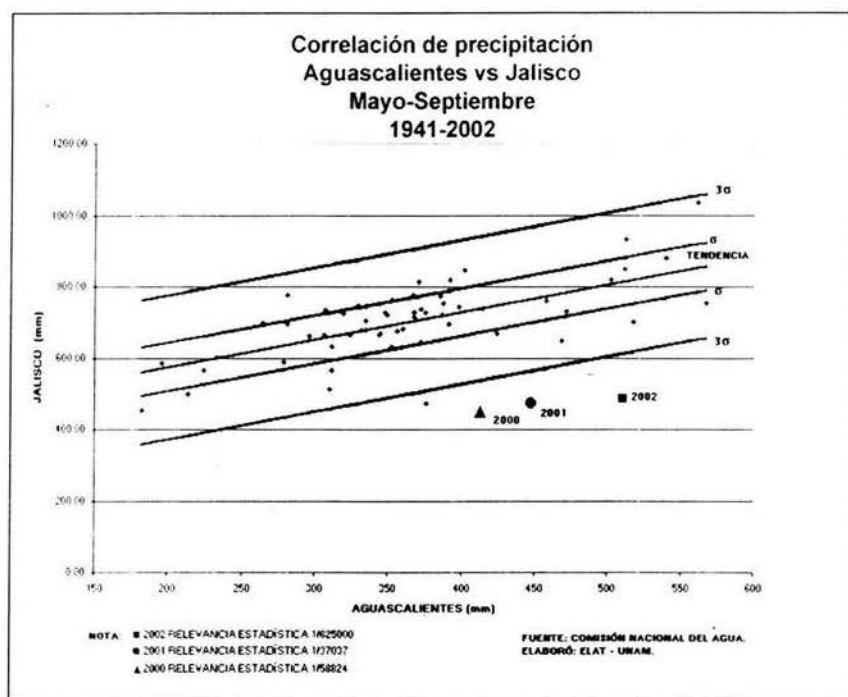
3σ = Significa que un intervalo contiene el 99.73 % de los valores centrales.

σ = Significa un intervalo en el cual se encuentran el 68.27 % de los valores centrales.

Tendencia = Es el valor del dato que se encuentra en el centro de la distribución de frecuencia.

El recurso de comparar un territorio con influencia ionizante, contra un territorio "testigo" sin influencia, muestra que las precipitaciones en el Estado de Aguascalientes, comparadas con las del Estado de Jalisco, tuvieron una ocurrencia estadística de $1/5^4$, en el año 2000; de $1/3^4$ en el 2001 y $1/6^5$, en el 2002, lo que significa una probabilidad natural del evento de $1/1.3^{15}$, con un coeficiente de correlación de 0.62, como se muestra en la Gráfica 6.

Gráfica 6



3σ = Significa que un intervalo contiene el 99.73 % de los valores centrales.

σ = Significa un intervalo en el cual se encuentran el 68.27 % de los valores centrales.

Tendencia = Es el valor del dato que se encuentra en el centro de la distribución de frecuencia.

Asimismo, los cuerpos de almacenamiento en el Estado, mostraron una evolución ascendente del 2000 al 2002 como lo muestra la Gráfica 7 y Tabla 11, podemos apreciar la tendencia descendente de 1991 a 1999, contra la recuperación ascendente del 2000 al 2002. Las cifras expresadas, están en millones de metros cúbicos y muestran el acumulado al 30 de Septiembre del 2002.

Gráfica 7

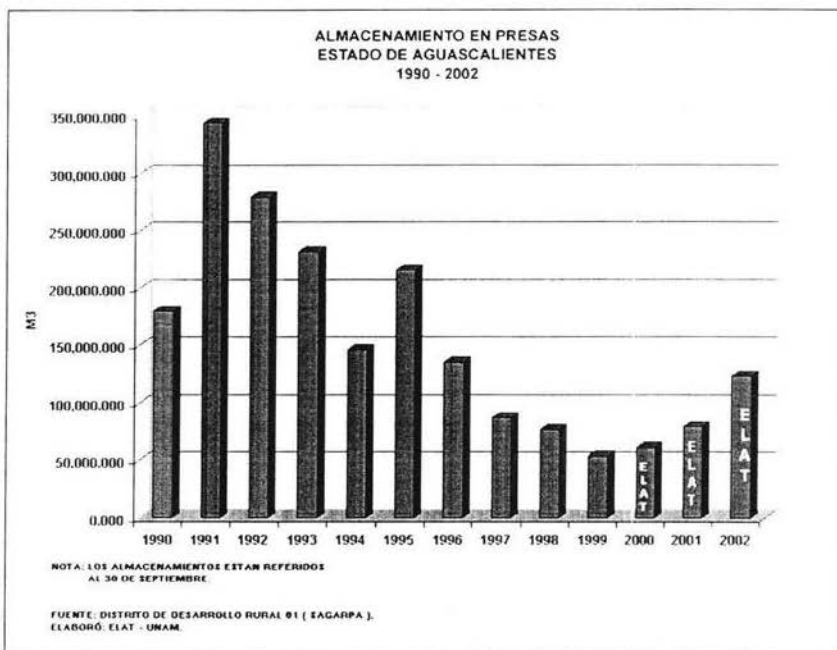


Tabla 11
Almacenamiento de las Principales Presas
Estado de Aguascalientes
1990 - 2002

NOMBRE DE LA PRESA	VOLUMEN UTIL (M3)												
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
1 Abelardo L. Rodriguez	6,118,200	18,845,500	5,298,200	0	0	3,987,600	0	0	0	2,504,600	2,961,676	3,618,168	3,937,905
2 Plutarco E. Calles	101,320,000	257,675,000	237,400,000	190,764,000	117,360,000	144,780,000	86,180,000	59,560,000	42,980,000	26,240,000	36,380,000	36,380,000	60,520,000
3 El Jocoque	8,660,000	8,474,000	8,464,000	8,529,000	8,324,000	8,660,000	8,364,000	8,578,000	7,983,000	385,000	0	1,160,000	694,000
4 Pabellón (Potrerillos)	10,696,000	1,052,800	910,000	1,010,800	1,027,600	1,030,000	1,038,400	1,002,400	1,039,600	625,200	618,000	681,600	650,400
5 50 Aniversario	4,100,000	3,003,400	900,000	2,730,300	3,017,000	3,000,000	3,000,000	1,361,500	3,030,600	2,622,300	2,224,700	3,142,700	3,115,500
6 El Niágara	13,000,000	13,000,000	12,500,000	13,000,000	12,918,900	12,918,900	12,861,300	11,824,100	12,803,600	12,724,051	12,752,860	12,983,332	13,040,950
7 Media Luna	12,600,000	12,600,000	1,750,000	3,780,000	200,000	12,633,000	8,992,000	3,315,000	312,000	189,000	65,000	3,420,000	12,866,000
8 La Colorada	2,498,000	6,350,000	2,118,000	2,308,000	450,000	5,858,000	606,200	0	1,244,400	1,563,000	0	2,552,800	5,900,000
9 La Codorniz	4,940,000	4,940,000	1,659,700	3,052,000	1,621,000	5,112,000	3,954,000	919,000	3,124,000	2,614,000	2,857,000	3,661,000	5,400,000
10 Peña Blanca	4,200,000	4,200,000	1,202,000	1,775,000	601,000	4,200,000	4,200,000	313,000	893,000	1,783,000	693,000	4,000,000	4,000,000
11 Ordeña Vieja	3,770,000	3,770,000	1,058,000	399,000	0	3,540,000	3,313,000	370,000	966,000	931,000	296,000	3,170,000	3,570,000
12 Malpaso	5,860,000	5,860,000	4,160,000	4,390,000	935,000	5,860,000	1,315,000	0	440,000	1,865,000	3,223,000	4,188,000	5,800,000
13 Saucillo	2,200,000	4,000,000	2,000,000	0	0	4,000,000	1,900,000	558,400	2,799,500	117,500	0	810,000	3,900,000
T O T A L	179,962,200	343,770,700	279,419,900	231,738,100	146,454,500	215,579,500	135,723,900	87,801,400	77,615,700	54,163,651	62,071,236	79,767,600	123,394,755

Nota: La información de almacenamientos esta Referida al 30 de Septiembre de cada año.

Fuente: Distrito de Desarrollo Rural 01 (SAGARPA).

5.6 Fenómeno Meteorológico de “El Niño”

En abril del 2002, se llevó a cabo una reunión de la Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Agropecuario, en la ciudad de Aguascalientes; el evento contó con la participación del C. Javier Usabiaga Arroyo, Secretario de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en la cual fueron advertidos los Secretarios estatales del ramo, de la difícil situación que se esperaría para la próxima temporada de lluvias ante el fenómeno meteorológico del “El Niño”. Es por ello necesario incluir en el presente Ensayo, un análisis detallado del experimento histórico de las precipitaciones ocurridas, ante las diversas condiciones de los años “Niño”, “Niña” o “Neutros”; clasificados por Trimestre que es como lo analiza el National Centers for Environmental Prediction/Climate Prediction Center United Kingdom Meteorological Office (NCEP/CPC), con la finalidad, primero, de conocer cuantitativa y cualitativamente sus efectos, y en segundo lugar, como se protegieron los Estados bajo influencia ionizante de los demás Estados sin influencia.

En la Tabla 12, se analiza al Estado de Aguascalientes, desde el año de 1950 hasta el 2002, las precipitaciones ocurridas y clasificadas por categorías desde la letra “C” (Could) “Niña moderada”; hasta la letra “W+” (Warm) “Niño fuerte”. En ella se puede apreciar que en el año 2000 de Mayo a Junio se clasifica como Niña Débil (C-), obteniendo un registro por arriba del promedio dentro de esta categoría con un valor de 223.9 milímetros de lluvias contra un promedio de 125.5 mm. En siguiente Trimestre (Julio, Agosto y Septiembre) del mismo año, se clasifico como Neutro (N) con un registro de 189 mm contra su promedio de 283.5 mm en la categoría de los Neutro.

Para los meses de Mayo a Septiembre del 2001 continuo con la misma categoría de Neutro, obteniendo un registro en Mayo y Junio de 102.9 mm superior a los 79.9 mm de su promedio, y para Julio, Agosto Y Septiembre se obtuvieron 344.7 mm valor muy por arriba a los 283.5 mm del promedio de su categoría.

En el 2002 de Mayo a Junio con un aumento de categoría a Niño Débil (W-) donde se pronosticaba una sequía en el Estado, se registraron 99.9 mm contra un promedio de 72.8 dentro de esta categoría. Para los meses de Julio a Septiembre del mismo año, las condiciones siguieron en aumento con una categoría de Niño Débil a Moderado (W), se registraron 395.6 mm un valor superior a 299.7 mm dentro de su categoría y de todas las demás categorías.

Una vez clasificadas las lluvias, éstas se relacionan en los registros pluviométricos del 2002, destacándose particularmente los Estados donde el efecto ionizante estuvo presente entre ellos Aguascalientes (Tabla 13).

Tabla 12

RELACION DE DATOS PLUVIOMÉTRICOS E INTENSIDAD DEL EFECTO NIÑO (A)
ESTADO DE AGUASCALIENTES 1951-2002
MAYO-SEPTIEMBRE

AÑOS	MAY	JUN	SUMA	EFECTO NIÑO (A)	
				ABR	MAY JUN
1956	30.9	96.6	127.5		C
1974	18.4	13.7	32.1		C
1999	2.4	59.6	62.0		C
PROMEDIO	17.2	56.6	73.9		C
1955	1.1	90.4	91.4		C-
1971	43.3	111.8	155.1		C-
1975	15.7	66.7	80.4		C-
1984	21.2	113.1	134.3		C-
1985	21.5	137.1	158.5		C-
1989	24.7	10.6	35.2		C-
2000	82.1	141.8	223.9		C-
PROMEDIO	29.6	95.9	125.5		C-
1951	24.2	78.6	102.8		N
1952	14.3	104.7	119.0		N
1954	9.2	63.2	72.4		N
1959	10.3	128.0	138.3		N
1960	0.0	15.1	15.1		N
1961	26.3	71.6	96.9		N
1962	0.0	88.1	88.1		N
1963	9.9	80.2	90.1		N
1964	17.3	70.5	87.5		N
1965	22.4	30.2	52.7		N
1967	37.1	55.1	92.2		N
1968	7.5	46.6	54.2		N
1970	0.0	141.8	141.8		N
1973	25.6	72.7	102.3		N
1976	4.6	11.5	16.1		N
1977	6.0	75.7	81.7		N
1978	15.2	62.6	77.8		N
1979	2.6	13.6	16.2		N
1980	1.0	25.8	26.8		N
1981	13.9	63.5	77.4		N
1986	17.0	123.9	140.9		N
1988	0.0	38.3	38.3		N
1990	21.4	53.1	74.5		N
1994	4.3	108.6	112.9		N
1995	6.7	78.8	85.5		N
1996	2.9	50.3	53.2		N
2001	24.2	78.7	102.9		N
PROMEDIO	12.1	67.8	79.9		N
1953	0.0	74.1	74.1		W-
1957	6.7	33.1	39.8		W-
1966	12.9	73.7	86.5		W-
1969	2.0	24.8	26.8		W-
1972	67.6	80.3	147.8		W-
1982	18.5	13.1	31.6		W-
1991	3.7	72.0	75.7		W-
2002	26.0	72.0	99.9		W-
PROMEDIO	17.4	55.4	72.8		W-
1958	16.1	118.8	136.9		W
1963	36.7	37.6	77.2		W
1967	45.4	42.5	87.9		W
1993	7.3	77.0	84.7		W
1997	10.9	44.5	55.3		W
1998	1.3	85.5	86.8		W
PROMEDIO	20.5	67.6	86.1		W
1992	33.2	36.1	59.2		W+
PROMEDIO	23.2	36.1	59.2		W+

AÑOS	JUL	AGO	SEP	SUMA	EFECTO NIÑO (A)	
					JUL	AGO-SEP
1956	105.2	130.6	4.0	240.0		C
1975	130.8	154.4	21.3	306.5		C
PROMEDIO	118.0	142.6	12.6	273.2		C
1955	83.8	112.4	82.4	278.6		C-
1954	134.3	73.3	51.3	258.9		C-
1964	92.7	70.5	105.3	268.5		C-
1971	73.5	168.7	142.3	384.5		C-
1973	112.2	159.8	78.4	350.5		C-
1974	102.4	106.2	94.0	302.7		C-
1988	119.9	102.2	73.6	295.7		C-
1998	66.6	114.5	76.4	257.5		C-
1999	108.2	52.2	66.8	227.2		C-
PROMEDIO	99.86	106.65	85.61	292.1		C-
1951	106.5	94.2	85.1	285.9		N
1952	46.2	88.0	99.1	233.2		N
1959	89.5	128.6	57.6	275.9		N
1960	76.0	172.2	37.9	291.1		N
1961	67.5	101.1	68.8	237.4		N
1962	59.8	59.6	99.1	218.5		N
1967	113.9	158.1	147.6	419.5		N
1968	112.9	97.2	103.1	313.2		N
1970	77.4	114.0	177.9	369.2		N
1976	239.0	85.6	130.6	455.2		N
1977	82.9	125.6	58.2	266.9		N
1978	80.9	104.1	104.0	289.0		N
1979	63.8	84.6	30.9	179.4		N
1980	71.8	131.0	51.6	254.3		N
1981	62.6	78.2	60.6	201.5		N
1983	143.9	59.2	62.9	266.2		N
1984	152.3	97.6	40.0	290.0		N
1985	85.4	88.2	47.6	201.4		N
1989	44.6	232.7	39.6	317.0		N
1995	120.0	150.7	92.7	363.4		N
1996	39.1	87.2	130.7	257.0		N
2000	81.1	78.6	29.1	189.0		N
2001	105.0	125.0	114.7	344.7		N
PROMEDIO	92.35	109.90	81.28	283.5		N
1953	47.6	154.2	35.3	237.2		W-
1957	40.0	48.2	95.8	184.1		W-
1958	138.4	112.2	114.6	365.3		W-
1963	141.1	91.2	62.7	295.0		W-
1966	95.1	163.6	46.5	305.2		W-
1969	84.9	64.2	56.5	205.7		W-
1986	51.8	32.7	98.1	182.5		W-
1990	190.4	185.1	111.0	486.6		W-
1992	87.6	70.7	46.8	205.0		W-
PROMEDIO	97.4	102.5	74.2	274.1		W-
1965	73.8	120.7	100.2	294.6		W
1972	62.7	91.5	95.4	250.0		W
1982	114.0	51.1	16.5	181.6		W
1991	348.9	30.7	51.9	431.5		W
1993	106.6	110.1	100.8	317.4		W
1994	72.8	99.1	91.3	263.2		W
PROMEDIO	129.80	93.91	76.82	299.73		W
1987	112.20	36.41	44.19	192.81		W+
1997	58.40	41.90	26.60	126.90		W+
PROMEDIO	85.30	39.15	35.40	159.85		W+
2002	168.99	114.92	111.70	395.61		W

Nota: N = Período neutro
C- = Período Niña débil
C = Período Niña moderada
C+ = Período Niña fuerte
W- = Período Niño débil
W = Período Niño moderado
W+ = Período Niño fuerte

Fuentes: Comisión Nacional del Agua
Servicio Meteorológico Nacional
National Centers for Environmental Prediction/Climate Prediction Center
United Kingdom Meteorological Office

Elaboró: ELAT-UNAM

Tabla 13

Relación entre Registros Pluviométricos e Intensidad del Efecto NIÑO (A)
 Julio – Septiembre
 1950-2002

ESTADOS	EFECTO "NIÑA"			NEUTRO	EFECTO "NIÑO"			FACTOR C- / W+	EFECTO ELAT 2002
	C-	C	C+		W-	W	W+		
*SINALOA	549.40	485.00	S/R	497.20	592.00	527.10	396.40	1.39	316.20
**DURANGO	323.40	267.00	S/R	298.00	357.60	331.70	272.00	1.19	291.70
*JALISCO	561.10	516.30	S/R	506.30	569.10	530.90	422.80	1.33	390.00
AGUASCALIENTES [ELAT]	292.10	273.20	S/R	283.50	274.10	299.73	159.85	1.83	395.61
ZACATECAS [ELAT]	333.80	281.60	S/R	300.20	295.90	345.60	247.00	1.35	327.50
COAHUILA [ELAT]	154.00	114.50	S/R	119.80	141.40	133.40	119.70	1.29	190.70
NUEVO LEÓN [ELAT]	316.88	209.52	S/R	272.44	283.82	222.73	196.00	1.62	454.42
*SAN LUIS POTOSÍ	616.31	508.40	S/R	479.35	440.43	462.03	356.76	1.73	374.04
*TAMAULIPAS	459.16	354.57	S/R	360.33	348.79	332.43	209.01	2.20	282.25
PROMEDIO DE FACTORES								1.55	

Notas: * Estados con influencia parcial de ionización.

** Operó el sistema ELAT de ionización hasta el 8 de Septiembre

S/R - Sin Registro

Fuentes: Comisión Nacional del Agua

Servicio Meteorológico Nacional

National Centers for Environmental Prediction/Climate Prediction Center

United Kingdom Meteorological Office

Elaboró: ELAT-UNAM

Clasificación:

C+ = Fuerte

C = Moderado

C- = Débil

W+ = Fuerte

W = Moderado

W- = Débil

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos durante el trienio 2000 – 2002 donde operó la Tecnología de Ionización en el Estado de Aguascalientes descrito en el presente Ensayo, nos arrojan resultados alentadores, incrementándose en el nivel de precipitaciones alcanzando un promedio superior al 25 % sobre su historia pluviométrica. Si bien es cierto, no se puede concluir que el aumento de las precipitaciones se relacionen con la ionización atmosférica debido a que para validar un método científico es necesario de un estudio y evaluación por un período de tiempo mayor (10 años), para poder determinar que efectivamente la ionización estimula la precipitaciones pluviales. Pero en estos tres años de estudios se ha observado cambios favorables por lo que el método de ionización atmosférica pudiera ser la solución al problema de la desertización recurrente en México y particularmente en Aguascalientes.

Una combinación de eventos tan improbables, como los que se describen en el estudio presentado, haya coincidido con la operación de la estación de ionización, constituye ya, más que un indicio, una primera demostración de la efectividad de la tecnología.

Los resultados de los primeros experimentos afianza nuestro convencimiento de que a lo largo de este período de experimentación se ha beneficiado al Estado con el aporte de un importante volumen de agua, demostrando que la relación costo - beneficio de esta tecnología puede ser extraordinaria. Tan es así que el Director General de la Comisión para el Desarrollo Agropecuario del Estado de Aguascalientes, Roberto Von Bertrab Peters, en su Boletín de Prensa Número 16 del año 2003, informó que los resultados obtenidos son positivos, ya que se superó la media de precipitación pluvial y la producción en el campo rompió récord. Señalo que las lluvias durante los 3 años de validación de la antena, sobre todo en los dos últimos, reportaron para los agricultores de nuestra entidad los beneficios en las cosechas récord que

obtuvieron con 2.1 y 2.5 millones de toneladas de productos en los años 2001 y 2002, respectivamente.¹

Por otro lado, el proyecto requiere un mejoramiento para que su operación sea óptima y así aprovechar los diferentes fenómenos meteorológicos que generan las precipitaciones en la región. Entre los cambios se destacan las siguientes recomendaciones:

- Para que este Proyecto Tecnológico tenga un carácter de validez oficial, es necesario la participación de varias instituciones académicas y públicas.
- Para favorecer una toma de decisiones oportuna es muy importante que el flujo de **información sobre las precipitaciones se dé en tiempo real**. Esto ya se había planteado al principio del experimento del 2000 pero en el mejor de los casos el retraso fue de quince días. Diseñando un buen acuerdo con las Delegaciones Estatales de la CNA es posible pensar en un tiempo de retraso no mayor a 3 días. Ciertamente vale la pena estudiar la factibilidad de una red pluviométrica conectada en tiempo real a INTERNET.
- Es muy importante que para el próximo año **el proyecto reciba los apoyos económicos a tiempo**, con una primera remesa en el mes de Febrero para poder planificar la actividad con suficiente margen de tiempo.
- Y para finalizar, se considera **muy importante extender la red de estaciones en las costas del Pacífico y del Golfo de México**. Están definidas las localidades que se encuentran en la línea de vientos probables que abastecen de humedad la región Centro - Norte y Norte, donde se está realizando el experimento.

¹ Comisión para el Desarrollo Agropecuario del Estado de Aguascalientes, Boletín de Prensa Número 16, 13 de Abril del 2003.

Bibliografía y Hemerografía

Genaro Sánchez Barajas, "**La Estadística Aplicada al Análisis Económico**", Facultad de Economía, Enero 1996, pp. 15-65, México.

José Ayala Espino, "**Economía del Sector Público Mexicano**", Ed. Esfinge, segunda edición Junio 2001, pp 32, México.

Victor Manuel Ramos González, "**La Estimulación de Lluvia en México**", Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Ciudad Universitaria, México, D.F., 1987.

Victor O. Magaña, "**Interannual Precipitation variability and water availability in northern Mexico**", Workshop on Managing Water Resources Under Conditions of High Climatic Variability in the US-Mexico Border Region, La Paz, BCS, México, January 14-16, 2003.

Asteinza Bilbao Gaizka, "**Tecnologías Alternativas para el Agro Mexicano**", Ed. Fontamara 1993, pp 107-138, México.

Sedesol, México: "**Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1991-1992**", Secretaría de Desarrollo Social, México, 379 p. México 1993.

Nuestro Clima Futuro, Organización Meteorológica Mundial, N° 952, Ginebra, Suiza, 2003.

Adriana Ochoa, **El campo un panorama sin esperanza**, El Universal, México, DF, Domingo 9 de Marzo del 2000.

Arturo Rodríguez Villalobos, **Situación Actual y Perspectivas del Agua en Aguascalientes**, Cuaderno de Trabajo # 58, Secretaria de Recursos Naturales, Ags., Diciembre, 1996.

Joaquín Sosa Ramírez, **Perspectivas en el Suelo y Agua en la Agricultura**, Cuaderno de Trabajo # 12, Secretaria de Recursos Naturales, Ags., Enero-Febrero, 1995.

Desertificación y Pobreza, Teresita de J. Vives Romero, Diario Orbe de Cuba, 8 de Agosto del 2003.

Cárdenas, J. A., **Agua Y Bosques en la Seguridad Nacional**, La Buena Cepa, México, D.F. Págs. 30-31, 2003.

Anaya, G. M., **Creeping Desert Casts Shadow Over Mexico**, Forum for applied research and public policy. Fall. Univ. of Tennessee. U.S.A. Vol. 11. N° 3. Págs. 23-26, 1996.

Anaya, G. M., **Desertificación en América Latina y el Caribe: Estrategias para su prevención y control**, En: 2° Simposio Internacional sobre Degradación del Suelo. Soc. Méx. De la Ciencia del Suelo. Chapingo, Edo. de México. Págs. 19-28, 2002.

Félice I. Arreguín Cortés, Alejandra Martín Domínguez, **Desalinización del Agua, Ingeniería Hidráulica en México**, Vol. XV num. 1, enero-abril, pp. 27-49.

Fuentes Electrónicas

División por Entidad Federativa con Base en el Marco Geoestadístico,
<http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.asp>, 2003.

Informes de trabajo ELAT de SA de CV, 2003.
www.elat.com.mx/reporte2000/reporte2000.html

Siembra de Nubes Batalla Técnica contra la Sequía,
http://www.uacj.mx/dia/publicaciones/guia_del_agua/indice_articulos.htm

Provocan Lluvias con sustancias Químicas lanzadas a las Nubes, Diario el Clarín, 17 de febrero del 2001, Argentina.

Palabras del Presidente Ernesto Zedillo,
<http://zedillo.presidencia.gob.mx/page/disc/sep99/21sep99-2.html>.

Francisco Romero Cruz, **La Problemática del Agua en Hermosillo,** Revista Derecho Ecológico, Universidad de Sonora, 2001.
www.uson.mx/medios_informativos/derecologico/agua/hermosillo.shtml

Características Generales de Aguascalientes,
<http://www.aguascalientes.gob.mx/agro/dos.html>, 2003.

Nuestro Clima Futuro, Organización Meteorológica Mundial,
www.wmo.ch/wmd/sgmessage_sp.doc - 18 Ago 2003.

Mapa Climático, Coppen, <http://tiemposmodernos.turincon.com/>. 2003.

Día Meteorológico Mundial, **Nuestro Clima,** Godwin O. P. Obasi,
www.wmo.ch/wmd/sgmessage_sp.doc - 18 Ago 2003.

Cambio climático: Impactos en México, Greenpeace, 16 de Febrero de 2001
www.greenpeace.org.mx/php/doc.php?f=en_impacto_mx.xml

Medio Ambiente y Desarrollo, Samanta Sen, Londres, 27 de Marzo de 2001. <http://www.tierramerica.net/2001/0401/noticias3.shtml>.

Producción de Alimentos Función decisiva del Agua, Cumbre Mundial de la Alimentación, Noviembre 1996.

<http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s07a.htm#a>.

Glosario

Acuífero.- Formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

Cuenca Hidrológica. Territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces que convergen en uno principal, o bien, el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboquen en el mar. La cuenca, junto con los acuíferos, constituye la unidad de gestión del recurso hidráulico.

Desertificación o Desertización.- La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) lo define como la degradación de las tierras áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultantes de diversos factores, tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas.

Desviación Estándar.- Cuando se utiliza la varianza como medida de dispersión, para salvar el problema de trabajar con distintas dimensiones en la media y en la media de variabilidad es necesario definir la desviación estándar como la raíz cuadrada de la varianza. La desviación estándar es útil para describir cuanto se apartan de la media de la distribución los elementos individuales. Una medida de ello se denomina puntuación estándar número de desviaciones a las que determinada observación se encuentra con respecto a la media. Una desviación estándar se forma un intervalo en el cual se encuentra el 68.27% de los valores centrales de la variable, dos desviaciones estándar, se forma un intervalo donde se encuentra el 95.43% de los valores centrales y tres desviaciones estándar, se forma un intervalo que contiene el 99.73 de los valores centrales.

Fenómeno la Niña.- Es la fase negativa del fenómeno El Niño que se caracteriza por un significativo enfriamiento de la temperatura de la superficie del océano pacifico ecuatorial y por cambios en la dirección y velocidad del viento en la zona intertropical debido a variaciones de la presión atmósfera

(Índices de Oscilación del Sur). Los episodios de La Niña, también producen cambios a gran escala en los vientos Atmosféricos sobre el océano Pacífico Tropical incluyendo un incremento en la intensidad de los vientos Alisios del Este (Este-Oeste) en la atmósfera baja sobre el océano pacífico oriental, y de los oeste en la atmósfera superior, Estas condiciones reflejan cambios significativos en la circulación ecuatorial de Walker.

Fenómeno del Niño.- Se conoce con el nombre de "El Niño", no solamente a la aparición de corrientes oceánicas cálidas en las costas de América, sino a la alteración del sistema global océano-atmósfera que se origina en el Océano Pacífico Ecuatorial (es decir, en una franja oceánica cercana al Ecuador), generalmente durante un periodo comprendido entre diciembre y marzo. La aparición de las aguas cálidas fue identificada por los pescadores peruanos siglos atrás, quienes le dieron el nombre de El Niño en referencia a la llegada del niño Dios, porque se observaban a finales de diciembre, cerca de la Navidad. Este fenómeno se presenta a intervalos de dos a siete años y se caracteriza porque la superficie del mar y la atmósfera sobre él presentan una condición anormal durante un período que va de doce a dieciocho meses.

Ionización.- Formación de moléculas o átomos con carga eléctrica. Los átomos son eléctricamente neutros ya que los electrones con carga negativa son iguales en número a los protones de carga positiva en los núcleos.

Media Aritmética.- Es una medida matemática, un número individual que representa razonablemente el comportamiento de todos los datos y se representa de la siguiente manera:

$$X = \frac{\sum X_i}{n}$$

donde X es igual a la sumatoria de todos los datos
y dividirlos entre el número de ellos.

Conforme a esto podemos definir también a la media aritmética como el valor medio que resulta sumando los términos de la sucesión y dividirlos entre ellos. En su cálculo están todos los valores del conjunto de datos por lo que cada uno

afecta la media. Aunque es confiable porque refleja todos los valores del conjunto de datos puede ser afectada por los valores extremos, y de esa forma llegar a ser una medida menos representativa, por lo que si la distribución es asimétrica, la media aritmética no constituye un valor típico.

Precipitación Media Anual. Promedio anual de la precipitación histórica.

Proceso Estocástico.- proceso en el que un sistema cambia de forma aleatoria entre diferentes estados, a intervalos regulares o irregulares.

Sequía.- Aunque la sequía tiene su origen en una deficiencia de lluvias, hay que tener en cuenta que no solo depende de este fenómeno natural, ya que también la propia demanda de agua de una población origina y aumenta la sequía, así pues la sequía se suele clasificar en tres tipos : Meteorológica, agrícola e hidrológica.

Sequía meteorológica .- Se define generalmente según el grado de sequedad, en comparación con algún promedio y la duración del periodo seco, considerando las distintas regiones y sus precipitaciones.

Sequía agrícola .- Esta se da cuando no hay suficiente humedad en el suelo para satisfacer las necesidades mínimas de las plantas, en sus distintas épocas de germinación y crecimiento. La sequía agrícola sucede después de la sequía meteorológica y antes de la sequía hidrológica y suele ser el primer factor económico afectado por la sequía.

Sequía hidrológica .- Esta se refiere a las insuficiencias en agua superficial y subterránea . esta sequía, no es apreciada de inmediato sino cuando las precipitaciones se reducen durante un largo tiempo y los niveles de los ríos, embalses y lagos disminuyen. Esta sequía suele ocurrir tras la sequía meteorológica y agrícola. Como en toda sequía, el clima es el primer factor que contribuye a esta sequía hidrológica. Los cambios en los usos de la tierra pueden alterar las características hidrológicas y por tanto incidir en la sequía hidrológica.

Sistema Climático.- El sistema del clima de la tierra comprende atmósfera, océano, tierra, criósfera (nieve y hielo) y biosfera. Los descriptores de este complejo sistema incluyen temperatura, precipitación, humedad de la atmósfera y del suelo, capa de nieve, cubierta de nubes, extensión del hielo terrestre y marino, nivel del mar, tiempo y fenómenos climáticos extremos, circulación atmosférica y oceánica en gran escala, y hábitat de plantas y animales. En la ciencia para describir el clima hay que tener en cuenta las mediciones y la interrelación entre esos descriptores.

Uso Industrial. Utilización de agua nacional para la industria que no se abastece a través de redes municipales. Se excluye el uso del agua en termoeléctricas.

Uso Público. Utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos. Se incluyen industrias, comercios y servicios conectados a las redes de abastecimiento municipal.

ANEXO 1

BOLETÍN DE ALERTA CLIMÁTICO:

JULIO DEL 2000.

RESUMEN EJECUTIVO

EN EL OCEANO PACÍFICO Las condiciones del episodio frío "La Niña" continuaron en las aguas superficiales sobre la línea del Pacífico Tropical Ecuatorial. En la región de "El Niño 1+2" la anomalía del enfriamiento fue de -0.92°C , en la región 3 de -0.22°C y en la 4 de -0.40°C .

DIAGNOSTICO GLOBAL

El Índice de Oscilación del Sur (IOS) fue de -0.4 .

EN EL OCEANO ATLÁNTICO En las aguas del Océano Atlántico la anomalía sobre la zona norte fue de -0.03°C , en la tropical global de $+0.03^{\circ}\text{C}$ y en el sur de $+0.20^{\circ}\text{C}$.

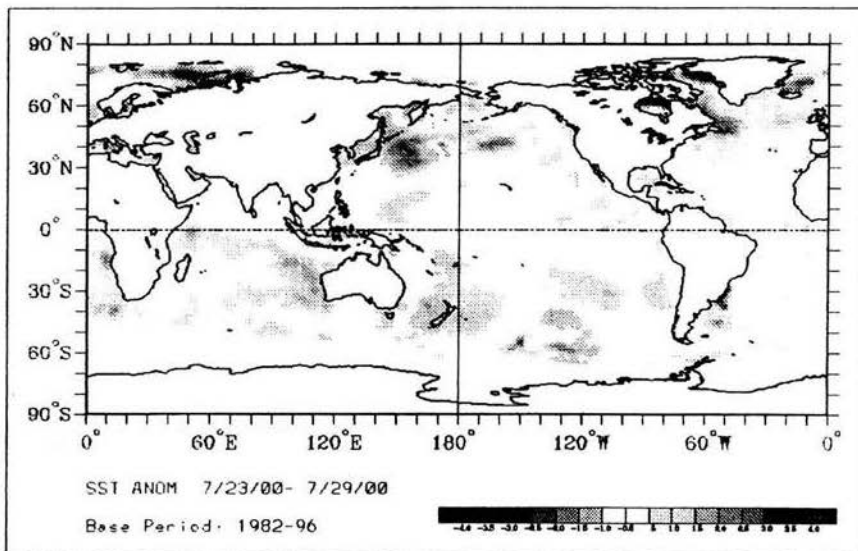
CONDICIONES FRENTE A LAS COSTAS MEXICANAS

El litoral occidental de Baja California Sur tuvo una ligera anomalía negativa de -0.5°C y en la parte central del Golfo de Cortés fue positiva de $+0.5^{\circ}\text{C}$.

PRONÓSTICO

Los modelos de pronóstico indican que las condiciones del episodio frío continuarán con un debilitamiento gradual durante los siguientes meses.

En la Fig. 1, se observan los registros de anomalía de la temperatura superficial del mar del 2 al 29 de julio del 2000.

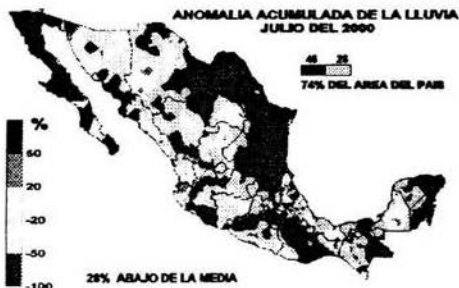


IMPACTO METEOROLÓGICO EN LA REPÚBLICA MEXICANA

RESUMEN PLUVIOMÉTRICO DE JULIO DEL 2000

LLUVIA MENSUAL

En el mes de julio la República Mexicana estuvo influenciada por ondas del este y humedad del Pacífico, éstos sistemas ocasionaron la acumulación de una lluvia máxima de 694.3 mm en la estación Talismán, Chis, cuya distribución se extendió principalmente los estados costeros del Pacífico y alcanzó una lámina media nacional de 99.1 mm, siendo el mes de julio más seco del periodo 1941-99



ANOMALÍA DE LA LLUVIA

El mapa de anomalía de la lluvia del mes de julio indica qué se presentó en un 28% por abajo de la media del mes y se distribuyó en un 74% del territorio nacional por debajo de la media y un 26% de la superficie igual o por arriba de esta.

PRECIPITACIÓN ACUMULADA

La precipitación acumulada del 1° de enero al 31 de julio, alcanzó una lámina de 360.4 mm, y las precipitaciones máximas se han registrado en los estados de Chiapas, Puebla, Tabasco y Veracruz, con una máxima acumulada de 2290.8 mm, en la estación Jacatepec, Oax.

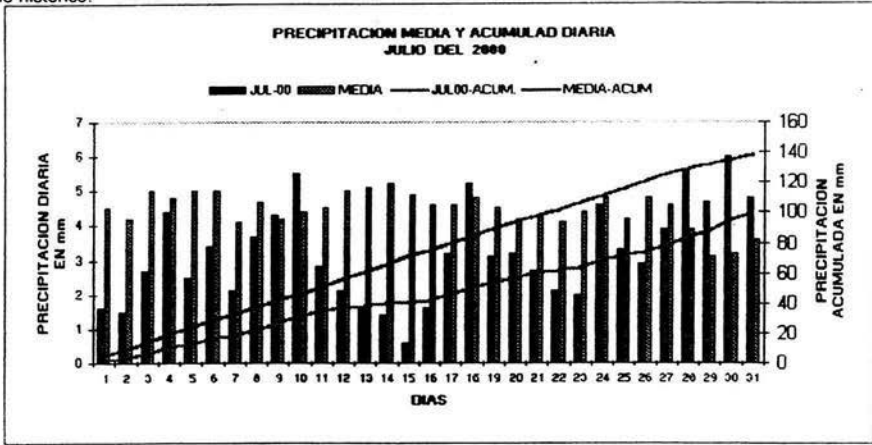


ANOMALÍA ACUMULADA DE LA LLUVIA

Como se observa en el mapa de anomalía acumulada de la lluvia, en el periodo del 1° de enero al 31 de julio del 2000, la precipitación acumulada es igual a la media del periodo 1941-1999, y se distribuyó con 58% del área del país por abajo de la media y en 42% con lluvia igual o por arriba de esta.

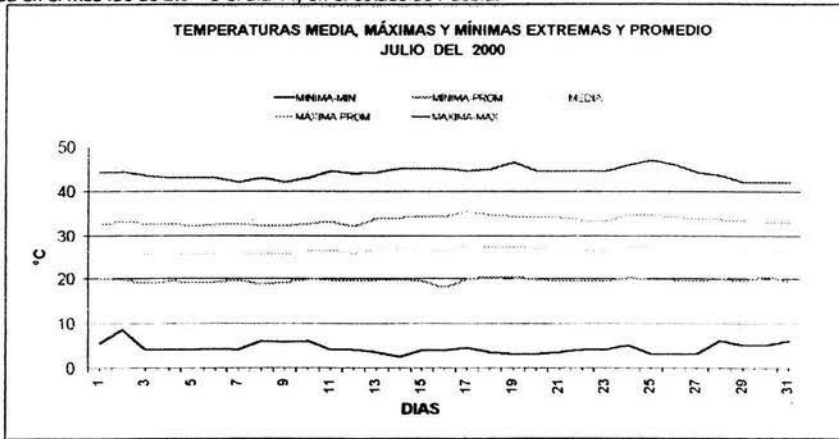
PERIODOS SECOS Y HÚMEDOS

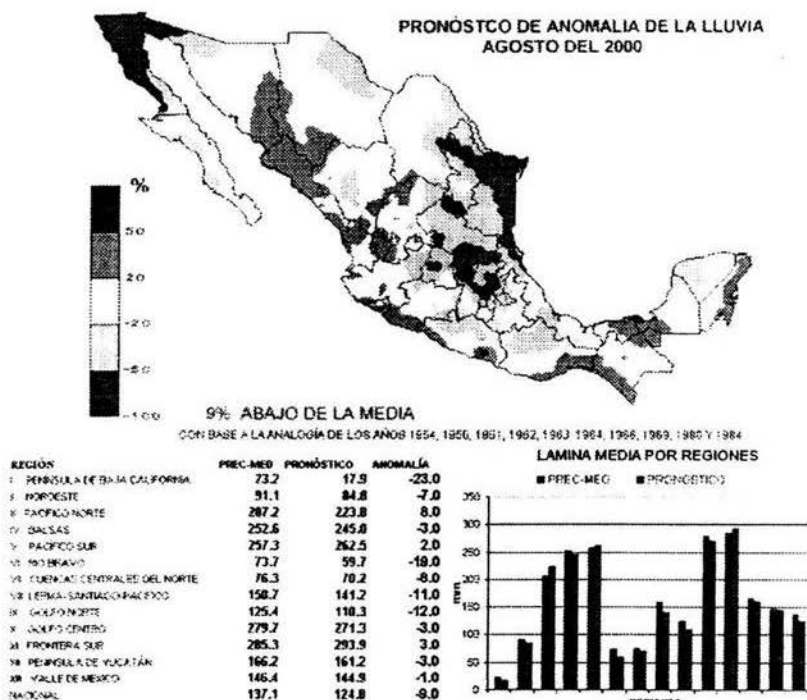
En la gráfica se indica la precipitación diaria y acumulada durante el mes de julio del 2000 y su comparación con valores medios 1941-99, se observa que se presentaron 3 periodos de lluvias superiores a la media del día, el principal se presentó del 28 al 31, así mismo se puede observar que del día 11 al 17 se presentó un periodo muy principalmente el día 15, lo que ocasiono que se registrara una lamina acumulada de 99.1 mm, la más seca del periodo histórico.



TEMPERATURA DIARIA

La variación diaria de la temperatura media, promedio de máximas y mínimas y valores extremos, en donde se observa, que el día 25 de julio se registró la máxima del mes con 47.0° C en el estado de Sonora y la mínima reportada en el mes fue de 2.5° C el día 14, en el estado de Puebla.





Cualquier comentario relacionado, favor de comunicarlo a: Javier Espinosa Cruickshank
jespino@qsmn.cna.gob.mx.

ANEXO 2

Selected U.S. City and State Extremes

August 2000



Source NOAA/NWS Forecast Offices and compiled by NCDC. Last Updated 09/01/00



[larger image](#)

- [Temperature / Dewpoint](#)
- [Rainfall / Thunderstorms](#)
- [Snowfall](#)
- [Wind](#)
- [Pressure](#)
- [Miscellaneous](#)

Temperature / Dewpoint

1. The high temperature of 92 F at Ely, NV on the 8th of August marks the 21st consecutive day the high temperature has reached or exceeded 90 F. This string of hot days began on July 19th and sets a new record for consecutive days with 90 degrees or more. The previous record was 17 days from July 8th to July 24th, 1988.

2. On Thursday August 10th, the low temperature at the Pocatello airport, ID bottomed out at 75 F. This ties the record for the warmest low temperature for the month of August. This was also the second time this month that the low was 75 degrees, duplicating the low which happened on the 2nd of the month. The previous record prior to these two events was 74 set on August 15th, 1929.

3. Record heatwave in Montana. Sunday (13th) marked the 38th consecutive day so far that Helena, MT reached a high temperature at least 80 degrees F. This is the longest stretch in the stations history, tying a mark set in 1967. The following is a list of the five longest periods of consecutive 80 degrees of higher days in Helena, MT.

	LENGTH (DAYS)	DATES	AVG HIGH TEMP DURING PERIOD
1.	38	JULY 7 TO PRESENT	90.5
2.	38	JULY 18 TO AUGUST 24, 1967	90.0
3.	32	AUGUST 2 TO SEPTEMBER 2, 1991	89.9
4.	32	JUNE 27 TO JULY 28, 1985	92.3
5.	31	AUGUST 2 TO SEPTEMBER 1, 1929	87.4

4. Las Vegas, NV had 21 days in a row with high temperatures at or above 105 F from July 18th - August 7th, 2000. High temperatures during this period ranged from 106F to 112F. This tied the previous record of 21 days set in June-July 1973 and July 1957. Also, high temperatures again returned to the 105 + range from August 9th-13th.

5. Ely, NV had 21 days in a row with high temperatures at or above 90 F from July 19th - August 8th, 2000. This broke the previous record of 17 days set from July 8-24, 1988. Also, high temperatures again

returned to the 90+ range from August 10th-13th.

6. Grand Junction, CO, had 28 days in a row with highs at or above 95 degrees F. The string began on July 18th and ended on August 14th 2000. This breaks the previous string of 23 days set from July 9th-31st, 1994. The string came to an end on the 15th when the temperature only hit 94F.

7. Denver, CO, recorded its 51st day of 90-degree heat on August 14th which included 13 of 14 days so far this month. Only two other years featured more such days in the Mile High City: 1994 with 60 days, 1978 with 52, and 1874 with 51. It should be pointed out however, the new Denver airport is located east of town at a lower elevation.

8. The cooperative observer in Moab, UT reported that they tied a record of consecutive days with high temperatures above 100F. The high on August 3rd was 108 (not a record), and was the 30th consecutive day with a high temperature equal of greater than 100F. In July-August 1980 they also had 30 consecutive days at 100 or higher.

9. The temperature at Hill City, KS on the 14th was hot 108 degrees F. This broke the record of 105 for the date set in 1952. This also ties the all time record high for the month at Hill City.

10. The low temperature at Little Rock, AR, on August 28th was 83 degrees F. This broke a record for the date (79 degrees F. set in 1990) but this is also the latest date that the low temperature for the Little Rock Metro area has been 80 degrees or higher. The previous latest date was August 27th, 2000. This also ties the record highest minimum temperature set back on August 4th, 1987 July, 12th, 1930 and July 29, 1930. The low temperature on August 31st was 83 degrees F. once again which broke a record for the date, tied the record highest minimum and was the latest date that the low temperature has been 80 degrees or higher.

11. The temperature on August 28th at Memphis International airport, TN reached 104 degrees F. This reading broke the old record of 101 F set in 1990 and also in 1954. This was the warmest temperature recorded at the Memphis airport in 14 years. The last reading of 104 F or greater occurred on July 31, 1986.

12. The temperature on August 28th at Tupelo, MS, reached 106 degrees F. This reading broke the old record of 104 F set in 1954. This was also the warmest temperature recorded in Tupelo in over 48 years, since July 29th, 1952, when the temperature also reached 106 F. The all time high at Tupelo is 109 F set on July 29th, 1930

13. The temperature on August 29th at Mobile Regional Airport, AL, was 105 degrees F. This sets a new all time record high for the city. The previous record was 104 F. set on July 26th, 1952. The old record for the date was 101 F set in 1954. This also marked the eighth day this year that temperatures reached 100 degrees F or greater. This is a record for the number of days at or above the century mark. The old record was seven days in 1954.

14. A persistent ridge of high pressure in the upper atmosphere has resulted in an extended period of excessive heat across all of eastern Oklahoma and northwest Arkansas. Through the 29th of August there have been 22 days where the temperature has been 100 degrees or higher at the Fort Smith, AR regional airport.

15. Through August 29th, the average temperature at Little Rock, AR was 89.0 degrees F. This is 8.9 degrees above normal. The hottest month on record is July 1980, with a monthly average temperature of 88.6 degrees F. If this trend continues August 2000 will be the hottest month on record. Temperatures on the 29th, hit 109 degrees F, just one degree shy of the all-time record high temperature set on August 10, 1936. In that 1936 heat wave most stations in the state were 110 F. or warmer, many stations including Little Rock and Fort Smith have their all time record highs. Ozark, AR reached 120 F on that date for the highest temperature ever recorded in the state. For more details see the [NWS Little Rock, AR Climatology WWW page](#). Also, the average temperature of 97 F on the 30th broke the all-time record high average temperature for any day. The previous record was 96 degrees F and set on August 29th, 2000.

16. On August 29th, the Memphis International airport, TN, reached 106 degrees F. This broke the daily record of 101 set in 1990 and 1954 but also briefly sets a new record for the warmest maximum

temperature recorded in the month of August. The old record was 105 F on August 27, 1943 and August 8, 1934. This 106 F reading also ties for third warmest temperature ever recorded and is the third warmest reading in twenty years, since July of 1980. This was also the fourth consecutive day of 100 degree or higher temperatures. On August 30th, the temperature reached 107 F, which is a new record for the warmest temperature in August and breaks the record of 106 F set on August 29th, 2000

17. San Jose, CA, had a high temperature of 66 degrees F on Aug 29th, 2000. This is an all time record low maximum temperature for the month of August. The previous low maximum for August was 67 F set on Aug 5th, 1999. The first day when the average high temperature is 66 F in San Jose, CA is November 11th.

18. Santa Rosa CA, had a high temperature of 62 degrees F on Aug 29th, 2000. This is an all time record low maximum temperature for the month of August. The previous low maximum for August was 63 F set on Aug 12th, 1965. The first day when the average high temperature is 66 F in San Rosa, CA is November 29th.

19. Livermore CA, had a high temperature of 64 degrees F on Aug 29th, 2000. This is an all time record low maximum temperature for the month of August. The previous low maximum for August was 67 F set on Aug 3rd, 1953. The first day when the average high temperature is 64 F in Livermore, CA is November 16th.

20. Santa Cruz CA, had a high temperature of 59 degrees F on Aug 29th, 2000. This is an all time record low maximum temperature for the month of August. The previous low maximum for August was 60 F set on Aug 29th and 30th, 1964. The first day when the average high temperature is 66 F in Santa Cruz, CA is December 21st.

21. On August 30th, 2000 at 2:30 PM CDT the temperature at the North Little Rock airport in Little Rock, AR reached 111 degrees F. This is the highest temperature ever recorded since weather records began on July 1st, 1879. The previous record of 110 F has stood since August 10, 1936 and again on July 31st, 1986.

22. On August 30th, 2000 the high temperature at New Orleans, LA (Audubon Park) reached 103 degrees F. This breaks the all-time record high temperature of 102 set on August 22, 1980. At the New Orleans International airport location the high temperature reached 101 degrees F, a record for the date only.

23. The all time record high temperature was tied at Jackson, MS (Thompson field) on Aug 30th, 2000. The temperature hit 106 degrees F, which broke the daily record of 102 F set in 1954. The high of 107 F was also observed on Jul 29th, 1930 and Sep 6 and 7th, 1925.

24. Gilbert, AR was 110 degrees F. on Aug 30th, 2000. This is a new monthly record for August. The previous monthly high for Gilbert, AR was 109 set back in 1947, 1956 and 1964.

25. At Lake Charles, LA on Aug 30th the temperature reached 105 degrees F. This broke the old record of 100 F set in 1913. The 105 F reading tied the monthly record set on Aug 18th, 1909. The all-time record high for Lake Charles is 106 F set back on June 27th, 1940.

26. Wichita, KS sets a new record for the most days with 100 degrees F or higher in August 2000. The city of Wichita has 23 days this month where the daily high temperature reached 100 degrees F or higher. This broke the previous record of 22 days set in 1936 which was one of the dust bowl years. Records date back to July 1st, 1888.

27. El Dorado, AR high 112 degrees F. on August 31, 2000. This ties the all time highest temperature of 112 degrees set back on August 10th, 1936. This is also the eighth consecutive day that El Dorado has tied or broken a record high temperature.

28. The high temperatures reached 103 degrees F. at Corpus Christie, TX on August 31st, 2000. This broke the daily record of 100 F set back in 1954 and ties August 9-14th, 1962 when the temperature reached 103 each day.

29. More Texas Records for heat.

HOUSTON INTERCONTINENTAL AIRPORT

HIGH TEMPERATURE TODAY: 107 DEGREES AT 300 PM

- * TIES ALL-TIME RECORD HIGH TEMPERATURE LAST SET AUGUST 23 1980
- * TIES RECORD HIGH TEMPERATURE FOR THE MONTH OF AUGUST LAST
SET AUGUST 23 1980
- * SETS NEW DAILY HIGH TEMPERATURE RECORD (OLD RECORD 100 DEGREES
SET IN 1990)
- * 15TH DAY THIS YEAR WITH A TEMPERATURE OF 100 DEGREES OR HIGHER

GALVESTON SCHOLES FIELD

HIGH TEMPERATURE TODAY: 100 DEGREES AT 216 PM

- * TIES RECORD HIGH TEMPERATURE FOR THE MONTH OF AUGUST LAST
SET AUGUST 25 1924
- * ONE DEGREE SHY OF ALL-TIME RECORD HIGH TEMPERATURE OF 101
DEGREES SET ON JULY 16 1932
- * ONE OF ONLY FOUR TIMES ON RECORD IN GALVESTON WHERE THE
TEMPERATURE HAS HIT 100 DEGREES
- * SETS NEW DAILY HIGH TEMPERATURE RECORD (OLD RECORD 98 DEGREES
SET IN 1983)

COLLEGE STATION EASTERWOOD FIELD

HIGH TEMPERATURE TODAY: 109 DEGREES AT 240 PM

- * SETS NEW RECORD HIGH TEMPERATURE FOR THE MONTH OF AUGUST
(OLD RECORD 108 DEGREES SET ON AUGUST 16 1951...
AUGUST 21 1925...AND AUGUST 22 AND 23 1917)
- * ONE DEGREE SHY OF ALL-TIME RECORD HIGH TEMPERATURE OF 110
DEGREES SET ON JULY 11 1917
- * SETS NEW DAILY HIGH TEMPERATURE RECORD (OLD RECORD 105 DEGREES
SET IN 1954)

30. At Lake Charles, LA the high temperature on Aug 31st hit 107 degrees F. This is a new all time record high. The previous record was 106 F set on June 27th, 1930

31. At Beaumont/Port Arthur, TX the mercury hit 108 on the 31st and tied the all time record high set back on July 14th, 1902. The 108 F reading was a new record high for August. The old record was 107 set back on Aug 10th, 1962.

32. At the Alexandria Power Plant, LA the highs were 108 F on the 30th and 109 F. on the 31st. The 108 F reading was a monthly and all time high. The 109 F reading set new daily, monthly and all time record highs.

33. California Cool Temperatures for August

THE FOLLOWING IS A SUMMARY OF RECORD LOW MAXIMUM TEMPERATURES SET AT SEVERAL LOCATIONS IN THE FORECAST AREA. NUMBERS IN PARENTHESES ARE THE NUMBER OF DEGREES WHICH THE ACTUAL TEMPERATURE EXCEEDED THE RECORD LOW FOR THAT DAY. ASTERISKS REPRESENT TEMPERATURES WHICH SET THE ALL-TIME RECORD LOW MAXES FOR THE MONTH.

DAY	8/29		8/30		8/31		9/ 1	
	PREVIOUS	NEW	PREVIOUS	NEW	PREVIOUS	NEW	PREVIOUS	NEW
SANTA ROSA	72/1989	62**	70/1992	64	65/1983	(7)	70/1946	
KENTFIELD	66/1951	64*	64/1953	(1)	64/1966	(9)	69/1964	
REDWOOD CITY	68/1999	65**	71/1999	(1)	70/1964	(3)	72/1951	
SAN JOSE	70/1953	66**	70/1974	(4)	68/1964	(8)	70/1951	

LIVERMORE	72/1935	64*	69/1966	(2)	72/1937	(1)	67/1964
SANTA CRUZ	60/1964	59**	60/1994	(9)	66/1994	66	67/1986
KING CITY	72/1957	68**	74/1956	(3)	71/1942	(6)	73/1964

* TIED THE ALL-TIME RECORD LOW MAXIMUM TEMPERATURE FOR THE MONTH.
 ** BEAT THE ALL-TIME RECORD LOW MAXIMUM TEMPERATURE FOR THE MONTH.

BEAT ALL-TIME RECORD BY 1 DEG: SANTA ROSA, SAN JOSE AND SANTA CRUZ
 BEAT ALL-TIME RECORD BY 2 DEG: REDWOOD CITY AND KING CITY.

Rainfall

1. This is the wettest July-August period on record at the Binghamton, NY airport. Month to date (9th) total precipitation at the Binghamton airport was 1.58 inches bringing the yearly total to 33.10 inches. This makes the January-August 2000 period the wettest first 8 months of any year since records began at the airport in 1951. Records from downtown Binghamton which date from 1926-1968 also do not reveal any first 8 months wetter than 2000.

THE PREVIOUS RECORDS FOR THE WETTEST FIRST 8 MONTHS WERE:

33.05 INCHES IN 1994
 32.90 INCHES IN 1956
 32.18 INCHES IN 1976

2. Second Driest August on Record for Lubbock, Texas..... Hot and dry weather continues across the south plains, the rolling plains and the extreme southern panhandle regions of Texas. For Lubbock...as of August 24th, only one hundredth of an inch (0.01) of precipitation has fallen so far this August. The places August 2000 as the second driest on record for the city.

AUGUST 2000 PRECIPITATION DATES

 AUG 7 TRACE
 AUG 8 0.01
 AUG 9 TRACE

THE FOLLOWING IS A CHART DEPICTING THE 10 DRIEST AUGUSTS SINCE RECORDS BEGAN IN 1911.

RANK	YEAR	AMOUNT	
----	----	-----	
1.	1943	TRACE	
2.	2000	0.01	<--- AS OF AUG 31st
3.	1960	0.05	
4.	1947	0.06	
5.	1936	0.13	
6.	1994	0.20	
7.	1911/1958	0.21	
8.	1922	0.28	
9.	1948	0.31	
10.	1913/1957/1983	0.32	

3. This summer's dry spell in north Texas became one for the record books. The region has gone more than 60 consecutive days without measurable rainfall where crops are parched and reservoirs are drying up. No noteworthy rain is on the horizon, the current dry spell began on July 1st in the region (Dallas - Ft. Worth area). The previous record consecutive dry spell was 58 days, set in 1934 and 1950.

4. Little Rock, AR breaks more records. There has been no rain whatsoever at the North Little Rock Airport, the official rainfall station for Little Rock since August 4th, 2000. Thursday marked 27 consecutive days without even a trace of rainfall which is a new record. The previous record was set

twice from October 28th through Nov 22nd, 1887 and again from May 22nd through July 16th, 1911. The all time record for most consecutive days with no measurable rainfall (0.01 inches or more) is 37 days from August 3rd through September 8th, 1936. Also, the average temperature of 97 F on the 30th broke the all-time record high average temperature for any day. The previous record was 96 degrees F and set on August 29th, 2000.

5. Shreveport, LA had their driest August on record with only a trace of precipitation. The previous driest August on record was in 1902 when 0.02 inches of rain fell.

Snowfall

1. None reported.

Wind

1. None reported yet.


Pressure

1. None reported yet.

Miscellaneous

1. None reported yet.

Top of Page

 [NCDC / Climate of 2000 / August / Climate-Watch / Selected Extremes / Search / Help](#)

<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/extremes/2000/august/augustext2000.html>

Created by Tom.Ross@noaa.gov

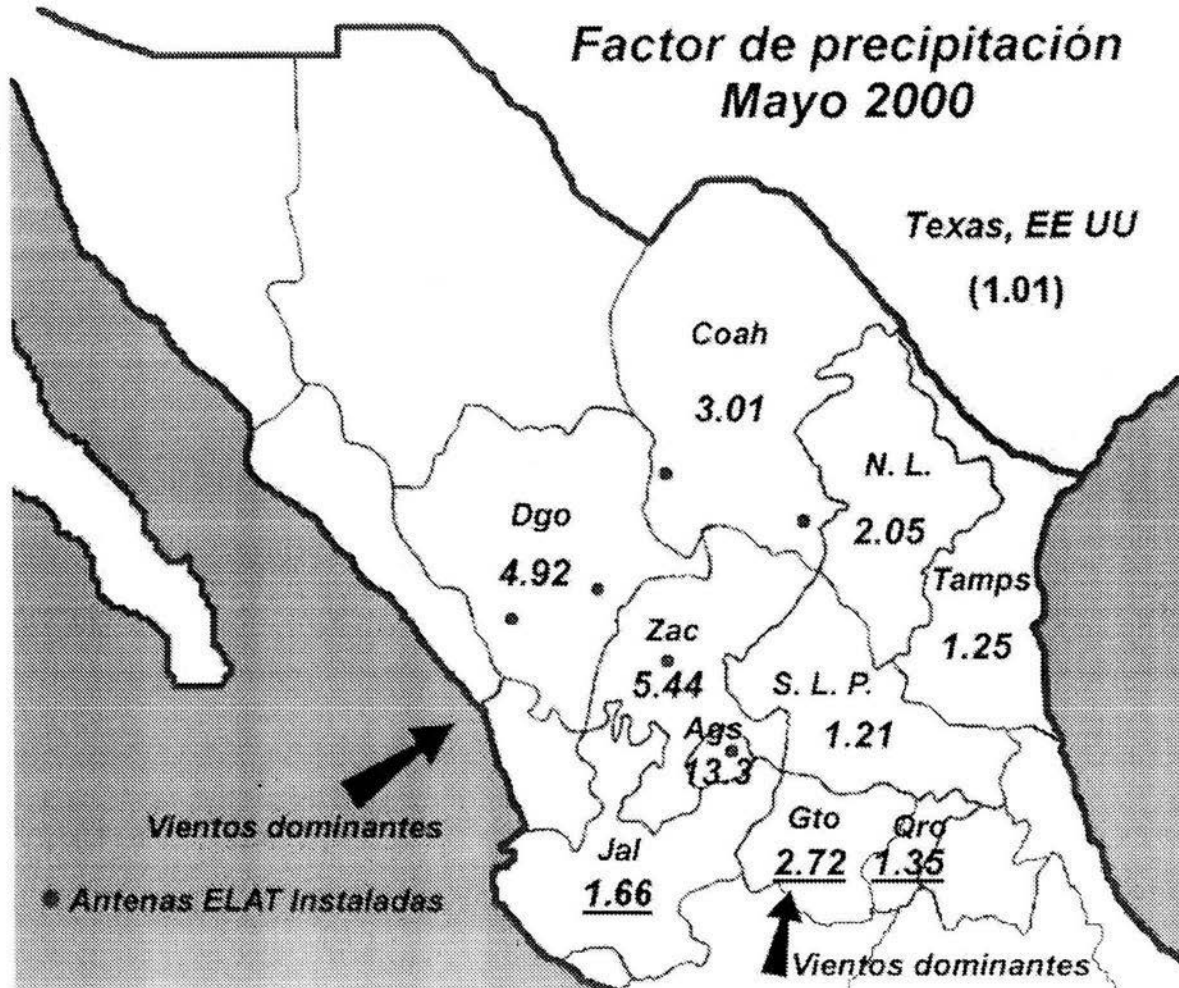
Downloaded Monday, 26-Jan-2004 12:46:07 EST

Last Updated Friday, 14-Sep-2001 14:56:21 EDT by ncdc.webmaster@noaa.gov

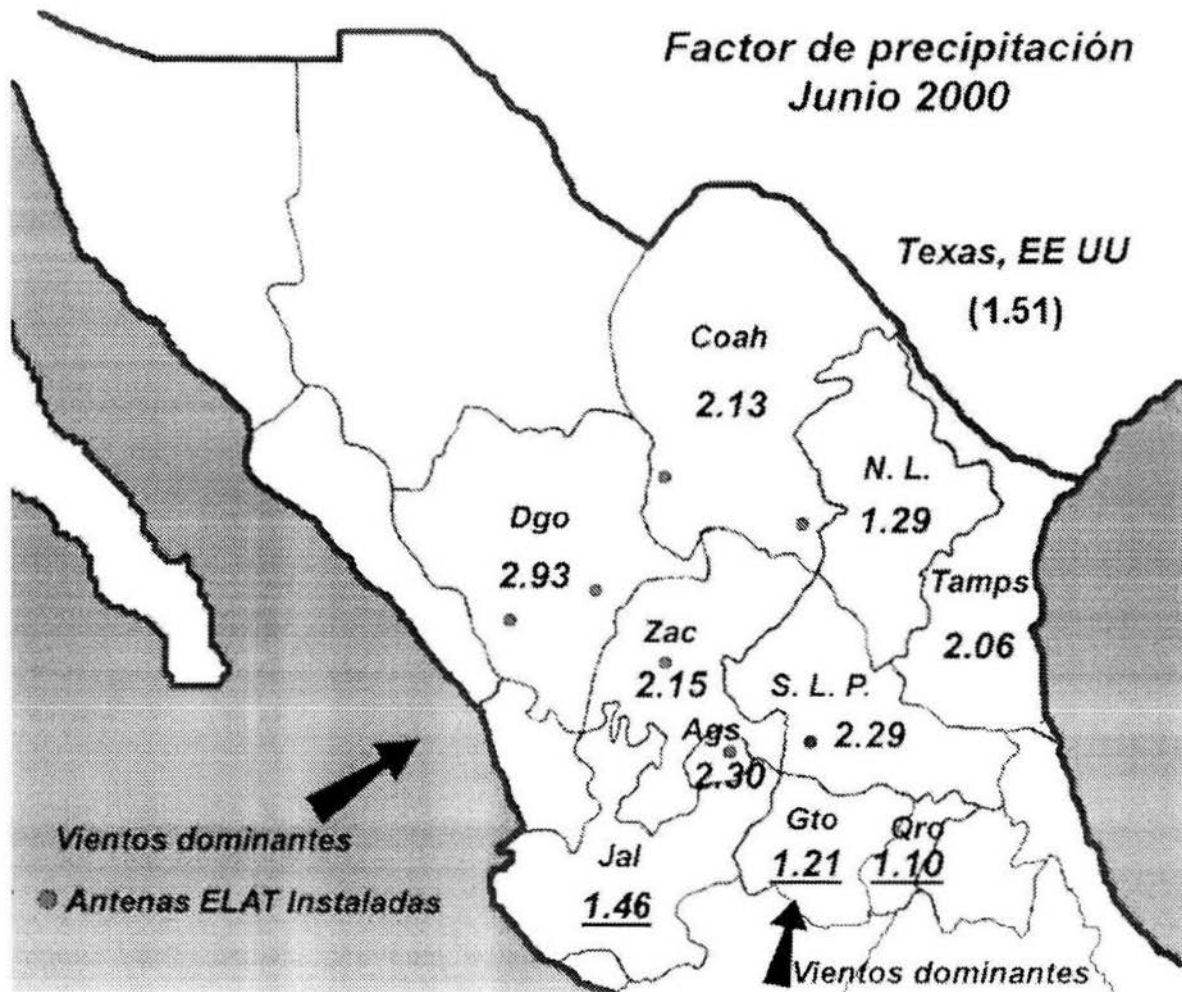
Please see the [NCDC Contact Page](#) if you have questions or comments.

ANEXO 3

Factor de precipitación Mayo 2000

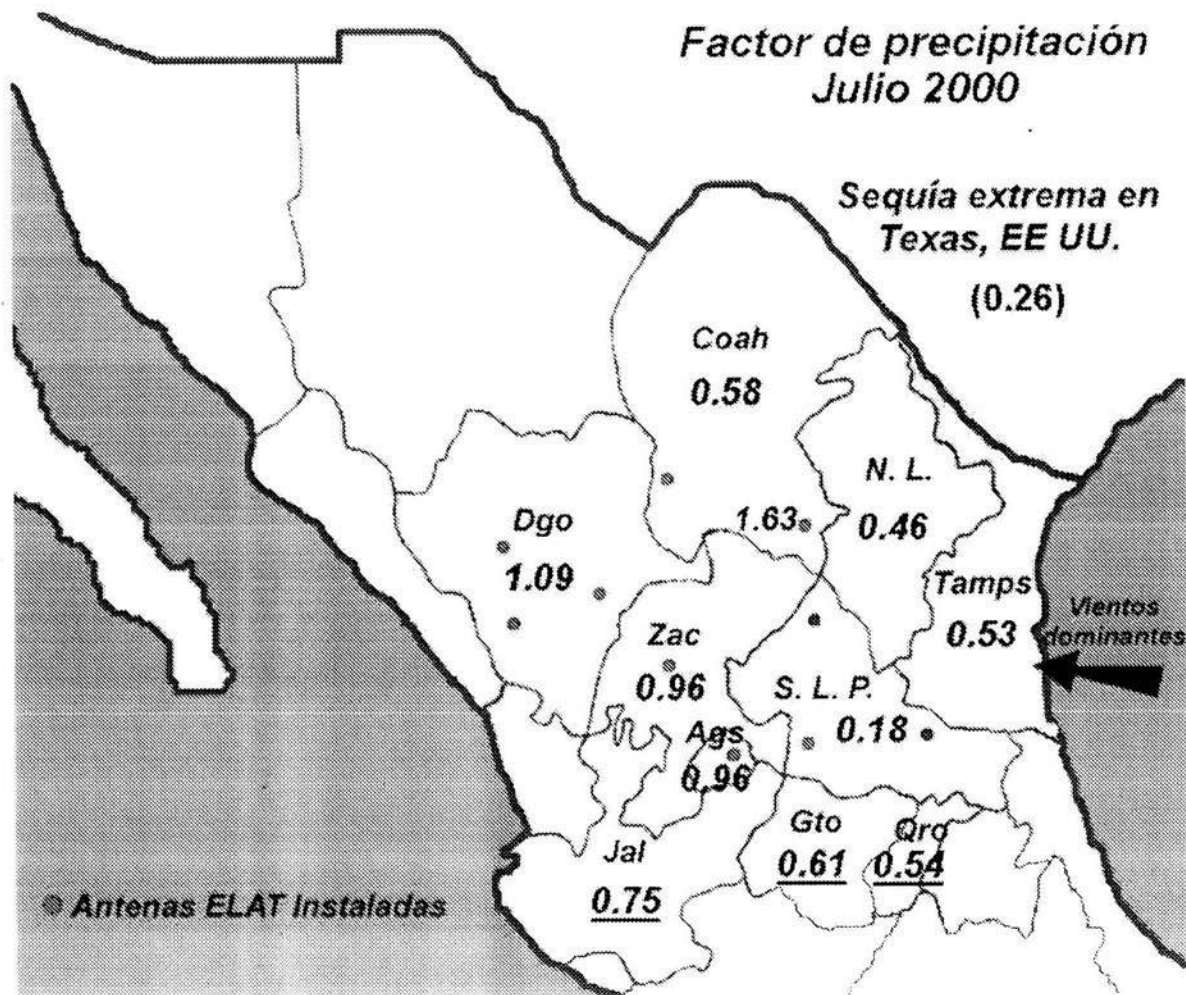


**Factor de precipitación
Junio 2000**



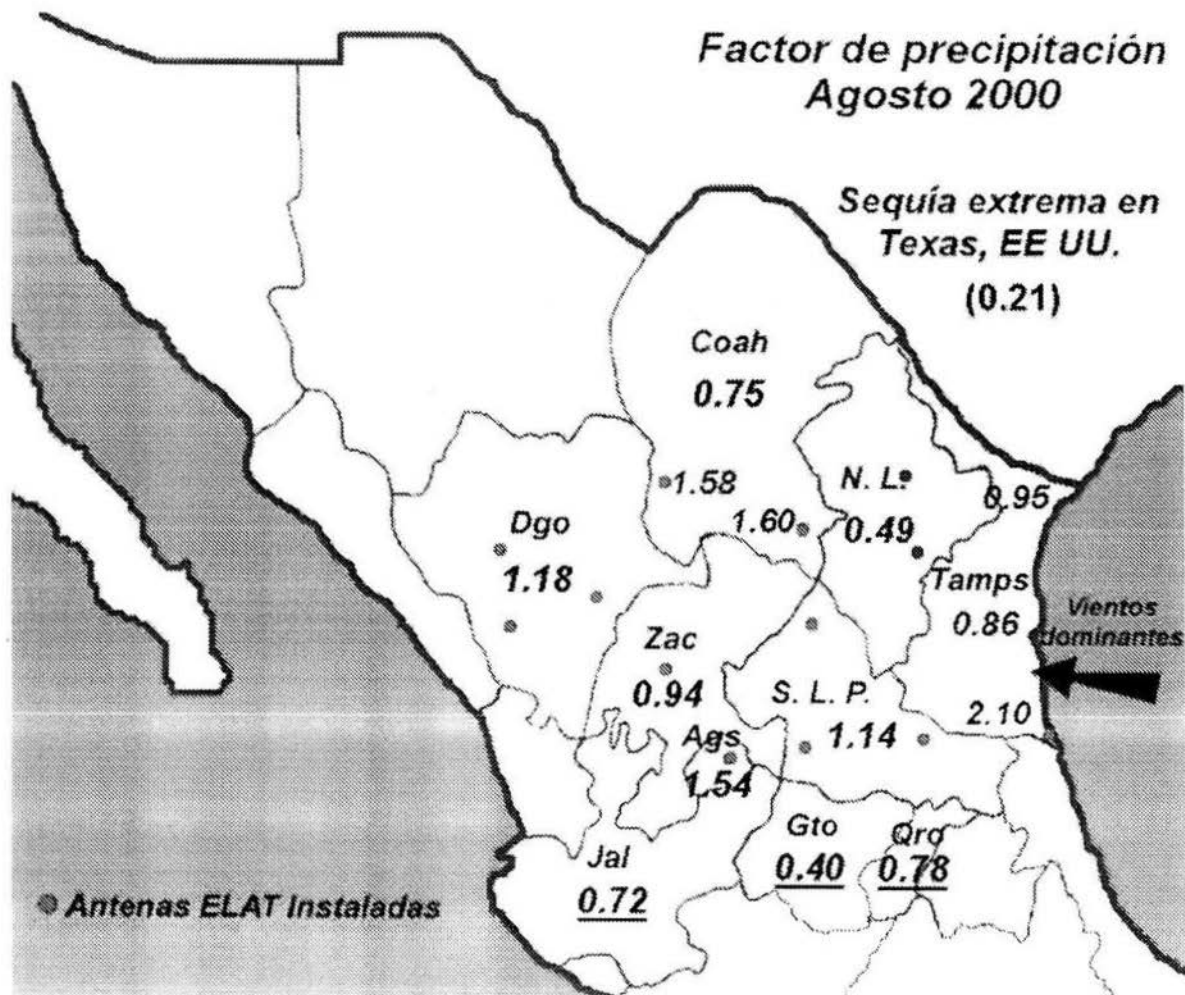
Factor de precipitación Julio 2000

Sequía extrema en
Texas, EE UU.
(0.26)

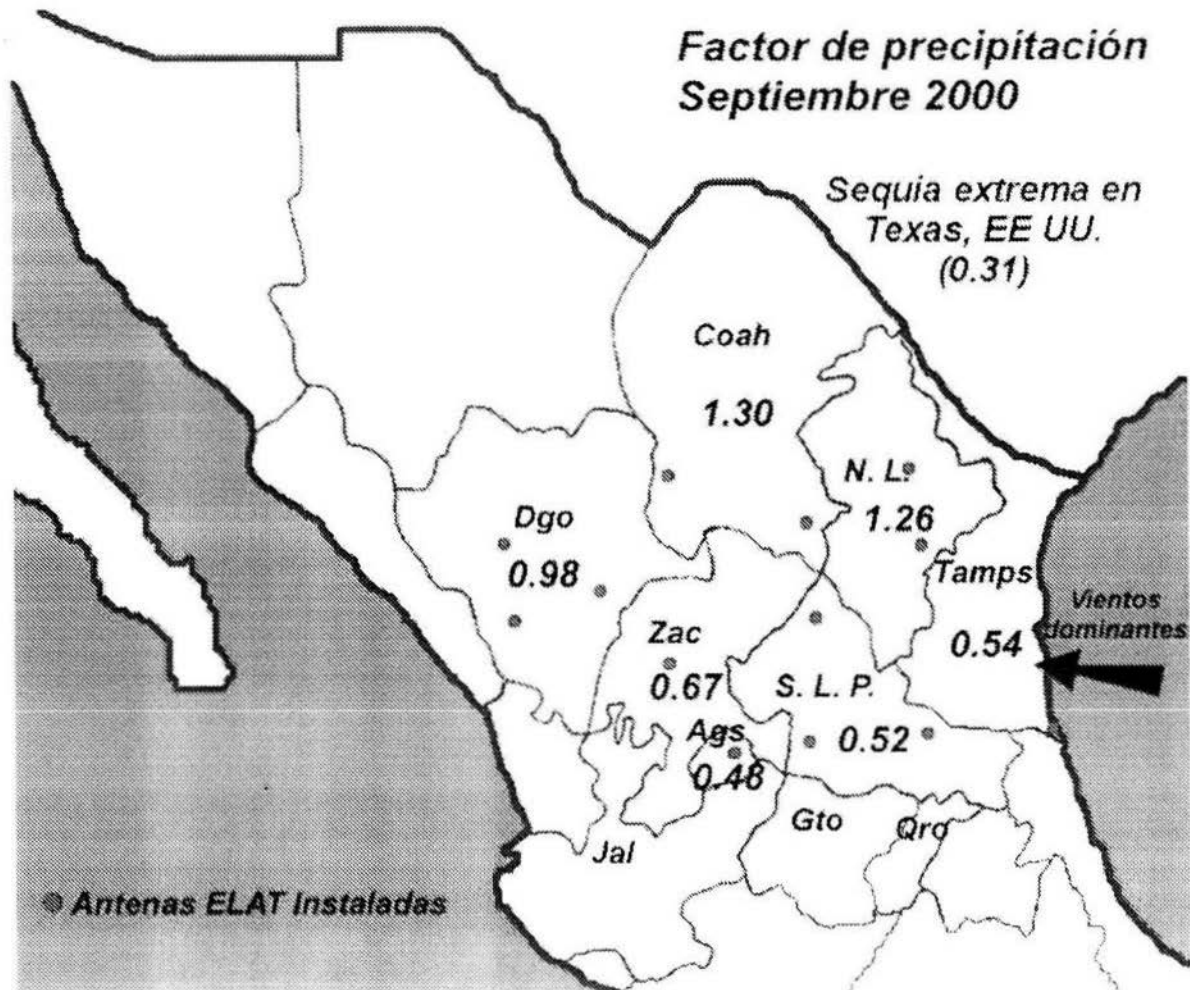


Factor de precipitación Agosto 2000

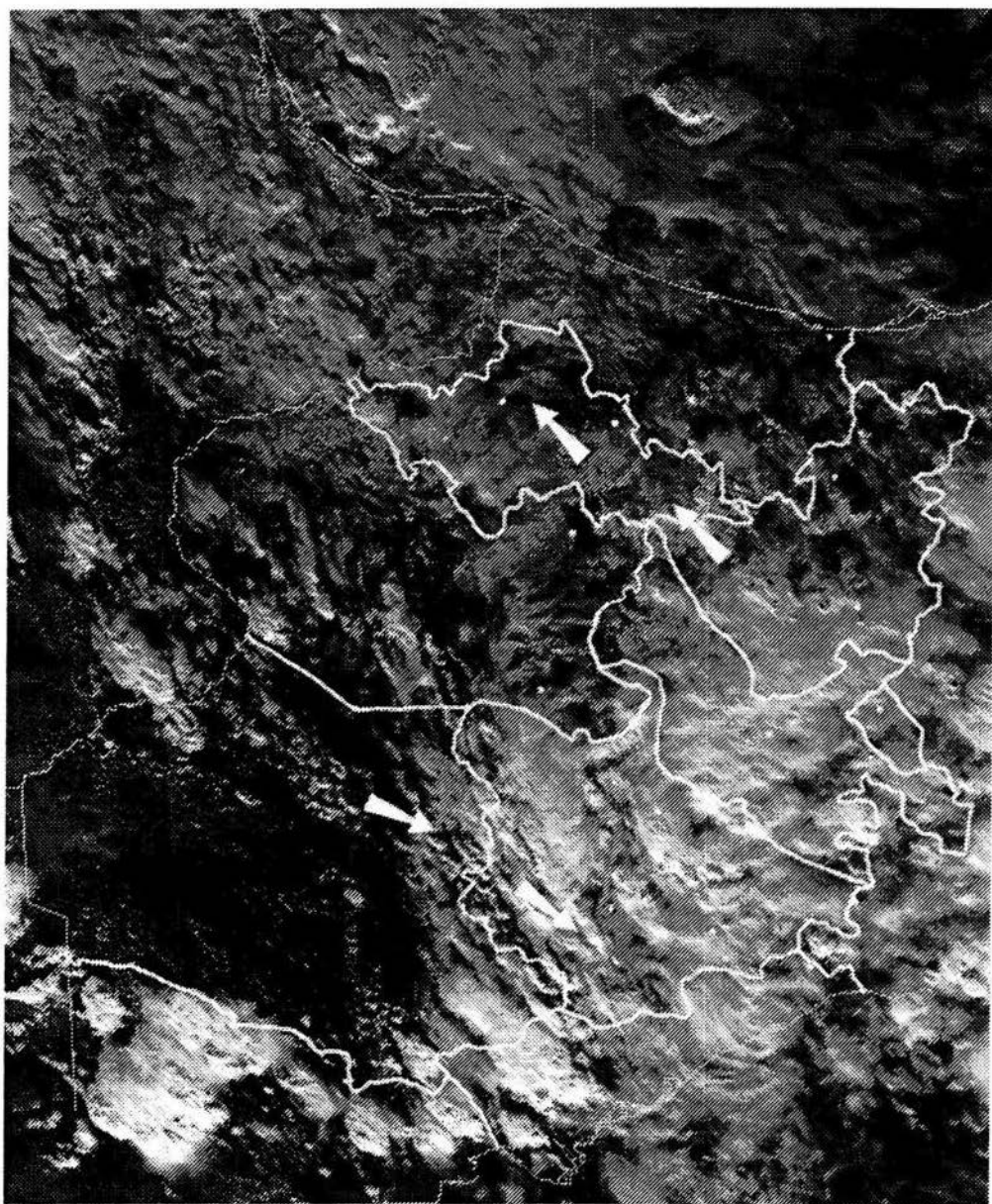
Sequía extrema en
Texas, EE UU.
(0.21)



Factor de precipitación Septiembre 2000



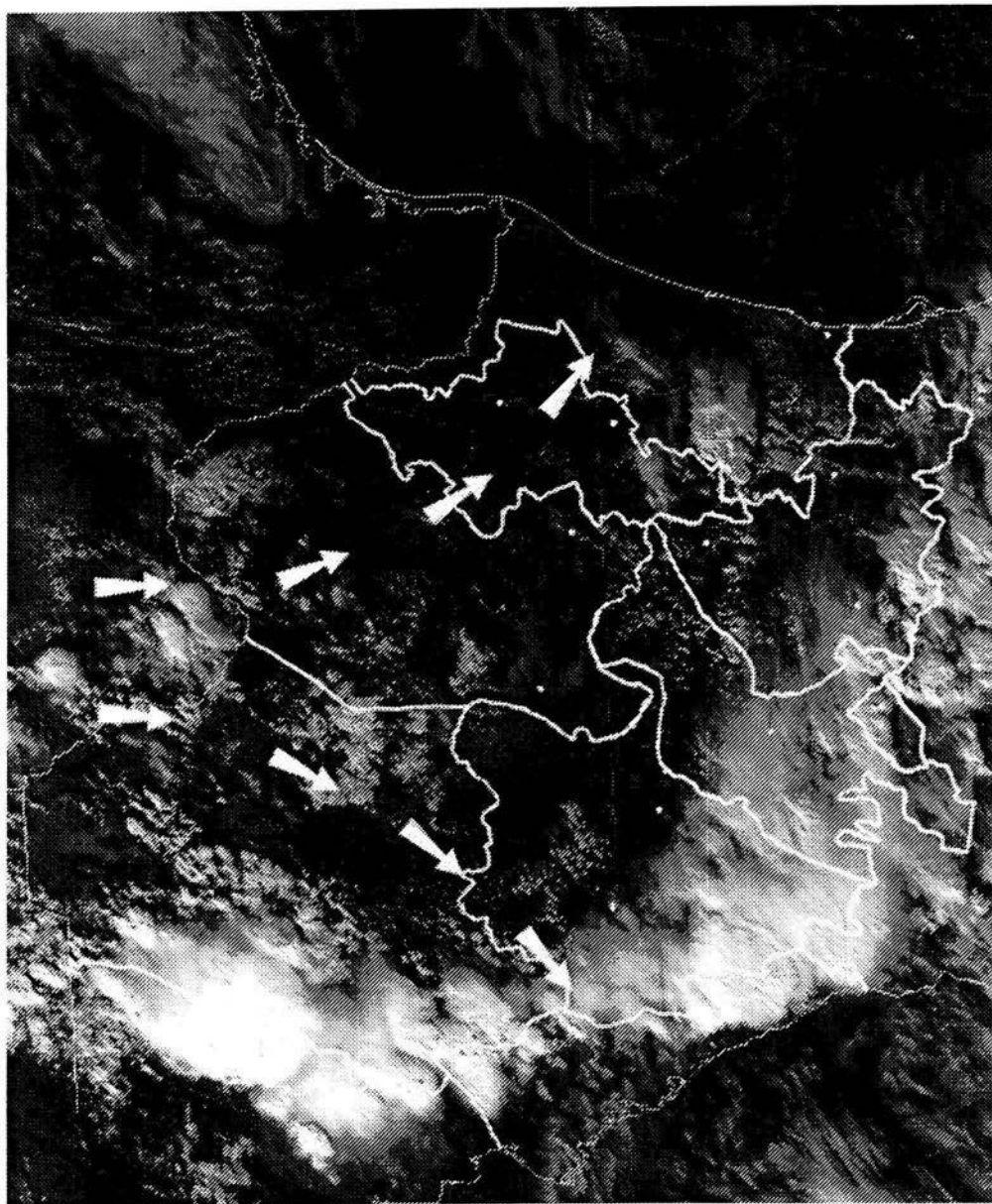
ANEXO 4



Martes 28 de Agosto de 2001
Satélite GOI S 8

23:32 UTC
18:37 Hrs Local

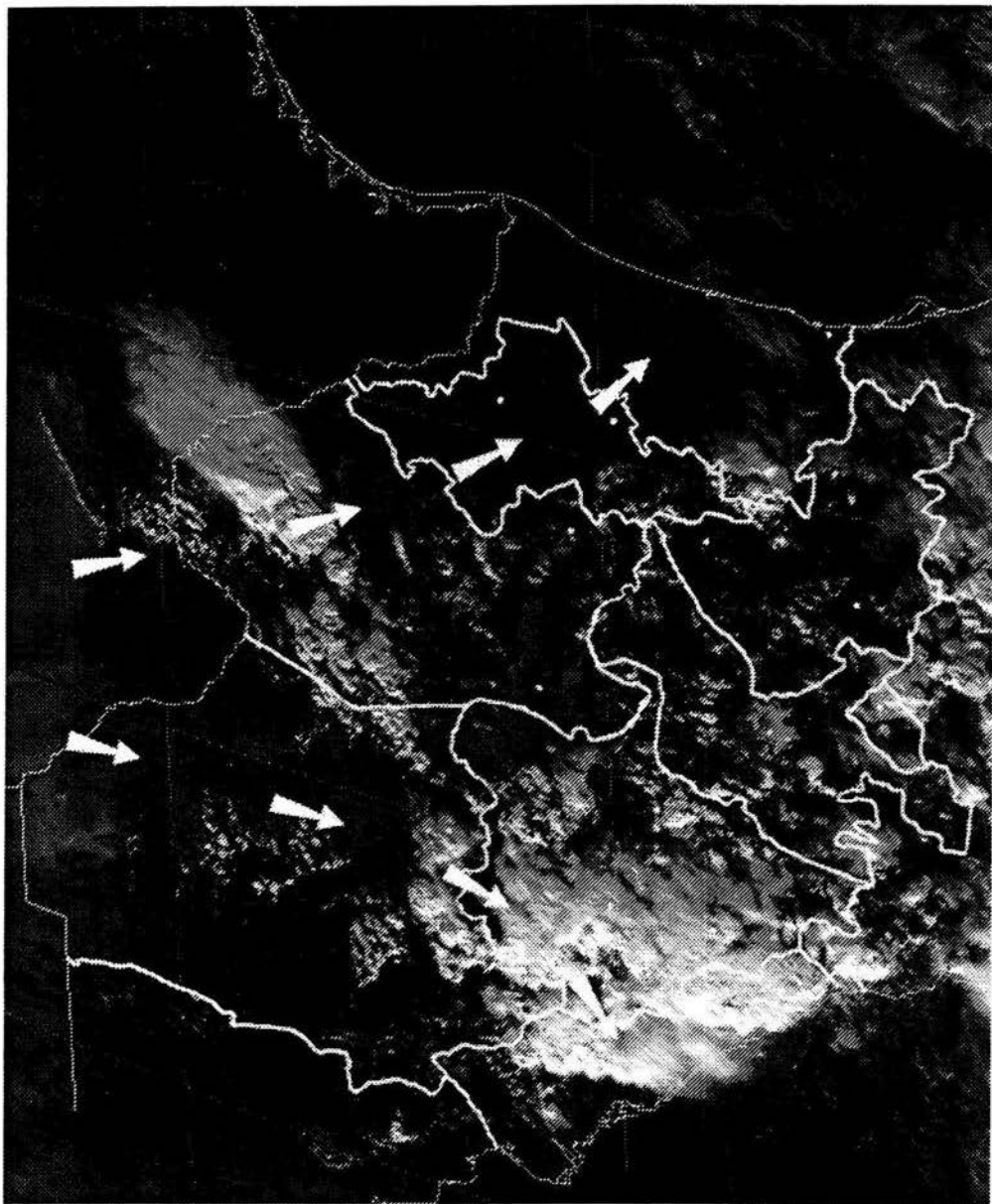
Imagen Visible
Alta Resolución



Sábado, 23 de Junho de 2001
Satélite: GOES 8

23:32 UTC
18:33 Hrs Local

Imagem Visível
Alta Resolução



Viernes 07 de Septiembre de 2001
Satélite: GOES 8

23:32 UTC
18.32 Hrs Local

Imagen Visible
Alta Resolución

ANEXO 5

Cartas Pronósticos de Vientos 2001

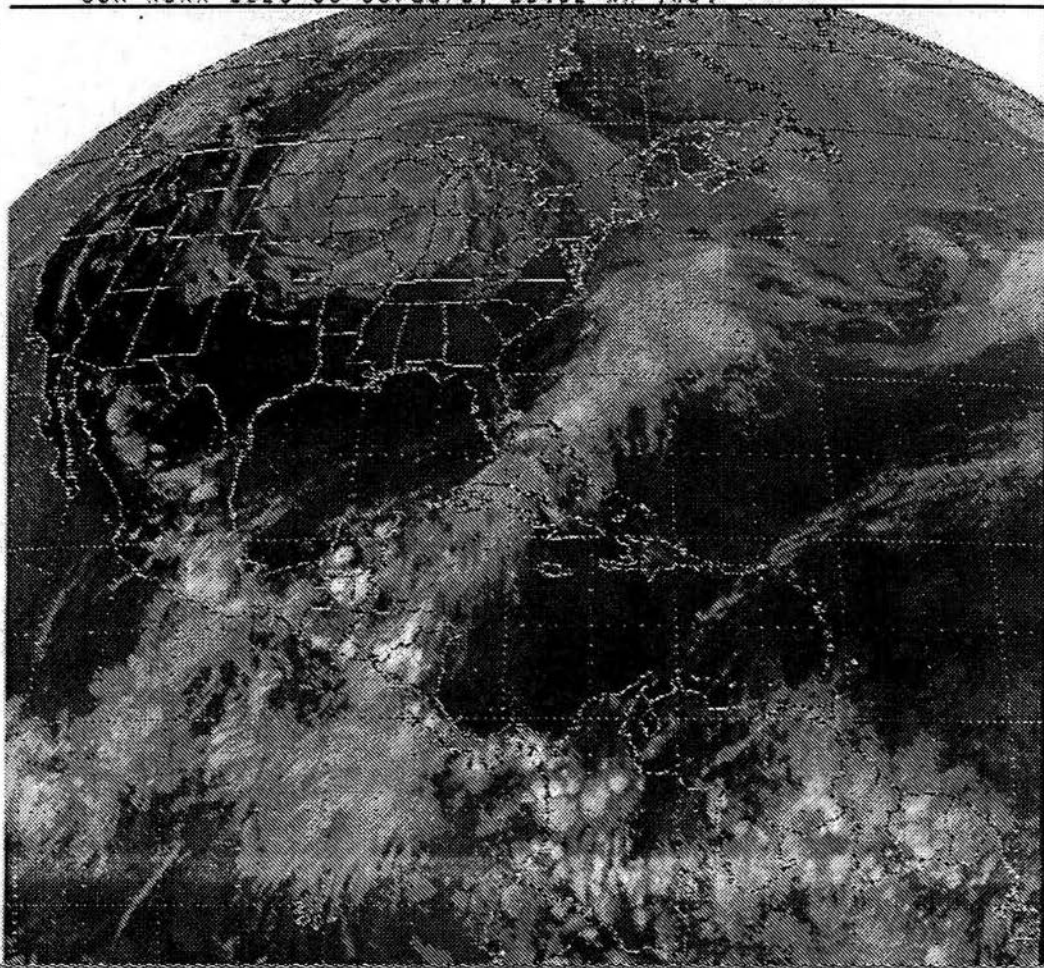
DIA	CARTAS A 500 HP ₃			CARTAS A 700 HP ₃			CARTAS A 850 HP ₃		
	MAY	JUN	SEP	MAY	JUN	SEP	MAY	JUN	SEP
1	→	→	→	→	→	→	→	→	→
2	→	→	→	→	→	→	→	→	→
3	→	→	→	→	→	→	→	→	→
4	→	→	→	→	→	→	→	→	→
5	→	→	→	→	→	→	→	→	→
6	→	→	→	→	→	→	→	→	→
7	→	→	→	→	→	→	→	→	→
8	→	→	→	→	→	→	→	→	→
9	→	→	→	→	→	→	→	→	→
10	→	→	→	→	→	→	→	→	→
11	→	→	→	→	→	→	→	→	→
12	→	→	→	→	→	→	→	→	→
13	→	→	→	→	→	→	→	→	→
14	→	→	→	→	→	→	→	→	→
15	→	→	→	→	→	→	→	→	→
16	→	→	→	→	→	→	→	→	→
17	→	→	→	→	→	→	→	→	→
18	→	→	→	→	→	→	→	→	→
19	→	→	→	→	→	→	→	→	→
20	→	→	→	→	→	→	→	→	→
21	→	→	→	→	→	→	→	→	→
22	→	→	→	→	→	→	→	→	→
23	→	→	→	→	→	→	→	→	→
24	→	→	→	→	→	→	→	→	→
25	→	→	→	→	→	→	→	→	→
26	→	→	→	→	→	→	→	→	→
27	→	→	→	→	→	→	→	→	→
28	→	→	→	→	→	→	→	→	→
29	→	→	→	→	→	→	→	→	→
30	→	→	→	→	→	→	→	→	→
31	→	→	→	→	→	→	→	→	→

Relación de las direcciones de viento en la República Mexicana
Fuente: Cartas Pronóstico SMN - CNA
Elaboró: UNAM ELAT

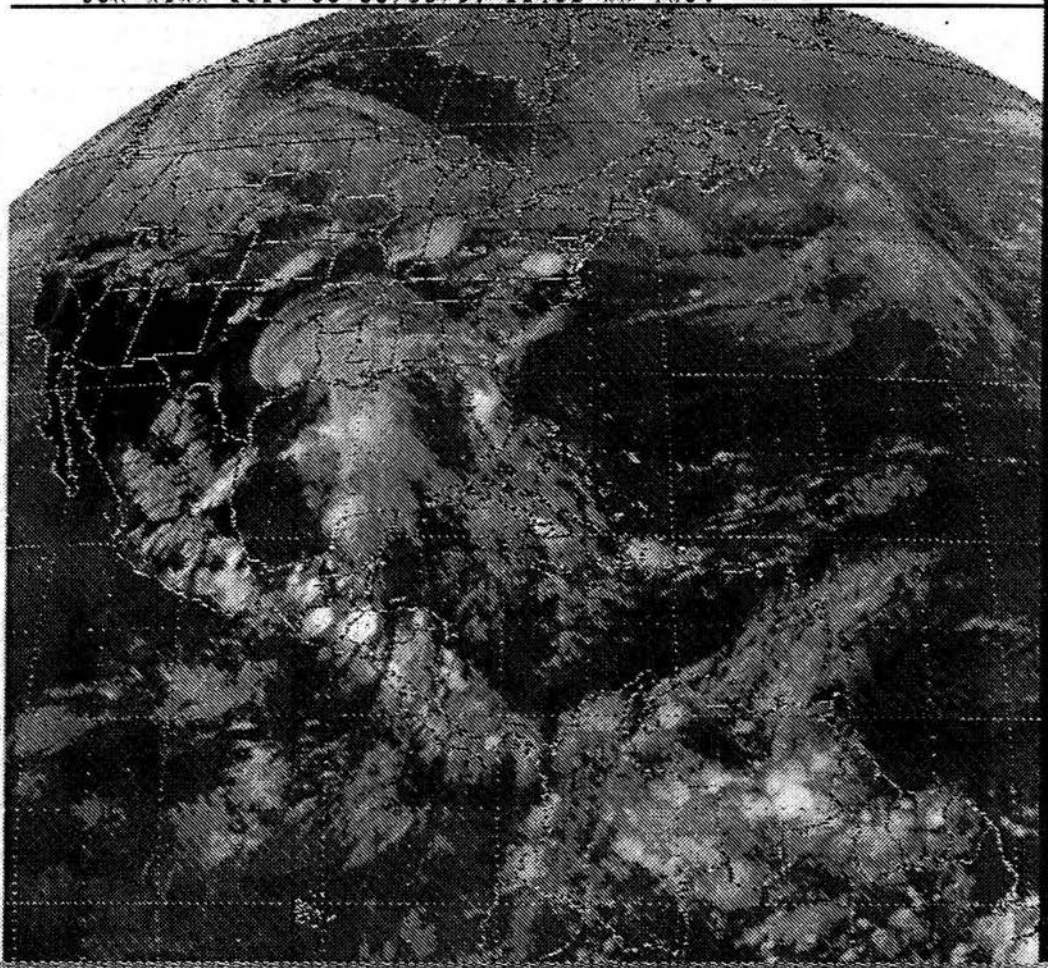
* Datos No Disponibles
() Indefinidos

ANEXO 6

USA NOAA GOES-08 05/23/01 2345Z NH R04



USA NOAA GOES-08 06/05/01 2345Z NH 1R04



ANEXO 7

**Factores de precipitación
Mayo-Septiembre 2000**

Factor 2000/1991-98

1.07

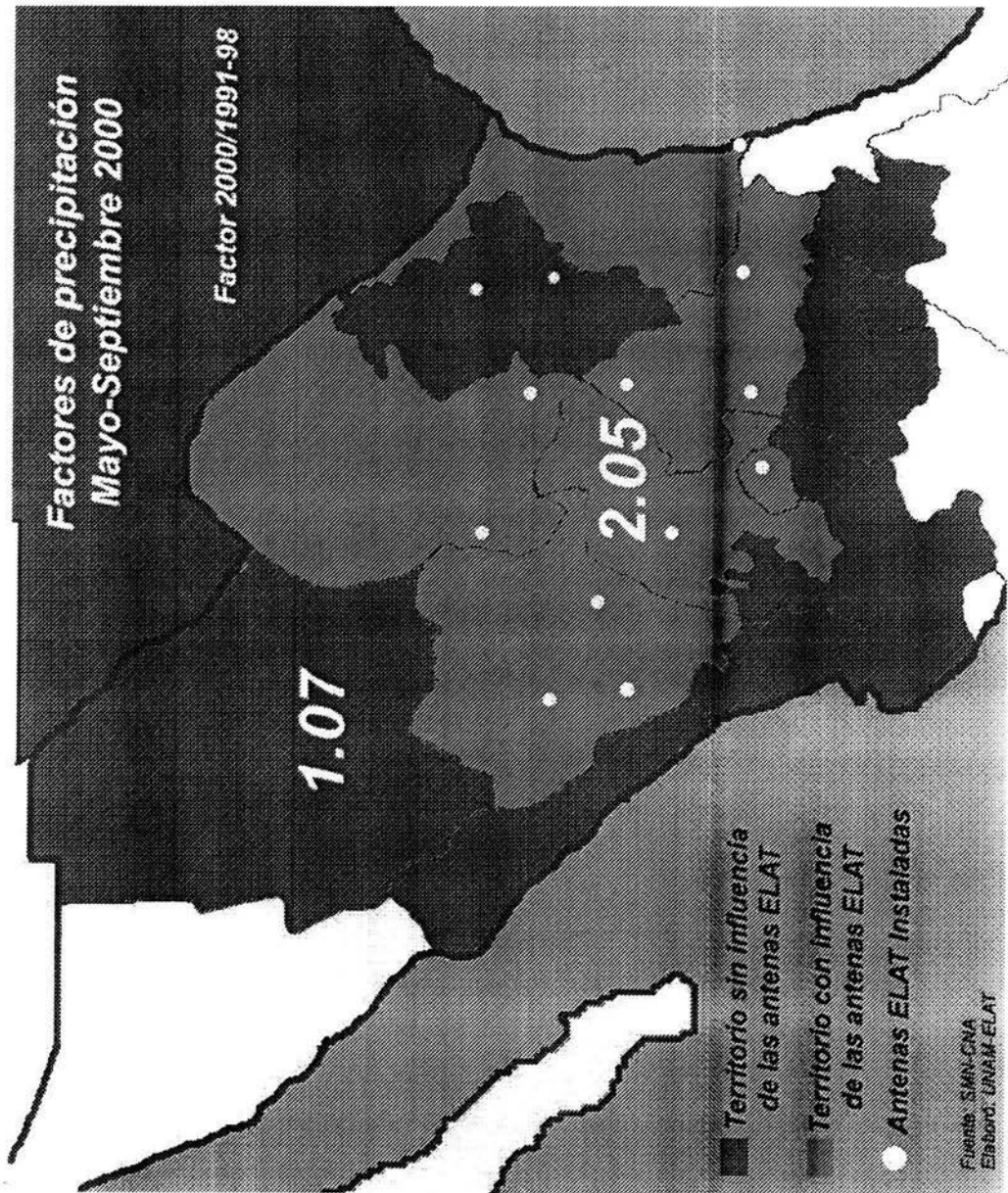
2.05

■ Territorio sin influencia
de las antenas ELAT

■ Territorio con influencia
de las antenas ELAT

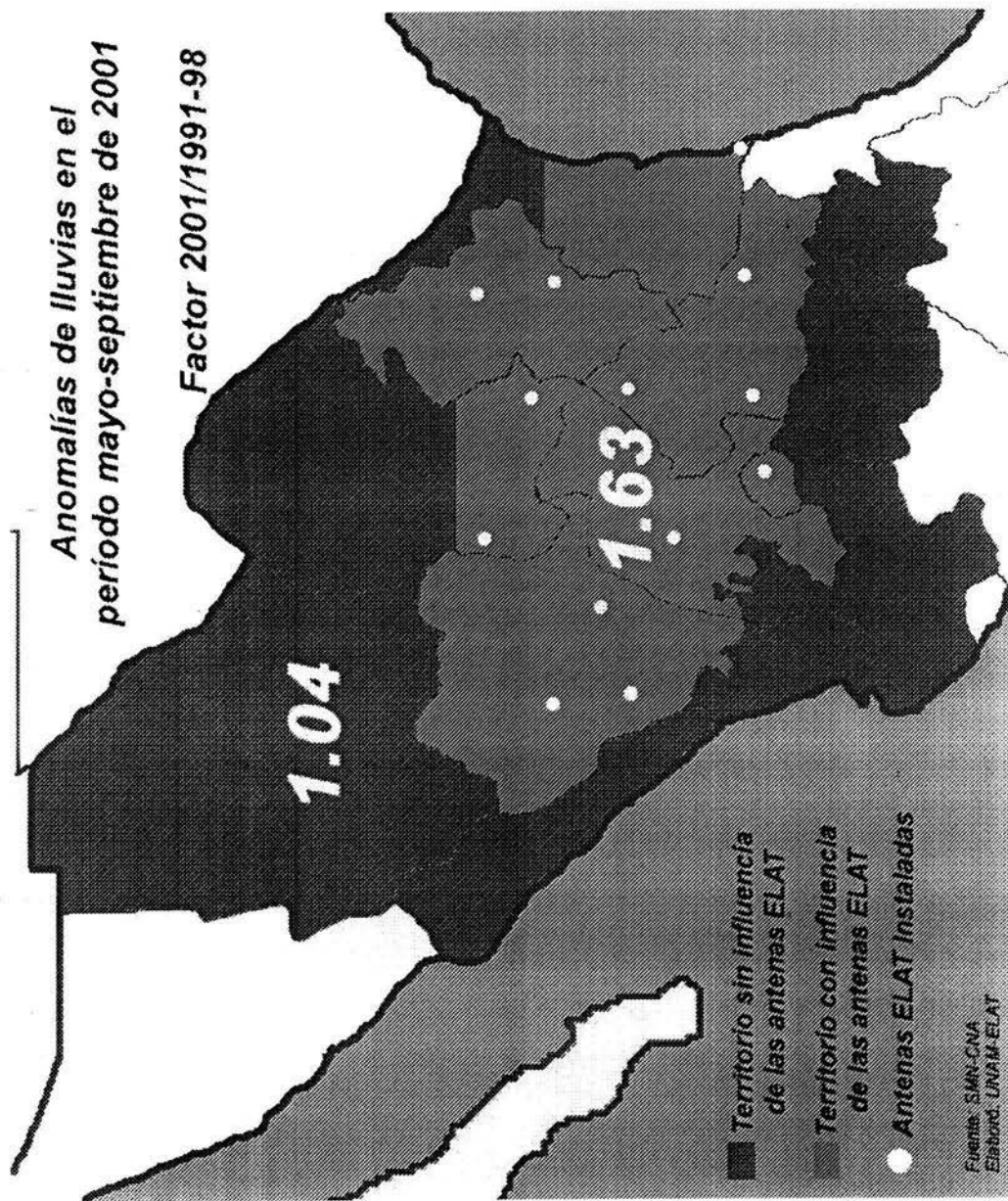
● Antenas ELAT instaladas

Fuente: SMN-CNA
Elaboró: UNAH-ELAT



**Anomalías de lluvias en el
período mayo-septiembre de 2001**

Factor 2001/1991-98



Factores de precipitación* Mayo-Septiembre 2002

0.88

1.33

- Estaciones ELAT en operación
- Estaciones ELAT parcial
- ▲ Estación ELAT en operación especial

*Anomalías = 2002 VS media histórica en 69 años

Fuente: SMN-CNA

Elaboró: ELAT-UNAM