

**ATLAS AGROCLIMATICO DE LA**

**REPUBLICA MEXICANA**

DR. JUAN CARLOS GOMEZ ROJAS

(Coordinador)

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA,

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO,

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS.

UNAM.

TELEFONOS: 5622-1824,

5272-0486.

CORREO ELECTRÓNICO: [benitocre@aol.com](mailto:benitocre@aol.com).

## ATLAS AGROCLIMATICO DE LA REPUBLICA MEXICANA.

RESUMEN. La elaboración del Atlas Agroclimático de México es una respuesta a la carencia de investigaciones sobre las relaciones medio ambiente-agricultura en el país, sobre todo ahora que se trata de dar prioridad a una agricultura sostenible dentro del ordenamiento territorial.

Palabras clave. Atlas, Agroclimatología, México, ordenamiento territorial.

ABSTRACT. The elaboration of the Agroclimatological Atlas of Mexico is a answer to research about the relationships environment-agriculture in the country, specially now that try give a priority to the sustentable agriculture into the territorial management.

Key words. Atlas, Agroclimatology, México, territorial management.

INTRODUCCIÓN. A diferencia de la vegetación natural, las plantas domesticadas para la agricultura han sufrido una manipulación que las ha modificado desde su morfología hasta su adaptación al medio natural, por lo que es necesario que el hombre ubique cada cultivo en el mejor clima para su desarrollo. De hecho el clima es el principal factor físico del que depende la distribución de la vegetación. Sin embargo, las relaciones clima-cultivo no son solamente del campo de la Geografía física, sino también objeto de estudio de la Geografía humana, ya que la agricultura es un hecho social.

Ahora bien el entendimiento de la complejidad de las relaciones que comprende la Agroclimatología, nos permite deducir que el estudio de la distribución de los bosques y su adaptación al medio, puede o debe considerarse también dentro del campo agroclimático.

En consonancia, la distribución y adaptación de los animales, particularmente de los domesticados por el hombre, se ubica también en el espectro de la Agroclimatología.

La República Mexicana, con sus cerca de dos millones de kilómetros cuadrados de superficie, su ubicación inter y extra tropical, con el ochenta por ciento de esa superficie con pendientes del terreno superiores a los 10° y altitudes tan variadas, entre cero y más de 5,000 m. s.n.m., se convierten en un mosaico agroclimático de enormes y complejas consecuencias agrícolas, ganaderas, forestales y por tanto sociales.

Es por eso que los estudios agroclimáticos cobran un significado de gran trascendencia en la planeación socioeconómica del país y necesariamente dentro del campo del *ordenamiento territorial* de las treinta y dos entidades federativas de México.

Hablar de la edición de un Atlas Agroclimatológico de la República Mexicana, es atender a una necesidad impostergable, tanto desde el punto de vista científico, como social, económico y político.

Las actividades agropecuarias y forestales de México, se han venido realizando, a lo largo de la historia, de manera empírica y obedeciendo a las necesidades inmediatas de la población, o

bien, a los intereses económicos dominantes. Es sobre todo, a partir de la Revolución Mexicana, que el uso de los recursos naturales (suelo, agua, bosque, clima, entre otros). se ha tratado de justificar de manera acorde al avance científico y tecnológico,

Para fines de la década de los treinta la llamada *Revolución verde*, esto es un paquete tecnológico que incluía maquinaria (tractores), agroquímicos (fertilizantes, herbicidas y pesticidas) y semillas híbridas, se presentó como una alternativa para la elevación de la producción agropecuaria, que de algún modo, sólo contemplaba la cuestión técnica genética y obviaba los estudios que ligaban el medio físico-biológico con la producción o rendimiento agrícola, descuidándose los estudios de la vocación del territorio.

Hacia la década de los ochentas, creció la conciencia mundial acerca de los daños por la contaminación ambiental, entre ellos la producida por los excesos del uso indiscriminado de maquinaria agrícola, herbicidas y plaguicidas en el campo.

En consecuencia tenemos que se ha vuelto la mirada a los estudios e investigaciones *ecológicas* y de *ordenamiento territorial* que posibiliten el tránsito de una agricultura intensiva (en cuanto al uso de agroquímicos y demás), a otra sostenible para dirigirse hacia a una agricultura, que no comprometa los recursos agropecuarios a las generaciones futuras.

Es en este orden de ideas es que se inscriben los estudios agroclimáticos como un renovado mecanismo en torno a la idea del desarrollo y agricultura sostenible y ya no sostenida. Esto es, utilizar al medio natural para lo que su propia vocación indica: bosque, agricultura o ganadería, con base en las relaciones clima-suelo-agua-planta y/o clima-suelo- agua-planta-ganado.

Si se considera que los elementos del clima tales como temperatura, lluvia, la humedad atmosférica y la radiación solar, entre otros, pueden ser buenas, malas u óptimas para la vida de las plantas o animales, resulta que es necesario emplear un marco teórico-conceptual especializado que es el de la *Agroclimatología* para establecer indicadores e índices precisos.

Ese marco agroclimático es el que pretendo representar en el Atlas Agroclimatológico de la República Mexicana, en vías de proporcionar elementos científicos para la toma de decisiones en materia agropecuaria y forestal y el impulso a futuros estudios a escalas estatales y aún menores.

A partir de la creación de mapas agroclimáticos, básicamente los referidos a comportamiento de la temperatura, radiación solar, hidroclimatológicos y de riesgos climatológicos, es posible obtener indicadores cardinales (umbrales máximos y mínimos y óptimos) necesarios para el crecimiento y desarrollo de las grandes asociaciones vegetales (bosques y selvas tropicales, bosques templados mixtos y de coníferas), de las plantas cultivadas (alimentarias básicas como

el maíz o frijol, o bien de mayor interés comercial como el café, el hule, el cacao, el mango, etc.) e incluso de las especies ganaderas ( vacunas, bovinas, etc), a una escala nacional.

La escalas originales son 1: 4,000,000 y 1:5,000,000, comunes en el manejo a nivel nacional, que además permiten resoluciones claras a niveles de gran región, tanto física, provincias geomorfológicas, tipos climáticos, regiones biogeográficas, regiones geoeconómicas y demás.

Por lo anterior, la idea central del Atlas ha sido el presentar la cartografía de aquellos indicadores agroclimáticos que más inciden en la distribución de la agricultura, la vegetación natural y la ganadería.

En cada mapa del Atlas se indica primero la *Definición del indicador*, en donde se señala la importancia del índice, por ejemplo las Horas-frío, que son la suma de temperaturas, iguales o inferiores a 7.2 °C, de noviembre a febrero, que necesitan los durazneros (drupáceas) y manzanas (pomáceas) para tener una buena floración en primavera. Y, en términos generales, la metodología empleada en la carta, en caso de las Horas frío se presentan dos métodos diferentes. Luego viene el *Análisis de la carta*, que describe y analiza el comportamiento del indicador a lo largo y ancho de la República, ya sea en referencia a las grandes formas de relieve y/o a los tipos de vegetación natural o especies agrícolas, con el fin de ir diferenciando la vocación de agrícola, forestal o ganadera de las diferentes regiones de la República Mexicana.

No agotamos el vasto tema de las relaciones clima-planta, pero consideramos que el resultado de estos últimos seis años de trabajo formal merecen darse a conocer y coadyuvar a ordenar territorialmente los cultivos, el ganado y la silvicultura dentro de regiones que les ofrecen mejor crecimiento y desarrollo y menor número de adversidades. Con ello deseamos contribuir a mejorar el campo mexicano.

MARCO TEORICO CONCEPTUAL. Como ya se ha hecho mención el clima es el principal factor físico que incide en la agricultura (De Fina y Ravelo, 1972) y de él son las temperaturas, la radiación solar, el agua y los siniestros meteorológicos los cuatro elementos que mayor prioridad deben darse en los estudios agroclimáticos.

Existen valores cardinales (máximos, mínimos y óptimos) o umbrales tanto térmicos, como de radiación solar e hídricos que la planta requiere en determinada etapa vegetativa o fenológica. A su vez una etapa fenológica puede durar varias semanas o meses.

La Fenología es la rama de la Ecología que estudia la influencia del medio sobre los seres vivos, de tal manera que la fenología agrícola estudia la influencia del clima sobre las plantas cultivadas, ahora bien, ¿porqué la fenología agrícola se limita al clima? Pues, como ya se ha dicho por ser el factor físico que más incide en la agricultura.

En el caso de los cereales se consideran las siguientes etapas fenológicas: siembra, nacencia, amacollamiento o ahijamiento, floración, madurez fisiológica o comercial y cosecha. Mientras que para los árboles frutales se consideran la floración, fructificación, madurez y cosecha, en el caso de las drupáceas y pomáceas se agrega la etapa de dormancia.

El conjunto de etapas vegetativas deriva en el periodo vegetativo o de crecimiento de las plantas, que suelen llamarse, en México, “anuales”, para los cereales, pero que en realidad se verifican entre mayo y octubre y cultivos permanentes, son los árboles frutales que verdaderamente todo el año están expuestos a las inclemencias del tiempo meteorológico y por ende se les puede hacer un calendario fenológico en donde se anexan sus requerimientos térmicos, de radiación solar, de precipitación, evapotranspiración y aún las épocas de plagas y de posibles riesgos, esto gracias a las observaciones fenológicas y a las bases de datos climatológicos.

En el Atlas Agroclimático se trabajan los períodos señalados: de mayo a octubre y anuales con el fin de servir de parámetro a los cultivos y así establecer los “equivalentes meteorológicos “ o requerimientos climáticos de los cultivos.

Por lo anterior los mapas de temperaturas que se presentan en el Atlas son: 1. Sumatoria de temperaturas, 2. sumatoria de temperaturas mayo-octubre, 3. Unidades calor anuales base 10 °C, 4. Unidades calor mayo-octubre base 10 °C, 5. Horas-frío, según método Gómez-Morales, 6. Horas-frío, según método de Da Mota, 7. Temperatura media del mes más cálido y 8. temperatura media del mes más frío. (estas dos últimas por requerimiento del método de distritos agroclimáticos De Fina).

En cuanto a radiación solar se incluyen dos de intensidad o radiación global, el anual y el de mayo a octubre, además del 3. Fotoperiodo anual en la República Mexicana, 4. Unidades fototérmicas anuales y 5. Unidades nictotérmicas, de noviembre a febrero.

Por lo que hace al factor agua se incluyen las cartas: 1. de precipitación de mayo a octubre, 2. precipitación media en verano, 3. precipitación media en invierno, 4. Porcentaje de precipitación en el semestre restante (respecto a la caída entre verano e invierno). Estas tres últimas cartas son para utilizar el método de distritos agroclimáticos De Fina. 5. Índice de humedad anual según el método de Papadakis. 6. Índice de humedad para los meses húmedos, de Papadakis, 7. Índice de humedad para los meses secos.

Las cartas de riesgos que se incluyen son: 1. Tipos de sequías en México (1917-1977), según Florescano, 2. Sequías en México durante el siglo XX (recopiladores Gómez-Rojas y Esquivel-Mota), 3. Riesgos agroclimáticos (1988-1994), 4. Cambio climático en México (escenario 2040), para ello se agrega la carta 5. Tipos climáticos en México, según Koeppen.

Por último se incluyen dos cartas de cultivos fundamentales en nuestro país, 1. Tipología agrícola del maíz y 2. Tipología agrícola del café.

METODOLOGÍA Y ANÁLISIS SIMPLIFICADO POR CARTA. A continuación se expone brevemente la metodología empleada en cada carta y su resultado general:

**Carta de sumatoria anual de temperaturas.** *Definición del Indicador.* En virtud de que las fechas de siembra y cosecha son, en términos generales, constantes, la suma de temperaturas medias a lo largo del ciclo vegetativo debe ser también constante, de ahí que la carta de sumatoria de temperaturas indica la disponibilidad de calor en un período determinado y en una región determinada..

*Análisis de la carta.* En Mexicano se presentan valores anuales entre poco menos de 5,000° C y ligeramente mayores a los 10,000° C. Los valores inferiores a los 5,000° C se presentan en pequeñas islas de frío en las partes más altas de la Sierra Volcánica Transversal .

El rango entre 9,000 a 10,000 °C abarca altitudes entre los cero a 1,000 m.s.n.m., en gran parte de de Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán Guerrero. Oaxaca y Chiapas. así como la Llanura Costera oriental de Baja California Sur, Depresión del Balsas y la Llanura Costera del Golfo de México.

**Carta de sumatoria de temperaturas de mayo a octubre.** *Definición del Indicador.* Ya que el período de crecimiento y desarrollo de los cultivos llamados “anuales”, es de mayo a octubre, es que este indicador es de una importancia básica en los estudios de zonificación de cultivos, o sea que si dentro de una zona entre 2,500 a 3,000 °C se obtienen altos rendimientos de una x variedad de maíz, por analogía las otras zonas con una sumatoria igual de temperaturas son potencialmente factibles a la misma variedad y rendimientos.

*Análisis de la carta.* Los valores de sumatoria de temperaturas de mayo a octubre van desde 2,500 a poco más de 5,000 °C, correspondiendo los primeros a las regiones de mayor altitud y los últimos a las regiones costeras en general.

**Unidades calor anuales. Temperatura base 10 °C.** *Definición del Indicador.* El método de unidades calor para definir los requerimientos térmicos de un vegetal, considera que el crecimiento se da a partir de cierta temperatura, superior a cero grados centígrados, lo cual lo diferencia de la *sumatoria de temperaturas*. En consecuencia a la temperatura media diaria se le restan los grados que no aprovecha la planta, *vgr.* si la temperatura media es de 18 °C se le restan 10, que es la temperatura a la cual se estimula el crecimiento, por lo tanto quedan 8 unidades calor. La temperatura en que se inicia el crecimiento es variable y recibe el nombre de *cero biológico o vital*, en esta carta se utilizará como tal el valor de 10 °C.

*Análisis de la carta.* El territorio de la República Mexicana oscila entre las 1,000 y 6000 unidades calor. Con menos de mil unidades calor se ubican las regiones más altas de la Sierra Madre Occidental, Sierra Volcánica Transversal, Sierra Madre Oriental, Sierra Madre del Sur y Sierras del Estado de Baja California.

Con valores de 5,000 a poco más de 6,000 unidades calor se encuentra la Llanura Costera del Pacífico, Depresión del Balsas, Llanura Costera del Golfo y Península de Yucatán. Esta zona es primordialmente tropical (Aw, Am y Af) con asociaciones de vegetación natural de pastizales, bosques y selvas.

### **Unidades calor, período de mayo a octubre (temperatura base 10 °C)**

*Definición del indicador.* Dado que el período de lluvias regulares en la República Mexicana, va de mayo a octubre (excepto algunos lugares como el NW de Baja California) es que se considera el uso de Unidades calor (base 10 °C) para este tiempo, pues son la combinatoria de unidades calor y precipitación que regulan el ciclo vegetativo de las cultivos de ciclo primavera- verano.

*Análisis de la carta.* El territorio de la República Mexicana oscila entre las 675 y 3,175 unidades calor, durante los meses de mayo a octubre. Con menos de 675 unidades calor se ubican las regiones más altas de la Sierra Madre Occidental, Sierra Volcánica Transversal y Sierra Madre de Chiapas y corresponden a regiones de bosque de coníferas, como el de la especie pinus hartwegii.

En el rango de 2,175 a 3,175 unidades calor se encuentra, en el occidente del país, buena parte de Baja California sur, una franja en Baja California norte, Noroeste de Sonora y las partes bajas de las Sierras Madre Occidental y Madre del Sur; hacia la parte oriental de México se ubica en las parte bajas de la vertiente del Golfo de la Sierra Madre Oriental, la región de Los Tuxtlas, Ver., norte de Oaxca, en donde se une a la franja de la porción occidental del país para continuar hacia el norte de Tabasco y la Depresión central de Chiapas.

**Carta de horas-frío, método de Da Mota.** *Definición del indicador.* Se llama hora-frío a toda aquella temperatura igual o inferior a 7.2 °C, se contabilizan entre noviembre y febrero, durante la dormancia de los frutales caducifolios (drupáceas y pomáceas). Según la variedad arbórea se requiere determinado número de horas frío para una buena floración en primavera, de ahí la importancia de cartografiar este frío otoño-invernal.

*Análisis de la carta.* En el territorio mexicano se presentan horas-frío (h.f.), de noviembre a febrero, entre los 400 a 1000 unidades.

Los más altos valores se encuentran dentro de la primera sierra madre, en las cimas de la sierra Tarahumara, Sierra de San José y Sierra de Choreachic los valores alcanzan las 1,000 h.f., pero la mayor extensión la ocupa la franja entre las 800 a 900 h.f..

**Carta de unidades nictotérmicas.** *Definición del indicador.* En virtud de que los diversos métodos de horas-frío han sido criticados en nuestro país, ya que no reflejan los requerimientos de los caducifolios, en esta obra se inventó un nuevo índice: las unidades nictotérmicas (u.n.), que son el resultado de multiplicar las horas frío por la duración astronómica de la noche o nictoperíodo medio de noviembre a febrero y dividir el resultado entre cien para tener una cifra manejable con facilidad. Se considera al nictoperíodo, que varía en latitud y tiempo, como el reloj biológico de las plantas respecto a principio y fin de dormancia y determinante en la fecha de floración.

*Análisis de la carta.* Como en las anteriores cartas de horas-frío, la distribución de unidades nictotérmicas tiene un patrón muy semejante, pero acentuado por la latitud. En primer término se observa la región fría de las sierras de Baja California con valores de 50 a 70 u.n.

La zona más importante de frío en la República Mexicana corresponde a la Sierra Madre Occidental, Altiplanicie septentrional y norte de la Sierra madre oriental. Dentro de esta zona los valores más altos se ubican en Chihuahua con 120 u.n. en las partes más altas de las sierras.

**Carta de horas-frío, método Gómez-Morales.** *Definición del indicador.* El método de cálculo de horas-frío Gómez-Morales imita el comportamiento térmico con base en las temperaturas más baja del día, media de las 8 A. M., más alta del día y más alta del día anterior, su grado de error es de un 10%, en consecuencia es uno de los más confiables, si n embargo se ha apreciado que, para México, el cálculo de horas-frío tal cual no es suficiente para determinar los requerimientos de frío de los caducifolios, sino que el problemas se finca en determinar la temperatura a la que responden la dormancia y la duración correcta de esta que no necesariamente va de noviembre a febrero sino que parece ser más corta.

*Análisis de la carta.* De acuerdo con este método, en la República Mexicana, se presentan valores significativos de frío otoño-invernal entre 300 a 1600 horas-frío. Los valores máximos, 1,600, se ubican en las partes altas de las sierras de Avez y de Arcos en Chihuahua.

**Carta de Fotoperíodo.** *Definición del Indicador.* Se denomina fotoperíodo a la duración astronómica del día a lo largo del año, se acostumbra en la Agroclimatología en dar su valor en horas y décimas. Esta es una constante astronómica cuya importancia en la agricultura se traduce en la distribución de las especies ya que se habla de plantas de día corto, de las regiones intertropicales, y plantas de día largo en las regiones extrtropicuales. También, el fotoperíodo actúa como un reloj biológico dentro de las plantas, particularmente lo es para la fase de floración y el inicio y fin de dormancia en platas criófilas.

*Análisis de la carta.* En el territorio mexicano que se ubica entre los 15 y los 32° de latitud norte



Los valores extremos de fotoperíodo se hayan entre las 9.33 y las 14.17 hrs. lo que significa que el predominio de plantas a día corto, tales como el maíz, el sorgo, el frijol, el jitomate, el café, la caña de azúcar y demás productos tropicales, sin embargo a lo largo de la historia agrícola se han adaptado plantas a día largo como el trigo, la avena, cebada y frutales caducifolios como la manzana, la pera y el durazno.

**Carta de unidades fototérmicas, de mayo a octubre y temperatura base 10 °.** *Definición del indicador.* Las Unidades fototérmicas son un índice complejo resultado de multiplicar las unidades calor por la duración media del fotoperiodo (duración astronómica del día) y dividir el resultado entre cien para obtener un número manejable con facilidad. Las unidades fototérmicas se pueden obtener por período vegetativo o ciclo vegetativo completo y su constante es más confiable que la de la sumatoria de temperaturas o la de unidades calor. *Análisis de la carta.* El territorio de la República Mexicana oscila entre las 150 y las 400 unidades fototérmicas (u.f.). Valores inferiores a 150 u.f. se ubican, siempre a más de 2,000 m. s.n.m. en la región chihuahuense y duranguense de la Sierra Madre Occidental, Altiplanicie meridional (valles de Toluca, México, Puebla y Tlaxcala) y en la meseta de San Cristóbal en Chiapas.

La penúltima franja más alta, entre 350 a 400 u.f. se ubica en el desierto de Sonora, porciones de Baja California, partes altas de la Llanura Costera del Pacífico, Depresión del Balsas, Sierra madre del Sur, Llanura Costera del Golfo (en el sur de Veracruz), Istmo de Tehuantepec y norte de Chiapas (incluyendo la selva Lacandona).

Los valores superiores a 400 u.f. se ubican en la Península de Yucatán, Tabasco, La Huasteca, porción norte de la Llanura Costera del Golfo, Llanuras costeras del Pacífico, a menos de 200 m. s.n.m., hasta la costa de Hermosillo y sur de la península de Baja California.

**Radiación global anual.** *Definición del indicador.* Se le llama radiación solar global a la suma de la radiación solar directa (radiación solar proveniente directamente del sol) y la radiación solar difusa (proveniente de cualquier punto de la bóveda celeste causada por difracción y reflexión de nubes, aerosoles, gases y la misma atmósfera). Las unidades en las que se reporta la irradiación solar global en superficie son los Mega Joules por metro cuadrado ( $\text{MJ}/\text{m}^2$ ); esta unidad nos indica la cantidad de energía que llega a la superficie de la tierra en un metro cuadrado durante todo un día, un joule es igual a un Watt por metro cuadrado por segundo.

*Análisis de la carta.* De manera general se puede decir que en los climas secos (B) y tropicales (A), según la clasificación de Koeppen, presentan una intensidad de radiación superior a los  $18 \text{ MJ}/\text{m}^2$ , mientras que las zonas templadas (C) tienen valores entre los 16 y los  $18 \text{ MJ}/\text{m}^2$ , aunque esta observación no es determinista.

**Radiación promedio global de mayo a octubre.** *Definición del indicador.* La irradiación solar global promedio de los meses de Mayo a Octubre es importante porque, como ya se ha mencionado en otras cartas, es el período de crecimiento primordial de los cultivos y plantas en México debido a la presencia de la temporada de lluvia. *Análisis de la carta.* Se observa a simple vista, una cantidad mayor de isoclinas, que en el mapa anterior, con valores que van de los 15 MJ/m<sup>2</sup> en la Llanura Costera del Golfo a los 23 MJ/m<sup>2</sup> en el Noroeste del país.

**Carta de precipitación media en verano.** *Definición del indicador.* Para aplicar el método de clasificación agroclimática de De Fina, es necesario contar con la precipitación normal o media de verano, ya que, teóricamente, en esta estación coinciden las máximas temperaturas con el máximo período de lluvias, que en términos de climatología agrícola significa el período de crecimiento vegetativo más intenso.

Según el propio De Fina, la precipitación de verano, para fines prácticos toma en cuenta los meses de julio, agosto y septiembre..

Para México, es particularmente significativo este dato ya que la agricultura temporalera, la más importante del país, tiene como eje este período, ya que en invierno las lluvias son muy escasas.

*Análisis de la carta.* De acuerdo a los rangos que marca De Fina para su clasificación agroclimática, se muestran en este mapa las isoyetas de 100, 200, 350, 500, 750 y 900 mm.

Valores inferiores a 100 mm. de precipitación veraniega se presentan en buena parte de la península de Baja California y la porción NE de la Altiplanicie septentrional

El rango de precipitaciones más alto en verano más de 900 mm. se presenta alrededor de la Bahía de Banderas, las partes altas de la sierra del Soconusco, en Chiapas y en la cuenca media del río Coatzacoalcos. La vegetación natural correspondiente es la selva media y selva alta.

**Carta de precipitación de mayo a octubre.** *Definición del indicador.* Para México es importante delimitar la precipitación entre los meses de mayo a octubre por ser el período más lluvioso del año y en el que se verifica el ciclo agrícola denominado de primavera-verano, en este ciclo se presenta, en términos generales, el 90% de la lluvia del año y se cosecha alrededor del 80% de los cultivos básicos, mientras que en el ciclo denominado de otoño –invierno, solamente es posible el desarrollo de los cultivos bajo condiciones de riego.

*Análisis de la carta.* Las precipitaciones de mayo a octubre, a lo largo y ancho del territorio nacional, varían entre cero y más de cuatro mil milímetros de lluvia, lo cual significa una zonificación muy diferenciada.

**Carta de precipitación media en invierno.** *Definición del indicador.* Para establecer la clasificación agroclimática de Fe Fina, es necesario contar con el mapa de precipitación invernal, el cual señala, complementando la información de precipitación en verano, las posibilidades de

crecimiento vegetativo en esta estación. De acuerdo a la notación de De Fina, en la República Mexicana encontramos isoyetas de precipitación invernal de 25 mm, 50 mm, 100 mm, 200 mm y 350 mm. que establecen los límites entre un distrito agroclimático y otro. Solamente con valores superiores a los 350 mm. de lluvia es posible cultivar, sin necesidad de riego, por lo que prácticamente en México, durante el llamado ciclo de cultivo otoño-invierno, la agricultura es posible en aquellas zonas que disponen de riego.

Solamente hacia la región de Macuspanapa, Tabasco, se presentan precipitaciones invernales superiores a los 350 mm. que posibilitan siembra de cultivos anuales sin necesidad de riego.

**Porcentaje de precipitación en el semestre restante. Respecto a la caída en verano e invierno que se considera 100%. Definición del indicador.** El quinto mapa para establecer los distritos agroclimáticos por el método De Fina, lo constituye el llamado "Porcentaje de precipitación en el semestre restante, tomando como base 100% la suma de los trimestres de verano e invierno, o sea que el semestre restante lo constituye la precipitación de primavera y otoño. *Análisis de la carta.* En el territorio mexicano se presentan porcentajes de precipitación en el llamado semestre restante (formado por la suma de primavera y otoño) de 50 y 100%.

Prácticamente el país está dividido en dos por la isolínea de 50% p.s.r. que, en dirección norte-sur. Solamente llegan al rango de 100% en la Sierra Madre de Chiapas, Llanura Costera y meseta del norte de dicho estado.

**Temperatura media mensual más alta del año. Definición del indicador.** Dentro de la clasificación agroclimática De Fina este parámetro señala el umbral (medio mensual) máximo de calor que requiere o, en su caso, resiste un vegetal, teóricamente a mayor calor mayor crecimiento pero a partir de los 40°C el crecimiento va decreciendo hasta llegar a ser perjudicial y la muerte hacia los 48 °C. *Análisis de la carta.* En la República Mexicana se presentan temperaturas medias en el mes más caluroso del año, entre 16 a 28 °C, normalmente estas temperaturas se presentan en el mes de mayo, cuando se ha cultivado menos del 50% de las tierras de temporal.

**Temperatura media mensual más baja del año. Definición del indicador.** La temperatura media mensual más baja del año indica el grado de posibilidad de crecimiento de los vegetales, una temperatura igual o menor de cero grados centígrados inhibe todo crecimiento e incluso resulta perjudicial para los órganos de la planta, Según el método de clasificación agroclimática de De Fina cada dos grados centígrados separan a un distrito (unidad) agroclimático de otro.

*Análisis de la carta.* En el territorio mexicano enero es el mes más frío, las temperaturas oscilan entre los 8 a los 24 °C.

**Distritos agroclimáticos de la República Mexicana, Según De Fina. Definición de indicador.**

Un distrito agroclimático según De Fina es una área lo suficientemente pequeña que permite afirmar que en ella, las condiciones de clima son tan homogéneas, como para asegurar que en todas sus localidades pueden prosperar los mismos cultivos con probabilidades de éxito muy semejante”. por esta razón se aconseja regionalizar un país y registrar, para cada distrito, las variedades de cultivos, sus rendimientos y calidad, para que al cabo de unos años sea posible aconsejar el ordenamiento territorial en lo agrícola y aún en la delimitación de áreas de vegetación natural. *Análisis de la carta.* En México existen aproximadamente 400 diferentes distritos agroclimáticos, con una enorme gama que va desde los muy fríos y lluviosos hasta los extremadamente cálidos y secos.

**Regiones agroclimáticas de México, con base en el método De Fina. Descripción del indicador.**

Para contar con una escala de trabajo de amplio espectro (pero de menor detalle) se ofrece esta carta en donde se establecen 6 grandes regiones agroclimáticas dentro del territorio mexicano. *Análisis de la carta.* La región I o Noroeste es extrema tanto en temperaturas como en precipitación y cubre zonas fundamentalmente áridas.

La región II o Norte no es posible tener una agricultura de temporal seguro, la agricultura de la región requiere de riego que a la vez es limitado por las condiciones naturales, en todo caso estamos hablando de una región de ganadería extensiva.

Región III o del Golfo es una región básicamente tropical (Aw, Am y Af) con abundancia de lluvias que garantizan una buena agricultura de temporal en verano y posibilitan, en determinadas subregiones como Tabasco cosechas de invierno

Región IV o Pacífico sur, comprende lo que comúnmente se denomina Tierra Caliente y comprende zonas tanto tropicales (Aw y Af) como templadas (Cw), según Koeppen si la comparamos con la región anterior, ésta es menos provechosa desde el punto de vista agrícola.

Región V o Centro,. Esta región es fundamentalmente templada (Cw) según Koeppen, en general, garantiza una buena agricultura de temporal en verano, más no así en invierno, a menos que se disponga de riego. Obviamente su vocación natural son los bosques mixtos (pino y encino) y de coníferas.

Región VI o Península de Yucatán, es una región muy homogénea, con una vocación de selva y bosque tropical, con clima Aw según Koeppen, sobre todo si se considera el predominio de suelos calizos jóvenes de la península.

**Índice de humedad anual, según Papadakis. Definición del indicador.** El Índice de humedad o aridez, según Papadakis, refleja la relación anual entre la precipitación y la evapotranspiración, un índice de 0.5 indica sequedad, mientras que valores superiores a 1.5 indican humedad ya que

la precipitación es superior a la evapotranspiración. Lamina de lavado (L.n.) es el promedio de lluvia anual y se agrega en la carta como un subíndice. *Análisis de la carta.* En el territorio mexicano se presentan índices de humedad anual que van de 0 (cero) hasta 2.5.

**Índice de humedad para los meses húmedos, según Papadakis.** *Definición del indicador.* Normalmente se habla de índice de aridez, para señalar el grado de aridez para una determinada región, sin embargo, también es correcto referirse al grado de humedad. En consecuencia y como su nombre lo indica esta carta se refiere al grado de humedad precisamente en aquellos meses en que la precipitación supera a la evapotranspiración.

*Análisis de la carta.* Según el método de Papadakis, en el territorio mexicano se presentan valores que oscilan entre 0 (cero) y 8 (ocho) meses húmedos.

**Índice de humedad para los meses secos, según Papadakis.** *Definición del indicador.* En contraste con la carta de índice para los meses húmedos, ésta nos muestra el grado de aridez por meses secos. *Análisis de la carta.* Los índices de humedad para los meses secos (i.h.m.s.) varían en el territorio de 12 (meses) hasta cero (meses).

**Tipos de sequías en México (1917-1977), según Florescano.** *Definición del indicador.* De acuerdo con Florescano, en **Historia de las sequías en México**, desde el punto de vista espacial las sequías se dividen en generales y regionales, las primeras abarcan todo el territorio nacional y las segundas a una o más entidades. Además las sequías, por su intensidad pueden ser : extremadamente severa (general), severa general, media general, severa regional, media regional y leve regional. *Análisis de la carta.* En prácticamente todos los estados de la República Mexicana, para el período 1917-1977, se presentaron sequías generales desde extremadamente severas hasta medias.

**Las sequías en México en el siglo XX.** *Definición del indicador.* La presente carta se refiere a todas las sequías a lo largo del siglo XX, aunque no define el tipo de sequía, o más bien, se consideran las sequías generales, ya que las fuentes de información, excepto Florescano, no lo señalan, solo encontramos referencias a escala estatal. Para reunir la información para todo el siglo XX se han sumado fuentes como el *Atlas Nacional de Riesgos* y la revisión hemerográfica por parte de Esquivel Mota y Gómez Rojas.

*Análisis de la carta.* El análisis de este mapa se realiza en dos formas, una a nivel estatal y la otra a nivel de probabilidad. Aquí se corrobora que los estados con mayor cantidad de sequías corresponden a los del norte (Ver cuadro anexo)

Cuadro 1.  
LAS SEQUÍAS EN MÉXICO DURANTE EL SIGLO XX.

Estado	1901-2000	Estado	1901-2000
Coahuila	40	Aguascalientes	17
Nuevo León	38	Jalisco	17
Durango	31	Oaxaca	17
Zacatecas	31	Colima	13
Querétaro	29	<u>Chiapas</u>	<u>12</u>
San Luis Potosí	27	<u>Sinaloa</u>	<u>12</u>
Tamaulipas	27	<u>Baja California</u>	<u>11</u>
Chihuahua	26	Veracruz	10
Guanajuato	23	Distrito Federal	9
Guerrero	23	Yucatán	9
Hidalgo	22	Campeche	8
Puebla	22	Morelos	8
Tlaxcala	21	Baja California Sur	7
México	20	Nayarit	7
Michoacán	20	Quintana Roo	5
Sonora	20	Tabasco	4

**Riesgos agroclimáticos (1988-1994).** *Definición del indicador.* En esta carta se muestran cinco adversidades agroclimáticas: sequía, lluvias intensas, incendios forestales, heladas y granizadas, la unidad de estudio es estatal y se cubre el período 1988 a 1994. Estos son los hidrometeoros más comunes en el territorio mexicano y en cuanto al período escogido se debe a que cubre una etapa presidencial significativa por los cambios jurídicos y económicos llevados a cabo.

*Análisis de la carta.* En la República Mexicana hay entidades que presentan hasta cuatro de las cinco adversidades o sea, que tienen un 80% de probabilidad de ser perjudicadas en la agricultura, sus bosques o actividad ganadera.

**Tipología agrícola del Maíz.** *Definición del parámetro.* Dado que en la investigación agroclimática es de mucho mayor utilidad trabajar por variedad que por especie, esta carta muestra la distribución geográfica de 36 variedades de maíz, con ello se podrán obtener sus

diversos requerimientos térmicos, lumínicos, hídricos, etc. con gran utilidad en la planeación y ordenamiento territorial. *Análisis de la carta.* Del análisis geográfico se desprenden las siguientes regiones maiceras de México: 1. Noroeste de México 2. la Altiplanicie septentrional, 3. la Altiplanicie meridional y laderas de las sierras madres. 4. Occidente, 5. Sur, 6. Llanura costera de Veracruz y Tabasco, 7. Chiapas, y 8. La península de Yucatán.

**Carta de Tipología agrícola del café. Zonificación y variedades.** *Definición del indicador.* La presente carta muestra la distribución geográfica del cultivo del café en la República Mexicana, en sus seis principales variedades, a la par se marcan los tipos climáticos, según la clasificación de Koeppen modificada por García. Las variedades de café tienen, en la carta, un determinado tamaño, que se relaciona con el porcentaje de café para cada región.

*Análisis de la carta.* El cultivo del café, que generalmente ocupa el primer lugar, en lo económico, en cuanto a exportaciones agrícolas, se distribuye desde el límite meridional de México, 14° 32' latitud norte hasta los 22° 30' de latitud norte aproximadamente. Su ubicación altitudinal varía desde casi el nivel del mar hasta los 2,000 m. s.n.m.

A mayor detalle, se puede dividir al país en ocho grandes regiones cafetaleras que se distribuyen de la siguiente manera: 1. Norte del Golfo, 2. Centro de Veracruz, 3. Región de los Tuxtlas y cuenca del Papaloapan en Veracruz. 4. Oriente de Oaxaca, 5. estado de Chiapas en prácticamente todo su territorio se cultiva café. 6. Costa centro-occidental de Oaxaca. 7. Costa Grande de Guerrero y, 8. Costa centro-sur de Nayarit.

**Tipos climáticos, según clasificación de Koeppen.** *Definición del indicador.* La clasificación climática de Koeppen divide a los climas de acuerdo con la temperatura y la precipitación, por el primer factor se tienen climas tropicales (símbolo A), secos (B), templados (C), fríos (D) y polares (E) los cuales, por el segundo factor y de manera genérica, pueden subdividirse en lluviosos todo el año (f), lluviosos en verano (w), lluviosos en invierno (s), de lluvias monzónicas en verano (m) y de lluvias escasas todo el año. Los climas secos se subdividen en dos secos esteparios (BS) y seco desérticos (BW), siendo el primero menos seco o árido que el segundo.

*Análisis de la carta.* El territorio de la República Mexicana cuenta fundamentalmente con climas tropicales, secos y templados. Por su ubicación geográfica, latitud, altitud y continentalidad, predominan los climas secos en aproximadamente el 50% del país.

El clima tropical, A, es conatural al territorio nacional en función de la latitud y las bajas altitudes y ocupa aproximadamente el 30% de este territorio. El clima templado ocupa aproximadamente un 20% del territorio mexicano.

**Cambio climático global, año 2040.** *Definición del indicador.* A partir de la década de los ochentas se iniciaron investigaciones tendientes a estudiar si ha habido un aumento de la

temperatura a nivel mundial, los resultados fueron positivos, se considera que la temperatura media de la superficie terrestre ha aumentado un promedio de medio (0.5) grados centígrdos en un siglo, de 1880 a 1980. A partir de este resultado se ha tratado de pronosticar el aumento de temperaturas y del comportamiento climático en general, para ello se han creado Modelos del Cambio Climático Mundial (GMC, por sus siglas en inglés). Aunque según el modelo, el pronóstico varía, investigaciones recientes señalan que para nuestro país el aumento de temperatura, en los próximos cincuenta años, llegará a dos grados centígrdos y las precipitaciones aumentarán, sobretodo hacia el sur del país, y disminuirán hacia el norte del país en un rango de 30%.

*Análisis de la carta.* La presente carta considera un escenario de cambio climático para la República Mexicana, hacia el año 2040, de dos grados centígrdos más que el promedio actual y un aumento general en las precipitaciones del 30% (Escenario A). En tal sentido los climas secos (B según la clasificación de Koeppen) cubrirán alrededor del 52% de la superficie nacional, los climas tropicales (A) aumentarán su superficie al llegar a un 33%, mientras que los climas templados disminuirán para estar en un 12.6% del territorio.

CONCLUSIONES. El territorio mexicano es un verdadero mosaico agroclimático, de ahí la elaboración del Atlas agroclimático de la República Mexicana, con el fin de mostrar toda una serie de variables o indicadores bajo los cuales puede analizarse la distribución geográfica no sólo de cultivos, sino además de la vegetación natural y de les especies ganaderas.

Se han utilizado indicadores de temperatura, radiación solar, hídricos, de siniestros climáticos y la clasificación, a nivel nacional de distritos agroclimáticos, según De Fina, prácticamente todas las cartas son originales por lo que permiten tener otra perspectiva del agro en función del clima. Las cartas de temperaturas (sumatorias, unidades calor y de horas frío) muestran esa diversidad térmica, de altas temperaturas hacia las costas tropicales, depresión del Balsas y península de Yucatán pero , en dichas regiones, se manifiestan como tropicales, mientras en el norte del país dan lugar a climas y agroclimas eminentemente áridos y subáridos, no muy propios para la agricultura por la falta de agua, que solo en las regiones por donde corren ríos logran ser buenas zonas agrícolas, pero en donde más bien la vocación parece ganadera. En todo caso, y tomando en cuenta la radiación solar resulta que el potencial energético de estas zonas cálidas es un reservorio para un futuro que ojalá no sea tan lejano.

El agua, es sin lugar a dudas, el líquido vital para las plantas, los animales y, por supuesto, la sociedad humana, en México el 90 % de la precipitación se tiene en tan sólo 6 meses, de mayo a octubre, el resto del año la evapotranspiración predomina. Sin embargo una regionalización amplia, nos permite ver hacia estados como Chiapas, Tabasco y Veracruz un régimen de lluvia



más benigno para la vida en general, el Norte y Noroeste son regiones con escasez del líquido, descontando de nuevo los valles, aunque no sucede así en casi toda la península de Baja California.

La altiplanicie meridional goza de cantidades de agua que si bien no podemos calificar de abundantes, tampoco son despreciables, permiten actividades agrícolas, forestales y ganaderas y la acumulación de la mayor parte de la población nacional.

Los riesgos climáticos son un hecho con el que el campo mexicano se ve menguado, sequías, incendios forestales, heladas, granizadas y lluvias intensas con inundaciones también tienen su propia geografía dentro del país: el norte es, por naturaleza, de sequías frecuentes, el sur y sureste de lluvias intensas e inundaciones; las heladas son otro fenómeno que restringe el período de crecimiento de las plantas y echa a perder siembras y cosechas, así en tiempo y espacio el territorio mexicano debe cuidarse de estos siniestros, empero la organización social frente a ellos es cada vez más un tema apremiante, pues los riesgos existen porque existe una población que esta expuesta a ellos.

La cartografía de la agricultura por productos y variedades, la de la ganadería por especies y la forestal a detalle son un elemento de trabajo que no debe descuidarse, es de lamentar que las instancias públicas encargadas de esto se ven rebasadas por las propias necesidades socioeconómicas de México.

Cabe agregar que cartas como la del maíz y del café son sólo una muestra de todo lo que se puede y debe precisar en cuanto a requerimientos climáticos, por no agregar los edáficos o los de rendimiento tonelada/hectárea.

El manejo de la Agroclimatología, por desgracia, nos ha mostrado que el campo mexicano ha menguado su producción, México no es ya un país autosuficiente en lo alimentario, desde la década de los sesentas México ha ido abandonando la producción de alimentos básicos (maíz, frijol, trigo, arroz, amén de los productos ganaderos) para la buena nutrición de los mexicanos. Años de sequía y ENSO como el de 1998, para no ir más lejos, mostraron estadísticamente, con base en las épocas de siembra, que cerca del 60 % de la producción de granos básicos no se pudo lograr. Se piensa que los tratados de libre comercio, traerán bondades como la de esos alimentos a precios accesibles para la población, lo cual en estos días se discute entre gobernantes y agricultores. En todo caso nunca será negativo preocuparse por tener un campo que permita la soberanía alimentaria para todos los mexicanos.

AGRADECIMIENTOS. El Atlas Agroclimático de la República Mexicana del que aquí se hace alusión no hubiera sido posible sin el trabajo de investigación de diversas generaciones de

estudiantes de la asignatura de Agroclimatología de México de la Maestría en Geografía de la Facultad de Filosofía y Letras de la UNAM

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- *Atlas Nacional de México (1990)*. Tres tomos. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México,
- Calixto Cruz, Neftalí.(1990) *El arroz, su cultivo en México*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Capel Molina, José J. (1999) *El Niño y el Sistema Climático Terrestre*. Editorial Ariel, S:A, Barcelona. 1ª. edición.
- De Fina., Armando L. (1950) "Sistema práctico para dividir los países en distritos agroclimáticos", *Revista de investigaciones agrícolas*. Tomo IV, núm. 4, Buenos Aires, Argentina, pp.341-355.
- De Fina, Armando L. y Ravelo Andrés C. (1973). *Climatología y Fenología Agrícolas*. Buenos Aires, Argentina, EUDEBA.
- Elías Castillo, Francisco y Francesc Castellvi, Sentís. (1996) *Agrometeorología*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Aliomentación, Madrid.
- Florescano, Enrique.(1995) *Breve historia de la sequía en México*. CONACULTA, México.
- García, Enriqueta.(1978) *Modificaciones al Sistema climático de Koeppen*. México, Instituto de Geografía, UNAM.
- Gómez Rojas, Juan Carlos (1990). *Agroclimatología y espacio geográfico en el noreste de Morelos*. Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística, México, 1990.
- Gómez Rojas, Juan Carlos(1981). *El Método climático De Fina en su aplicación a la agricultura del estado de Aguascalientes*. Colegio de Geografía, FFYL, UNAM, México, 1981.
- Graedel, Thomas E. and. Crutzen, Paul J.(1995). *Atmosphere, Climate and Change*. Scientific American Library, London.
- Guevara Calderón, José(1998). *La agricultura mexicana y su desarrollo regional*. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- Henderson-Sellers, A. y McGuffie, K. (1990). *Introducción a los modelos climáticos*. Ediciones Omega S.A., Barcelona.
- Hildenbrand Scheid (1996) Andreas. *Política de Ordenación del Territorio en Europa*. Universidad de Sevilla-Consejería de Obras Públicas y Transportes, Sevilla.
- Martínez, Maximino.(1992) *Los Pinos Mexicanos*. Edicionas Botas, México, D.F.,3ª. edición.

- México, Secretaría de Gobernación.(1991). *Atlas Nacional de Riesgos*. Dirección General de Protección Civil, Secretaría de Gobernación, México.
- México, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.(1978) *Atlas del Agua de la República Mexicana* , México,
- Papadakis, Juan .(1960) *Geografía Agrícola Mundial*. Salvat Editores, S.A., Barcelona,
- Rzedowski, J.(1978) *La vegetación de México*. Editorial Limusa, México, D.F., 1ª. Edición.
- Valdés Barrón, Mauro.(1996) *La radiación solar en la República Mexicana*. Tesis doctoral, Departamento de Geografía, FFYL, UNAM, México,
- Valdés Barrón Mauro (1993)*Evaluación de la radiación solar global en la República Mexicana, a partir de las imágenes derivadas del satélite meteorológico GOES*, Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México,
- Villalpando, José y Ruíz C., José A.(1993) *Observaciones agrometeorológicas y su uso en la agricultura*. UTEHA-Noriega editores, México, 1a. edición.
- Woodward, F. (1987). *Climate & Plant Distribution*. Cambridge University Press, G.B.,