
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

FACULTAD DE AGRONOMIA



"AGROMETEOROLOGIA"

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO
PRESENTA
VICTOR MANUEL COVARRUBIAS FLORES
JOSE ANTONIO AVIÑA RAMIREZ
GUADALAJARA JALISCO, NOVIEMBRE 1993



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
FACULTAD DE AGRONOMIA

COMITE DE TITULACION
SOLICITUD Y DICTAMEN

SECCION COM. DE TIT.

EXPEDIENTE OGA 80046/93
NUMERO OGA 80047/93

SOLICITUD

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA.
PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION.
P R E S E N T E.

Conforme lo indica la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara y su Reglamento, así como lo establece el Reglamento Interno de la Facultad de Agronomía, he reunido los requisitos necesarios para iniciar los trámites de Titulación, por lo cual solicito su autorización para realizar mi TESIS PROFESIONAL, con el tema:

"AGROMETEOROLOGIA".

ANEXO ORIGINAL Y DOS COPIAS DEL PROYECTO DEL TRABAJO DE TITULACION.

MODALIDAD: Individual () Colectiva (x).

Nombre del Solicitante	Código	Generación	Orientación o Carrera	Firma del Solicitante
VICTOR MANUEL COVARRUBIAS FLORES	075049714	75-80	GAN.	
JOSE ANTONIO AVIÑA RAMIREZ	075210361	75-80	E.A.	

Fecha de Solicitud: OCTUBRE 30 DE 1993

DICTAMEN

APROBADO (x) NO APROBADO () CLAVE:

OGA 80046/93
OGA 80047/93

DIRECTOR: M.C. ANTONIO ALVAREZ GONZALEZ

ASESOR: DR. HUGO MORENO GARCIA

ASESOR: M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

AUTORIZACION DE IMPRESION

M.C. ANTONIO ALVAREZ GONZALEZ

DIRECTOR

DR. HUGO MORENO GARCIA

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

ASESOR

ASESOR

M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA

VOBO PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACION

5 DE NOVIEMBRE DE 1993

DIRECTOR DE TESIS:

MC. ANTONIO ALVAREZ GONZALEZ

ASESORES:

DR. HUGO MORENO GARCIA.

MC. SALVADOR MENA GARCIA.

A MI PADRE:

*VICTORIO COVARRUBIAS CURIEL +
QUIEN SUPO GUIARME.*

A MI MADRE:

*PAZ FLORES ESTRADA
QUIEN CON TODO EL SACRIFICIO
Y ANHELO, SIEMPRE TUVO LA ILUSION
DE VERME FORMADO.*

A MI ESPOSA E HIJOS:

*HILDA SALVADORA LOPEZ PEÑA
VICTOR COVARRUBIAS LOPEZ
HILDA VICTORIA COVARRUBIAS LOPEZ
DAVID COVARRUBIAS LOPEZ*

A MIS HERMANOS:

*QUIENES CON SU EJEMPLO Y
EMPEÑO ME ESTIMULARON PARA
REALIZAR MIS ESTUDIOS.*

A MI PADRE:

*RAFAEL AVIÑA ROJO +
CON RESPETO Y ADMIRACION QUIEN CON SU
APOYO Y SACRIFICO FORJO MI SENDERO.*

A MI MADRE:

*CARLOTA RAMIREZ VDA. DE AVIÑA,
CON CARINO Y GRATITUD POR SU INFINITA BONDAD
Y GRAN GULA EN MI CAMINO.*

A MI ESPOSA:

*ELBA CASTAÑEDA DE AVIÑA
GRAN APOYO Y PILAR DE MI
SUPERACION, QUIEN ME HA DADO
PARTE DE ELLA MISMA.*

A MIS HIJOS:

*MARIA ANTONIETA, ARISTIDES
CARLA Y JOSE ANTONIO
QUIENES DEBEN SEGUIRME Y
SUPERARME CON SU ESFUERZO,
LUCHA Y TENACIDAD.*

A MIS HERMANOS:

*MIGUEL, RAFAELA, CELIA,
JUAN MANUEL, ROSAURA,
RICARDO, JESUS, URBANA LORENA
LUZ MARIA. POR EL CONSTANTE
APOYO MORAL RECIBIDO
AYER-HOY-SIEMPRE.*

CON RESPETO Y GRATITUD

A MI UNIVERSIDAD

A MIS MAESTROS.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS
DE LABORES, QUIENES ME ANIMARON
Y EMPUJARON A LA REALIZACION
DE ESTE TRABAJO.

ING. JORGE MARRON MEDINA.
LAA. J. JUAN ROBLES NAVARRO.

I N D I C E

RESUMEN.	Pág.
CAPITULO 1. INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 2. OBJETIVO.	2
CAPITULO 3. CONCEPTOS BASICOS EMPLEADOS EN METEOROLOGIA Y CLIMATOLOGIA.....	3
CAPITULO 4 LA ATMOSFERA.....	5
4.1 Composición de la atmósfera.....	5
4.2 Capas de la atmósfera.....	6
4.3 Funciones de la Atmósfera.....	8
4.3.1 Consideraciones generales.....	8
4.3.2 Compuestos nitrogenados del aire.....	8
4.3.3 Ciclo del Nitrógeno.....	8
4.3.4 Funciones del Oxígeno.....	9
4.3.5 Importancia del bióxido de carbono.....	9
CAPITULO 5. ELEMENTOS Y FENOMENOS METEOROLOGICOS.....	11
5.1 Concepto de calor y temperatura.....	11
5.1.1 Calor.....	11
5.1.2 Temperatura.....	11
5.2 Calorimetría.....	11
5.2.1 Formas de Propagación del calor.....	11
5.2.2 Fuentes de Energía Calorífica.....	12
5.2.3 Concepto de Actinometría.....	12
5.2.4 Absorción de calor en la tierra.....	13
5.2.5 Termometría.....	14
5.2.6 Termómetro de Maxima y Minima.....	14
5.3 Variaciones de la Temperatura.....	15
5.3.1 Ecuador Térmico.....	15

	5.3.2	Temperaturas Extremas.....	16
	5.3.3	Régimen Térmico.....	16
	5.3.4	Gradiente Térmico.....	16
	5.3.5	Inversión de Temperaturas.....	17
	5.3.6	Heladas.....	17
	5.3.7	Medidas de protección contra heladas.....	18
	5.3.8	Las variaciones de la temperatura y el período vegetativo de los cultivos.....	19
	5.3.9	Influencias de las variaciones térmicas en el período agrícola de la región.....	20
	5.4	Procesos de transporte de calor en algunas prácticas agrícolas.....	20
	5.4.1	Calor útil recibido por las plantas.....	20
CAPITULO	6.	PRESION ATMOSFERICA.....	25
	6.1	Variaciones de la presión atmosférica.....	25
	6.1.1	Variaciones verticales.....	25
	6.1.2	Variaciones horizontales.....	25
	6.2	Régimen bórico.....	25
	6.3	Gradiente de presión.....	26
	6.4	Cartas isobáricas.....	27
	6.5	Tendencia barométrica.....	27
	6.6	Descripción del barómetro.....	27
	6.7	El viento y su influencia en los cultivos....	28
	6.8	Medición del viento.....	31
	6.8.1	Anemoscopio o Veleta.....	31
	6.8.2	Anemómetro.....	32
CAPITULO	7.	HUMEDAD ATMOSFERICA.....	33
	7.1	Importancia del vapor de agua en la atmósfera	33

7.1.1	Fenómeno de evaporación.....	34
7.1.2	Humedad de saturación absoluta y relativa...	34
7.1.3	Fenómeno de punto de rocío.....	35
7.1.4	Calor latente de evaporación.....	36
7.1.5	Fenómeno de condensación.....	36
7.1.6	Fenómeno de formación de nubes.....	37
7.1.7	Clasificación de las nubes.....	37
7.1.8	Estado nuboso.....	39
7.1.9	Funcionamiento del Evaporómetro.....	39
7.2	Fenómeno de rocío y relente.....	40
7.2.1	Rocío.....	40
7.2.2	Relente.....	40
7.3	Precipitación pluvial.....	41
7.3.1	Importancia del agua de lluvia.....	41
7.3.2	Tipos de precipitación.....	41
7.3.3	Propiedades del agua de lluvia.....	42
7.3.4	Datos estadísticos de precipitación.....	43
7.3.5	Funcionamiento del Pluviómetro.....	45
7.4	Importancia de las nevadas y granizadas.....	46
7.4.1	Nevada.....	46
7.4.2	Granizada.....	46
7.5	Fenómenos en la Atmósfera.....	47
7.5.1	Fenómenos ópticos.....	47
7.5.2	Fenómenos acústicos.....	47
7.5.3	Fenómenos de visibilidad.....	48
CAPITULO	8. CLIMATOLOGIA.....	49
8.1	Sistemas de clasificación climática.....	49
8.2	Clasificación de Köppen.....	49

8.3	Clasificación de Thornthwaite.....	51
8.4	Esquema climático dinámico basado en las masas de aire.....	52
8.4.1	Esquemas climáticos dinámicos de H. Landsberg.....	52
8.4.2	Esquema Climático dinámico basado en las masas de aire.....	54
CAPITULO	9. FACTORES QUE AFECTAN LOS CLIMAS DE LA REPUBLICA MEXICANA.....	55
9.1.	Situaciones y límites.....	55
9.2.	Relieve.....	55
9.3.	Latitud y altitud.....	56
9.4.	Distribución de tierras o mares.....	56
9.5.	Régimen de lluvias.....	57
LITERATURA	CITADA.....	58
BIBLIOGRAFIA.....		60

RESUMEN.

El conocimiento detallado de los fenómenos atmosféricos y su posible influencia en la agricultura, es importante para el personal técnico del área de agronomía así como para los productores, que de una u otra manera buscan las estrategias más convenientes para implementar las alternativas de producción más propicias a cada región, de tal modo que se dé un uso más eficaz de las áreas ecológicas de nuestro país.

Conociendo los efectos que ocasionan los elementos del clima, se podrían acondicionar algunas prácticas agronómicas tendientes a reducir en cierta forma los daños que se pudieran presentar, como por ejemplo: prácticas de conservación de suelos, planeación de labores culturales, prevención del ataque de alguna plaga o enfermedad, calendarización de fechas de siembras de los cultivos, etc.

La *meteorología* es el concepto principal para llegar a comprender este tópico. Definiéndose como la ciencia que estudia las propiedades de la atmósfera y los fenómenos físicos y dinámicos que en ella tienen lugar y de todo ello obtiene datos para la previsión del tiempo.

Otro de los términos que es muy importante es la *climatología*, parte de la geografía física que se encarga del estudio de los fenómenos atmosféricos que se originan en la primera capa de la atmósfera; es decir, estudia los elementos que dan lugar al clima.

Aunado a estos términos, otro que es vital es la **atmósfera** en su estructura y composición. La troposfera, estratosfera, mesosfera, termosfera y exosfera forman esta estructura.

Los elementos meteorológicos que dan lugar a los climas son la **temperatura, presión atmosférica, humedad atmosférica.**

Por **temperatura** se entiende, como el grado de agitación de las moléculas que integran a un cuerpo, que sucede cuando recibe cierta cantidad de energía en forma de calor.

Presión atmosférica es la fuerza que ejercen los gases de la atmósfera por unidad de superficie.

Humedad atmosférica es la cantidad de vapor de agua que circula en la atmósfera. La mayor o menor capacidad del aire para contener el vapor de agua depende de su mayor o menor temperatura.

Los elementos mencionados anteriormente se toman como base para la formación de los **sistemas climáticos** existentes.

Entre los sistemas más importantes y de mayor empleo se encuentran, la clasificación climática de Köppen, clasificación climática de Thornthwaite y esquemas climáticos dinámicos basados en las masas de aire, propuesto por H.Landsberg.

El conjunto de estos factores y el efecto que causan en las distintas latitudes del planeta da lugar a las grandes diferencias climáticas que existe de una zona a otra.

A diferencia con otros países que en la mayoría de las veces cuentan con uno, dos, tres y/o cuatro tipos de clima. La república mexicana está caracterizada por presentar la mayor parte de los climas.

Nuestro país es atravesado por el trópico de cáncer en su parte central de manera que una parte se encuentra de la zona subtropical, posee un relieve muy complicado destacándose como rasgo fisiológico más importante una enorme meseta, la *Altiplanicie Mexicana* que tiene una altitud superior a los 1500 m s.n.m..

En el sur de la Altiplanicie se encuentran numerosos volcanes que extienden de Este a Oeste cuyo conjunto se ha designado como sierra volcánica transversal o *Eje Volcánico*.

Al Este termina la Altiplanicie en una serie de montañas y declives montañosos que se inclinan en la llanura costera conocida como *Sierra madre oriental*. La Altiplanicie Mexicana está dividida en dos partes: la parte norte o *mesa del norte* y la parte sur o *mesa central*.

Los cambios esenciales de clima no son solamente debidos a la latitud, sino también a las variaciones en altitud que crean

condiciones muy especiales en los cambios y distribución de los elementos climáticos.

Es importante considerar para un régimen de lluvias no solamente la cantidad de lluvia que cae durante el año, sino también la época en que se presentan las máximas precipitaciones, ya que de ello depende en gran parte la evaporación y de ahí la cantidad final de agua que escurre.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

CAPITULO 1

INTRODUCCION.

México como muchos otros países subdesarrollados en las últimas tres décadas ha tenido un crecimiento desmedido de su población; según datos vertidos por los estudios del INEGI, menciona que existe aproximadamente de 60 , 70 y 80 millones de habitantes respectivamente y se cree que para la mitad de esta década serán aproximadamente 90 millones⁽¹⁾, aunado a esto el crecimiento exagerado de las áreas urbanas trae como consecuencia la no autosuficiencia alimentaria, siendo dependiente en muchos productos, sobre todo en los productos básicos.

Por esta razón es necesario que el sector agropecuario de nuestro país a marchas forzadas incremente su producción, para tal efecto se hace necesario el conocimiento pleno de los factores que determinan la producción que en cierta forma son los que nos marcarán las estrategias para elevar la productividad.

De los factores de la producción, el presente trabajo tiene como finalidad analizar los fenómenos meteorológicos y su posible influencia en la agricultura, además se completa el trabajo con dos capítulos, uno de Climatología y otro de los factores que afectan los climas de la república mexicana, donde se analizan los sistemas climáticos mas importantes y algunas situaciones geográficas de México que determinan la variabilidad de los climas.

En forma particularizada, servirá para los alumnos del área de ciencias biológicas como apoyo didáctico en las materias del plan de estudios de Agronomía y Zootecnia, donde sean necesarios los conceptos metereológicos y climatológicos discutidos en el presente trabajo.

CAPITULO 2

*** OBJETIVO ***

CAPITULO 2

OBJETIVO.

La elaboración de este trabajo tiene como objetivo primordial dar a conocer los conceptos de Agrometeorología apoyando a los educandos de ciencias biológicas, y al sector productivo agropecuario, para que considere las cuestiones técnicas en las decisiones al seleccionar las alternativas de producción.

CAPITULO 3

“ CONCEPTOS

BASICOS

EMPLEADOS

EN

METEOROLOGIA

Y

CLIMATOLOGIA”

CAPITULO 3

CONCEPTOS BASICOS EMPLEADOS EN METEREOLOGIA Y CLIMATOLOGIA

Es evidente que una gran parte de las evoluciones que han sufrido los organismos desde la antigüedad, se han derivado de la influencia de los fenómenos atmosféricos, sobre las estructuras vitales que integran a estos organismos.

Los cambios evolutivos de las especies, han servido para que muchas de ellas, cada vez tengan mejores características de adaptabilidad; carácter indispensables en las especies explotadas, pues de ahí se deriva la productividad.

Considerando lo anterior, el estudio de los fenómenos atmosféricos en sus detalles, dará la pauta a seguir en las producciones agropecuarias. Las ciencias que se encargan de tal efecto son las siguientes:

METEREOLOGIA.— Es la ciencia que estudia las propiedades de la atmósfera y los fenómenos físicos y dinámicos que en ella tienen lugar, y de todo ello obtiene datos para la previsión del tiempo.

Otra definición de esta ciencia: "Es la parte de la física que estudia el conjunto de fenómenos atmosféricos, su origen, la relación entre unos y otros y los posibles efectos sobre la naturaleza" (2).

La metereología moderna se propone mediante observaciones precisas, y por medio de instrumentos bien corregidos, averiguar el estado atmosférico y sus modificaciones, induciendo científicamente las leyes por las que se rigen y deduciendo las consecuencias para la agricultura, biología, psicología, etc.

Los fenómenos atmosféricos para su estudio, se pueden dividir en los siguientes grupos:

a) Hidrometeoros.— Como por ejemplo: lluvia, nieve, granizo, rocío, escarcha, relente, helada, etc.

b) Meteoros Luminosos: Tenemos: arco iris, halos, auroras, coronas, etc.

c) Meteoros Aéreos.— Ejemplos de ellos: tenemos vientos, huracanes, etc. La descripción se analizará en los capítulos posteriores.

CLIMATOLOGIA.— Es la parte de la geografía física que se encarga del estudio de los fenómenos atmosféricos que se originan en la primera capa de la atmósfera; es decir, estudia los elementos que dan origen al clima.

El clima se define como el conjunto de fenómenos atmosféricos que caracterizan el estado medio del tiempo. El tiempo, es la manifestación en un momento dado de los fenómenos atmosféricos. (3)

El estudio del tiempo atmosférico, es un arma importante en la formulación de los climas, tema de bastante interés por tener efectos directos en la agricultura, donde algunas veces son benéficos, mientras que en otra perjudiciales, representando las pérdidas o ganancias por factores ambientales.

El estudio de la metereología es muy amplio, por tal motivo se ha dividido en ramas auxiliares, con la finalidad de hacer más particularizados los efectos de los fenómenos atmosféricos en los

organismos; dentro de ellas se pueden mencionar las siguientes: Meteorología espacial, meteorología agrícola, meteorología animal, meteorología patológica, etc., cuyas definiciones se pueden deducir al observar los efectos en cada caso en particular.

Este trabajo tiene por objeto estudiar la meteorología relacionándola con la cuestión agrícola, y la división, cuyo campo de estudio se avoca a esto, es la agrometeorología, definiéndose como:

" La ciencia que se encarga del estudio de la adaptación de los cultivos agrícolas a los climas y estudia la capa superficial del aire hasta cinco metros de altura aproximadamente. Estudia la relación del tiempo con las cosechas, con las enfermedades y con las plagas de los cultivos; también estudia la influencia de los factores y elementos del clima sobre la fonología de los cultivos y plagas agrícolas, así como el control de los daños que pudieran causar algunos fenómenos meteorológicos. Una de las principales actividades de la meteorología agrícola, es la búsqueda permanente de las relaciones entre el clima y los rendimientos de los cultivos; problema muy complejo pues los datos son meras aproximaciones y de aplicación local.

De lo anterior se resume que, según el enfoque de esta materia tendrá un carácter interdisciplinario, de tal modo que se puede concluir en la siguiente definición: " La Agrometeorología es un conjunto interdisciplinario que se encarga de poner los conocimientos meteorológicos al servicio de la agricultura en afán de optimizar la producción, '4'.

Para comprender a fondo el significado de la palabra Agrometeorología, se sugiere al lector analizar los capítulos siguientes, donde se habla de una manera general de los fenómenos atmosféricos y de sus efectos en los cultivos agrícolas.

CAPITULO 4

LA ATMOSFERA

CAPITULO 4

LA ATMOSFERA

Definición: Es una capa gaseosa que envuelve a la tierra, la palabra proviene de los vocablos griegos Atmos que significa: vapor, aliento; y Sphaira = esfera. Los gases que la componen son atraídos hacia el globo por efecto de la gravedad.⁽⁵⁾ La altura se establece convencionalmente en 1 000 Km., aunque no se sabe con exactitud donde concluye. A pesar de su naturaleza gaseosa la atmósfera posee una masa de $5-6 \times 10^{14}$ Tm (toneladas métricas). Los gases que la integran se mantienen constantes hasta una altura de 60 Km.⁽⁶⁾.

Para entender los procesos físicos que se desarrollan en la atmósfera, es necesario conocer su composición, misma que a continuación se menciona.

4.1 Composición de la atmósfera.

El aire atmosférico es esencialmente una mezcla de gases, aunque también se encuentran en la atmósfera partículas sólidas como son polvo y humo; además el agua no solamente se encuentra en estado de vapor sino también en estado líquido y sólido.

Los gases nitrógeno y oxígeno representan el 99% del volumen total de la atmósfera, con un predominio del primero.

En el siguiente cuadro se indica la composición por unidad de volumen al nivel del mar. Los datos corresponden al aire seco en un lugar alejado de las ciudades y de los incendios forestales.⁽⁷⁾

CUADRO 4.1. COMPOSICION DE LA ATMOSFERA SECA

G A S	Proporción volumétrica en la atmósfera.
Nitrógeno	78.084
Oxígeno	20.946
Argón	0.934
Anhidrido carbónico	0.033
Neón	0.00182
Helio	0.00052
Kriptón, hidrógeno, Xenón, Ozono, etc.	0.00066

Datos tomados del libro, compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la clase IV de Servicios Meteorológico Nacional.

El contenido de vapor de agua varía de un punto de la atmósfera a otro. algunas zonas pueden estar exentas, mientras que otras pueden llegar a poseer hasta un 4%. Cuando los porcentajes de vapor de agua se toman en cuenta en el volumen total de la atmósfera, los porcentajes del cuadro anterior varían. (6)

Del total de los componentes de la atmósfera los de mayor importancia en la agricultura son: nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico y el vapor de agua, debido a las funciones vitales, que a partir de ellos realizan los organismos vivos; tema que posteriormente se discute en el objetivo 4.3.

4.2 Capas de la atmósfera.

La composición y la densidad de la atmósfera varían de acuerdo a la altura, de modo que se pueden dividir en capas concéntricas bien definidas que son: tropósfera, estratósfera, mesósfera, termósfera y exósfera, cuyas características se dan a continuación: (7)

TROPOSFERA.— Es la capa más cercana a la superficie terrestre, en ella ocurren los cambios del tiempo (tropos = cambio) su altura promedio es de 10 a 11 Km., de espesor, siendo más amplio en el ecuador (18 Km.), y más estrecha en los polos (6Km.). (8)

La composición se muestran invariables en esta capa, debido a los constantes movimientos verticales que mezclan las diferentes zonas de la capa. Es la parte más densa de la atmósfera, representador el 90% del peso total de ella. La temperatura varía de acuerdo a la altitud en un promedio de 0.6 a 0.7°C por cada 100 m., de elevación, motivo de los grandes cambios que aquí se experimentan. (9)

Se encuentra en ella la mayor parte de vapor de agua y del bióxido de carbono, hecho sumamente importante, pues los dos gases afectan el equilibrio térmico de la tierra, los rayos infrarrojos procedentes del sol, que irradia la tierra son absorbidos dentro de sus moléculas por los gases antes mencionados. (10)

En el límite superior de la troposfera se encuentra una zona de transición, entre ésta y la estratosfera, denominada, tropopausa. (11)

La capa de aire de la tropósfera que se encuentra a unos cuatro metros del suelo es de gran importancia para muchos seres vivientes e incluso para el hombre. Al estudio de esta capa baja se le denomina Micrometeorología o Metereología en pequeña escala. (12)

ESTRATOSFERA.— Capa de la atmósfera situada encima de la tropósfera, está formada por una serie de capas o estratos horizontales de aire cada vez más enrarecidos conforme se va ganando altura. (13)

Es menos densa que la anterior, existen la mayoría de los gases, sólo que el vapor de agua es prácticamente inexistente. A una altura de 25 Km., se encuentra mucho ozono, elemento que absorbe los rayos ultravioletas del sol, que si llegaran a la tierra, desintegrarían la vida en ella.

La temperatura de ser de -60°C en su inicio se eleva lentamente hasta la base de la mesósfera suprayacente, donde alcanza una temperatura positiva. En la tropósfera superior y estratósfera inferior se encuentran las corrientes de chorro, que son vientos fuertes cuya velocidad varía de 150 a 300 Km., por hora; importantes en los cambios meteorológicos.

La humedad relativa es escasa, produciéndose raramente nubes, pero cuando se forman, son altas y de lento recorrido horizontal y se conocen con el nombre de nubes nacaradas o irisadas, esto por el color de sus bordes. La zona de transición entre ésta y la que le sigue se le denomina estratopausa. (14)

MESOSFERA.— En esta capa de la atmósfera no es muy distinta la composición que en las capas inferiores. El vapor de agua y bióxido de carbono carecen de importancia. La mesósfera posee una capa de aire ionizado o electrizado llamada capa "D" que se extiende desde los 50 Km., a los 70 ó más de la tierra. El oxígeno se transforma por los procesos fotoquímicos que suceden en esta capa en ozono por la acción de los rayos ultravioletas y rayos equis. Se caracteriza por tener un brusco descenso en la temperatura, de estar en 0°C positivos en la capa inicial desciende hasta 90°C a unos 80 Km., de altitud.

A una altitud de 55 a 80 Km., están la llamadas nubes noctilucenentes, que brillan en la noche, quizá sea vapor de agua o polvo meteorológico. El polvo procedente del espacio al entrar en contacto con esta capa a una velocidad de 20 a 80 Km., por segundo se incendia produciéndose las llamadas "estrellas fugaces".

Las auroras boreales y australes se pueden extender hasta la mesósfera. (17)

TERMOSEFERA.— Va desde los 70 hasta los 400 Km., de altura, se caracteriza por tener un aumento muy pronunciado en la temperatura, de ser de -90 en su parte inferior se incrementa hasta 1500°C a una altura de 300 Km., esto debido a la intensa energía solar recibida y a otros tipos de radiación que bombardean a la atmósfera en esas alturas. (18)

También se le llama ionósfera, por tener capas de aire cuyos átomos están cargados eléctricamente. Los iones en esas condiciones son importantes en las comunicaciones, ya que se reflejan las ondas de radio de regreso a la tierra, permitiendo las comunicaciones internacionales.

Esta capa es la sede de las auroras polares que se desarrollan de 100 a 1200 Km., de altitud y cuya parte superior es el dominio de la exósfera. (19)

EXOSFERA.— Se considera de los 400 Km., de altura en adelante, perdiéndose en el espacio. Los gases son extremadamente tenues. Las partículas que la integran son muy finas y su componente principal es el hidrógeno. Existe abundancia de rayos ultravioletas. Aquí se desarrollan tenues fosforescencias llamadas luces zodiacales y contrarresplandores, la causa de esto es la luz solar que es reflejada por las partículas finisimas de polvo allí presentes. (20)

4.3 FUNCIONES DE LA ATMOSFERA.

4.3.1 Consideraciones generales.

Dentro de las funciones generales que la atmósfera tiene pueden señalarse las siguientes: juegan un papel importante en el equilibrio térmico de la tierra; Del calor recibido e irradiado por la tierra lo acapara en su estructura y va soltando lentamente hacia el espacio. Funge como protectora al convertir en polvo los meteoritos que entran en contacto con ella, pues de lo contrario si esta cantidad de cuerpos interplanetario llegasen a la tierra causarían estragos. (21)

Las funciones de la atmósfera en relación con la agricultura, se derivan a partir de la presencia de algunos elementos indispensables en la realización de procesos biológicos que permiten la vida en la tierra.

4.3.2 Compuestos Nitrogenados del Aire.

Como ya se señaló anteriormente, el nitrógeno es el componente más abundante de atmósfera, se encuentra como gas puro en su mayor parte, aunque también existen compuestos con nitrógeno en el aire, formados a partir de reacciones químicas con otros elementos, ejemplo de ellos tenemos el amoniaco (NH_3), cuya existencia en la atmósfera es muy ínfima (2.4 gr/100 m³ de aire). El óxido nítrico que se forma por la acción de las descargas eléctricas, combinándose el oxígeno con el nitrógeno. El ácido nítrico que forma parte de los gases raros. Como estos ejemplos se pueden mencionar otros que, aunque su aportación de nitrógeno es muy baja, pueden ser en un momento dado otra fuente de este elemento para agricultura.

4.3.3 Ciclo del Nitrógeno.

Como ya se mencionó, el nitrógeno es el gas más abundante que tiene la atmósfera (4/5 del volumen total). La importancia del elemento para los seres vivos se observa fácilmente siguiendo el proceso bioquímico de su ciclo.

El nitrógeno químicamente es inerte y la mayoría de los organismos no pueden utilizarlos directamente, por lo que los únicos capaces de hacerlo son un tipo especial de bacterias llamadas nitrificantes, las cuales pueden ser de dos formas:

- a) *De vida libre.*— Ejemplo: Azotobacter choococus y el Clostridium pastorianum.
- b) *De vida simbiótica.*— Ejemplo: Bacterias de género rhizobium que viven en reciprocidad con las leguminosas a nivel radicular.

Ambos tipos transforman el nitrógeno gaseoso (N_2) en formas aprovechables para las plantas, fijándolo en el suelo (en forma de nitratos).

Se calcula que la cantidad de nitrógeno orgánico elaborado por las bacterias ya mencionadas es considerable: pues se ha llegado a evaluar en 500 Kg/Ha/año; derivándose de ello la importancia en la agricultura, ya que si aplican las técnicas propicias de rotación de cultivos, se asegura una vida más larga del suelo y además se optimizaría el uso potencial de las tierras agrícolas.

Prosiguiendo con el ciclo del nitrógeno, se establece que cuando los organismos vivos mueren, las proteínas que forman los tejidos, que tienen nitrógeno dentro de su estructura, entran en un proceso de descomposición, al ser atacadas por bacterias bioreductoras, degradándolas a formas amoniacales que pueden ser absorbida por las raíces de otras plantas para formar nuevas proteínas.

Cuando existe exceso de nitrato en el suelo, las bacterias desnitrificadoras del género pseudomona, convierten las formas aprovechables de nitrógeno en nitrógeno gaseoso que se volatiliza y vuelve a la atmósfera, completándose así el ciclo. (22)

4.3.4 Funciones del Oxígeno.

El oxígeno es el elemento gaseoso más abundante, después del nitrógeno en la atmósfera. Las funciones que desempeña en los seres vivos es en la respiración entendiéndose como tal, al proceso bioquímico donde los alimentos sufren una serie de oxidaciones dentro de las células vivas. Se entiende por oxidación a la degradación de los alimentos (proteínas, carbohidratos y grasas) a formas más simples que son fácilmente aprovechables. Conociéndose también como combustión de los alimentos donde se libera el bióxido de carbono. (23)

4.3.5 Importancia del Bióxido de Carbono

El bióxido de carbono desde el punto de vista agrícola es importante ya que a partir de él conjuntamente con otros elementos efectúan las plantas verdes el proceso bioquímico denominado fotosíntesis.

Los elementos que se consideran necesarios para que tenga lugar la fotosíntesis son

- a) **Luz Solar.**— Proporciona la energía para que se lleven a cabo las reacciones químicas.
- b) **Bióxido de Carbono.**— Es el sustrato mediante el cual interactúan todos los elementos necesarios en el proceso.
- c) **Cloroplastos.**— Es la parte celular vegetal (generalmente de hojas y puntos verdes de la planta), constituido por un pigmento verde denominado clorofila.
- d) **Agua.**— En todos los procesos físico-químicos se necesita la presencia de H_2O como componente indispensable y esto no es la excepción.
- e) **Enzimas.**— Compuestos catalizadores que degradan las sustancias a formas más simples.
- f) **Elementos minerales.**

El proceso bioquímico que tiene lugar, requiere de un estudio muy especial, por lo que los detalles se omiten en este tema, enfocándose solamente a la importancia que representa el bióxido de carbono para la agricultura.

CAPITULO 5

ELEMENTOS Y

FENOMENOS

METEOROLOGICOS

CAPITULO 5

ELEMENTOS Y FENOMENOS METEOROLOGICOS

5.1 Conceptos de calor y temperatura.

5.1.1. CALOR.- Es una forma de energía, que transferida a un objeto, determina su aumento de temperatura; fluye tan sólo en el sentido de altas o bajas temperaturas. El calor puede considerarse con el trabajo realizado, o energía consumida para aumentar la temperatura de un cuerpo. (24)

5.1.2. TEMPERATURA.- Es el grado de agitación de las moléculas que integran a un cuerpo, que sucede cuando recibe cierta cantidad de energía en forma de calor.

Desde el punto de vista agrícola se puede definir como la cantidad de calor que se encuentra en el medio ambiente cuya influencia afecta directamente a los cultivos. (25)

Calor y temperatura, son propiedades físicas íntimamente relacionadas que no deben confundirse, por lo que es necesario marcar la diferencia entre los conceptos: calor se va a referir a la energía procedente de una fuente calorífica, mientras que las temperaturas va a ser la respuesta de un cuerpo con la presencia de calor.

5.2 Calorimetría

Se define como la parte de la física que trata de la medición de las cantidades de calor en los fenómenos térmicos. Las unidades de calor se representan por calorías, entendiéndose como tal a la cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de 1 gr. de agua pura en un grado centígrado de 14.5 a 15.5°C.

Todos los fenómenos térmicos y las necesidades de calor para las plantas se deben manejar con este concepto.

5.2.1. Formas de propagación del Calor.

Existen numerosos métodos por medio de los cuales se transmite el calor de un lugar a otro. Pero cabe mencionar que algunos de ellos son lentos e indirectos, por lo que los que se van directamente sobre su objetivo en la transferencia de calor son tres: conducción, convección y radiación.

a) CONDUCCION.- Es el proceso lento por el cual el calor se transmite a través de un cuerpo por actividad molecular, en forma tal que las moléculas de las porciones más calientes ceden algo de su energía cinética a sus adyacentes y menos activas de las porciones frías. (26)

La capacidad de una sustancia para conducir el calor se le llama "conductividad eléctrica", ésta depende del material conductor; los metales son buenos conductores, mientras que en la madera, agua y el papel esta propiedad es menor.

b) CONVECCION.- Es el proceso calorífico por medio del cual el calor que recibe un cuerpo lo transmite al dilatarse y disminuye su densidad, por lo que se inicia un movimiento ascendente de las moléculas, reemplazando las de menos calor; cuando éstas pierden el calor ganado inician el movimiento descendente, formándose un movimiento de agua por los lados, a esto se le denomina "Corriente de Convección". (27)

Por ejemplo cuando se calienta el agua en un recipiente las moléculas del fondo son las primeras que ganan calor e inician el movimiento ascendente y el agua fría de la superficie, tiende a bajar. (28)

Esta forma de transmisión del calor es la más importante para la atmósfera, pues las masas ascendentes y descendentes de aire, representan un factor importante en el calentamiento y enfriamiento de ella, derivándose de esto algunos fenómenos importantes en la agricultura.

c) RADIACION.- Es el proceso de transmisión del calor por medio de ondas electromagnéticas, cuyo movimiento ondulatorio no necesita ningún medio transmisor. Por ejemplo, la insolación es una forma de radiación ondulatoria que viaja en el espacio vacío a la velocidad de la luz (300,000 Km/seg.). (29)

5.2.2. Fuentes de Energía Calorífica.

El calor que recibe la tierra generalmente proviene de las siguientes fuentes:

a) *Sol.*

b) *Centro de la tierra.*

c) *Otros astros o estrellas.*

La mayoría de los procesos físico-químicos que se desarrollan en la tierra, en los cuales es necesario la energía calorífica, proviene del calor emitido por el Sol. Las otras dos fuentes pueden despreciarse por su pequeñez.

La cantidad de energía calorífica que se recibe en la tierra está en función de la insolación, es decir la energía radiante que procede del sol es diferente para cada punto del globo terráqueo.

5.2.3. Concepto de Actinometría.

Ciencia que se encarga de las mediciones de la intensidad de las radiaciones Solares.

Tiene gran importancia puesto que las radiaciones Solares no solamente condicionan al clima, sino también el desenvolvimiento de la vida vegetal y animal y sus variaciones son trascendentales para la meteorología, biología, agricultura y otras ciencias. (30)

La cantidad de energía recibida fuera de la atmósfera terrestre y a una distancia media de la tierra al sol, es de 1.94 Cal/cm²/min., basados en el Instituto Smith Soriano, más recientemente Johnson (1954) citado por Ortiz, estableció el valor de 2/calorías/cm²/min. (31)

Estos datos son necesarios considerarlos para analizar la cantidad de energía que se recibe realmente en la tierra y cuando se hagan estudios regionales de este factor poder relacionarlo con los procesos productivos del sector agropecuario.

Otro factor relacionado con la radiación solar que influye en la agricultura es el fotoperiodismo, que es la duración astronómica del día, o sea la duración de la luminosidad del día sin tomar en cuenta la intensidad de la radiación. En diversos estudios científicos se ha comprobado que para los cultivos agrícolas, la intensidad de la radiación solar es menos importante que la duración de la misma.

Tomando en cuenta el fotoperiodo vegetal, o sea la respuesta de las plantas a diferentes duraciones diarias de luz solar, podemos clasificar a los vegetales en tres grandes grupos.

a) Plantas de fotoperiodo largo.— Requiere una duración del día de 12 horas en adelante, ejemplos: espinacas, lechuga, remolacha, rábano, trébol, quelite, trigo, avena, cebada, lenteja, berenjena, etc.

b) Plantas de fotoperiodo corto.— Necesitan una duración del día igual o menor de 12 horas, ejemplos: camote, crisantemo, fresa, violeta, tabaco, algodón, soya, sorgo, etc.

c) Plantas indiferentes.— Este tipo de vegetales florece y fructifica tanto en épocas de días cortos, como de días largos, ejemplos: maíz, chícharo, tomate, girasol, chile, frijol, melón, calabacitas, sandía, pepino, etc. «32»

5.2.4. Absorción de Calor en la Tierra.

La superficie terrestre recibe en promedio 300 cal/cm²/día. Dato muy inferior a lo que se recibe fuera de la atmósfera. Esto quiere decir que parte de la energía se pierde en el transcurso de la atmósfera, pudiendo ser absorción, reflexión y dispersión.

Específicamente en la tierra, la cantidad diaria de calor recibida por cm cuadrados de suelo horizontal, varía según la época del año. Esto se debe a:

- a) La inclinación de los rayos Solares es diferente según la época del año.
- b) La duración de día, es diferente para cada época del año.
- c) Los días son más largos, cuando los rayos solares caen perpendicularmente.

Del total de la energía que llega a la tierra, parte de ella es reflejada al espacio exterior y los porcentajes de pérdida es diferente según la superficie que se trate. (v. cuadro 5.1). «33»

CUADRO 5.1.

Bosque	10%
Océano	12%
Campo Arado	15%
Arena seca	20%
Pradera	25%
Nubes	75%
Nieve	80%

En resumen se puede considerar, que el calor que absorbe la tierra es diferente según sea la superficie en consideración y la época de año de estimación.

5.2.5. Termometría.

Es la parte de la termología que trata de la medición de la temperatura. La termología es la parte de la física que trata del calor o de la temperatura. Esta ciencia es de vital importancia en la agricultura, pues llevan a la práctica las mediciones, se podrá analizar este factor que grandes efectos causa en los cultivos.

El elemento funcional de la termometría es el termómetro, instrumento que consiste en un tubo capilar de vidrio, ensanchado por su parte inferior y lleno de mercurio, alcohol u otra sustancia que se dilata o se contrae con la temperatura y al ascender o descender, marca en una escala graduada los grados de calor.

En la actualidad existen diferentes tipos de termómetros, aunque de todos ellos el de mayor importancia agrícola es el de máxima y mínima, cuya descripción se da a continuación.

5.2.6. Termómetro de Máxima y Mínima.

Es un tubo de vidrio acodado el cual lleva en el interior mercurio para registrar las temperaturas máximas; y además posee un índice de acero que es empujado al dilatarse el mercurio y al descender queda en la temperatura máxima que se alcanza durante el día. El de mínima contiene alcohol y un índice de esmalte que moja el líquido y lo arrastra consigo al descender, pero no lo desplaza al subir, marcando la temperatura más inferior alcanzada durante el día.

La temperatura que se toma en cuenta son las medias diarias que se obtienen sumando la temperatura máxima y la mínima y dividiendo entre dos.

Las escalas termométricas implementadas en los termómetros para cuantificar la temperatura son diferentes, existiendo las siguientes:

a) Escala de Grados Celsius.— Inventada por el astrónomo sueco Andrés Celsius. Está dividida en 100 partes, el 0 es para el punto de fusión y el 100 para el punto de ebullición del agua.

b) Escala de grados Fahrenheit.— Se inventó por el físico alemán Gabriel Daniel Fahrenheit, se utilizó en los países de habla inglesa, está dividida en 180 partes, el 32 es para el punto de fusión y el 212 para el de ebullición.

c) Escala de Grados Kelvin.— También se le denomina de temperatura absoluta, inventada por el físico-matemático inglés Williams Thomson Kelvin. El cero absoluto se marca en -273 donde cesa el movimiento molecular, obteniendo la escala completa agregando la temperatura decimal.

d) Escala de Grados Reaumur.— Inventada por el francés Reaumur. Se usó mucho en Francia, se construyó bajo el mismo de la centígrado, con la diferencia que la ebullición se marca en 80 y el 0 en la fusión.

e) Escala de Grados Rankine.— Considera dentro de su graduación la temperatura mínima registrada, a la cual se le adiciona la Fahrenheit completando la escala. El cero absoluto se maneja en 492 y el 672 para la ebullición del agua.

5.3 Variaciones de la Temperatura.

El efecto térmico de mayor importancia en la tierra es el gradiente (cambio por unidad de distancia) de temperatura que tiene lugar del ecuador a los polos. Esto es debido a la inclinación de los rayos solares, motivada por la curvatura de la tierra. Esta circunstancia conjuntamente con características propias de cada lugar en la tierra determina las variantes térmicas que se registran durante las diferentes épocas del año.

Los movimientos de las masas de aire son un factor importante en la variación diaria de la temperatura para una zona.

Para conocer el comportamiento de temperatura para cada zona, se trazan líneas que unen los puntos de igual temperatura, a tales líneas se les llama líneas isotermas. La variación de la temperatura que tiene lugar en la dirección perpendicular a las isotermas se denomina Gradiente horizontal de temperatura, tema que posteriormente analizaremos.

5.3.1. Ecuador Térmico.

Es la línea isoterma que une los puntos de mayor temperatura en la tierra. Este tiene una forma irregular debido a que cada lugar en la tierra que presenta temperaturas elevadas son diferentes.

Se encuentra desviado del Ecuador geográfico ligeramente hacia el norte de 8 a 12° de latitud debido a que la inclinación del eje de la tierra y a las corrientes marinas.

5.3.2. Temperaturas Extremas.

Debido a que las condiciones antes mencionadas las temperaturas eran muy volubles para una misma zona, por lo tanto el efecto que causen en los cultivos puede ser peligroso.

Las temperaturas extremas se refieren al grado de calor o frío en donde pueden desarrollarse los organismos vivos o bien perezcan. La temperatura máxima efectiva es el grado de calor en donde las plantas aún pueden sobrevivir arriba de la cual puede existir, deshidratación celular y muerte de la planta.

La temperatura mínima efectiva se refiere al grado de frío en el cual el vegetal aún puede desarrollar sus funciones vitales, pero si existen grados inferiores habrá cristalización de los fluidos de la célula, rompimiento celular y muerte de la planta.

Por consiguiente al hacer el estudio preliminar de una zona debe considerarse los posibles efectos que puedan tener las temperaturas extremas sobre su período vegetativo y seleccionar a las especies cultivables capaces de soportar esta condición.

5.3.3. Régimen Térmico.

Es la distribución geográfica de las líneas isoterma, lo cual forma zonas térmicas bien definidas que son:

ZONAS TERMICAS	TEMP. MEDIA ANUAL
Muy cálida	sobre 26°C
Cálida	entre 22 y 26°C
Semicálida	entre 18 y 22°C
Templada	entre 12 y 18°C
Semifría	entre 5 y 12°C
Fría	entre -2 y 12°C
Muy fría	bajo -2°C

*Datos tomados de Agroclimatología, llevado a cabo en el I.T.A No. 7 por el Ing. Mario R. Islas Chávez.

5.3.4. Gradiente Térmico.

Son las variaciones de la temperatura de un lugar a otro. Este puede ser en sentido vertical o en sentido horizontal.

a) Gradiente Térmico Vertical.

Es conocido que al ascender en el seno de la atmósfera, se van registrando temperaturas continuamente decrecientes; este descenso de la temperatura con la altura el aire se denomina gradiente térmico vertical. Existen tres razones que dan lugar a esta disminución:

1.- El mayor foco de calor, para el aire, es la superficie terrestre, por lo que al aumentar la distancia con respecto al foco, el aire disminuye.

2.- La densidad del vapor de agua disminuye con la altura, por lo que menor cantidad de calor puede ser almacenado.

3.- El descenso de la temperatura del aire resulta como consecuencia de la expansión del aire ascendente, desde la superficie del suelo. (24)

Como dato medio se considera que el gradiente vertical es de 0.5°C por cada 100 m., de altitud.

b) Gradiente Térmico Horizontal.

Es la variación de la temperatura que tiene lugar en la dirección perpendicular a las líneas isotermas, tiene lugar debido a la diferente cantidad de calor que se recibe por el sol. (25)

5.3.5. Inversión de Temperaturas.

En ocasiones en algunas capas de la atmósfera, la temperatura experimenta un brusco aumento, en lugar de disminuir. Esto ocurre cuando una masa de aire caliente se extiende por encima de otra de aire más frío. En tal caso la temperatura irá disminuyendo con la altura, en la capa fría y aumentará bruscamente al llegar a la cálida no obstante, tras una distancia corta vertical, la temperatura en la capa más caliente también empezará a disminuir con la altura. La condición en que dicho brusco aumento, en lugar del normal descenso que se presenta se le llama "inversión".

Los diversos procesos que puedan dar lugar a la inversión son los siguientes:

- 1.- Si el aire junto al suelo se enfría más rápidamente que el que está por encima, en virtud de que cede calor al suelo que está más frío.
- 2.- Cuando una capa de aire caliente se desliza por encima de una capa de aire más frío.
- 3.- En virtud del calentamiento de aire por subsidencia o descenso.
- 4.- En virtud de la turbulencia

5.3.6. Heladas.

Es el fenómeno meteorológico ocasionado por un descenso muy marcado en la temperatura, debido a la pérdida de calor de la corteza terrestre y la presencia de masas de aire frío.

Las condiciones para que se den las heladas son: cielos despejados, poco o nada de viento, atmósfera relativamente seca y noches largas. De esto sobreviene la pérdida excesiva de calor; la energía calorífica terrestre sale rápidamente al espacio libre, enfriándose la parte sólida de la tierra, más que el aire que descansa en ella.

Si la temperatura de una capa delgada próxima al suelo se reduce bajo el punto de saturación, se efectúa la condensación que puede ser en forma de rocío, esto a una temperatura mayor de 0°C. Si el punto de rocío se alcanza por abajo de 0°C, existe una forma de helada, denominada "helada blanca".

Si la temperatura del aire desciende a valores inferiores de 0°C, sin alcanzar el punto de rocío, no se efectúa la condensación y por lo tanto no se forma helada blanca, pero las plantas sufren el efecto de la baja temperatura, en este caso se dice hay "helada seca o helada negra".

5.3.7. Medidas de Protección contra Heladas.

Las heladas que se presentan en diferentes lugares de la Tierra ocasionan grandes daños a la agricultura. Para los cultivos son las heladas prematuras de fines de verano y principio de otoño, juntamente con las heladas tardías de principios de primavera las que ocasionan más daño, ya que se presentan en etapas claves del periodo vegetativo del cultivo.

El proteger contra este factor artificialmente es un problema, y solo se recomienda hacerlo en regiones donde sea costeable su ejecución. Por ejemplo, donde se siembren cultivos valiosos que ocupen pequeñas áreas.

Las medidas de protección se pueden clasificar en dos tipos:

1.- Medidas Naturales:

a) Selección del terreno adecuado.- Esta medida consiste en escoger el terreno de menor peligro contra heladas para cultivarlo. Las zonas son las laderas de montañas y colinas; el aire frío de la montaña desciende a los valles estacionándose ahí, ocasionando un descenso en la temperatura.

b) El flujo de calor del suelo avanza exclusivamente por conducción molecular y bajo la influencia de la porosidad la humedad y la cantidad de materia orgánica o humus del suelo. Cuando mayor sea su porosidad, será mejor el contacto entre partículas y por lo tanto, será mejor su conductividad. Como la aireación retarda el flujo ascendente de calor para reemplazar el perdido por radiación, la helada es más evidente cuando los suelos han sido barbechados o rastreados que cuando están compactos.

c) La humedad del suelo contribuye a aumentar la conductividad térmica del mismo. Cuando el suelo está húmedo se almacena mayor cantidad de calor y disminuye la velocidad de cambio de la temperatura. Cuando el suelo está seco aumenta los cambios de temperatura y por lo tanto está más expuesto a las heladas que cuando está húmedo.

d) La materia orgánica actúa como aislante y contribuye considerablemente a aumentar los daños por helada. Las cubiertas vegetales establecidas en cultivos frutales agravan los daños por heladas, ya compiten con estos por agua.

De acuerdo con las consideraciones señaladas una buena protección contra heladas consiste en mantener el suelo húmedo, libre de malezas y compacto. (36)

2.- Métodos artificiales.

a) Retarda la pérdida de calor al cubrir las plantas con un material no metálico como papel, plástico, paja o tela que

intercepte el calor irradiado por la tierra y por las plantas. El objeto de esto, no es aislar a la planta del frío, sino de dejar escapar el calor por irradiación.

b) Manteniendo la temperatura sobre el punto de congelación, por calentamiento artificial de las capas inferiores de aire, por medio de hornillos y botes de petróleo o kerosena.

c) Quemar materia orgánica para producir humo, cuyas partículas absorben el calor irradiado por la tierra (no es muy efectivo si las temperaturas descienden mucho).

d) Inundando el terreno sabiendo de antemano que habrá una helada, para que el agua, que se enfría más lentamente que la tierra produzca niebla y no helada.

5.3.8. Las Variaciones de la Temperatura y el Periodo Vegetativo de los Cultivos.

El periodo vegetativo del cultivo se refiere a las etapas fisiológicas que presentan durante su ciclo de vida las plantas.

Todos los procesos fisiológicos y funciones de las plantas se llevan a cabo dentro de ciertos límites de temperaturas relativamente estrechas. En general, la vida activa de las plantas superiores se localizan entre los 0° y 50°C, aún cuando estos límites varían mucho de una especie a otra. Los procesos fisiológicos que se efectúan dentro de la planta, tales como la fotosíntesis, la respiración, la transpiración y el crecimiento responden con frecuencia en forma diferente a la temperatura, así es que la temperatura óptima para cada función, si no son limitantes otros factores, puede ser muy diferente.

Toda la planta para completar su ciclo vegetativo debe acumular cierto número de grados de temperatura, por lo que se han ideado varios métodos para llevar el control de la acumulación progresiva de los grados a partir de la fase inicial. El método más sencillo es el de la suma de temperaturas medias diarias, propuesto por Reamur, y consiste en sumar la temperaturas medias diarias (°C), ya sea entre dos fases o durante todo el ciclo.

Otro método es el llamado "Crecimiento grados días", cuyo procedimiento se basa en que toda planta comienza a crecer por encima de una temperatura mínima llamada punto crítico (PC). Los grados de temperatura que diariamente se registran por encima del punto crítico se irán acumulando hasta alcanzar, al completarse el periodo vegetativo, una temperatura constante. Por ejemplo para algunas variedades de maíz tienen una temperatura constante de 2500°C, desde la germinación hasta la madurez, los cuales se cubrirán en diferente cantidad de tiempo, dependiendo de los diferentes climas.

La germinación de la semilla requiere ciertos grados de temperatura. Las especies de zona templada germinan dentro de un amplio intervalo de temperatura, desde poco más de 0°C hasta alrededor de los 35°C. Las semillas tropicales y subtropicales tienen una temperatura mínima de germinación de 5 a 10°C y una máxima de 45°C.

Las funciones de desarrollada las etapas de crecimiento y desarrollo son importantes para que se lleven a cabo dichas etapas,

siendo la transpiración, fotosíntesis, respiración y la absorción, (27).

En la medida que la temperatura sea óptima para las plantas, estas funciones se desempeñarían eficientemente, razón importante pues de ellas depende la producción de los cultivos.

5.3.9. Influencias de las Variaciones Térmicas en el Periodo Agrícola de la Región.

Como ya se mencionó en el tema anterior, las variaciones térmicas, son un factor de relevante importancia, pues influye directamente en las funciones vitales de las plantas, condicionando el periodo vegetativo durante todas sus etapas. Por tanto la temperatura va a actuar como un moderador durante la producción de los cultivos.

Tomando en cuenta que al temperatura es uno de los elementos del clima más variable, determinará en gran medida conjuntamente con los otros elementos, el periodo agrícola de cada región. Para implementar un periodo, es necesario que se tome en cuenta, cuando las temperaturas son propicias para el desarrollo vegetal, pues si existen zonas con temperaturas extremas perjudicarán a los cultivos e incluso representarán el fracaso total.

Generalmente el periodo agrícola en México se centra en la época de lluvias, refiriéndose desde luego, a cultivos de temporal. Cuando es de riego, deben considerarse más a fondo las variaciones, por ejemplo los cultivos de invierno, la heladas pueden afectar grandemente su periodo vegetativo, por lo que es necesario realizar un estudio, de cuándo se dan esas variantes para calendarizar el periodo adecuadamente.

En las regiones donde las temperaturas son elevadas, la evaporación representará el factor limitante para el periodo agrícola. Por lo que se recomienda que se siembren cultivos que tengan cierta tolerancia a la sequía, pues si continúa el tradicionalismo de sembrar maíz, frijol, u otra planta por el estilo, sucumbirán fácilmente.

En resumen, la planeación acertada del periodo agrícola de cada región, representará la producción del campo y con ello se puede realizar el nivel de vida del "agro mexicano".

5.4 Procesos de Transporte de Calor en algunas Prácticas Agrícolas

Como se mencionó anteriormente las formas de propagación del calor al transportarse de un sitio a otro son: la conducción, convección y la radiación, fenómenos de relevante importancia en algunas prácticas agrícolas, que se realizan con el fin de optimizar la energía solar en las necesidades caloríficas de las plantas.

5.4.1. Calor Util Recibido por las Plantas.

Como se señaló anteriormente la cantidad de energía procedente del sol por radiación se estima en 1.94 Cal./cm²/min., fuera de la atmósfera.

De esta cantidad un porcentaje es reflejado por la atmósfera (nubes, polvo, etc.) por el agua, suelo y por la vegetación, por lo que se considera que la reflexión general por la tierra es de 40%, por lo tanto la energía disponible en término medio será de 1.46 Cal./cm²/min. que corresponde al 60% restante del calor que entró en la atmósfera. (30)

Para calcular el calor útil que reciben los cultivos se puede hacer fácilmente, sabiendo el área que estos abarcan tomando en cuenta los datos anteriores menos lo reflectado al espacio.

Es importante mencionar que el calor que reciben los cultivos es fundamental para desarrollar algunas funciones vitales, tales como: fotosíntesis, transpiración, absorción, etc., por lo que en la magnitud en las plantas reciben lo indispensable, dará como resultado buen crecimiento y desarrollo, manifestándose en la producción.

La energía calorífica recibida del sol se puede perder por reflexión, por lo que algunos cultivos sufren deficiencias de calor, pudiendo causar daños a tales plantas. Debido a esto se han ideado algunos métodos para optimizar el uso del calor, los cuales se caracterizan enseguida.

A) ALMACIGOS.

Son construcciones realizadas en los viveros con la finalidad de facilitar la germinación y la primera etapa de vida de algunas plantas, cuya siembra directa en los terrenos se ve afectada por un porcentaje reducido de germinación, debido a que las semillas no tienen las condiciones de calor y humedad que necesitan para el brote.

En este caso, es necesario que la movilidad del calor quede estancada, y así las plantas cuya semilla es pequeña, tenga los grados de temperatura necesarios para que se de la germinación. En el siguiente cuadro se esquematizan las temperaturas que deben tener el suelo para el brote de algunas especies de hortalizas.

CUADRO 5.2.
Temperatura del suelo para la germinación de algunas
Especies de Hortalizas.

ESPECIE	MINIMA °C	OPTIMA °C	MAXIMA °C
Acelga	4.4	29.5	34.6
Apio	4.4	29.9	29.5
Betabel	4.4	29.5	34.6
Calabacita	15.4	34.6	37.4
Col	4.4	29.5	37.4
Cebolla	1.6	23.6	34.6
Jitomate	9.9	29.5	34.6
Sandía	15.4	34.6	40.1
Zanahoria	4.4	26.4	34.6

Datos tomados de los apuntes de la unidad II del Programa de la Cátedra de Hortalizas por : Ing. Timoteo Valdez H. y etc/al de la Universidad Autónoma de Chapingo.

Cuando exista en el almácigo perdida por irradiación y la temperatura de sus capas no den el calor necesario se procederá a realizar una práctica para proporcionar calor; por ejemplo: poner sombra colocando un techo medio cubierto con carrizo, zacate u otro residuo de cosechas.

B) CAMAS CALIENTES.

Son almácigos hechos de materiales con características termo-eléctricas, es decir, las capas que lo forman tienen la capacidad de retener el calor y soltarlo lentamente por conducción hacia la superficie, que es donde se enfría más rápidamente (Zona de las semillas por germinar).

Estas construcciones se utilizan en los climas fríos para facilitar la germinación y están compuestas por los siguientes sustratos:

 Estiércol y Materia Orgánica

Arena

Forraje verde

Grava

C) COBERTORES.

Son capas de materiales aislantes que se colocan encima de los almácigos, con la finalidad de disminuir la pérdida de calor por irradiación. Los materiales usados son: plásticoa, papel, paja, etc. Es necesario estar al tanto de cuando exista el brote de las plántulas para retirarlo, pues puede causar daño a las ya germinadas.

D) INVERNADEROS.

Son construcciones techadas con algún material transparente a la luz solar. La finalidad de ellas, no es solamente la regulación del equilibrio térmico que impera dentro de sí, sino también lo referente a ventilación, humedad atmosférica, presencia de bióxido de carbono, etc., las cuales todas en conjunto proporcionan las condiciones climáticas ideales para el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas cultivadas implícitamente en esas construcciones .

Al calor recibido durante las horas luz del día se le da un máximo de utilización, pues en primer instancia se evita la pérdida de calor y en segundo lugar se regula la temperatura mediante la ventilación.

E) PLANTAS NODRIZAS.

En los climas tropicales, debido a las altas temperaturas, los cultivos están afectados grandemente en su periodo vegetativo. Una manera de reducir la incidencia directa de los rayos solares, es la plantación de vegetales cuyo desarrollo foliar proporcione protección o sombra al cultivo, de tal manera que regule la radiación directa sobre las plantas vegetativas. A estos vegetales se les denomina plantas nodrizas, fungiendo como protectores de la plantación original.

Las plantas que se utilicen como nodrizas serán aquellas que se encuentren comúnmente en cada zona, para que se desarrollen óptimamente y cumplan con su cometido.

F) HUMADERAS.

Cuando existe la perdida masiva de calor de la superficie del suelo por irradiación, los cultivos implantados en estos terrenos, están propensos a sufrir daños por heladas. Las condiciones que intervienen en la pérdida de calor ya se explicaron ampliamente. Aquí nos vamos a referir exclusivamente al proceso de transporte de calor y por evitarlo.

Las humanaderas son pues una práctica que se desarrolla para evitar la pérdida de calor hacia alturas en donde es imposible su retorno a la tierra. El humo que se produce está formado por partículas de bióxido de carbono que tiene la facilidad de absorber el calor emitido por la tierra, reincorporándolo a ella posteriormente. Como se notó cuando se trataron las medidas para

reducir el efecto de las heladas, este método es fácil de realizarse y efectivo para evitar la pérdida de energía.

G) CALENTADORES.

Son hornillos o botes con combustible, que se colocan estratégicamente en el campo del cultivo, con la finalidad de proporcionar calor a las plantas por irradiación. El proceso como ya se mencionó se hace por medio de ondas electromagnéticas.

Esta práctica se realiza cuando se presente el fenómeno de las heladas, que grandes pérdidas causan a las explotaciones agrícolas.

H) RIEGOS.

Cuando se describió el proceso de transmisión del calor por conducción se especificó que el agua es un mal conductor del calor, por el motivo al aplicar riegos al suelo con lleva la finalidad de retener al máximo la energía calorífica; por lo que cuando se conoce con anterioridad que se presentará este fenómeno se recomienda implantar algún sistema de riego para humedecer el suelo, y con ello el transporte de calor se desarrolle más lentamente y se evite en cierto modo la salida de éste hacia el aire.

CAPITULO 6

PRESION

ATMOSFERICA

CAPITULO 6

PRESION ATMOSFERICA.

Definición: Es la fuerza que ejercen los gases de la atmósfera por unidad de superficie. La presión se puede interpretar en una columna de mercurio de un barómetro.

La presión del aire sobre una pulgada cuadrada, en la superficie terrestre, al nivel del mar es de 7 kg. (14.7 libras) en idénticas condiciones el mercurio alcanzaría una altura de 76 cm. (29.92 pulgadas) en un barómetro corriente. (37)

6.1 Variaciones de la Presión Atmosférica.

Al igual que la temperatura, la presión atmosférica presenta también importantes variaciones, tanto horizontal como verticalmente, así como periódicas.

6.1.1. Variaciones Verticales.

Este tipo de cambio se debe a el aire junto al suelo se comprime, determinando un notable aumento en la densidad, por lo que el peso de aire varía con respecto a la altura. Pudiendo decirse que a menor altura mayor presión y a mayor altura menor presión.

6.1.2. Variaciones Horizontales.

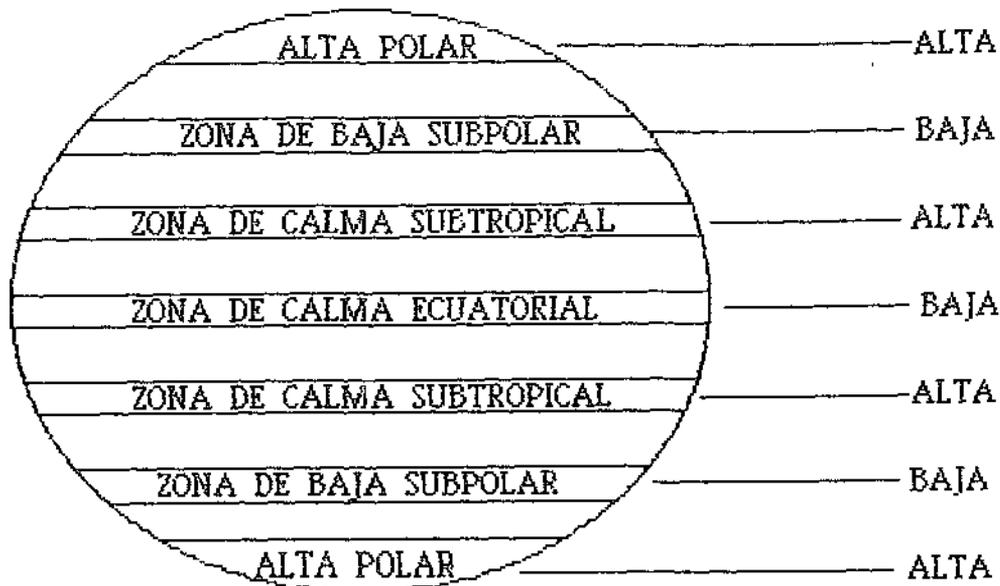
El calentamiento desigual producido por el sol sobre la superficie terrestre y en consecuencia, sobre el aire que está junto al suelo, determina una variedad de presiones variables sobre dicha superficie terrestre.

Este tipo de variación se deben a la presencia de las diferentes temperaturas que se manifiestan en la tierra. A mayor temperatura menor presión y a menor temperatura mayor presión.

6.2 Régimen Bórico.

Las isobaras son líneas trazadas uniendo puntos en los existe la misma presión; los valores de la presión son obtenidos en estaciones locales.

El régimen de presión se determina mediante el análisis de la distribución geográficas de las isobaras. Las zonas que dan lugar son las siguientes:



1.- Zona de Calma Ecuatorial.- En todo el año, un cinturón de bajas presiones rodea a la tierra por la zona ecuatorial como el resultado del sobre calentamiento medio que en dicha región experimenta el globo.

2.- Zona de Calma Subtropical.- Son 2 cinturones caracterizados por altas presiones y vientos relativamente débiles o calmas, que se sitúan simétricamente a ambos lados del ecuador a 30oN y 30oS.

La alta presión se da por aire descendiente, una humedad relativa baja y cielos claros.

3.- Zona Subpolar de Baja Presión.- Se manifiesta como consecuencia de los fuertes cambios a lo largo del año, en virtud de los notables contrastes térmicos, que surgen entre tierras y mares.

En enero, las bajas se convierten en altas, sobre las tierras (para dar lugar a las altas canadienses y siberianas), pero se transforma a aéreas de bajas presión, muy acusadas y tormentosas sobre las aguas relativamente cálidas del Atlántico Norte, y Norte del Océano Pacífico, conocidas respectivamente con la denominaciones de bajas de Islandia y baja Aleutiana.

4.- Zona de los Casquetes Polares de Alta Presión.- Esta zona se deriva del enfriamiento excesivo que tiene la región, siendo el aire más pesado por tener poca temperatura; aumentando la presión por unidad de superficie. (40)

6.3 Gradiente de Presión.

Son las variaciones de la presión de acuerdo a la distancia. Puede ser en sentido vertical u horizontal.

a) Gradiente de Presión Vertical.- Se refiere a las diferencias de presión conforme a la altura. Las capas junto al suelo se comprimen más que las superiores, pues soportan el peso de las demás, aumentando con ello la densidad y la presión.

b) Gradiente de presión horizontal.- El calentamiento desigual por el sol sobre la superficie terrestre, y como consecuencia del aire junto al suelo, da lugar a la manifestación de diferentes temperaturas y a su vez diferencias de presión entre los diferentes

puntos de la tierra. Este gradiente se da en el sentido perpendicular a las líneas isobaras, y entre más acusado sea éste se crearán las zonas de alta y baja presión, lo que determina la dirección de los vientos. (41)

6.4 Cartas Isobáricas.

Las líneas isobaras como se señaló anteriormente son trazos continuos que unen puntos de igual presión atmosférica. La interpretación esquemática de estas líneas en mapas o croquis son las llamadas "cartas isobáricas", las cuales sirven para analizar el comportamiento de la presión de una zona, región, país o continente, y con ello saber donde se localizan los centros de alta y baja presión.

6.5 Tendencia Barométrica.

El cambio que experimenta la presión, durante las tres horas anteriores a una observación se le llama tendencia barométrica. Se expresa mediante su valor neto, de modo a que el cambio puede haber tenido lugar de forma continua, en un sentido, o puede haber sido determinado por un aumento inicial, seguido de un descenso y viceversa.

La tendencia de la presión es uno de los datos de observación meteorológica que se facilita con los demás elementos o factores meteorológicos.

Las líneas de trazo continuo que unen los puntos en los que se ha registrado idéntica tendencia, se denomina isalobaras y constituyen un importante elemento de trabajo para llevar a cabo el análisis del tiempo. (42)

6.6 Descripción del Barómetro.

Instrumento para determinar la presión atmosférica, su principio es a partir de la presión que ejerce el aire sobre el mercurio contenido en una cubeta, desplazándose sobre un tubo hueco. (43)

El barómetro de mercurio más comúnmente utilizado es el barómetro tipo fortín, el cual consiste en una cubeta de vidrio donde va contenido el líquido y un tubo de vidrio largo y hueco. La cubeta tiene un índice de marfil fijo a la armadura que queda en la parte superior y dentro de la cubeta.

Al hacer la lectura barométrica, la superficie libre del mercurio debe ponerse en contacto con la punta de marfil, por medio de un tornillo inferior que permite bajar o subir el nivel del mismo.

Este instrumento tiene otra parte llamada cursor, que es un vernier graduado, con el cual se logra mayor precisión en las lecturas.

La temperatura estándar de los barómetros de mercurio es de 0°C y para aplicar la corrección por temperatura, el barómetro está provisto de un termómetro en su armadura. Para esta corrección se

usan tablas a las cuales se entra con los dos datos de temperatura y la altura de la estación meteorológica. (44)

Corrección Barométrica (mm), por Temperatura, que debe sumarse o restarse a la columna (mm) de mercurio observada.

CUDRO 6.1.

ALTURA (msnm)	TEMPERATURA °C										
	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	+4	+3	+1	0	-1	-3	-4	-6	-7	-9	
2000	+8	+5	+3	0	-3	-5	-8	-10	-13	-15	
3000	+10	+7	+4	0	-4	-7	-10	-14	-17	-20	
4000	+12	+8	+4	0	-4	-8	-12	-16	-20	-23	
5000	+14	+9	+5	0	-5	-9	-14	-18	-22	-26	
6000	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	-19	-24	-28	
7000	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20	-24	-29	
8000	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20	-24	-29	
9000	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20	-24	-29	
10000	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20	-24	-29	

Datos tomados del libro de Torres Ortiz de Agrometeorología.

6.7 El viento y su Influencia en los Cultivos.

Los vientos se pueden clasificar en vientos locales periódicos o dominantes. Dentro de los primeros tenemos los siguientes:

a) Brisas del Mar y Tierra.— Son vientos locales que son plan alternativamente del mar a la tierra y de la tierra al mar. Se producen como resultado de la variaciones de las temperaturas diarias. Como durante el día la tierra se calienta más que el mar, la brisa sopla del mar a la tierra. Y durante la noche, como el mar se enfria menos que la tierra, la brisa sopla de la tierra al mar. (Terral).

b) Brisas de Valles y Montañas.— Son vientos locales que soplan alternativamente de valle a la montaña y viceversa, son resultado de las variaciones de la temperatura diaria. Durante el día la montaña puede calentarse más que el valle y por eso la brisa el valle hacia la montaña. Y durante la

noche la montaña suele enfriarse más que el valle, y por eso la brisa sopla de la montaña al valle.

VIENTOS PERIODICOS.- Son aquellos que soplan periódicamente según sea la estación del año; un ejemplo son los vientos monzónicos que se caracterizan por una inversión de la dirección de acuerdo a la estación. La razón de este fenómeno es la variación de presión a que da lugar como consecuencia de los cambios térmicos que experimenta el suelo al pasa el invierno al verano.

REGIONES DE VIENTO.- Los sistemas de vientos que envuelven a la tierra se dan como consecuencia de la circulación general de la atmósfera que nos dan un régimen de vientos localizados geográficamente de acuerdo a las zonas de alta y baja presión.

Los vientos son los siguiente:

-Vientos Alisios.

Estos vientos soplan desde los cinturones de calma subtropicales hacia las calmas ecuatoriales y son de los más constantes de todos los del sistema planetario. Su velocidad media es de 10 a 15 nudos, lo que corresponde a 15 a 20 km., por hora, poseen mucho vapor de agua.

Los vientos alisios no llevan en sentido perpendicular al ecuador y por esto suele llamárseles alisios del noroeste y alisios del suroeste, según el hemisferio de su procedencia. Esta desviación se deben a la "fuerza de coriolis", impuesta por el movimiento de rotación de la tierra.

-Vientos contralisios.

Los vientos alisios al llegar al ecuador sufren un sobrecalentamiento, iniciándose un movimiento convectivo ascendente de las masas de aire, llegando a una altura de 3000 a 5000 metros, iniciando el retorno hacia el paralelo 30° por encima y contrarios a los alisios, de ahí su nombre de contralisios. poseen poco o nada de vapor de agua. Al descender al paralelo 30° por ser secos ocasionan los desiertos de mundo.

-Vientos del Oeste.

Son vientos que inician en la zona de alta presión subtropical, con dirección hacia los polos, son desviados hacia el sudoeste en el hemisferio boreal y para el noroeste en el austral. Soplan a una velocidad de 17 a 27 nudos, siendo de 25 a 35 km., por hora.

En el hemisferio sur debido a que hay menos masas de tierra, estos vientos son tan borrascosos (latitud 40° y 50° sur), y se le conoce con el nombre de los cuarenta bramadores.

-Vientos Polares.

Las fajas de vientos polares tienden a soplar desde las zonas normalmente frías de los polos hacia el ecuador, pero se desvían

por la rotación terrestre y se convierten en vientos del noroeste en el hemisferio boreal y sudoeste en el hemisferio austral.

El el transcurso del año se producen variaciones importantes en las fajas de los vientos antes descritos, causadas por la alternancias de las estaciones y las diferencias resultantes en las velocidades de calentamiento y enfriamiento de las masas continentales y las superficies oceánicas. (45)

Los efectos que los vientos causan en los cultivos se pueden clasificar en: Efectos Benéficos y Dañinos.

1.- Efectos Benéficos.

- a) La circulación suave del viento permite la renovación del aire que rodea a la planta y como consecuencia el anhídrido carbónico necesario para la fotosíntesis, y como producto de ésta, la liberación de oxígeno, elemento de importancia vital.
- b) Un viento suave resulta útil para la transpiración vegetal.
- c) Interviene de modo apreciable en la distribución o migración de la vegetación, al transportar semillas pequeñas a distancias considerables; llegando a otras regiones donde pueden adaptarse.
- d) Interviene en la polinización de ciertas plantas.
- e) Participa en el ciclo hidrológico al transportar grandes nubes del mar hacia tierra firme y causar las precipitaciones. (46)

2.- Efectos Dañinos.

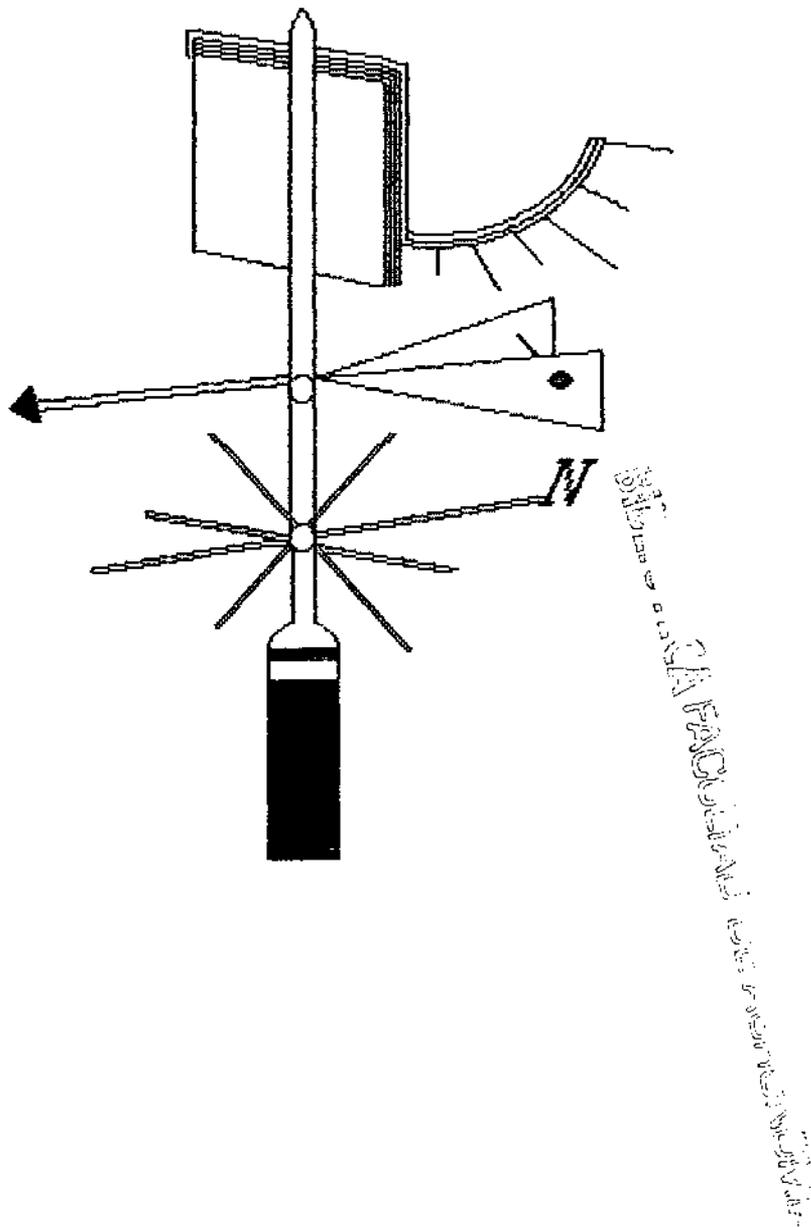
- a) La baja velocidad del viento facilita la presentación de las heladas y las nieves, fenómenos que perjudican grandemente a la agricultura.
- b) La alta velocidad del viento ocasiona grandes desastres a los cultivos, anulando la floración, desprendiendo frutas pequeñas e incluso destruyen completamente a las plantas.
- c) El viento influye en la evaporación de la humedad del suelo y en la transpiración de las plantas; cuando es cálido y seco aumenta la pérdida de agua de la planta y suele que se prolonga demasiado afectado grandemente a la cosecha.
- d) En el suelo ocasiona conjuntamente con el agua y otros elementos la erosión que es el empobrecimiento del suelo, obteniendo malas cosechas.
- e) Propaga algunas plagas y enfermedades.
- f) El viento provoca variaciones muy rápidas de temperatura, lo cual daña a las plantas.
- g) Provoca el acame de los cereales, deformación de las copas de los árboles y el transporte de las semillas de malas hierbas. (47)

6.8 Medición del Viento.

El viento es el aire que se mueve horizontalmente; la medición de este fenómeno se hace con los siguientes instrumentos:

6.8.1. Anemoscopio o Veleta.- Es un instrumento que sirve para determinar la dirección, o rumbo en la rosa de los vientos, de los movimientos de la atmósfera.

ANEMOSCOPIO O VELETA

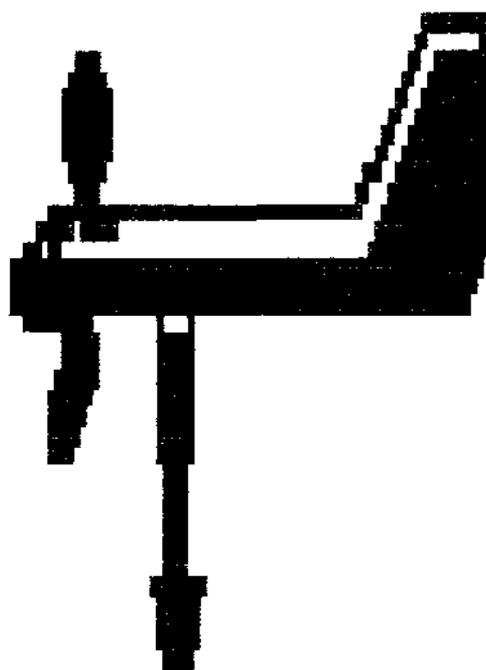


6.8.2. Anemómetro.- Instrumento utilizado para determinar la velocidad del viento; los hay de varios tipos, siendo el más común al que consta de tres o más cazoletas semiesféricas, situadas en los extremos de brazos horizontales que parten de un eje vertical capaz de girar. Cuando mayor sea la velocidad del viento, tanto más rápidamente girarán las cazoletas y con ellas el eje al que van unidas, mediante un dispositivo consistente en un generador eléctrico, tipo magneto, o un sistema de engranajes dotados de contactos eléctricos adecuados se transforma el movimiento giratorio, y nos permite ver la velocidad del viento en instrumentos remotos. Estos equipos pueden registrar valores instantáneos o velocidades medias según el objetivo deseado. (48)



ANEMOMETRO

DE TRES CAZOLETAS



ANEMOMETRO DE HELICE

CAPITULO 7

= HUMEDAD

ATMOSFERICA =

CAPITULO 7

HUMEDAD ATMOSFERICA

Se entiende como humedad atmosférica a la cantidad de vapor de agua que circula en la atmósfera. La mayor o menor capacidad del aire para contener el vapor de agua depende de su mayor o menor temperatura. El aire de un día caliente de verano puede contener mayor cantidad de vapor de agua, que en un día de invierno.

Aunque el contenido de vapor de agua constituye solamente una pequeña fracción de la atmósfera, variando de 0 a 4% en volumen, juega un papel importante en el balance térmico y en los fenómenos del tiempo, de la atmósfera. Tema que a continuación se describe.

7.1 Importancia del Vapor de Agua en la Atmósfera.

Dentro de los elementos que integran al clima, los derivados del vapor de agua son los más representativos de cada zona, ya que a simple vista se observa cuando es éste abundante y cuando escaso o nulo al observar el paisaje. Tomando como base lo anterior, la importancia del vapor de agua se puede desprender de las siguientes razones:

a) Cuando mayor es la cantidad de vapor de agua en el aire, mayor es la capacidad de la atmósfera para producir precipitaciones, las cuales son uno de los elementos más importantes, del tiempo y del clima.

b) El vapor de agua, absorbe por medio de varias capas de absorción la energía irradiada por la tierra, ya es que casi transparente a la radiación solar; por lo tanto regula la rapidez de la pérdida de calor y juega un papel importante en el calentamiento y enfriamiento de la atmósfera, ya que actúa como un abrigo que impide la pérdida de energía.

c) Cuanto mayor sea la cantidad de vapor de agua en la atmósfera, mayor capacidad tendrá ésta para producir tormentas eléctricas; cuyas descargas (rayos) convierten el nitrógeno gaseoso en nitratos que caen con la lluvia, utilizándolo las plantas en su nutrición.

d) La cantidad de vapor de agua en la atmósfera, representa una cantidad de energía en forma de calor latente de condensación, que se libera al formarse las nubes y constituye por este concepto un vehículo de transporte de energía en la atmósfera, que es fácilmente acarreada por los vientos a grandes distancias.⁴⁹

Dentro de las fases del ciclo hidrológico se encuentra el fenómeno de evaporación, entendiéndose como tal al proceso por medio del cual el agua de estado líquido pasa al estado gaseoso, dando origen al vapor de agua del aire. Dicho fenómeno es importante describirlo para la comprensión de esta fase.

7.1.1. Fenómeno de Evaporación.

Las masas acuíferas de la tierra que están en contacto con el calor, están predestinadas a convertirse en moléculas de vapor de agua, dicho fenómeno consiste en lo siguiente: las moléculas de agua de la superficie están en continua agitación pues tienen mayor amplitud de movimiento, como consecuencia algunas de ellas adquieren mayor velocidad que la restante, tales moléculas que se encuentran próximas a la superficie pueden escapar venciendo la fuente barrera que representa la tensión superficial, pasando al aire convertidas en partículas de vapor de agua.

*Este fenómeno es importante considerarlo en la agricultura pues representa una de las formas en que se pierde el agua del suelo, porque es limitante para la producción. En algunas zonas ecológicas de México la evaporación supera al agua precipitada por lo que la agricultura se dificulta en esas áreas, debido a esto se recomienda hacer buen manejo y uso del agua con la finalidad de subsanar algunas desavenencias, como la construcción de ollas de captación, estanques, retención de humedad del suelo con algún material aislante, etc.

7.1.2. Humedad de saturación absoluta y relativa

a) HUMEDAD RELATIVA. - "Es la cantidad porcentual de vapor de agua que en un momento dado y a una determinada temperatura contiene el aire, con relación a la máxima cantidad de vapor que a esa misma temperatura el aire puede contener".⁽⁵⁰⁾

Se expresa en un porcentaje de saturación, es decir; tomando el aire saturado como contenido 100% de humedad relativa. Ejemplo: si el aire se enfría su capacidad para contener vapor de agua disminuye y llega un momento en que la humedad relativa es del 100% y se dice entonces que el aire ha alcanzado su punto de rocío, es decir, está completamente saturado de humedad.⁽⁵¹⁾

Para calcular la humedad relativa tomando en cuenta la presión del vapor que es directamente proporcional a la masa que éste tiene, se hace con las siguientes fórmulas:

$$Hr = \frac{e}{E} \times 100$$

Donde:

Hr = Humedad relativa (%)
e = Presión actual del vapor de agua (mm.hg)
E = Presión máxima del vapor (a saturación) para una temperatura seca.

b) HUMEDAD ESPECIFICA.- "Es la masa en gramos de vapor de agua (mv), contenida en un kg., de aire húmedo (Ma). Si el aire está saturado de la He será "Humedad específica" saturante, la humedad específica se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$He = 623 \frac{e}{p} \quad \text{Donde:}$$

He = Humedad específica (g. vapor/kg. aire)
e = Presión actual del vapor (mm hg)
p = Presión atmosférica (mm Hg)

Ejemplo: Para una presión actual de vapor (e) de 9.14 mm de mercurio (hg) y una presión atmosférica media de 615 mm. de mercurio, tendríamos:

$$He = 623 \frac{9.14}{615} \quad He = 9.26 \text{ g. de vapor de agua por cada kg. de aire.}$$

c) HUMEDAD ABSOLUTA.- Es la masa de vapor de agua en gr. (Mv) por unidad de volumen (m³) de aire (v). Esta cantidad oscila entre una fracción muy pequeña y uno 25 gramos de vapor por cada m³ de aire. Se puede calcular con la fórmula siguiente:

$$Ha = 289 \frac{e}{t} \quad \text{Donde:}$$

Ha = Humedad absoluta (g. vapor/m³ de aire)
e = Presión actual del vapor (mm hg)
t = temperatura absoluta del aire (°k)

Ejemplos: Continuamos con e: 9.14 mm hg y t = 24°C, tenemos:

$$Ha = 289 \frac{9.14}{24+273} \quad Ha = 8.89 \text{ g/m}^3$$

Quando se vaya a obtener las humedades que se mencionaron anteriormente se recomienda un estudio más detallado de cómo sacar los datos tanto de presión del vapor como la presión del aire, temas descritos anteriormente.

7.1.3. Fenómeno de Punto de Rocío.

El punto de rocío es la temperatura a la cual el aire resulta saturado de forma que cualquier enfriamiento posterior determina condensación de humedad.

La temperatura del punto de rocío de aire, puede determinarse fácilmente mediante un experimento sencillo que consiste en lo siguiente: En un recipiente metálico o de vidrio de paredes delgadas se introduce agua y se añaden pedazos de hielo con objeto de que al fundir vaya enfriando el agua hasta que la temperatura se homogenice, para esto se agita, por tanto el aire que se encuentra en contacto con el recipiente alcanza el punto de rocío, sobre la pared exterior del recipiente se observa la formación de gotitas a manera de exudación. Si en este momento se toma la temperatura

dentro del recipiente, la graduación del termómetro indicará la temperatura del punto de rocío.

El punto de rocío de una masa de aire ascendente, disminuye con la altura a razón de 2°C por Km, ya que la concentración de vapor de agua, por unidad de volumen, disminuye a medida que el aire se expande. (52)

7.1.4. Calor Latente de Evaporación.

Al pasar del estado sólido al líquido el agua requiere de cierta cantidad de energía, lo mismo para pasar de líquido al gaseoso.

En efecto, se necesitan 79 calorías para convertir 1 gr de hielo en 1 gr. de agua a 0°C , y 607 calorías para convertir 1 gr de agua a 0°C en 1 gr de vapor de agua a esa misma temperatura.

En virtud de que se requiere tal cantidad de energía para pasar del estado sólido al líquido y del líquido al gaseoso se deduce que el vapor de agua contiene más energía interna que el agua y ésta más que hielo. A esta energía almacenada por el vapor de agua se le conoce con el nombre de "calor latente de evaporación".

La energía perdida en el líquido no se emplea en elevar la temperatura, sino sólo en el cambio de estado físico. Por el contrario al pasar del estado gaseoso al líquido, la energía latente del vapor de agua se libera calentando la atmósfera y se llama entonces calor de condensación, siendo una fuente de energía muy importante en el desarrollo de las tormentas en especial las tropicales.

7.1.5. Fenómeno de Condensación.

La condensación es el proceso inverso en la evaporación por medio del cual el vapor de agua de ser gas, pasa al estado líquido.

Este fenómeno tiene lugar cuando la temperatura del aire desciende por debajo de la del punto de rocío. En seguida el aire saturado empieza a convertir parte del agua que contiene, en agua líquida, salvo en el caso de que la temperatura caiga por debajo del punto de congelación ya que entonces el vapor de agua pasa directamente en hielo (sublimación).

Existen dos condiciones necesarias para que se produzcan la condensación de la humedad:

- a) Debe de haber enfriamiento por abajo del punto de rocío
- b) Debe existir núcleos de condensación.

En el primer caso al realizarse la condensación puede culminar en precipitación (lluvia); mientras que en el segundo da origen a las nubes, tema que a continuación se describe.

7.1.6. Fenómeno de Formación de Nubes.

El mecanismo de condensación, que da origen a las nubes se deriva de la presencia de partículas microscópicas en el aire, denominadas "núcleos higroscópicos". El proceso de cambio de estado sucede al rededor de dichos núcleos, pasando de gas que el vapor a sólido o líquido. Los más importantes de ellos son las sales marinas que son elevadas por la acción de los vientos, o también puede ser partículas humo las cuales provienen principalmente de la combustión del carbón o petróleo y de la materia orgánica. «33»

Este fenómeno de condensación proporciona el asiento para formar gotas de agua o cristales de hielo, según sea la temperatura cuando se efectúa este proceso. Por otra parte, cuando la atmósfera sobre pasa el punto de saturación, las moléculas de agua sobrantes se precipitan sobre los núcleos de condensación, dando lugar a gotas de agua o corpúsculos de hielo, mencionando elementos constitutivos de las nubes.

7.1.7. Clasificación de las Nubes.

Antes de hacer mención a la clasificación de las nubes es necesario conocer las familias en que se agrupan éstas:

a) NUBES CUMULIFORMES: (Del latín cumulus = montón). Su formación se debe a la presencia de fuertes corrientes de aire ascendente. La base de estas nubes tienen forma horizontal, mientras que la parte superior se desarrolla sin uniformidad, dando formas blancas y redondeadas con aspecto de coliflor o algodón.

b) NUBES ESTRATIFORMES.— (Del latín Stratus = extendido). Se originan cuando la corriente de aire ascendente es muy débil. Son de color gris claro y se disponen en una o varias bandas horizontales que ocupan, generalmente, una gran extensión.

Las nieblas son nubes estratificadas al ras del suelo, cuya formación es debida al enfriamiento de las capas bajas originado por la radiación terrestre, o al traslado horizontal de aire cálido por encima de un suelo frío.

c) NUBES CIRRIFORME.— (Del latín Cirrus = rizo). Están formados por pequeños cristales de hielo y se forman a grandes alturas, adoptando formas filamentosas muy delgadas.

Cuando una nube estratificada o cumuliforme de lugar a precipitación sea ésta en forma de lluvia, nieve o granizo, se combina el nombre básico con el término nimbo (del latín nimbus = nube de lluvia).

La siguiente clasificación se forma asociando los grupos ya descritos, formando números tipos mixtos, reconocidos internacionalmente, lo que le da el nombre de clasificación internacional de nubes. Estos tipos son un total de 10 y se reagrupan según sea la altura de que se encuentran.

A continuación se dan una descripción de cada uno de ellos:

1.- NUBES ALTAS: Son aquellas cuya altura es superior a 6000 m., sobre el suelo. A este grupo pertenecen los siguientes tipos:

a) *Cirrus*.- Son delgadas de estructura fibrosa y apariencia de ceda, si están en desorden en el cielo predicen buen tiempo y si están acumuladas simétricamente en bandas o se encuentran combinadas con cirrostratus o altostratus predicen mal tiempo. Están formadas por pequeñísimos cristales de hielo.

b) *Cirrustratus (C.S.I)*.- Son nubes que se presentan en forma de capas delgadas y blanquecinas. A veces son tan tenues que pasan desapercibidas, notándose al observar el cielo que es menos azul. Con frecuencia la luz del sol o la luna al atravesar los cristales de hielo de que están formadas, originan fenómenos ópticos, siendo el más frecuente el halo que consiste en un anillo luminoso que se forma alrededor del sol o la luna.

c) *Cirruscumulus (Cicu)*.- Están formadas por hojuelas o masa globulares que no proyectan sombra en sus bordes; se encuentran en líneas o rizos dándoles al cielo un aspecto aborregado.

2.- NUBES DE ALTURA MEDIA.- (De 2000 a 6000 m. de altura).

a) *Altostratos (A-st)* cubren el cielo con una capa de color gris azulado que a veces muestran estructura fibrosa en sus bordes, son a diferencia con las nubes cirrostratos gruesas y a menudo se desprende de ellas una lluvia fina. El sol y la luna se ven brillar tenues a través de ellas pero sin formar halo. Su presencia indica precipitación continua que abarca áreas muy extensas.

b) *Alto cúmulos (A.cu)*.- forman grandes masa globulares y aplanadas, acomodadas en líneas o en ondas y difieren de los cirruscúmulos en que sus glóbulos son más grandes y proyectan sombra, sus bordes inferiores pueden verse grises, frecuentemente presentan intersticios brillantes.

3.- NUBES DE ALTURA BAJA.

a) *Estratos (st)*.- Constituyen una capa baja y uniforme pero de aspecto amorfo que se parece a la niebla, pero no llegan a tocar el suelo.

b) *Nimbus (Nb)*.- Forman una capa de nubes bajas sin forma determinada que a menudo presenta su base rasgada. Producen precipitación continua.

c) *Estrato Cúmulos (St-Cu)*.- Son grandes masas globulares o rollos agrupados en extensas capas de nubes suaves y grises con intersticios brillantes. Las masa están generalmente acomodadas en forma regular y en invierno suelen cubrir grandes extensiones del cielo.

4.- NUBES DE GRAN DESARROLLO VERTICAL.

a) *Cumulonimbus (Cu-nb)*.- Se presentan en masas pesadas de gran desarrollo vertical y su cima como montañas en forma de torres o yunques, producen grandes aguaceros como rayos y truenos y algunas veces granizo.

b) *Cúmulos (Cu)*.- Son nubes densas blancas con gran desarrollo vertical; la superficie superior tiene forma de domo con

estructura de coliflor, mientras, la base es casi horizontal. Las más pequeñas si abundan anuncian buen tiempo, aunque de las que tienen mayor desarrollo vertical pueden originar cumulonimbus. Son comunes durante las tardes calientes de verano indican inestabilidad del aire y enfriamiento adiabático intenso. (54)

Al analizar este tema se sugiere una práctica de campo para localizar de acuerdo a descripción dada algunos tipos de nubes, lográndose que el tema se haga más objetivo y práctico.

7.1.8. Estado Nuboso.

Se llama grado de nubocidad o estado nuboso a la fracción de cielo que en un momento dado aparece cubierto de nubes. Para cuantificar este factor se utiliza una escala de 0 a 10, donde el 0 corresponde al cielo completamente despejado y el 10 al cielo totalmente cubierto. Su evaluación puede hacerse a simple vista, aunque también se puede analizar indirectamente con aparatos especiales.

Las nubes son buen indicio del estado de la atmósfera y es posible predecir el tiempo en un plazo corto (1 a 6 hrs.), aunque para las predicciones acertadas del tiempo no basta el dato de nubosidad, es fundamental la forma o tipo de nubes, su altura e incluso su velocidad.

7.1.9. Funcionamiento del Evaporómetro.

Dentro del instrumental que se instala en las casetas meteorológicas se encuentra el evaporómetro, instrumento por medio del cual se registra la pérdida de agua por evaporación sucedida en la superficie terrestre.

Este aparato se compone esencialmente de dos partes que son: un depósito de agua que consiste en un tanque cilíndrico de lámina galvanizada de 122 cm., de diámetro y 26 cm., de altura, y un dispositivo para medir la variación en el nivel del agua dentro de dicho depósito (cámara de reposo).

Este dispositivo consta de dos piezas: un cilindro de bronce hueco llamado cilindro de reposo, que descarga sobre una base que es una placa triangular con tres tornillos niveladores con punto de apoyo; tiene en el fondo una perforación que permite la comunicación con el agua del tanque, la otra pieza es un tornillo micrométrico colocado sobre el cilindro.

El cilindro de reposo debe quedar horizontalmente, lo cual se logra accionando los tornillos niveladores y con un nivel de albañil, el objeto de este cilindro es que no lleguen al tornillo micrométrico las ondulaciones del agua que produce el viento.

La graduación del tornillo micrométrico comprende dos partes, una marcada sobre una regla graduada en milímetros unida sólida y verticalmente a uno de los brazos, estos brazos son unas barras en

forma de "Y" sobre las que se apoya el tornillo micrométrico cuando se coloca sobre el cilindro de reposo para hacer la lectura, la regla tiene un escala de 0 a 70 y el sentido de la graduación del tornillo micrométrico es un disco graduado en 100 partes iguales colocado en la parte superior del tornillo micrométrico, lo que permite lecturas de evaporación con aproximación de un centésimo de milímetro cada vuelta del tornillo representa un milímetro de altura en el nivel del agua.

Hacer la lectura es observar la graduación que señala el nivel del disco sirve la regla vertical agregando a esa lectura las centésimas que marque la arista de la regla sobre la graduación del disco.

Las lecturas se efectuarán diariamente a las 8:00 A.M. para ello se coloca el tornillo micrométrico sobre el cilindro de reposo apoyándole en sus brazos, haciendo descender el tornillo hasta coincidir la punta del mismo reflejada en su imagen, obteniéndose por diferencia de lecturas la evaporación durante las 24 horas.

Posteriormente se repone el agua en el tanque anotándose la nueva lectura y observando diariamente el descenso. En caso de lluvia, el agua precipitada se le agrega al última lectura procedente del mismo modo.

La descripción antes señalada corresponde a un evaporómetro de tanque clase "A", hecha por Edmundo Torres Ruiz en su libro de Agrometereología. (55)

Para que exista mejor comprensión del funcionamiento del evaporómetro se sugiere la visita a una caseta metereológica para reconocer las partes que lo integran y hacer varias tomas de datos, asimismo, la manera de interpretarlas dentro de los registros climatológicos, logrando simplificar el tema prácticamente.

7.2 Fenómeno de rocío y relente.

7.2.1. ROCIO.

Es la humedad que se condensa sobre la superficie de los objetos, apareciendo las hojas de la vegetación, o de césped cubiertas por globulitos formados por gotitas de agua.

Las condiciones que favorecen el desarrollo de este fenómeno son: noches de cielos despejados, viento en calma y pérdida excesiva del calor de la tierra por radiación. Al presentarse éstas, la tierra se enfría más que la capa de aire adjunta al suelo, enfriándose también éste al pasarle calor a la tierra, llegando al punto de rocío, se produce la condensación, dando lugar al fenómeno. (56)

7.2.2. RELENTE.

"La humedad al enfriarse durante la noche, que se manifiesta por la caída de una lluvia finísima sin formación previa de nubes se le llama relente o sereno; se produce desde media noche hasta la salida del sol". (57)

7.3 Precipitación Pluvial.

"La precipitación pluvial es la caída del agua en estado líquido o sólido hacia la superficie terrestre".

7.3.1. Importancia del agua de lluvia.

La precipitación pluvial en forma de lluvia, es uno de los elementos del clima más importante en la agricultura, pues según sea ésta, representa la mayor o menor producción de las zonas ecológicas de país. Aunque de una manera general, su importancia se deriva de los efectos que causa en las explotaciones agropecuarias, los cuales pueden ser venélicos o perjudiciales, según sea el caso. La lluvia ejerce sobre el terreno influencia mecánica, fertilizante, física y química, algunas de las cuales son favorables para la agricultura. La influencia mecánica consiste en una compactación de terreno y/o una disgregación de las partículas superficiales del suelo. La acción fertilizante de la lluvia se debe a que un litro de esta agua aporta aproximadamente 2 mg. de N amoniacal y 0.7 mg. de nitrógeno nítrico. La influencia física se refleja en la formación de los suelos, y la influencia química se refiere a la solubilización de los minerales del suelo, estado en el cual son tomadas por las plantas.

Las gotas de agua al chocar en el suelo, pueden poner en movimiento a algunas partículas, pudiendo llegar a causar cierto grado de erosión.

La lluvia afecta de dos formas a la vegetación:

a) Directamente.— Por el choque de las gotas de agua contra las plantas, arrastrando el polvo que el viento deja en las hojas, aunque tiene el inconveniente de facilitar la germinación de esporas y propiciar la presencia de algunas enfermedades sobre todo de tipo fungosas.

La lluvia fuerte que se registra durante la época de floración y maduración puede ocasionar la caída de polen, afectando la fecundación o alargando el período vegetativo, por lo que las plantas están más propensas a enfermedades, reduciendo con ello la producción.

b) Indirectamente.— Es una fuente de agua que es indispensable para el desarrollo vegetal. En este caso normalmente es benéfica, salvo en caso muy excepcionales en los que pueda causar daño. (26)

7.3.2. Tipos de precipitación.

a) Precipitación por Convección.— Resulta del enfriamiento adiabático del aire que asciende debido al calentamiento de la superficie sobre las que descansa. De este ascenso por convección resultan nubes cúmulos y cumulos-nimbus que pueden extenderse varios kilómetros de altura. El ascenso del aire por convección se realiza en la estación calurosa de año y en las horas más calientes del día. Las lluvias por convección no abarcan grandes extensiones

porque las nubes cúmulos-nimbus solo cubren superficies relativamente pequeñas debido al ascenso rápido que experimenta al aire, precipitan su humedad también rápidamente produciéndose aguaceros fuertes de corta duración. Este tipo de lluvia no es la más favorable para los cultivos porque una gran parte del agua en lugar de penetrar en el terreno escurre superficialmente originando una fuerte erosión.

b) Precipitación Orográfica.— El aire se ve forzado cuando incide sobre una barrera de montañas, mesetas o colinas altas, se enfría adiabáticamente y produce precipitación. La zona de mayor cantidad de lluvia es la próxima al punto donde empieza la precipitación.

La producción de lluvias orográficas es más común, en las costas, cuando el viento sopla del mar a la tierra (vientos monzones), pues al chocar con las barreras montañosas, se produce la condensación del vapor de agua que lleva consigo.

c) Precipitación Frontal o Ciclónica.— En los centros de áreas de baja presión (tema discutido en la presión atmosférica), el aire tiende a converger, así que grandes masas de aire se encuentran y se sobreponen formando frentes. El aire más caliente en los frentes se eleva oblicuamente sobre el frío, siendo el ascenso más lento y por lo tanto el enfriamiento también más lento, que en el aire que asciende por convección; por lo que la precipitación resultante de tal enfriamiento abarca mayor extensión y dura más tiempo, este tipo de precipitación es muy efectiva para los cultivos. Las precipitaciones frontales son muy comunes en las latitudes medias de la tierra, aunque en nuestro país se experimenten en el Golfo de México en invierno asociadas con la presencia de los nortes. «59»

7.3.3. Propiedades del Agua de Lluvia.

Es conocido que el agua es el componente más abundante de los organismos vivos, cuyas propiedades químicas dentro de ellos son como disolvente de compuestos en diversas reacciones fisiológicas. Así como el agua común tiene sus propiedades, el agua de lluvia desempeña un papel importante en el modelado, de la superficie terrestre. En este proceso particular su acción es en parte química y en parte mecánica, que corresponde a las propiedades químicas y físicas respectivamente.

El agua de lluvia, no se considera como agua pura, pues en la atmósfera absorbe gases atmosféricos como: oxígeno, nitrógeno y bióxido de carbono. Dichos gases son absorbidos en las siguientes proporciones de volumen, 64.47% de nitrógeno, 33.76% de oxígeno y 1.77% de bióxido de carbono. Los gases no se encuentran en la misma proporción que en la atmósfera. El bióxido de carbono se halla en proporciones de 30 a 40 veces que en ésta.

Además de los gases atmosféricos naturales, la lluvia absorbe también cierta cantidad de ácido nítrico, ácido sulfúrico y sales. Contiene asimismo microorganismos y polvo, incorporándose a la tierra tan pronto como la lluvia toca al suelo.

De lo anterior se resume, que la lluvia contiene sustancias más o menos activas y ejerce variada acción química sobre las rocas y el terreno en que ha caído.

El oxígeno, oxida o herrumba algunos minerales como el hierro. La materia orgánica desoxida otros como el yeso. Su ácido carbónico disuelve la piedra caliza, el mármol, el carbonato de magnesio y otros minerales.

El nitrógeno que se incorpora al suelo, es aprovechado por las plantas.

El agua de lluvia también posee propiedades físicas que se derivan de la energía cinética que la misma posee. las gotas de agua al chocar con la superficie del suelo, proveen de movimiento a las partículas que lo integran, iniciando un fenómeno desfavorable para la agricultura denominada erosión.

7.3.4. Datos Estadísticos de Precipitación.

Los datos estadísticos de precipitación se refieren a los registros que se llevan a cabo en las estaciones meteorológicas, con el fin de analizar concienzudamente la precipitación pluviométrica desarrollada en cada zona en particular. Estos valores así obtenidos, conjuntamente con los obtenidos de los demás elementos medidos, proporcionarán el criterio para seleccionar la especie adecuada a cada zona estudiada.

Los datos que se deben obtener son los siguientes:

a) Precipitación Media (PM).

La precipitación pluvial se mide en milímetros de lluvia registrada cada 24 horas (lámina diaria precipitada), lámina acumulada mensualmente o anualmente. Esta operación se puede obtener fácilmente sacando la media aritmética, que consiste en sumar el total de datos y dividirlos entre el número de valores.

b) Densidad de Lluvia.

Es la cantidad de lluvia precipitada por unidad de superficie (m^2) durante un tiempo determinado (duración de la precipitación).

c) Probabilidad de Precipitación.

Cuando se quiera mayor precisión que la precipitación media, es conveniente obtener la probabilidad de precipitación esperada, la cual se obtiene utilizando los registros climatológicos de precipitación, ya sean mensuales o anuales, ordenándolos en forma decreciente y calculando la probabilidad de ocurrencia con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{M}{N-1} \times 100$$

Donde:

P = Probabilidad de ocurrencia (%).

M = Número de orden (decreciente).

N = Número de observaciones.

Ejemplo:

Se quiere calcular la lluvia esperada en la zona sur de Coahuila para el mes de Julio, con una probabilidad del 80%.

Primeramente se tabula en forma decreciente las precipitaciones registradas en el mes correspondiente durante N

años, se les asigna números de orden y se aplica la fórmula indicada.

CUADRO 7.1. Cálculo de Probabilidades de Lluvia.

1	2	3	4	5
AÑO	PRECIPITACION (mm).	NUMERO DE ORDENADA (mm).	PROBABILIDADES ORDEN	N= 4/N-1 x 100
1951	12.8	53.0	1	10
1952	28.0	41.1	2	20
1953	41.1	28.3	3	30
1954	24.2	28.0	4	40
1955	53.0	24.2	5	50
1956	9.3	15.3	6	60
1957	6.2	12.8	7	70
1958	15.3	9.3	8	80
1959	28.3	6.2	9	90

Datos tomados de libro de Agrometereologia Torres Ruiz.

La lluvia esperada para el mes de julio con un 80% de probabilidad es de 9.3 mm., lo que significa que cuatro de cada cinco años, se tendrán precipitaciones iguales o mayores a 9.3 mm. En esta forma y según el grado de certeza se calcula la lluvia esperada.

Para resolver el ejemplo anterior basta solamente con determinar el numero de orden (M), correspondiente al 80% de probabilidad, que estaría dado por la fórmula:

$$\text{Sustituyendo: } M = \left(\frac{N + 1}{100} \right) P \quad \text{El número 8 corresponde a 9.3 mm en la tabla.}$$

$$M = \left(\frac{9 + 1}{100} \right) 80$$

$$M = 8$$

d) Coeficiente de Oscilación Pluviométrica.

Es la variación de la cantidad de agua precipitada, con relación a tiempo. Se obtiene comparando los datos habidos en el transcurso de los meses del año. Este coeficiente nos indicará cuales son los meses con mayor precipitación y cuales los de menos.

Para saber el valor buscado bastará con sacar el coeficiente de variación, tomando en cuenta los datos de los registros de precipitación.

e) Índice Termopluviométrico.

Como es sabido la temperatura es directamente proporcional a la evaporación, de tal manera que el índice termopluviométrico se refiere a la relación existente entre la cantidad de agua precipitada y la evaporación que tiene una zona. Para obtener este indicador, se debe apoyar en los datos de precipitación conjuntamente con la evaporación, medidos y registrados en sus respectivos aparatos.

Este índice sirve para observar el grado de aridez que se puede dar en las diferentes zonas ecológicas del país.

f) Índice de Agostadero.

Es la relación de áreas por unidad animal. Se puede obtener conociendo la cantidad de materia seca que se produce por hectáreas, para que de acuerdo a ello, se calcule cuántos animales pueden pastar libremente sin afectar el pastizal.

Este indicador está en función de la precipitación, pues según sea la cantidad de lluvia, determinará el crecimiento y desarrollo del vegetal, asimismo la recuperación de éste durante el proceso del pastoreo. Para obtener este indicador, se medirá la cantidad de lluvia precipitada durante la época del crecimiento de los pastos, observando que producción existe, para luego introducir los animales respectivos.

7.3.5. Funcionamiento del Pluviómetro.

Los pluviómetros son aparatos que sirven para medir la cantidad de agua precipitada. Están constituidos por un recipiente por lo general de forma cilíndrica que se coloca en un lugar plano, firme y lejos de bardas o edificios para que caiga libremente en él. Este recipiente tiene una tapa en forma de embudo, por donde el agua va a caer a una proveta en la cual se mide la altura del líquido en milímetros o en pulgadas.

El área receptora es 10 veces mayor que el área del vaso medidor, por lo que las mediciones hechas en el depósito menor con una regla graduada en centímetros corresponden a la precipitación en milímetros.

La precisión es pues de 0.1 mm., y las lluvias inferiores a este dato se considera inapreciable.

Para hacer una lectura más precisa se puede vaciar el agua en una probeta graduada y dividir el volumen colectado (cm^3) entre el área receptora del pluviómetro (cm^2) y en esa forma obtendremos la lámina precipitada (mm).

En caso de nevada se registra la lámina (mm) precipitada en el pluviómetro, cuando la nieve ya se haya fundido, además, el espesor

de la nieve en cms., midiendo directamente en el suelo con una regla graduada.

La precipitación total del mes será la suma de los datos del pluviómetro sin tomar en cuenta la altura de la nieve, en caso de que se llegue a presenta. (40)

7.4 Importancia de las Nevadas y Granizadas.

7.4.1. NEVADA.

Se define como nevada al fenómeno metereológico que se caracteriza por tener precipitación pluvial en forma de nieve. Este fenómeno se origina cuando la condensación tiene lugar en una masa de aire ascendente que se ha enfriado a temperaturas por de bajo de la congelación, existiendo la formación de cristales de hielo que al agruparse toman la forma de copos que caen lentamente.

Las nubes que producen la nieve son las mismas que producen la lluvia, diferenciándose únicamente por la temperatura de aire cuando se da la condensación. El cambio de estado se da directamente de vapor a sólido a diferencia del granizo.

La importancia de las nevadas en la agricultura se deriva precisamente de los efectos que pueden ocasionar las bajas temperaturas en las partes vegetativas; por otro lado representa una fuente acuifera al fundirse en primavera y verano; también actúa como un manto, e impide que el calor del suelo se difunda en el aire. No deja congelar las raíces de las plantas perennes y las semillas de las anuales; asegurando así la permanencia de la vegetación. (41)

7.4.2. GRANIZADA.

Fenómeno metereológico que se caracteriza por la caída masiva de ventas de lluvia congelada, debidas a las bajas temperaturas. Esto sucede como resultado del violento movimiento convectivo existente en una tormenta. (42)

El granizo está constituido por un núcleo central de hielo esponjoso y una gruesa envoltura, compuestas por capas alternas de hielo transparente y hielo opaco, con una forma más o menos esférica, su diámetro oscila entre 0.5 a 2 cm.

El granizo se origina dentro de las nubes cumulo-nimbus de tormenta y de gran desarrollo vertical; en cuya parte superior la temperatura es inferior a 0°C.

La importancia que este fenómeno puede representar para la agricultura es analizando los daños que puede ocasionar el los cultivos, pues la presencia de una granizada destrozaría las partes aéreas de las plantas, e incluso tumarlas por completo.

7.5 Fenómenos en la atmósfera

7.5.1. Fenómenos Ópticos.

a) **Calor del Cielo.**— Se ha calificado de azul celeste y se debe la difusión de la luz solar por las moléculas de aire. Si no existiera la atmósfera, el cielo sería de color negro.

b) **Arco Iris.**— Aparece cuando llueve en la parte del cielo diametralmente opuesta a aquella donde aparece el sol. El arco iris es visible en ocasiones cuando el sol está luciendo y el aire contiene agua finamente pulverizada o gotas de agua, que descomponen en sus colores la luz emitida por el sol.

c) **Halos.**— Son fenómenos ópticos que se producen como resultado de la refracción de la luz sobre los cristales de hielo, existentes en las nubes altas y tenues, de tipo cirrus o cirrustratus. La refracción hace que aparezcan alrededor del sol y de la luna anillos luminicos gigantescos.

d) **Coronas.**— Es un cerco luminoso que se forma alrededor del sol o de la luna cuando la luz de estos astros atraviesa una capa de altura media: altoestratos y altocúmulos.

e) **Espejismo.**— Este fenómeno óptico se origina al atravesar capas de aire a distinta temperatura; siendo las más calientes las cuales actúan a manera de espejo y objetos que se encuentran en la fría proyectan su imagen deformada, ejemplo: los espejismos del desierto.

f) **Luz Zodiaca.**— Este fenómeno óptico consiste en una débil claridad del cielo que se observa antes de la salida del sol o poco tiempo después de puestas, dentro del crepúsculo astronómico. Se llama así por producirse en el plano del zodiaco o de la elíptica. Se debe a la difusión de la luz por las partículas de polvo. (43)

g) **Aurora Polar.**— Tempestad electromagnética originadas en las altas capas atmosféricas de las latitudes polares. Produce una luminosidad de varios colores. Cuando se produce en el hemisferio norte se le llama aurora boreal y cuando se produce en el sur, aurora austral. Se originan como consecuencia del choque de los rayos cósmicos contra las partículas ionizadas del aire. (44)

7.5.2. Fenómenos Acústicos.

El relámpago es un fenómeno óptico atmosférico originado a partir del choque de dos masas de aire o nubes, cargadas eléctricamente contrarias (una positiva y otra negativa). Generalmente se da en el interior de las nubes cúmulos-nimbos, cuando chocan con una masa de aire ascendente, misma que hace contacto con la nube, da como resultado el resplandor seguido de una descarga eléctrica en forma de trueno que constituye un fenómeno acústico percibido de la atmósfera.

Como ya se indicó en capítulos anteriores, el relámpago conjuntamente con la descarga eléctrica, son consecuencia de reacciones químicas en el aire, dentro de las cuales se enumera la existente cuando el nitrógeno se une con el oxígeno para dar lugar

a los nitratos (NO_2) que caen en la lluvia, que a su vez son importantes en la agricultura, ya que representa una fuente más de nitrógeno aprovechable para las plantas.

7.5.3. Fenómeno de Visibilidad.

Visibilidad, se define como la máxima distancia en la cual son visibles los objetos y asimismo la claridad con que se perciben sus detalles. (66)

Este fenómeno tiene poca importancia para la agricultura, únicamente es útil en la navegación marítima y aérea, donde cobra gran interés, ya que éste, posibilitará o imposibilitará el tráfico libre de esta actividad.

Los principales factores que influyen en la visibilidad metereológica son los siguientes:

- a) Las precipitaciones.
- b) La niebla y la neblina.
- c) Las erosiones arrastradas por el viento.
- d) Las partículas oleaginosas (aceite).
- e) El humo.
- f) El polvo y la arena.
- g) La sal.

CAPITULO 8

+ CLIMATOLOGIA +

CAPITULO 8

CLIMATOLOGIA.

8.1 Sistemas de clasificación climática.

Dentro de los sistemas de clasificación climática el más generalizado y primitivo, es el que se basa exclusivamente en la temperatura, dada según la insolación que se manifiesta en la tierra; formándose tres amplias zonas climáticas que son: la tropical caracterizada por la ausencia de estación fría o invernal, como consecuencia del gran ángulo de incidencia de los rayos solares sobre el suelo. En cambio, las regiones polares, de ambos hemisferios están caracterizadas por la ausencia de un verano real o estación cálida. En las latitudes medias, de las dos zonas anteriores de temperaturas extremas, existe una combinación de ambas, teniendo mucho calor en verano y frío en invierno, dándosele el nombre de zona templada.

Esta descripción nos proporciona una idea muy general de los climas, existiendo para caracterizar las regiones otros sistemas, de los cuales haremos mención enseguida.

8.2 Clasificación de Köppen.

Es uno de los esquemas climáticos más ampliamente utilizados, aunque a menudo con ciertas modificaciones. Su idea primordial es la del efecto del clima sobre la vegetación, y el esquema se basa en la temperatura media mensual y anual, conjuntamente con la precipitación total anual, tomando también en cuenta su variación estacional. los tipos de clima de Köppen son once anotándose con símbolos; en el cuadro 8.2 se enumeran tales tipos.

CUADRO 8.1 Esquema Climático de Köppen.

	SUBDIVISIONES	
	Períodos Secos	Naturaleza de la sequía
A Clima tropical lluvioso	f, w	
B Climas secos		S W
C Climas templados	f, s, w	
D Clima de bosque con frío y nieve	f, w	
E Climas polares		T E

Símbolos y nombres implícitos en la obra de Donn. L.W. Metereología, p. 527.

Las letras mayúsculas (A, B, C, D, E), nos indican los cinco grupos climáticos principales y las letras minúsculas (f, s, y w), sirven para indicar si tienen o no, algún período seco: "f" nos dice no existe período seco, "s" período seco veraniego y "w" nos indica que tal período ocurre en invierno.

Los grupos climáticos A, B, C, D, y E, vienen caracterizados por los criterios térmicos, y el B basados en la precipitación de la siguiente manera:

- A - El mes más frío tiene una temperatura media superior a 18°C.
- C - El mes más frío tiene una temperatura media comprendida en 18° y -3°C.
- D - La media del mes más frío se sitúa por debajo de los 3°C y la del mes más caliente por encima de 10°C.
- E - El mes más cálido se manifiesta por debajo de 10°C.
- B - La evaporación supera a la precipitación que es más efectiva en invierno.

CUADRO 8.2 Esquema Climático de Köppen.

CLIMA	SIMBOLO	TIPO DE CLIMA
1	Af	Selva tropical.
2	Aw	Sabana tropical.
3	Bw	Desierto (Arido).
4	Bs	Estepa (semiárido).
5	Cf	Clima oceánico moderno (Costa occidental) o templado húmedo sin estación seca.
6	Cw	Clima templado de invierno seco.
7	Cs	Clima templado con verano seco.
8	Df	Clima continental sin estación seca.
9	Dw	Clima continental con invierno seco.
10	ET	Tundra.
11	EF	Capa glacial (clima de hielos perpetuos).

Símbolos y nombres descritos en el libro de Donn. L.W. Meteorología, p. 527.

Para completar el esquema climático de Köppen, el tercer símbolo se maneja en el cuadro 8.3.

C U A D R O 8.3

SIMBOLO	DESCRIPCION
a	Temperatura media del mes más cálido mayor de 22°C.
b	Temperatura media del mes más cálido menor de 22°C. por lo menos con 4 meses con temperaturas medias mayores de 10°C.
c	Temperatura media de menos de 4 meses por encima de 10°C y mes más frío, mayor a -38°C.
d	Mes más frío menor de -18°C.
h	Temperatura anual mayor de 18°C.
k	Temperatura anual menor de 18°C.

Símbolos y descripción tomados del libro de Donn. L.W. Metereología, p. 529.

Para manejar la simbología antes citada y adaptada a los datos obtenido de cada zona en particular se sugiere la consulta de la obra de Enriqueta García, titulada, modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (adaptado a la República Mexicana).

**8.3 Clasificación Climática de Thornthwaite.
(Basado en la Humedad).**

Este esquema de clasificación climática se basa en la relación entre las zonas de precipitación y los tipos de vegetación; en vista de lo difícil que es manejar la evaporación, en la relación P/E (Precipitación-Evaporación), introdujo un índice de eficacia de la precipitación (Índice P/E), en el que la evaporación se sustituye por la temperatura, de la que depende estrechamente. El índice P/E se determina para cada mes, de acuerdo con la fórmula.

$$P-E = 115 \frac{(P)}{t-10} \quad \text{Donde:}$$

P = Precipitación
t = Temperatura en °F.

Los valores mensuales se suman, con objeto de obtener el índice de eficacia de la precipitación, y éste se utiliza para establecer los cinco tipos climáticos principales cuya descripción se proporciona en el cuadro 8.4

CUADRO 8.4 Tipos Climáticos de Thornthwaite.

<i>INDICE P/E</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>VEGETACION</i>
A 128	Prehúmedo o mojado	Bosques lluviosos.
B 54-127	Húmedo	Bosques.
C 32-63	Subhúmedo	Praderas.
D 16-31	Semiárido	Estepas.
E 16	Arido	Desierto.

A los cinco principales grupos, Thornthwaite agregó luego modificaciones, similares al esquema de Köppen, que se refiere a la variación estacional de la precipitación, la provincia térmica. Tales factores varían, pudiendo llegar a formar 120 tipos de climas diferentes, que tan sólo 32 de ellos reconocen Thornthwaite.

Además, desarrolló también otras dos clasificaciones basadas en la humedad, una tomando en cuenta los factores de la evaporación y transpiración y la otra con el índice de humedad.

Utilizando los mismos criterios que intervienen en los esquemas de Köppen y Thornthwaite, se han desarrollado otros sistemas climáticos. Los sistemas climáticos caracterizados, se basa en estadísticas de precipitación y temperatura, y su relación con la geografía o la vegetación, sin tomar en cuenta origen a causa de su manifestación. Con finalidad de describir e interpretar, el tipo de clima para una región dada, se han elaborado los esquemas climáticos dinámicos o metereológicos, de los cuales hablaremos enseguida.

8.4 Esquemas Climáticos Dinámicos Basados en las Masas de Aire.

8.4.1. Esquemas climáticos Dinámicos de H.Landsberg.

Esta persona desarrolló un sistema climático genérico con la finalidad de obtener la explicación de las causas o razones metereológicas que justifican la existencia de los climas. Se basó en los criterios metereológicos primarios, argumentados en la circulación general, primaria y secundaria; a los que añadió la consideración de la naturaleza de la superficie del suelo.

En el cuadro 8.5 puede observarse la clasificación de LANDSBERG, en el se incorporan los controles meteorológicos y climáticos básicos.

CLASIFICACION CLIMATICA DE LANDSBERG.

CLASIFICACION	SIMBOLO
Estructuras principales de circulación (Controles principales)	
Ciclones Migratorios.	C
Anticiclones casi estacionarios.	A
Convergencia Ecuatorial.	E
Combinaciones de las precedentes	(CA) (AE)
Estructuras de Circulación secundaria o estacionaria	
Manzanas Típicas.	S
Vientos Alisios Predominantes.	T
Influencias Superficiales más Importantes.	
Continetales	c
Oceanicas	o
Montana	m
Subgrupo Pendiente a Barlovento.	rw
Subgrupo Pendiente a Sotavento.	rl
Heladas.	g
Para designar Condiciones Extremas.	Subíndice
Para designar Situaciones de Mezcla: los símbolos de los tipos entre parentesis.	

Simbolos y Descripción consultada en el libro de DOWN. L. W.
 Meteorología, p. 531.

8.4.2. Esquema Climático Dinámico Basado en las Masas de Aire.

Este sistema climático es parecido al de Landsberg, y se basa en las masas de aire y sus focos de origen; en este sistema, las regiones climáticas se clasifican en tres grupos:

Grupo 1.- Incluye los tipos de climas que están influenciados, primordialmente por masas de aire ecuatoriales y tropicales.

Grupo 2.- Contiene los climas más variables, de las latitudes intermedias teniendo influencia tanto de las masas polares, como las tropicales, y constituye la zona donde se dan los frentes temporales ciclónicos con mayor frecuencia. (44)

Grupo 3.- En él están los climas de las altas latitudes polares, con masas de aire antárticas y árticas.

De todos los sistemas climáticos anteriores descritos, no existe uno, que por sí solo describa satisfactoriamente los climas de alguna determinada zona, por lo que cuando se elija uno, está en función de las condiciones muy particulares de cada caso, además de las necesidades del agricultor.

En México el sistema que mejor se adapta es el esquema climático de Köppen, con sus respectivas modificaciones para este país introducido por García E.

CAPITULO 9

" FACTORES QUE AFECTAN

LOS CLIMAS DE LA

REPUBLICA MEXICANA "

CAPITULO 9

FACTORES QUE AFECTAN LOS CLIMAS DE LA REPUBLICA MEXICANA.

9.1. Situaciones y Limites.

La república Mexicana está situada en el extremo de la América del Norte, en donde este continente empieza a estrecharse considerablemente hacia el Sur siendo en México su mayor estrechez en el Istmo de Tehuantepec.

La República Mexicana se encuentra totalmente en el hemisferio Norte y se extiende desde el paralelo 14° 30'N hasta el 32° 43'N. El Trópico de Cáncer la atraviesa en su parte central de manera que una parte se encuentra dentro de la zona subtropical.

Está limitada al Este por el Golfo de México y Mar de las Antillas, al Oeste y al Sur por el Océano Pacífico, al Norte por los Estados Unidos de América y el Sureste por Guatemala y Belice.

9.2. Relieve.

El país tiene un relieve muy complicado, destacándose como rasgo fisiológico más importante una enorme meseta, la Altiplanicie Mexicana, que es la continuación hacia el sur de las mesetas intermontañas del Oeste de los E.E.U.U.

Esta meseta de altitud superior a 1500 m., está limitada al Oeste por la Sierra Madre Occidental, que se extiende del Noroeste al Sureste desde la frontera Norte del País hasta las inmediaciones del paralelo 20°N, y se inclina hacia las llanuras, costeras del Golfo de California y Océano Pacífico.

En el extremo Sur de la Altiplanicie se encuentran numerosos volcanes que se extienden de Este a Oeste en una zona comprendida entre los paralelos 19° y 20°N, cuyo conjunto se a designado como Sierra Volcánica Transversal o Eje Volcánico.

Al este termina la Altiplanicie en una serie de montañas y declives montañosos que se inclinan en la llanura costera del Golfo de México, esta zona es conocida por algunos autores como Sierra Madre Oriental, la cual continua hacia el Sur hasta el Istmo de Tehuantepec. La Altiplanicie Mexicana está dividida en dos partes: la parte Norte o Mesa del Norte y la parte Sur o Mesa del Central, por un conjunto de montañas mal definidas que se extienden de Noroeste a Sureste desde el paralelo 24°N hasta el 20°N llamadas a veces Sierra de Zacatecas o Sierra de Guanajuato.

Al sur del paralelo 20°N, el litoral del Pacífico cambia la dirección NW-SE por la de WNW-ESE; paralelamente y muy próxima a ese litoral se extiende la sierra madre del Sur.

Entre la sierra Madre del Sur y el Eje Volcánico se extiende de Este a Oeste una región baja ocupada en su mayor parte por la cuenca del Río Balsas; al Este de esta región entre la sierra madre del Sur y el extremo de los declives montañosos que se inclinan

hacia el Golfo de México se encuentra en una zona alta de relieve muy complicada zurdada profundamente por numerosos ríos (región de las cuencas altas de los Ríos Verde, Mixteco, Tlapaneco y Tehuantepec).

La Baja California, situada en la porción Noroeste del país en una península larga y angosta que se extiende de Noroeste a Sureste, está separada del continente por el Golfo de California y la recorre en toda su extensión una serie de sierras, todas orientadas paralelamente al litoral interior de la propia península.

Al Este del Istmo de Tehuantepec se encuentra la región del Sureste en cuyo extremo Norte parte la Península de Yucatán que es casi plana, ya que sus mayores elevaciones no llegan a 300 m. Bordeando la costa del Océano Pacífico se encuentra W-NW a ese Sierra Madre de Chiapas, al Norte de ella y con la misma dirección una zona baja de 600 a 900 m., de altitud la depresión central de Chiapas; al Norte la Mesa de Chiapas se alcanzan altitudes de más de 2000 m., bordeada en su parte boreal por las montañas del Norte de Chiapas, éstas se inclinan hacia la llanura costera del Golfo de México conocida aquí como Llanura Tabasqueña.

9.3. Latitud y Altitud.

Los cambios esenciales de clima no son solamente debidos a la latitud, sino también a las grandes variaciones en altitud que crean condiciones muy especiales en los y distribución de los elementos climáticos. Por su latitud una gran parte del país se encuentra dentro de la zona intertropical, pero a pesar de ello, la temperatura de gran parte de esta zona no son tan elevadas como deberían ser por aquel motivo gracias a la altitud, o elevación sobre el nivel del mar.

9.4. Distribución de Tierras o Mares.

El Golfo de México, el Mar de la Antillas, el Océano Pacífico y el Golfo de California ejercen importante influencia en la distribución de las características de los climas; la temperatura de estos mares influyen en la de los lugares costeros, sobre todo en la Península de Baja California que experimenta en la Costa Oriental temperaturas más bajas que en los lugares situados en la costa interior, gracias a la corriente fría marina de California, la cual influye en la estabilidad del aire e impide la precipitación en verano; la corriente marina caliente del Golfo de México influye en la temperatura del Este del país y en la Península de Yucatán, que son más altas que las del Oeste. Exceptuando el Mar de Cortés, el efecto más notable de los mares está en la precipitación, en este aspecto el Golfo de México es una fuente de humedad; los vientos que vienen del mar, al verse obligados a ascender por las laderas montañosas que se inclinan hacia él, producen abundante precipitación y aún queda suficiente humedad que pasa a los valles y montañas interiores produciendo precipitaciones más o menos abundantes en regiones donde el clima de otro modo sería seco.

9.5. Régimen de Lluvias.

No solamente es importante considerar la cantidad de lluvia que cae durante el año, sino también el régimen de lluvias, es decir, la época en que se presentan las máximas precipitaciones, ya que de ello depende en gran parte la evaporación y de ahí la cantidad final de agua que escurre. Para ello se ha considerado bastante significativo la cifra que nos da el porcentaje de lluvia invernal con respecto a la total anual; considerando:

a) Como clima con régimen de lluvias de invierno aquellos que con porcentaje de lluvia invernal mayor de 36% de la anual. Estos se localizan solamente en la costa Occidental de la Baja California Norte, al norte del paralelo 26°N.

b) Como clima de lluvias en cualquier época del año aquellos con porcentajes de lluvia invernal comprendiendo entre 10.3 a 36%, y estos abarcan las porciones Noroeste, Norte y Noroeste del País, así como tres zonas situadas en la vertiente del Golfo de México en donde la influencia de los vientos del Norte es más directa.

c) Como climas con régimen de lluvias de verano a los del resto del país que tienen porcentaje de lluvias de invierno mayor de 10.2 de la anual; en estos últimos la estación lluviosa en el verano y parte del otoño, épocas en que se presenta más de 80% de la precipitación total anual.

En estas áreas el régimen de lluvias de verano se pueden distinguir dos zonas: una, la de las costas del Pacífico, al Sur del paralelo 26°N y las porciones Centrales y Sur del país con menos de 5% de lluvia invernal, y la otra que comprende la parte Norte Central y la vertiente del Golfo de México con porcentaje de lluvia en esta estación mayores del 5% de la anual las diferencias son debidas a que las áreas últimamente mencionadas están expuestas directamente a las ondas frías y a los Nortes del Golfo de México que aumentan la precipitación invernal. (67)

LITERATURA CITADA.

- 1.- INEGI, 1970/80/90, Censo Nacional de Población y Vivienda.
- 2.- Alba, Lleras. E. 1981. **Elementos de Meteorología**. Ed. Sintis S.A. Barcelona p.p 5.
- 3.- Ibid, p.p. 5-6.
- 4.- Torres Ruiz. E. 1983. **Agrometeorología**, ED. Diana, México. p.p 7-8.
- 5.- Ibid, p. 8.
- 6.- Fuentes, Yague, J.L. 1983. **Apuntes de Meteorología Agrícola**. Publicaciones de Extensión Agraria, Madrid. p. 16.
- 7.- L. Donn, William 1978. **Meteorología**. ED. Reverte, S.A. Barcelona España. p. 8.
- 8.- S.M.N. Compendio de Apuntes para la formación del personal meteorológico de la clase IV (Meteorología). p.p. 2-3.
- 9.- L. Donn, op. cit. p.p. 8-9.
- 10.- Anónimo. 1982 Enciclopedia de las Ciencias. Ciencia de Tierra II, Energía. Vol. 3. ED. Cumbres, S.A. México. p. 5.
- 11.- Fuentes, op. cit. p. 17.
- 12.- Ibid. p. 18.
- 13.- Anónimo. Enciclopedia, op. cit. p.p. 5-6.
- 14.- Candel, Vila, R. 1979, **Atlas de Meteorología**, ED. Jover, Barcelona. p. A1.
- 15.- Anónimo. Enciclopedia, op. cit. p. 6.
- 16.- Fuentes, op. cit. p. 17.
- 17.- Candel, op. cit. p. A1
- 18.- Anónimo. Enciclopedia, p. 8.
- 19.- Ibid, p.p. 7-8.
- 20.- Candel, op. cit. p. A1.
- 21.- Anónimo. Enciclopedia, op. cit. p. 8.
- 22.- Ibid, p. 2
- 23.- A. Grerilach. V. y Edison Adams. J. 1970 **Las Plantas**. (Introducción a la Botánica). ED. Limusa. Wiley, S.A. México. p.p. 378-385.
- 24.- Ibid, p.p. 336-338.
- 25.- L. Donn, op. cit. p. 33.
- 26.- L. Donn, op. cit. p. 34.
- 27.- A. Perkins M. 1960. **Física General**. ED. Uteha. México. p. 288.
- 28.- De Galiana, M. J. 1977. **Pequeño Larousse de Ciencias y Técnicas**. Ed. Olimpia, S.A. México. p. 289.
- 29.- E. White. H. 1965. **Física Moderna**, ED. Montaner y Simón S.A. Barcelona. p. 239.
- 30.- Ibid. p. 240.
- 31.- De Galiana. op. cit. p. 198.
- 32.- Ortiz Solorio, C. A. 1984. **Elementos de Agrometeorología**. (Con Aplicaciones en la República Mexicana) Depto. de suelos VACH. México. p. 5.
- 33.- Torres, op. cit. p.p. 47-49.
- 34.- Ortiz, op. cit. p.p. 6-7.
- 35.- L. Donn, op. cit. p.p. 60-63.
- 36.- Ibid, p.p. 6-7.
- 37.- Ibid, p.p. 68-69.

- 38.- Torres, op. cit. p. 43.
- 39.- Ibid, p.p. 67-68.
- 40.- Torres, op. cit. p.p. 100-101.
- 41.- L. Donn, op. cit. p. 191.
- 42.- Ibid, op. cit. p.p. 283-287.
- 43.- Ibid, op. cit. p.p. 205-208.
- 44.- Ibid, op. cit. p. 212.
- 45.- Ibid, op. cit. p.p. 194-195.
- 46.- Torres, op. cit. p.p. 16-25.
- 47.- L. Donn, op. cit. p.p. 288-290.
- 48.- Torres, op. cit. p.p. 103-105.
- 49.- L. Donn, op. cit. p. 227.
- 50.- L. Donn, op. cit. p. 79.
- 51.- Torres, op. cit. p. 82.
- 52.- Torres, op. cit. p.p. 82-85.
- 53.- L. Donn, op. cit. p.p. 83-84.
- 54.- Fuentes, op. cit. p. 78.
- 55.- Candel, op. cit. p. C6.
- 56.- Torres, op. cit. p.p. 32-36.
- 57.- L. Donn, op. cit. p. 98.
- 58.- Candel, op. cit. p. D1.
- 59.- Anónimo. Enciclopedia, op. cit. p.p. 56-68.
- 60.- Anónimo. Enciclopedia, op. cit. p.p. 56-57.
- 61.- Torres, op. cit. p.p. 91-93.
- 62.- Ibid, p.p. 36-37.
- 63.- Anónimo. Enciclopedia, p. 61.
- 64.- L. Donn, op. cit. p. 107.
- 65.- Candel, op. cit. p. E1.
- 66.- Fuentes, op. cit. p.p. 281 y 20.
- 67.- Candel, op. cit. p. C6.
- 68.- L. Donn, op. cit. p.p. 525-531.
- 69.- Islas Chavez M.R. Agroclimatología, Apuntes del I.T.A. 7
Morelia, Mich., p.p. 72-73.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Alba, Lleras, B. 1981. ELEMENTOS DE METEOROLOGIA
ED. Sintis, S.A. Barcelona.
- 2.- A. Grenlach V. y Edison Adams J. 1970 LAS PLANTAS
(Introducción a la Botánica). ED. Limusa. Wiley, S.A. México.
- 3.- A. Perkins, H. 1960 FISICA GENERAL. ED. UTEHA. México.
- 4.- Candel Vila, R. 1979 ATLAS DE METEOROLOGIA. ED. Jover,
Barcelona.
- 5.- De Galiana, Mingot, J. 1977 PEQUENO LAROUSE DE CIENCIAS Y
TECNICAS. Ediciones Olimpia, S.A. México.
- 6.- E. White. H. 1965 FISICA MODERNA. ED. Montaner y Simón, S.A
Barcelona.
- 7.- Fuentes Yague, J.L. 1983 APUNTES DE METEOROLOGIA AGRICOLA,
Publicaciones de Extensión Agraria, Madrid.
- 8.- INEGI, 1970/80/90. Censo de Población y Vivienda.
- 9.- Islas Chávez, M.R. AGROMETEOROLOGIA. Apuntes del I.T.A. No. 7,
Morelia, Mich.
- 10.- L. Donn. W. 1978. METEOROLOGIA. ED. Reverte, S.A. Barcelona,
España
- 11.- Ortiz Solorio, C.A. 1984 ELEMENTOS DE AGROMETEOROLOGIA
(Con aplicaciones en la República Mexicana). Depto de Suelos
VACH. México.
- 12.- Anónimo. 1982. ENCICLOPEDIA DE LAS CIENCIAS. Ciencia de tierra
II Energía. Vol.3. ED.Cumbres, S.A. México.
- 13.- Servicio Meteorológico Nacional. Compendio de Apuntes para la
formación del Personal Meteorológico de la Clase IV.
(Meteorología). Tacubaya, D.F.
- 14.- Torres Ruiz E. 1983. AGROMETEOROLOGIA, ED. Diana.México.