



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**"CUAUTITLAN"**

**INGENIERIA AGRICOLA**

**IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION  
AGROCLIMATICA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA  
P R E S E N T A**

**GLORIA HERRERA VAZQUEZ**

**Director de tesis:**

**ING. JOSE LUIS GARDUÑO VALDES**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.**

**1983**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## C O N T E N I D O

	Página
I INTRODUCCION	9
II PRINCIPIOS DE LA INVESTIGACION AGROCLIMATICA	14
III OBJETIVOS DE LA AGROCLIMATOLOGIA	19
IV OBSERVACIONES DEL MEDIO AMBIENTE A REALIZAR EN UNA ESTACION AGROMETEOROLOGICA	22
1.- Temperatura del aire	23
2.- Temperatura del suelo	24
3.- Humedad del aire	26
4.- Humedad del suelo	26
5.- Viento	27
6.- Fenómenos higrometeorológicos de aplicación agrícola	27
7.- Evaporación y medición del balance hidrológico	28
8.- Profundidad de la capa freática	30
9.- Radiación solar	30
10.- Presión atmosférica	31
V OBSERVACIONES ESPECIALES FUERA DE LA ESTACION AGROMETEOROLOGICA	32
1.- Caracterización del fitoclima	33

2.- Observaciones biológicas	33
3.- Otro tipo de observaciones	38
4.- Ejemplo de diseño para experimentos de investigación agroclimática:	41
- Características de experimentación	42
- Determinaciones	43
- Equipo y materiales	43
<b>VI REQUERIMIENTOS PARA LA INVESTIGACION AGROCLIMATICA</b>	<b>48</b>
- Personal	49
1.- Clasificación del personal empleado en Agrometeorología	49
2.- Obligaciones del personal de Agrometeorología	49
3.- Cursos de capacitación recomendables para el personal	50
4.- Conocimientos necesarios para el personal de Agrometeorología	52
- Ubicación	63
- Infraestructura	64
- Cuidados de la Estación	66
- Emplazamiento y distribución de algunos aparatos en la Estación Agrometeorológica	66-B
- Ejemplo de un sistema de adquisición de datos meteorológicos automáticamente	70

- Investigaciones que se están realizando en el mundo para la medición de parámetros meteorológicos	71
<b>VII FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS Y SU IMPORTANCIA</b>	<b>74</b>
1.- Temperatura del aire	75
2.- Temperatura del suelo	82
3.- Humedad atmosférica	83
4.- Viento	83
5.- Evaporación	85
6.- Radiación solar	87
7.- Presión atmosférica	88
8.- Precipitación	89
<b>VIII PROPOSICIONES</b>	<b>94</b>
<b>IX BIBLIOGRAFIA</b>	<b>104</b>

## **IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION AGROCLIMATICA**

## I INTRODUCCION

## I INTRODUCCION

El Director General de la FAO, Edouard Saouma, ha dicho (4): Que el peligro más grande que existe en la humanidad, es el que se deriva de la división del mundo actual; el abismo que separa a los ricos y a los pobres, entre regiones y dentro de las propias naciones y que la solución a ese problema, corresponde a la esfera política. Pero ambos: ricos y pobres, están encarando, la crisis energética y la degradación del ambiente; por tanto, debieran tener un interés común para sentar los fundamentos de una revolución agrícola, basada en: las leyes que gobiernan el medio ambiente.

Por lo anterior, en los últimos años se ha llegado a establecer a nivel mundial, un Programa de Desarrollo Agroclimático, dedicado a la aplicación de las ciencias que estudian el medio ambiente y los problemas para su desarrollo, con el interés y compromiso, de adaptarlo a las necesidades de los países interesados en su desarrollo rural, en la productividad agrícola y en la seguridad de su satisfacción alimentaria nacional.

La necesidad impostergable de desarrollar un programa de investigación agroclimática en México, se funda en las siguientes premisas:

- Considerando los elementos y factores del clima como son: temperatura, humedad, presión atmosférica, latitud, orografía, distribución de las masas terrestres con respecto a las marinas, co-

rrientes marinas y los movimientos de la atmósfera. Los dos primeros elementos son los que impactan más fuertemente las actividades agropecuarias, ya que el potencial productivo de una planta o animal, no puede llegar a manifestarse, si la disponibilidad de agua no es suficiente para los fines que se buscan y si su período de crecimiento se ve retrasado por no tener la temperatura adecuada. Como resultado particular, de la acción e interacción compleja de todos los factores antes citados, gran parte de nuestro territorio nacional, se ve sometido a un clima predominantemente desfavorable para la producción agrícola; lo cual explica, que el 65 % de las pérdidas en las cosechas, se deba a causas meteorológicas básicamente relacionadas con humedad y temperatura.

- Después del clima, el segundo factor limitante para la actividad agrícola, lo constituye el suelo como se señala en hidroponia, un sistema de producción (13), que del total de 36.9 millones de hectáreas aprovechables para la agricultura en México, 20.7 son de buenos suelos, 10.5 de regular calidad y 5.7 millones de calidad deficiente. Además, 14.4 millones de hectáreas de los suelos de buena calidad, se localizan en regiones con deficiencia de humedad.

- Por otro lado, el territorio de México, es muy accidentado y al respecto (13), se señala que de sus 196.7 millones de hectáreas, sólo 71 millones o sea el 36 %, presentan pendientes inferiores a 25 %, de donde resulta que el 64 % del territorio presenta

pendientes, que limitan verdaderamente la producción agropecuaria.

- Los grandes problemas que debe afrontar el desarrollo actual de la agricultura y ganadería en el país, tiene en buena parte una base climática. El aumento de producción del suelo en las áreas -- agrícolas actuales y la expansión del cultivo de la tierra sobre nuevos territorios, exige la consideración del clima en forma principal y previa a la aplicación de toda investigación agropecuaria.

-En el problema de aridez en México, están íntimamente vinculados los procesos ambientales de primer orden como: contenido de agua en el suelo, evaporación, evapotranspiración, escurrimiento superficial, profundidad del manto freático, dinámica del agua del suelo y los procesos de segundo orden como: distribución de la precipitación y del riego, características del viento en la capa adyacente al suelo y de la vegetación que este sustenta, dimensiones geométricas de la superficie del suelo y el balance de radiación, que es la suma de todas las formas de radiación de onda corta y onda larga que llegan a la atmósfera y suelo de la tierra. Solamente un adecuado conocimiento de estos elementos y de la forma de modificarlos favorablemente, - podrá conducir al aprovechamiento de las regiones áridas, al aumento de la fertilidad de las semiáridas y con ello al aumento global de la producción agropecuaria.

Por lo anterior, la necesidad de introducir especies de plantas -- cultivadas y animales, impone un estudio y análisis agroclimáti--

cos para distribuir las zonas por sus aptitudes sobre bases racionales. La introducción o definición de nuevos cultivos y razas pecuarias y su mejoramiento fito o zootécnico, puede facilitarse en la medida en que se analicen los climas regionales para la determinación de las exigencias de las variedades y de las razas pecuarias, que se obtienen realizando investigación agroclimática.

Por tanto un Distrito Agroclimático, es el área de máxima extensión, donde las condiciones climáticas son lo suficientemente uniformes, - como para asegurar que en su jurisdicción, se pueden hacer los mismos cultivos, con semejantes probabilidades de éxito.

En un país tan extenso como el nuestro, tan variado en cuanto a -- climas, suelo y topografía se dan las condiciones para que prosperen una flora y una fauna muy amplias, es de gran interés poder disponer de mapas como más adelante se ejemplifican, que señalen zonas a es calas, que permitan obtener información de áreas pequeñas, con con diciones agroclimáticas homogéneas y éstar en posibilidad de asegurar que en las mismas, puedan prosperar cultivos con probabilidades de éxito.

Los mapas agroclimáticos, serían muy útiles para realizar con mayor seguridad, muchos trabajos que conllevan a una mejor planeación de producción agropecuaria y también auxiliar a los estudiosos, investigadores y técnicos en general (4) en sus objetivos.

**II PRINCIPIOS DE LA INVESTIGACION  
AGROCLIMATICA**

## II PRINCIPIOS DE LA INVESTIGACION AGROCLIMATICA

**BIOCLIMATOLOGIA.**- Es una ciencia que estudia los factores del medio ambiente, cuando estos se suceden en frecuencia e intensidad adecuados, para satisfacer las necesidades mínimas de las plantas y animales para su crecimiento, desarrollo y reproducción.

**AGROCLIMATOLOGIA.**- La Agroclimatología es una ciencia que se ocupa del estudio de la interacción de los factores climáticos, hidrológicos, edáficos, biológicos y culturales, que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las plantas y animales. Estos factores -- son observados y valorados en etapas y fases fenológicas respectivas, conforme a los procesos biológicos de cada planta y animales, para obtener información que permita determinar las áreas homogéneas, en las cuales se puedan asegurar óptimos rendimientos.

**ESTACION AGROMETEOROLOGIA.**- La Estación Agrometeorológica es un lugar de observación y su función principal es la de obtener la información básica necesaria para la investigación agroclimática. Dichas Estaciones deben ubicarse en los campos de experimentación para que proporcionen información que apoye la investigación agropecuaria, independientemente de otras instalaciones como laboratorios, invernaderos, etc. que también coadyuven en los trabajos de investigación.

En Agroclimatología se puede hacer uso de las observaciones del --

tiempo, hechas en todo tipo de Estaciones Meteorológicas como son: Sinóptica, climática, hidrológica y principalmente de Estaciones Agrometeorológicas, ya que en este último tipo de estaciones, aparte de las observaciones comunes de temperatura y humedad del aire, precipitación, velocidad y dirección del viento, se realizan observaciones sobre radiación solar, evaporación, evapotranspiración, balance hídrico, balance término del suelo, gradiente térmico de la capa de aire cercana al suelo, mediante formas y registros especiales.

Conforme a los reglamentos técnicos de la OMM (1965) (9), las Estaciones Agrometeorológicas, pueden clasificarse en las siguientes categorías:

a) Estación Agrometeorológicas principal que suministra simultáneamente información meteorológica detallada y donde se llevan a cabo investigaciones fundamentales agrometeorológicas de interés nacional o regional. Ello es posible por la calidad y cantidad de instrumental meteorológico, el material biológico disponible, la frecuencia y amplitud de las observaciones y el personal especializado.

b) Estación Agrometeorológica ordinaria, que suministra informaciones simultáneamente de observaciones meteorológicas y biológicas, sobre una base rutinaria y puede estar equipada para asistir en investigaciones de problemas específicos.

c) Estación Agrometeorológica Auxiliar, que suministra simplemente información meteorológica y biológica.

La ubicación de estas Estaciones variará de un país a otro. La primera consideración, es que deberían estar localizados en lugares -- que sean verdaderamente representativos de las condiciones naturales de las regiones del país, como se aclara posteriormente. Las Estaciones principales y ordinarias podrían funcionar en Estaciones Experimentales Agropecuarias, Forestales e Hidrobiológicas, instituciones de la ciencia del suelo, etc. En el caso de Estaciones Auxiliares, podrían ser tomadas en consideración para las escuelas prácticas de agricultura, con objetivos pedagógicos principalmente.

En lo posible, cada gran región fitogeográfica homogénea, debería contar con una Estación Agrometeorológica principal. Asimismo, cada área característica dedicada a un aspecto particular de la agricultura o de producción animal o forestal, debería disponer de una Estación Ordinaria. En cuanto a las Auxiliares, su instalación asegurará una adecuada densidad de las observaciones de los elementos meteorológicos y biológicos de mayor importancia agrometeorológica.

Cada región del país, debe tener su red de estaciones convenientes de acuerdo a sus problemas particulares. La densidad ideal de la red de estaciones depende de los siguientes factores:

- a) Del tipo de problemas agrícolas que se encuentren en cada región.
- b) La vegetación natural.

- c) Distribución de los cultivos en la zona.
- d) Métodos de trabajo agrícola.
- e) Variación del tipo de suelo.
- f) Variación del tipo de clima y las variantes del tiempo.
- g) Extensión y topografía de la zona.
- h) Factores hidrológicos.
- i) Factores orográficos y geográficos.
- j) Densidad de población e industrias.

La OMM, ha considerado como mínima una distancia entre una Estación y otra de 16 km<sup>2</sup> dependiendo de la orografía de la zona.

### **III OBJETIVOS DE LA AGROCLIMATOLOGIA**

### III OBJETIVOS DE LA AGROCLIMATOLOGIA

- Captar y definir la información agroclimática para orientar la producción agropecuaria sobre bases científicas.

- Determinar a través de investigación y experimentación de campo, los requerimientos bioclimáticos que son aquellos factores que requiere mínimamente la planta o animal para su crecimiento y desarrollo y que se suceden para completar su ciclo reproductivo. Así como los requerimientos agroclimáticos, que a diferencia de los anteriores, se nombran así a los factores climáticos, hidrológicos, edáficos, biológicos y culturales, cuando se suceden adecuadamente a través de cada etapa fenológica, durante el ciclo vegetativo o animal para obtener los rendimientos óptimos.

- En base al estudio de las relaciones de los factores agroclimáticos, derivar las tecnologías adecuadas para el uso eficiente de los componentes de tales factores, en los diferentes agroecosistemas, para facilitar el incremento de la producción agropecuaria:

- Conocer las disponibilidades y limitaciones agroclimáticas de las zonas agrícolas y pecuarias del país, que permitan en un momento dado, efectuar experimentos y cambios de cultivo o actividades sin pérdida económica y de tiempo, al permitirnos saber qué hacer cuando se adelanten o atrasen parámetros climáticos de un lugar. Así se contará con información de cultivos que por sus características servirán de sustitutos.

- Establecer las interrelaciones y semejanzas, de regiones óptimas comprobadas, para el desarrollo de determinadas especies, efectuando extrapolaciones para su establecimiento adecuado.

- Evaluar las aptitudes agropecuarias regionales, presentes o potenciales, mediante el análisis de la magnitud y variabilidad de los elementos climáticos, de acuerdo a la acción que ejercen sobre cultivos y ganado.

- Estudiar las condiciones ambientales en que viven las plantas y animales y la modificación de importancia económica de los agentes meteorológicos adversos.

- Realizar el máximo uso del conocimiento meteorológico proveniente de datos estadísticos y experiencias, para estudiar, contrarrestar y disminuir las adversidades meteorológicas como son: granizadas, heladas, sequías, exceso de humedad, nubosidad, smog, escarcha, etc. para así relacionarlos con problemas agrícolas de modo práctico.

#### **IV OBSERVACIONES DEL MEDIO AMBIENTE**

#### IV OBSERVACIONES DEL MEDIO AMBIENTE

Para la obtención de información agroclimática, es necesario realizar las siguientes actividades que marca la OMM (1963) (19).

1.- Temperatura del aire. Se deben realizar registros continuos de temperatura del aire, que pueden ser medidos en plazos representativos y en la capa adyacente al suelo a la intemperie y a las siguientes alturas:

- A) 10 cm
- B) 20 cm
- C) 50 cm
- D) 100 cm
- E) 150 cm
- F) 200 cm

Las medidas se deben hacer a un mínimo de 3 niveles en la Estación y para problemas específicos deben seleccionarse de acuerdo al problema que se está investigando.

La medición de la temperatura del aire se realiza eventualmente en distintos cultivos así como en suelo libre de vegetación, entre el -

cultivo y en la parte superior del mismo.

Estas observaciones, se harán siempre que sea posible en una área grande, claramente representativa (aproximadamente de un diámetro de 20-50 m) con terreno nivelado y uniforme en vegetación.

La radiación da origen a un serio error en la medición de la temperatura, por lo que se recomienda que a algunas alturas en las que se realice medición de temperatura del aire, tener los termómetros - colocados en abrigos meteorológicos; en el caso de que la temperatura del aire se mida en aparatos de lectura directa de primera generación o que no son automáticos, la Organización Meteorológica Mundial, recomienda realizar tres observaciones diarias a las 8, 14 y 20 horas, cuando rige la hora adelantada de verano; las observaciones - se practicarán a las 9, 15 y 21 horas, que son las mismas para medir la temperatura en el tanque de evaporación.

2.- Temperatura del suelo.- En todas las Estaciones Agrometeorológicas deben ser incluidas medidas de la temperatura del suelo, - que se debe medir a las siguientes profundidades:

- A) 5 cm.
- B) 10 cm.
- C) 20 cm.
- D) 50 cm.
- E) 100 cm.

A las profundidades de 50 y 100 cm, los cambios de temperatura son lentos por lo que es suficiente con lecturas periódicas, máximo semanales, en las demás profundidades se deben realizar lecturas periódicas y continuas a horas fijas preferentemente en intervalos de no más de 6 horas.

Las observaciones de temperatura en el suelo deben ser hechas bajo dos parámetros que son:

A) Suelo cubierto con vegetación.

B) Suelo sin vegetación.

Dentro de la Estación se deben determinar un lugar con vegetación y otro sin vegetación para la medición de estos parámetros. Se deben realizar las lecturas en los dos parámetros simultáneamente para efectos de comparación. En algunos lugares se pueden hacer mediciones de temperatura con más parámetros dependiendo de la región.

Si se desean hacer mediciones para estudios especiales fuera de la Estación, las observaciones se realizan en lugares representativos, indicando claramente la hora y profundidad a la que se hizo la lectura, así como el espesor y el tipo de material mineral de las diversas capas de suelo, a las que se está determinando la temperatura. En el caso de las Estaciones donde hay una época de nevada y el terreno se cubre de nieve, es de especial interés, para el conocimiento de la temperatura del suelo, determinar la profundidad de la capa de nieve.

3.- Humedad del aire.- La medición de la humedad del aire, se realiza siguiendo los mismos lineamientos referidos para la temperatura.

4.- Humedad del suelo.- La medición de la humedad del suelo - se realiza a las siguientes profundidades:

- A) 10 cm.
- B) 20 cm.
- C) 30 cm.
- D) 40 cm.
- E) 50 cm.
- F) 60 cm.
- G) 70 cm.
- H) 80 cm.
- I) 90 cm.
- J) 100 cm.

En muchos casos la relación de los niveles, puede ser hecha en relación con la profundidad efectiva de la raíz de las plantas, que se están tomando en consideración. Hasta que sea posible realizar registros continuos de algunos de los niveles marcados anteriormente, es recomendable que las observaciones sean hechas en intervalos regulares de cerca de 10 días en profundidades grandes, pero a poca -- profundidad las observaciones deben realizarse a intervalos de 5 días,

en algunas áreas cubiertas de nieve, las observaciones se hacen -- más frecuentes, principalmente cuando la nieve se está fundiendo.

5.- Viento.- Se deben realizar mediciones regulares en la Estación Agroclimatológica de la velocidad y dirección del viento y para facilitar la comparación con otras Estaciones, las medidas se hacen a las siguientes alturas:

A) 0.50 m

B) 1 m

C) 2 m

D) 10 m

Estas mediciones, además de realizarse dentro de la Estación es conveniente realizarla ya sea cerca o dentro del cultivo que se está investigando, en alturas que garanticen la no obstaculación del viento.

6.- Fenómenos higrometeorológicos de aplicación agrícola.- En una Estación Agrometeorológica se deben hacer observaciones a intervalos regulares de los siguientes hidrometeoros:

A) Precipitación.- Se determinará la intensidad, frecuencia y cantidad de lluvia. La medición de la cantidad de la precipitación debe ser medida en la mañana y siempre a la misma hora.

B) Nubes.- Se cuantifica la cantidad de Octas y géneros de nubes.

C) Granizo.- Se determinará su frecuencia y su intensidad, así como su equivalente de agua, y el tamaño de las partículas de granizo.

D) Rocío.- Especialmente en climas secos, con fluctuaciones de días largos de temperatura; la cantidad de agua depositada en forma de rocío (escarcha), puede ser de mucha importancia en el balance del agua de la biosfera.

E) Nieve.- Se mide el espesor, la densidad, cobertura y equivalente del agua de la nieve, la extensión y división de la cobertura de nieve; únicamente podrá ser observado regularmente y se puede cuantificar con información del equivalente de agua y la constancia de esta cobertura de nieve, se medirá una o dos veces por semana.

7.- Evaporación y medición del balance hidrológico.- La evaporación es un factor de gran importancia y se debe determinar en los siguientes parámetros:

A) Evapotranspiración.- La evapotranspiración abarca dos aspectos, uno que es la evaporación del suelo y otro que es la transpiración de la planta, así la evapotranspiración evalúa ambos aspectos.

B) Evapotranspiración potencial.- Que es definida como la cantidad de agua evaporada de la parte media del suelo y la transpirada por la planta cuando el suelo se encuentra a capacidad de campo.

C) Evaporación desde una superficie de agua.- Estas observaciones son de interés, en relación con los ríos que causan inundaciones de importancia agrícola.

D) Balance hidrológico seriado.- El cálculo del balance hidrológico seriado (BHS) determina el régimen de variación del agua del suelo; debido a la distribución anormal que presenta el elemento precipitación, la correcta caracterización agroclimática del régimen de agua del suelo, se consigue solamente mediante la realización de balances diarios computados sobre una serie de años suficientemente extensa para incluir todas las situaciones probables de este elemento. Para este cómputo se utilizan valores mensuales de evapotranspiración potencial y precipitación ocurridos en cada uno de los años integrantes de una serie, cuya extensión asegure la inclusión de todas las combinaciones posibles entre los términos del balance; permitiendo así, derivar las probabilidades correspondientes, a distintas disponibilidades de agua en el suelo. Esta cualidad, permite recomendar la utilización del balance hidrológico mensual seriado en estudios de carácter agroclimático que exijan un conocimiento detallado del régimen de agua edáfica.

Los cálculos de la evaporación, se realizan en planillas especiales, donde se anotan las lecturas del medidor de evaporación, expresadas en milímetros y decímetros de milímetro. Además de esto, las temperaturas del agua del tanque de evaporación, deben ser medidas --

también a las 8:00, 14:00 y 20:00 horas.

8.- Se debe determinar la profundidad de la capa freática, que es de gran importancia, para determinar la disponibilidad de humedad y la factibilidad de abrir zonas de riego.

9.- Radiación solar.- La radiación solar debe ser registrada en toda Estación Agrometeorológica en los siguientes parámetros:

A) Radiación solar directa.- Es la forma en que llega la mayor parte de la radiación en la tierra, ya que cuando el cielo está despejado, los rayos solares sufren una pérdida de energía debido a procesos como: Absorción, dispersión, reflexión, que representan una pequeña fracción de la energía del sol que llega al límite superior de la atmósfera.

B) Radiación solar difusa.- Es la energía radiante que llega a la tierra, difundida en todas direcciones por las partículas de la atmósfera, que es de gran importancia para el calentamiento de la superficie terrestre (12) en donde se indica que se calculó que es un 25 % de la radiación directa y allí mismo se dice que llega a un 30 % en días nublados. Ello explica que no desciende rápidamente la temperatura, después de ocultarse el sol.

C) Radiación solar reflejada. La relación entre la radiación incidente sobre la superficie terrestre y la reflejada por la misma, es

lo que se denomina albedo, expresándose esta relación en porcentaje. Un 30 % del albedo, significa que de 100 radiaciones recibidas, la superficie terrestre refleja 30. El porcentaje de albedo, depende de las características y constitución física del suelo. Un suelo con alto índice de reflectividad o albedo se calienta menos que uno con alta absorción o bajo índice de albedo. Los suelos oscuros, a igual contenido de humedad, se calientan más que los suelos claros.

D) Duración de la luz del sol.- La duración del período luminoso es variable a lo largo del año. En virtud de la inclinación del eje de la tierra y de sus movimientos de traslación y rotación; en el -- ecuador dura 12 horas en casi todos los meses del año. Al aumentar la latitud, su duración aumenta o disminuye hasta llegar a 6 meses en los polos, alternando con los meses de oscuridad. Siendo importante los datos derivados de este factor los correspondientes a horas luz y fotoperíodos.

10.- Presión atmosférica.- Su medición se realiza para efectuar cálculos de evapotranspiración, etc.

**V OBSERVACIONES ESPECIALES FUERA DE LA  
ESTACION AGROMETEOROLOGICA**

## V OBSERVACIONES ESPECIALES FUERA DE LA ESTACION AGROMETEOROLOGICA

1.- Se deben realizar las caracterizaciones de los fitoclimas, mediante la medición de la temperatura y humedad del aire y del suelo - en donde se encuentra la masa del cultivo.

### 2.. Observaciones biológicas.

Las observaciones de carácter biológico, permiten obtener conjuntamente con la evaluación de los elementos climáticos, la información básica necesaria, para explicar la relación del tiempo y los variados aspectos de la agricultura y ganadería. Ellas deben efectuarse de una manera tal, que constituya una medida cualitativa y en ciertos casos cuantitativa, de las reacciones de la planta o del animal, a las condiciones del tiempo.

Lo básico de toda información de índole biológica, es que debe ser paralela a las observaciones meteorológicas, de conformidad o según el tipo de planta de estudio, lo que indica la metodología fenológica respectiva.

Para esas observaciones biológicas, existen métodos especiales y normas ya establecidas, que fijan criterios de observación ya sea en árboles y arbustos, cultivos anuales o perennes, densos o ralos, frutales o forestales de follaje caduco o persistente, etc.

En todo lo anterior deberá tenerse el cuidado especial de apegarse al -

reglamento técnico de la Organización Meteorológica Mundial y utilizar el material especialmente diseñado para eso, por la misma.

Es particularmente forzoso que la investigación de esta naturaleza demande la colaboración de meteorólogos y biólogos que trabajen en -- coordinación junto con datos estadísticos.

Algunas de las observaciones biológicas, que deben realizarse para -- investigación agroclimática son las siguientes:

A) Observaciones fenológicas y fenométricas detalladas y exactas de los distintos subperíodos; así como también, las correspondientes a la incidencia de los factores climáticos sobre las plantas y animales, en relación a su ciclo o período característico, tomando en consideración su complejidad, que son requeridos para un experimento específico, en un centro de investigación, o en un sitio experimental.

B) Una serie de observaciones, de carácter menos complejo de -- la Sinecia de una área geográfica muy grande, en un largo número de sitios, para realizar labores de cultivo, dentro de cortos períodos.

C) Series de observaciones en plantas cultivadas o en granjas animales, de las labores culturales, por ejemplo: labranza, siembra, cosecha, que son requeridos para evaluar en detalle, el trabajo que es necesario en los siguientes años.

D) Observaciones de fenómenos naturales de las plantas y ani-

males silvestres y en general de la ecología del lugar.

E) Observaciones de fenómenos meteorológicos adversos. Estas observaciones son las relacionadas con el tipo de tiempo que causa pérdidas o daño a las plantas y animales como son: la nieve, el granizo, lluvias fuertes, condiciones del tiempo relacionadas con serios problemas de contaminación del aire, frío y calor inoportuno, sequía fuerte e inundaciones, tormentas de polvo y arena. Los elementos secundarios probables del tiempo, pueden ser efectos adversos para la producción agrícola, incluyendo incendios de prados y bosques y la incidencia de plagas y enfermedades.

F) También debe tomarse en consideración, que para trabajos -- muy especiales se utilizan observaciones precisas. Este tipo de observaciones, son fundamentales para la investigación, paralelas a las de los fenómenos del medio ambiente y de naturaleza micrometeorológica, tomados con instrumentos especiales designados para este propósito, las observaciones deben ser exactas y escogidas especialmente de acuerdo al propósito de la investigación.

Los trabajos de esa naturaleza, pueden ser transportados a las condiciones naturales del campo o en experimentos de laboratorio, en los que frecuentemente se utilizan microscopio y cambios climáticos controlados y donde es posible, el estudio de las reacciones de las plantas y animales y un factor meteorológico individual.

En todos los casos, es importante la medición de los factores físicos

y fenológicos que afectan la vida de los organismos, así como su metabolismo, pulso, respiración, temperatura rectal de los animales, la tomade bióxido de carbono por las plantas, temperatura del fruto y la hoja, presión osmótica y constitución química de las plantas.

G) Se deben realizar observaciones de uso operacional como las necesarias a nivel regional y donde se llevan registros para realizar avisos técnicos; cada observación debe ser realizada en un largo número de sitios, conforme a la distribución de la red de estaciones y pueden ser como:

**Incendios en el bosque.**- Por medio de información agroclimática, se puede predecir los lugares en donde existe el riesgo de incendios forestales.

**Enfermedades.**- Se retiene información del estado de la planta y de las condiciones que pueden propiciar la incidencia y expansión de una enfermedad.

**Plagas.**- Se obtiene información de las condiciones en que se produce la incubación de insectos nocivos, la formación de poblaciones de insectos y de su introducción a nuevas regiones.

**Labores de cultivo.**- Hay que tener conocimiento de las predicciones del tiempo, para realizar un calendario de las labores de cultivo que se deben realizar.

Asimismo, realizar observaciones concernientes a plantas y animales

silvestres, así como migración de pájaros, hibernación de animales y los cambios periódicos de la conducta de las especies locales.

Por lo tanto, la red de estaciones debe de estar en las áreas de mejor representación, para la producción agropecuaria y en áreas pequeñas de producción agrícola especializada, como son los Campos Experimentales y de acuerdo a las especificaciones prevalecientes ya mencionadas. Es esencial que existan standars de observación bien realizadas.

Cada país puede seleccionar su propio programa de observaciones y establecer las instrucciones para el registro y reporte de las observaciones siempre regidas por la OMM.

Ahora bien, aunque cada país debe realizar su propia selección de observaciones, es conveniente trabajar en coordinación con otros países adyacentes.

Con ambas observaciones, normalizadas, la meteorología y la fenológica, se estaría en condiciones de determinar los valores normales de expresión básica de cada cultivo o exigencia bioclimática de los mismos, en los distintos puntos del país; evaluar observaciones climáticas en comparación con las fenológicas, incurrirán en procesos de pronóstico de cosechas, de enfermedades etc.

Todo ello indica, que es necesario llegar a establecer en forma conjunta, entre el programa de agloclimatología y los programas restantes, las bases para determinar observaciones fenológicas normalizadas.

### 3.- Otro tipo de observaciones.

El Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas de Argentina (1969) - (2), señala el siguiente tipo de observaciones:

A.- Por ser la agroclimatología una disciplina que utiliza el medio ambiente como elemento de estudio, los ensayos deberán hacerse a pleno campo. Para disponer de la mayor cantidad posible de reacciones, se considera que las siembras continuadas, en lapsos regulares constituye un valioso método en este tipo de estudio. Estas siembras, realizadas en un determinado lugar, eliminan el factor suelo, utilizan la misma semilla en todas las épocas y se registra el proceso fenológico, por un mismo observador, para eliminar el factor personal en la observación de las distintas fases del cultivo. A este respecto, es conveniente adoptar métodos objetivos de observación según el tipo de cultivo, a fin de que las observaciones fenológicas no sean una fuente de variación en los resultados y sean comparables en el análisis de ensayos similares de zonas o lugares diferentes y a través de los años. En Argentina la observación fenológica dispone de sistemas evolucionados y adecuados a cultivos anuales y perennes, siendo éste, un aspecto sobre el que se han logrado resultados concretos.

La periodicidad de las siembras será semanal, quincenal, cada veinte días y aún cada mes, de acuerdo con el cultivo, finalidades y en --

ciertos casos según, la superficie o medios disponibles, lo que limita también, el tamaño de las parcelas y el número de repeticiones. - El diseño experimental exigirá una distribución adecuada para el tratamiento estadístico, cuando se quiera valorar el rendimiento o cualquier otra observación fenométrica, aunque pueden adoptarse parcelas únicas cuando solamente es necesario el registro de las observaciones fenológicas.

Si bien los ensayos son a campo, la semilla o las plantas en diferentes estados de desarrollo, pueden tratarse artificialmente, para hacerles satisfacer una exigencia bioclimática determinada, como pueden ser: diferentes dosis de frío o inducciones fotoperiódicas o regulación de la intensidad de la radiación, etc.; todo lo cual, interaccionará -- con la disponibilidad meteorológica y determinará, reacciones de cuya interpretación podrán deducirse, exigencias propias de los cultivadores de una especie.

La interpretación de los datos fenológicos registrados en los ensayos de siembras continuadas, pueden realizarse de múltiples maneras según la finalidad buscada. Puede resultar simplemente, una comparación gráfica o de duraciones de diferentes subperíodos, o lo que es -- más efectivo, relacionando el proceso fásico, con algún elemento del proceso meteorológico, como es la acumulación de unidades calóricas o sumas de temperaturas, en los diferentes subperíodos, o la determinación de umbrales fotoperiódicos o térmicos, etc.

Otras veces es necesario utilizar índices bioclimáticos que relacionen dos o más elementos, siendo los más comunes los que usan diferentes combinaciones de suma o niveles térmicos con umbrales fotoperiódicos o fotoperíodos medios.

La determinación periódica de la humedad del suelo, en ensayos donde se varía la época de siembra y la oportunidad e intensidad de los riegos puede conducir al conocimiento del período crítico para agua de un cultivo.

Las siembras continuadas, no sólo pueden utilizarse para determinar las reacciones ante el complejo ambiental actuante en cada siembra, sino para valorar asimismo, la incidencia del clima en otros aspectos del cultivo, como: enfermedades, parásitos, malezas, manejo, calidad del producto cosechado, etc.

#### B.- Ensayos geográficos.

Como método que puede usarse para cuantificar la influencia de diferentes ambientes climáticos, son los ensayos geográficos, aunque en este caso las distintas combinaciones de elementos meteorológicos, se consiguen con la variación de los suelos de cada lugar, por lo cual pueden considerarse ensayos ecológicos más que ensayos bioclimáticos. De cualquier forma, se pueden registrar reacciones fenológicas extremas, con la utilización de combinaciones muy diferentes, alternativas que es más difícil conseguir con las siembras continuadas. Pueden

deducirse de este tipo de ensayos, los umbrales o niveles críticos tanto térmicos como fotoperiódicos.

Una metodología muy conveniente para ensayos bioclimáticos, es la que combina las siembras continuadas con los ensayos geográficos, pues se consiguen así, en un solo año, una cantidad de combinaciones de clima-cultivo, de cuyo análisis pueden inferirse conclusiones muy importantes.

Para los cultivos perennes, la técnica para determinar exigencias agroclimáticas tiene que ser forzosamente diferente, pues por estar las plantas en su lugar definitivo desde la plantación, lo que se medirá es la acción de los elementos meteorológicos a través del año, ya sea a través de su proceso fenológico o sobre el crecimiento vegetativo o productivo anual. A este respecto, deberá investigarse cómo satisfacen sus necesidades térmicas, tanto las especies termófilas como las criófilas, cuyos requerimientos bioclimáticos más importantes se concentran en distintas etapas del ciclo ontogénico del individuo en estudio. En otros países, estudios muy interesantes sobre manzano, durazno y ciruelo, han conducido a medir la variabilidad del proceso fenológico y de los rendimientos, en función del aprovechamiento que los cultivos hacen de la disponibilidad térmica. Aquí sería necesario investigar, los niveles críticos de tolerancia a temperaturas extremas, en los diferentes estados vegetativos.

A manera de ejemplo para realizar experimentos para investigación -

agroclimática, cita el siguiente:

### Características de experimentación

**Diseños experimentales:**

Bloques al azar con parcelas divididas en experimentos factoriales con cuatro repeticiones.

Tratamientos: 5 o más diferentes fechas consecutivas de siembra, con períodos entre ellas de 15 días, incluyendo fechas anteriores y posteriores al óptimo, con tres tipos de variedades: a) Precoces, b) Intermedias y c) Tardías.

**Densidad de siembra:**

La recomendada de acuerdo con la variedad y el área.

**Plagas**

Control de insectos, malezas, malas hierbas y otras plagas, de acuerdo con lo recomendado por el Campo Experimental.

**Agua**

Los experimentos de temporal se repetirán en condiciones de riego de auxilio, regando cuando sea necesario y cuando en general la humedad aprovechable llegue a un 25 % calculando la cantidad de agua por aplicarse (sifones) de acuerdo con la capacidad de campo, de la del horizonte superficial aproximadamente a 50 cm. según el sistema ra-

dicular del cultivo.

**Determinaciones:**

a) En general, de los fenómenos atmosféricos, como: precipitación pluvial, temperatura, humedad relativa, insolación, radiación solar, fotoperíodo, vientos, granizo, heladas, evapotranspiración, etc., conforme al equipo con que se dotarán a los Centros y Campos y con base en las instrucciones, que sobre el particular en su oportunidad, se darán a conocer.

b) De las características agrológicas y propiedades fisicoquímicas del perfil de los suelos y la interacción de los elementos agroclimáticos y fenológicos de la planta.

c) De los aspectos del comportamiento agroclimofenológico de la planta durante su ciclo.

**Equipo y materiales:**

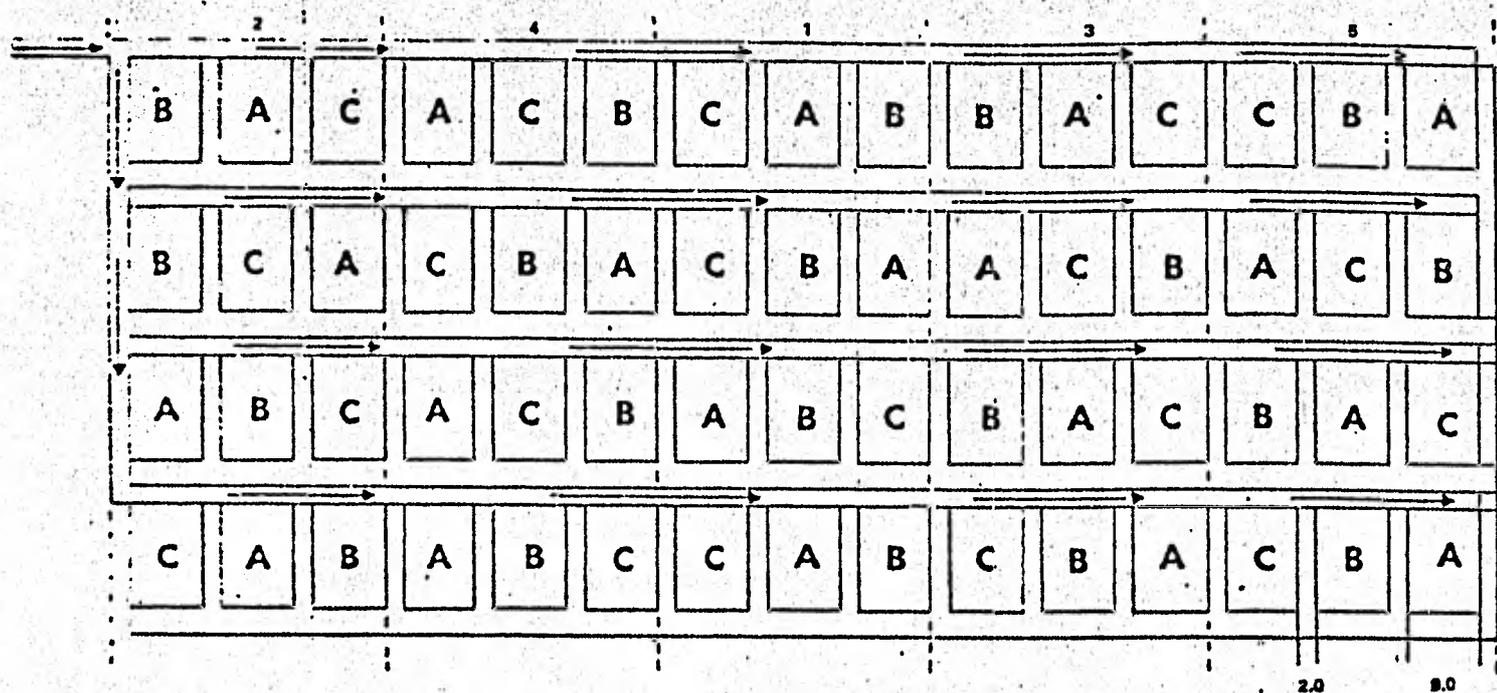
a) Instrumentación de meteorología, climatología, edafología y agroclimatología.

b) Laboratorios y sus materiales específicos relativos.

c) Relación de diseños experimentales:

- Bloques al azar con parcelas divididas.- Para tres variedades, con cinco fechas de siembra y cuatro repeticiones. En surcos con riego.

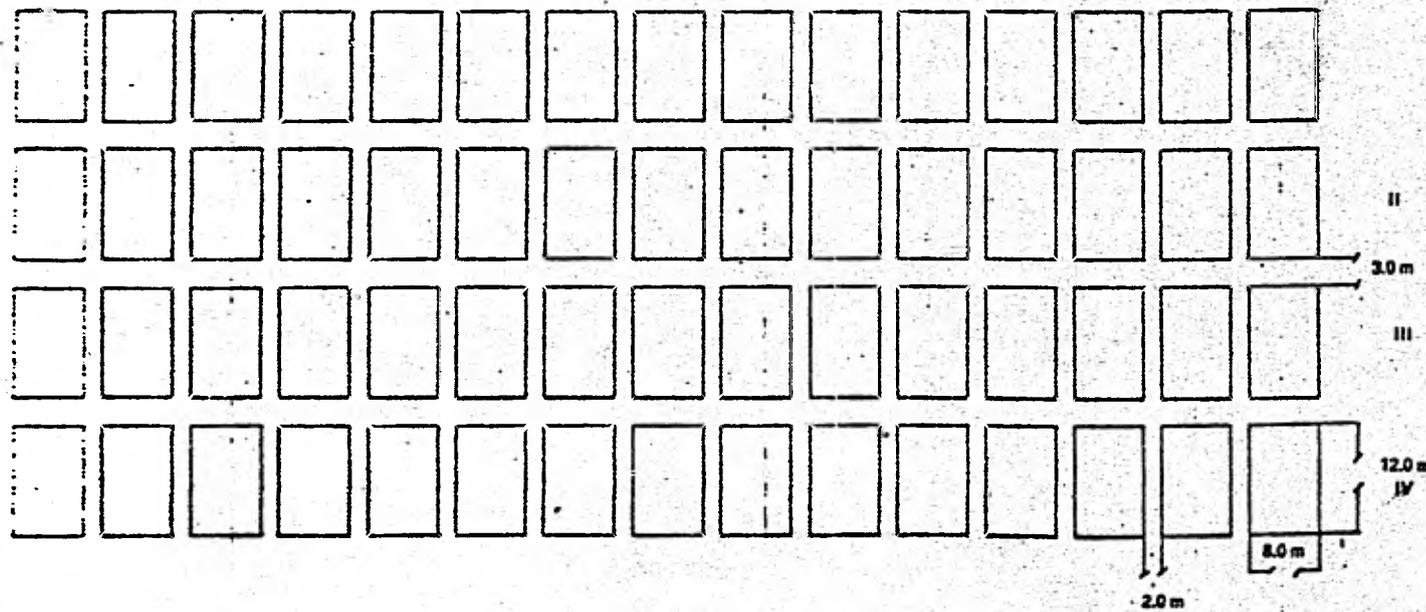
BLOCKS AL AZAR CON PARCELAS DIVIDIDAS EN EXPERIMENTOS  
 FACTORIALES CON CUATRO REPETICIONES  
 TRES VARIETADES (A, B, C); CINCO FECHAS DE SIEMBRA (1, 2, 3, 4, 5);  
 CON CUATRO REPETICIONES (I, II, III, IV)  
 EN SURCOS CON RIEGO (maíz, frijol, sorgo, girasol, etc.)



DESCRIPCION

Parcela total	8.00 m x 12 m
Parcela útil	6.00 m x 10 m
Calles de	2.00 m
Entre bloques	3.00 m
Entre surcos	1.00
	0.92
	0.75
	0.50

EN SURCOS DE TEMPORAL



DESCRIPCION

- Parcela total 8.00 m x 12 m
- Parcela útil 6.00 m x 10 m
- Calles de 2.00 m
- Entre bloques 3.00 m
- Entre surcos 1.00 m etc.

- Bloques al azar con parcelas divididas.- Para tres variedades, con cinco fechas de siembra y cuatro repeticiones. En surcos y de temporal.

PARA EFECTUAR LAS OBSERVACIONES CORRECTAMENTE, LA ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL (1969) (19), MARCA LAS SIGUIENTES CONSIDERACIONES:

- Referente a las horas de observación a fin de informar las - intercomunicaciones meteorológicas en todo el mundo, las observaciones deben efectuarse en la hora universal, o sea el tiempo "standard", fijado, se expresa en tiempo medio de Greenwich.

- Las observaciones deben hacerse invariablemente a las horas indicadas y en el menor tiempo posible. Es necesario tener en cuenta estas indicaciones, pues su descuido daría lugar a la obtención de datos que al ser tomados a distintas horas, por variación constante de los elementos, no podrían ser comparables.

- Asimismo, se considera indispensable uniformar el criterio - en la elección de las unidades constantes, utilizadas en las observaciones meteorológicas; por ello, la Organización Meteorológica Mundial, recomienda el uso de:

- a) La presión atmosférica en milibares.
- b) La temperatura en °C o °F.
- c) La velocidad del viento en m/seg.
- d) La dirección del viento en grados desde el N y en sus puntos cardinales.
- e) Velocidad del viento en m/seg. o km/h.
- f) La humedad relativa en porcentajes.
- g) La precipitación en milímetros.

**VI REQUERIMIENTOS PARA LA INVESTIGACION  
AGROCLIMATICA**

## **VI REQUERIMIENTOS PARA LA INVESTIGACION AGROCLIMATICA.**

### **Personal:**

#### **1.- Clasificación del personal empleado en Agroclimatología.**

Fue acordado por la OMM (21), que el personal empleado en una Estación Agrometeorológica, puede ser clasificado en dos clases:

- Personal con instrucción básica en Meteorología.
- Personal con instrucción básica en Ciencias Agrícolas.

El personal de cada una de esas clases debe ser gente sobresaliente, graduada o no graduada.

Cuando se formen las diversas clases de personal, los grupos de trabajo deben estar formados como sigue:

A) Profesionistas en Agrometeorología (graduados con conocimientos básicos en Meteorología).

B) Profesionistas en Ciencias Agrícolas (graduados con conocimientos básicos en Ciencias Agrícolas).

C) Personal de Asistencia Técnica en servicios agroclimáticos (pueden ser o no graduados, con conocimientos en Física y Matemáticas y Electrónica).

#### **2.- Obligaciones de los Grupos de Personal Agrometeorológico.**

Como consideración a las obligaciones de los grupos de personal -- agrometeorológico, los trabajos de los grupos considerados es el siguiente:

A) Responsabilizarse de la organización y supervisión de los servicios agrometeorológicos y proporcionar esta información a la investigación agroclimática.

B) Realizar observaciones agrometeorológicas de los diversos tipos descritos anteriormente; así como trabajos de instalación, mantenimiento, chequeo y calibración de los instrumentos, a excepción de instrumentos muy delicados, que sólo pueden ser manejados por profesionistas especializados.

C) Procesamiento de los datos agroclimáticos, como son los procesos de computación, obtención de promedios normales, frecuencias, preparación de las cartas perforadas y análisis estadísticos que deben estar bajo la guía de profesionales especialistas y con asistencia en proyectos de investigación.

El personal de Agroclimatología, debe tener un standard de conocimientos en física, matemáticas, meteorología, climatología y electrónica; y además, los suficientes en ciencias agrícolas y biológicas.

3.- Cursos de capacitación recomendables para el personal:

A) De agrometeorología.

B) De postgrado en agrometeorología, después de un grado en

una ciencia pura.

- C) De postgrado, después de un grado en una ciencia agrícola.
- D) Instrucción en biometría.
- E) De botánica (incluyendo fisiología vegetal).
- F) De la ciencia del suelo.
- G) De la ciencia animal.
- H) De Entomología y patología de las plantas.

El propósito de estos cursos de agrometeorología, es para realizar un estudio más concienzudo del tiempo y del clima para medir las influencias climáticas y meteorológicas que pueden originar la necesidad de futuras investigaciones.

Para que una Estación Agrometeorológica alcance su plenitud, se hace necesario el curso de profesionistas especializados, para que conduzcan la información de dichas estaciones, a Investigación Agroclimática que ayude a aumentar la producción agropecuaria. Por lo que se debe intensificar la labor a tales investigaciones, a través de una mayor capacitación, proporcionando becas, facilitando bibliografía, apoyando planes de trabajo interdisciplinario, asesoramiento sobre instrumental y computación, realizando seminarios y conferencias sobre temas de la especialidad.

4.- Conocimientos necesarios para el personal de agrometeorología:

- A) Matemáticas y ciencias físicas.
- B) Matemáticas, incluyendo estadística.
- C) Mecánica.
- D) Física.
- E) Ciencias biológicas.
- F) Biometría.

Aplicación de estadísticas para la planeación y análisis de experimentos.

- G) Ciencia del suelo.

Composición y formación del suelo, erosión de la roca y minerales, el perfil del suelo; clasificación simple del suelo; fertilidad del suelo, materia orgánica; microorganismos propiedades físicas y químicas, relación entre suelo y planta, erosión, tipos y causas principales de su conservación.

- H) Botánica.

Morfología, anatomía e historia de la floración; clasificación sistemática de las plantas; historia de la vida y reproducción de las plantas más importantes y en general botánica económica.

También conocer la pérdida de agua por las plantas; los procesos de fotosíntesis; requerimientos de CO<sub>2</sub>, respiración y crecimiento; la translocación de agua y materiales, resistencia a heladas y sequía y fotoperiodicidad.

I) Ecología.

Asociaciones de plantas, sucesiones y clímax.

J) Dirección y administración de los cultivos.

K) Los cultivos en el campo.

Fisiografía, climatología, adaptaciones de los factores bióticos en relación con el crecimiento de las plantas, producción de los cultivos en relación a las condiciones agroecológicas de las condiciones del campo concernientes.

L) Patología vegetal.

Importancia de las enfermedades de las plantas; causas y clasificación; causas de las enfermedades, parásitos, bacterias y hongos, virus y otros parásitos; influencia de los factores ambientales en enfermedades de importancia económica, principales sistemas de control de las enfermedades de las plantas.

M) Zoología.

Los elementos de anatomía, histología y fisiología y carac-

terísticas que distinguen a los mejores grupos del reino animal; así como el conocimiento de la morfología, fisiología y reproducción de tipos representativos; citología elemental, embriología y genética.

**N) Anatomía y fisiología animal.**

Funcionamiento de los sistemas: locomotor, nervioso, circulatorio, respiratorio, digestivo, excretor, endocrino y reproductor y los sistemas de producción animal.

**O) La cría animal y enfermedades del ganado.**

Los principios de la producción animal; la nutrición de los animales, las reacciones fisiológicas de los cambios del medio ambiente, en relación con su utilización alimentaria, ecología del ganado y los factores que influyen en su crecimiento y desarrollo y la importancia de las enfermedades de los animales.

**P) Entomología.**

Embriología, histología, fisiología, ecología, biología u otros métodos de control de las más importantes plagas de insectos que perjudican a los cultivos.

**Q) Meteorología.**

Física, dinámica y sinóptica.

R) Climatología.

Los conceptos del clima, la influencia a grandes escalas - de los factores geográficos, cada uno de los cuales marca la distribución de la tierra y agua y en general, el estudio de los siguientes parámetros climáticos: precipitación, lluvia convectiva, lluvia orográfica, lluvia ciclónica, la variación diurna de la precipitación, distribución meridional de la precipitación, la variación de la precipitación en las estaciones, las de tipo ecuatorial, las de tipo tropical, las de tipo subtropical, las de tipo continental, de tipo meridional, de tipo monzón y otros elementos climáticos como temperatura, nubosidad, evaporación, humedad, radiación, su variación diurna y anual, su distribución geográfica, la clasificación de los climas; el estudio global de los climas del mundo, el estudio detallado de los climas de la región en estudio; los cambios climáticos; la utilización de climogramas y fitoclimogramas, la manipulación estadística de todos los datos climáticos.

S) Como vía de información, en nuestro país ya se están impartiendo a nivel maestría la disciplina de Agrometeorología en el Colegio de Postgraduados de Chapingo, México.

## **MATERIAL, INSTRUMENTAL Y EQUIPO PARA MEDICION DE PARAMETROS AGROMETEOROLOGICOS.**

Su objetivo fundamental, es obtener la información relativa a los parámetros requeridos en la investigación agroclimática. El material - que a continuación se menciona, se tomó de las citas (1), (3), (5) y (18).

Para realizar las mediciones de los parámetros incluidos en el capítulo de actividades a realizar en una Estación Agrometeorológica, depende del parámetro por medir y puede incluirse lo siguiente:

1.- Para realizar la medición de la temperatura del aire.

A.- Termómetros:

- De mercurio.
- De máxima y mínima.
- De líquido de metal.
- Bimetálico y de deformación.

B.- Termógrafo:

- Bimetálico o de deformación.
- De líquido de vidrio.

C.- Higrotermógrafo.

D) Termómetros digitales.

E.- Metereógrafo.

2.- Para la medición de la temperatura del suelo.

- Termómetro de suelo bimetálico de distintas profundidades.
- Geotermógrafo.

3.- Humedad del aire.- Es necesario aclarar que hay algunos aparatos que miden al mismo tiempo, temperatura y humedad y que ya fueron mencionados anteriormente. Para el caso de la medición de la humedad del aire, se puede utilizar el siguiente equipo.

A) Psicrómetro.

- Honda.
- Centrífuga.
- Con ventilador manual o eléctrico.
- De Assman.

B) Higrómetro.

- De punto de rocío.
- De cabello.
- De absorción.
- De difusión.
- Optico.

4.- Humedad del suelo.

A) Block de yeso.

B) Tensiómetros de distintas longitudes.

5.- En el caso particular de la medición del viento, los datos fundamentales que deben medirse son principalmente, los relacionados con su dirección y velocidad a diferentes alturas, según los objetivos perseguidos para lo cual se puede utilizar el siguiente instrumental:

a) Dirección.

- Cono de viento.
- Indicadores.
- Veletas.
  - Veletas de luces operador por contacto.
  - Veletas de resistencia variable.
  - Veletas de motores sincrónicos.
- Anemocinemógrafo.

b) Velocidad.

- Anemómetros.
  - Anemómetro de presión sobre una capa.
  - Anemómetro de tubo de presión.
  - Anemómetro de rotación de luces.
  - Anemómetro de rotación con generadores.
  - Anemómetro de torción.
  - Anemómetro de altas velocidades.

- Anemómetro de enfriamiento.
- Anemómetro totalizador.
- Anemocinemógrafo.
- Anemómetro digital.
- Odómetro.

6.- Para la medición de los fenómenos hidrometeorológicos de aplicación agropecuaria, el equipo que se puede utilizar es el siguiente.

A) Nubes.

- Visualmente.

B) Precipitación.

- Pluviómetros.
- Nivómetros.
- Totalizadores
- Automáticos.
- Pluviógrafos.
- De balanza.
- De flotador.
- De balancín.

C) Nieve.

- Pluviómetros tipo B.
- Pluvio-nivómetro.

**D) Granizo.**

- Se realiza como si se tratara de lluvia.

**E) Rocío.**

- Drosómetro.
- Rociógrafo.

**7.- Medición del balance hídrico.**

Torres Cantoral, David (1980) (17), describe que para la medida y cálculo del balance hídrico, es necesario conocer la información relativa a evaporación y tipos de evapotranspiración para lo cual se utilizan los siguientes aparatos, equipos y métodos.

**A) Evaporación.**

- Esfera porosa de livingston.
- Atmómetro de piché.
- Tanque de evaporación.
- Atmómetro de balanza.
- Evaporímetro.
- Estación de evaporación que está constituida por:
  - Repuesto graduado.
  - Fuente de acero con punta.
  - Tanque de evaporación.

- Un anemómetro totalizador.
- Termómetro flotante de máxima y mínima.
- Termómetro sumergible de máxima y mínima.
- Evaporógrafo.
- Atmómetro de disco poroso.

## B) Evapotranspiración.

### - Métodos directos.

- Evapotranspirómetro.
- Métodos lisimétricos.
- Métodos de integración.
- Métodos gravimétricos.
- Métodos de entrada y consumo de agua.
- Método micrometeorológico.
- Método aerodinámico.
- Método de Dalton.
- Método de balance de energía.
- Método combinado.
- Método de Penman.

### - Métodos indirectos.

- Estos métodos se emplean en las fórmulas empíricas, que proporcionan los consumos de agua a través de todo el ciclo vegetativo de la planta, entre estas fórmulas se encuentran las de --

Thornthwhite, Turc, Blaney y Criddle, Penman, Papadakis, Bluchet, etc.

8.- Profundidad de la capa freática.- La profundidad de la capa freática se puede medir con el siguiente instrumento:

A) Freatímetro.

9.- Radiación solar.

A) Piranómetro.

B) Pirheliómetro.

C) Pirigeómetro.

D) Eritropiranómetro.

E) Cianopiranómetro.

F) Piranógrafo.

G) Difusómetro.

H) Albedómetro.

I) Solarímetro (heliofanofanos)

J) Estereopiranómetros.

K) Balanza radiométrica.

10.- Presión atmosférica.- La presión atmosférica se puede determinar con los siguientes aparatos:

a) Barómetro de mercurio.

b) Barómetro Anerolde.

- c) Barógrafo.
- d) Microbarógrafo.
- e) Meteorógrafo.

## UBICACION

Como ya se dijo anteriormente, es necesario recordar que la Estación Agrometeorológica, debe quedar ubicada en el lugar más representativo de la región de estudio, guardando en lo posible las siguientes características, que son establecidas por la UMM y citadas por la SARH, (1981) (14).

1.- El terreno seleccionado deberá guardar homogeneidad en relación a las condiciones naturales de la región, a fin de que el lugar de exposición de los aparatos sea el mejor.

2.- El suelo donde se encuentra ubicada la estación debe estar cubierto de un pasto natural de la región, que mantendrá corto de temporal y sólo en condiciones extramas, se regará, solamente en el lugar donde se va a medir la temperatura del suelo, que es aproximadamente de 1m x 1 m, estará limpio de vegetación natural o inducida.

3.- En relación a la insolación: todo obstáculo natural o artificial, quedará a una distancia equivalente a 20 veces su altura; en base al viento: (10 veces su altura).

4.- El terreno estará cercano a una fuente de energía eléctrica, para los aparatos que trabajen por medio de un impulso eléctrico.

5.- El lugar debe estar lejos de cables de alta tensión, para que no exista interferencia en los aparatos de impulso eléctrico o si existe, utilizar el cable recomendado.

6.- Este sitio debe estar cercano a las vías de comunicación, para el fácil acceso del observador.

7.- El terreno debe estar perfectamente nivelado.

8.- Localizado en un lugar cuyas condiciones físicas y legales aseguren que la estación permanecerá en ese lugar, por un número indefinido de años.

9.- Conviene rodear la estación con una franja de terreno de 50 cm. que tenga una cobertura predominante del lugar que representa.

## INFRAESTRUCTURA

La infraestructura mínima para una Estación Agrometeorológica puede ser la que se describe a continuación:

1.- Con respecto a la forma de las estaciones, la Organización Meteorológica Mundial (1981) (14), recomienda la forma circular.

2.- Los diámetros de las Estaciones pueden ser de 25, 30 y 50 m que son los que recomienda la OMM (1982) (4), para que de acuerdo con las necesidades y posibilidades de disponibilidad territorial se instale la más adecuada.

3.- Para realizar la limitación del lugar se utiliza un cercado con tela de alambre de 1.5 m de altura, galvanizada y forrada de plástico, en la parte superior se ponen tres hilos de alambre de púas para que se alcance la altura de 2 metros, que servirá para una mayor protección.

4.- La puerta del cercado se orientará hacia el sur, a fin de no obstaculizar la luz del sol para las observaciones de halofaña, pudiendo ser su largo tal (aproximadamente 3 m) que permita la entrada de un vehículo dentro de la estación, para posible reparación, limpieza, mantenimiento, introducción de equipo, etc.

5.- Se hace necesario anexar a la Estación las construcciones que servirán para oficina, mantenimiento, calibración y almacenaje del equipo instrumental y de sus refacciones; así como para trabajos de índole administrativo y de servicio personal. Por último para el caso del equipo que tiene sus registradores, las computadoras y los colectores de datos del equipo de control remoto.

6.- Procurar evitar al máximo los pasillos de cemento, a fin de no interferir o crear condiciones que modifiquen la acción natural de los aparatos, principalmente las referentes a temperaturas y radiación.

7.- De ninguna manera poner cultivos dentro de la Estación o crear condiciones que puedan afectar por su cercanía la acción nor-

mal de los aparatos principalmente el ambiente inmediato en lo referente a radiación, temperatura, humedad y vientos.

8.- De preferencia crear las facilidades necesarias para los observadores y puedan tener casa habitación, vehículo propio, que les permita actuar con permanencia, darle mayor seriedad a la Estación, y más efectividad al servicio de ésta; así también para que el personal le dedique el mayor tiempo posible a la vigilancia y servicio de la Estación.

#### **CUIDADOS DE LA ESTACION**

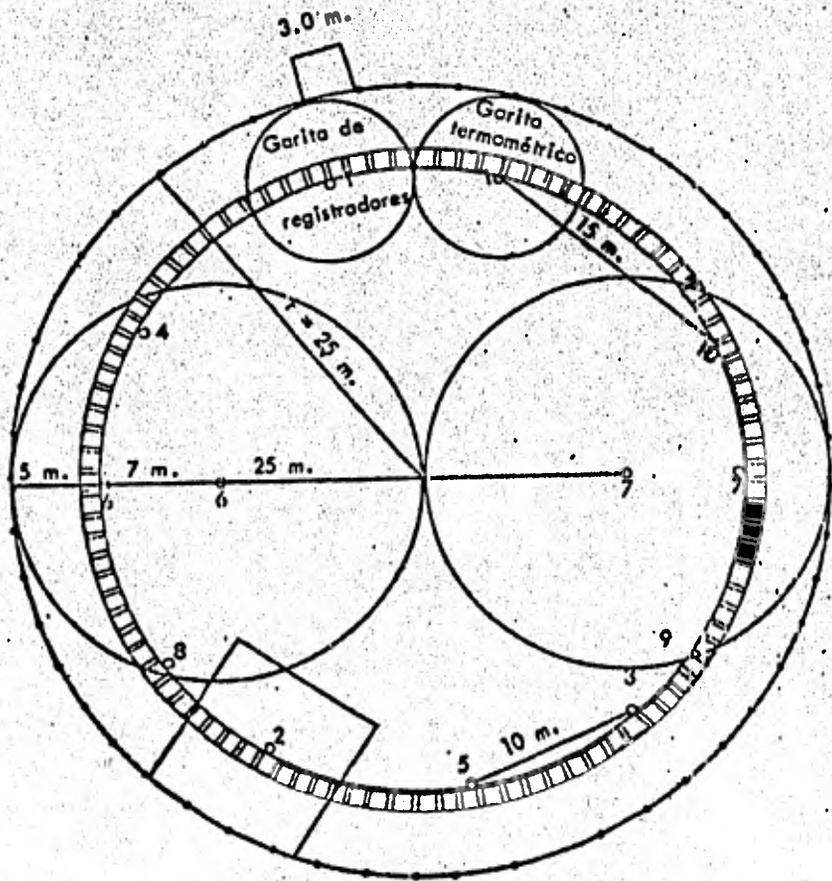
1.- Se debe realizar una supervisión y evaluación periódica, a fin de determinar:

- A) Que los instrumentos estén en buen estado y perfectamente calibrados.
- B) Que los observadores sean competentes y responsables.
- C) Que exista uniformidad en los métodos de observación y en el cómputo de estas con base a los instructivos.

2.- Se elaborarán normas para facilitar la elaboración y normalización de la información agroclimática para ordenar, computar y formalizar archivos climáticos y bioclimáticos a nivel nacional o regional para la red de Estaciones Agrometeorológicas.

3.- Se emplearán los registros que previamente se han elabo-

## EN LA ESTACION METEOROLOGICA



- 1.- Caseta registradora y termométrica
- 2.- Geotermómetros
- 3.- Termómetro de extremas, 2 alturas
- 4.- Pluviógrafo
- 5.- Anemocinógrafo mecánico
- 6.- Tanque de evaporación y onómetro
- 7.- Lisímetro o cuba de evapotranspiración
- 8.- Piranómetro Bellani
- 9.- Heliógrafo
- 10.- Pluviómetro

Postes corrientes 39  
Postes esquineros 14

Ministerio de Agricultura  
Servicio Colombiano de  
Meteorología e Hidrología

ESTACION AGROMETEOROLOGICA

rado para la investigación que se requiera.

4.- Elaborados los registros, pasarán al proceso de computación a través del programa que corresponda al tipo de investigación, a la cual se va a destinar la observación.

5.- Se debe disponer de un programa total de formación y movimiento de archivo que permita prontamente por su flexibilidad una gran agilidad en el ordenamiento y presentación de la información original, de acuerdo a las distintas exigencias de los diferentes usuarios.

Por otra parte, vale la pena mencionar que este campo de medición está muy avanzado en muchos países del mundo y sólo por ejemplificar lo dicho, expongo el siguiente sistema de adquisición de datos meteorológicos automáticamente, que son descritos por la OMM (1981) (20) y que se describe a continuación.

Este sistema está designado específicamente para estudios meteorológicos, donde una gran cantidad de datos deben ser colectados, computados y presentados para análisis. La microprocesadora M 733 lleva a cabo la reunión de todos estos datos; los computa y reporta en gráficas para su análisis cualitativo y cuantitativo.

Todos los sensores de la microprocesadora, excepto el barómetro, son montados en una torre de 10 metros y tiene otra torre de auxilio, ambas equipadas con sensores y elementos necesarios para su protección contra golpes directos, y equipada con los sensores respectivos para -

la medición de los siguientes parámetros:

- Velocidad y dirección del viento.
- Temperatura y humedad del aire.
- Radiación solar global.
- Precipitación.
- Presión atmosférica.

Los sensores que miden éstos parámetros son combinados en un cable multicolector para entrada de la señal al colector condicionado.

El módulo del colector es montado en 10 tarjetas puestas en fila, que provienen de la interfase de la microprocesadora.

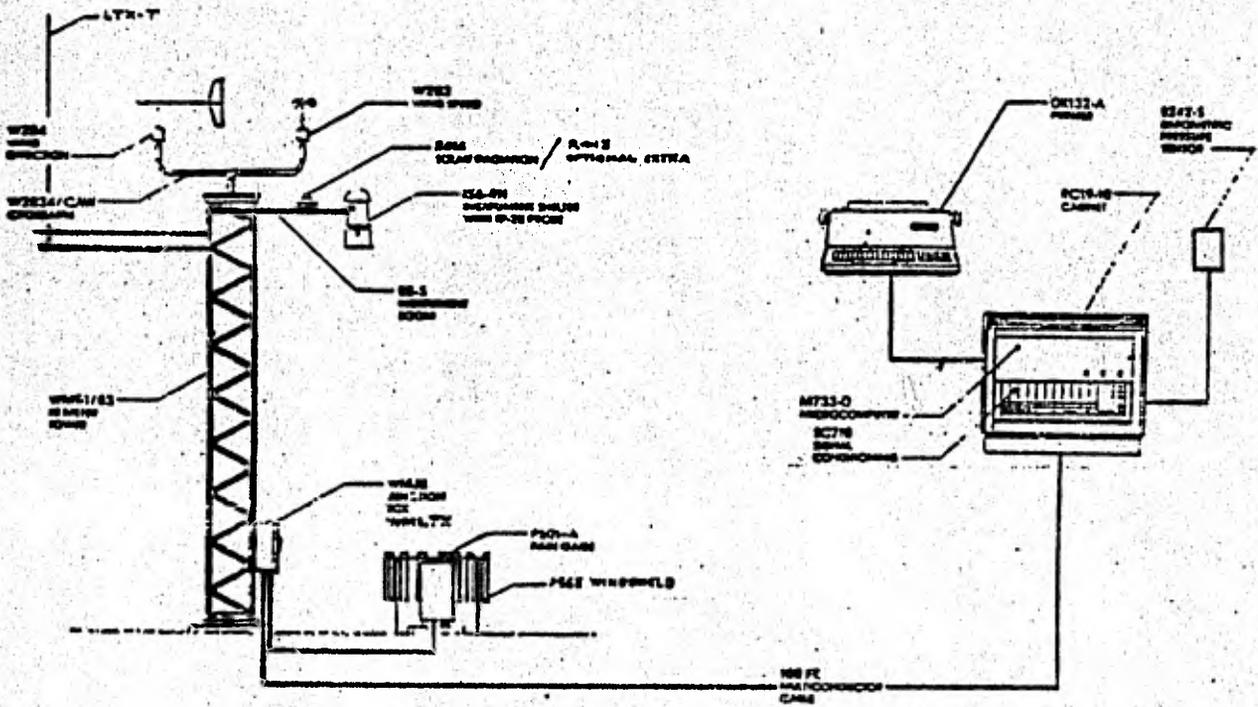
La microprocesadora LM 733, continuamente interroga a cada módulo automáticamente en un alto rango de acumulación de datos para su evaluación computarizada para determinar medias que pueden analizarse en relación con la investigación; asimismo es de considerarse que periódicamente calibra automáticamente el sistema eléctrico y ajusta los sensores a la pendiente del lugar.

El programa correcto meteorológico, es designado para coleccionar datos de un lugar, por señal remota al colector de datos. El sistema produce computación media y sumas en forma de reporte. Las sumas de reporte, son producidas solamente cada tres horas; cada 24 horas y como reportes primarios a intervalos de 3, 5, 6, 10, 12, 15, 20 y 30 minutos.

Los cálculos variables que puede realizar la microprocesadora son:

- A) Instantáneos.
- B) Acumulados.
- C) Registros de promedios.
- D) Registro de sumatorias.
- E) Temperaturas máximas.
- F) Temperaturas mínimas.
- G) Tiempo de máximas.
- I) Tiempo de mínimas.
- J) Señales de alarma.

Además, se puede seleccionar el tipo de cálculo que se requiere e imprimir arriba de 29 columnas de datos, con las unidades que se deseen.



# WX 8

## STANDARD MET STUDY (DIGITAL) D.A.S.

- \* Fully Automatic System, Includes Remote Electronic System Calibration
- \* Provides Averages, Computations, and Summaries in Report Format
- \* Standard Software Included
- \* Formatted Reports in Engineering Units
- \* Housekeeping Menu Allows User Interaction
- \* Precision Sensor Package

Es importante mencionar también que en el mundo, se están llevando a cabo múltiples investigaciones para la medición de parámetros meteorológicos, como los que cita la OMM (1981) (20) y entre los que encontramos las siguientes:

R.E.W. Pettifer (RU): Observaciones Meteorológicas Automáticas, Nuevos Metodos y Problemas.

J.M. Pike (EUA): Modelación, Calibración y Sensores para Ajuste de Curvas para Estaciones Meteorológicas Electrónicas.

P. Du Pasquier (Suiza): Un Higrómetro Económico de Punto de Rocío ó Helada.

S. Klemm y D. Sonntag (RDA): Una solución para la Determinación de la Luz. Solar.

P. Viton (Francia): Un registrador de Intensidad de Lluvia.

S. Klemm (RDA): Experiencia Operacional con la Adquisición Automática de Datos.

R. S. de la Lande (Australia): Estaciones Meteorológicas Automáticas Planeación para la Confiabilidad Optima de los Sistemas.

S. Yanagisawa (Japón): Estaciones de Observación Meteorológica Automáticas.

**F.G. Finger (EUA): Aspectos de Compatibilidad de Datos.**

**B. Dahistrom (Suecia): Un Sistema Básico para el Control de Calidad de las Observaciones.**

**Kaimal J.C. y Otros (EUA): Experimentos de Intercomparación del Nivel Bajo.**

**G.A. Clift (RU): Un Reporte Sumario sobre los Errores que surgen en el Uso del Radar para la Medición de la Precipitación.**

**B. Sevruk (Suiza): Corrección para el Error Sistemático en la Medición de Precipitación mediante Medidores Hellman en la Red Nacional Suiza.**

**A.R. Thomas y Otros (EUA): Calidad de Datos Base.**

**T.J. Lockhart y Otros (EUA): Exactitud y Precisión de Instrumentos Meteorológicos en una Aplicación de Monitorización.**

**Van Gysegem (Bélgica): Consideraciones concernientes a la Aplicación Nueva Tecnología en Meteorología.**

**C.E. Robinson (Canadá): Microprocesores en la Instrumentación.**

**M.J. Hassett (Australia): Un Sistema basado en Microcomputadoras para la Colección Automática de Observaciones Meteorológicas Usando la Red Telefónica conectada.**

- A. Kaleff (Israel): Una Estación Meteorológica Automática de Bajo Costo Usando una Red Telefónica Ruidosa.
- J. M. Cook (Canadá): Técnicas Eficientes para Estaciones Automáticas de Bajo Poder.
- G. Sagstad (Noruega): Una Estación Meteorológica de Telemetría de -- Fuerza Solar.
- P. Shaw (Australia): Sistemas de Observación Sinóptica en 1990 de Bajo Costo.
- V. N. Lopatin (URSS): Sistema de Observación y Monitorización del - Ambiente Natural.
- D.J. Paiting y Otros (RU): Un Monitor Ambiental de Plagas de Cultivos.
- D.J. Paiting y Otros (RU): ACRE - Un Equipo Climatológico de Registro Automático.
- P. Viton (Francia): Un Sistema para Ayudar al Observador.
- L. Ag (Suecia): PROMIS-90: El Futuro Sistema del Servicio Meteorológico Sueco.
- T. Hovberg (Suecia): Adquisición Automática de Datos para Pronosticación del Tiempo de muy Corto Plazo.

**VII IMPORTANCIA DE ALGUNOS DE LOS FACTORES  
AMBIENTALES A CONSIDERAR EN LA INVESTI-  
GACION AGROPPECUARIA**

## VII FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LAS PLANTAS Y SU IMPORTANCIA

### I. TEMPERATURA DEL AIRE

Juárez, Guillermo A. (1967) (6) indica que "la temperatura del aire, es el elemento climático más importante en el crecimiento y desarrollo de los vegetales, determinando en gran medida, la distribución y características geográficas, de las comunidades botánicas naturales y la de los cultivos agrícolas; la temperatura, es diferente según los movimientos de rotación y de traslación de la tierra, alrededor del sol. La del aire, es diferente en cada hora del día y generalmente más baja durante la noche.

El conocimiento de la marcha diaria de temperatura, es muy importante desde el punto de vista biológico, dado que ella delimita en ciertos casos, los procesos característicos de los vegetales o animales, cuya realización puede o no llevarse a cabo.

#### Variación de temperatura.

La variación diaria de la temperatura, sigue marchas muy distintas, según el medio en que se encuentre en contacto la masa de aire y depende de la época del año, el grado de nubosidad, de la lluvia y del estado del suelo, según se encuentre húmedo o seco, con cubierta vegetal, con nieve, etc. influyendo también la latitud y la época del año, etc.

### Variación aperiódica.

Desde el punto de vista biológico, es muy importante su determinación, correspondiente a la estimación de un valor máximo y uno mínimo en cada onda de variación diaria. Su conocimiento es de importancia, ya que permite determinar la aptitud agroclimática de la zona. Desde el punto de vista climático, esa variación asincrónica está determinada por el cambio intermedio, que se calcula en base en las temperaturas medias de un día a otro.

### Temperatura media diaria.

Consiste en el valor promedio de la superficie del diagrama correspondiente a la marcha diaria de la temperatura, y es necesario recurrir a registradores y al cálculo de la integral de su curva. Lo más usual es emplear la semisuma de las temperaturas máximas y mínimas; sin embargo un método que merece considerarse, es el correspondiente al promedio horario, ya sea obtenido de observaciones directas o bien mediante lecturas sobre diagramas diarios, previa corrección de los mismos en base a las tres observaciones usuales realizadas.

### Temperatura media mensual.

Se obtiene promediando las temperaturas medias de todos los días del mes, estas temperaturas nos permiten observar los cambios térmicos importantes, de ahí que sea necesario recurrir a los valores más representativos para el vegetal: la temperatura pentádica o la decádica.

### **Amplitud térmica u oscilación térmica.**

Representa la separación existente entre la máxima y la mínima. La amplitud también está determinada por casi todos los factores que rigen la marcha de la temperatura en un lugar, durante el día tal como: la latitud y la ubicación geográfica del lugar, es decir la continentalidad.

En agroclimatología, es importante la determinación de la cantidad de días, horas de duración y otros períodos característicos, durante el cual la temperatura está sobre o bajo determinados umbrales térmicos entre los que se pueden citar: número de días con temperaturas mínimas por debajo de ciertos niveles, número de días con temperaturas máximas por encima de ciertos niveles, temperaturas acumuladas por encima o por debajo de ciertos valores diarios y la cantidad de horas que la temperatura estuvo por debajo de 7° C, para estimar las horas frío.

Las condiciones de temperatura a las que están sujetos los vegetales, varía de acuerdo a la serie de factores indicados antes en la variación de temperatura; esto trae como consecuencia la necesidad de contar con mapas de líneas isotermas que deben ser trazados como curvas de nivel, reuniendo los puntos de igual temperatura media, máxima o mínima; anual, mensual; temperatura diaria, etc. y lógicamente este tipo de mapas, sólo son posibles de obtener, cuando se tienen registros normales, en un número ordenado de estaciones.

**Temperatura media de cada paralelo.**

Para determinar la distribución de la temperatura en cada hemisferio, se resta a la temperatura media de cada lugar considerado, la temperatura media del paralelo que pasa por el y se obtiene la anomalía correspondiente. Si se calculan varias anomalías y luego se procede a unir aquellas que tienen igual valor y signo, se logra la curva de isomelas. Hay áreas con anomalías positivas o negativas, lo cual está vinculado directamente a la cantidad de superficie continental, ya sea desértica, con vegetación, montañosa, marítima, etc.

## **2. TEMPERATURA DEL SUELO**

La temperatura tiene principal influencia en los procesos de evaporación y evapotranspiración, pues conjuntamente con el déficit de saturación y la velocidad del viento, es uno de los elementos de mayor peso en esos procesos.

La influencia que ejerce la temperatura del aire sobre el suelo, se complementa con el calentamiento que sufre ésta, como consecuencia de la energía radiante que recibe, aún el mismo suelo, contribuye a la acción o substracción de calor a la masa de aire adyacente a él, influyendo poderosamente sobre la marcha térmica, a tal punto de originar desplazamientos horarios, bien manifestados en la aparición de los valores extremos.

Aún no se ha avanzado mucho en el conocimiento de la marcha tér-

mica del suelo , pese a que se conoce perfectamente la importancia práctica que tendría, ya que el mismo, es el determinante fundamental del balance calórico, y también del hídrico y por consiguiente, como se expresara en párrafos anteriores, de la temperatura de la capa de aire cercano al suelo. Algunas de sus aplicaciones, podrían ser en la investigación de: desoves de insectos, infecciones, germinación, tuberización, desarrollo de microorganismos benéficos, hongos saprófitos, patógenos, vegetales, animales, etc.

Por último, es importante tomar en cuenta que la temperatura también es influenciada por las características físicas y químicas del suelo.

### 3. HUMEDAD ATMOSFERICA

La humedad atmosférica es la cantidad de vapor de agua que existe en la atmósfera. Es otro de los elementos que tiene que observarse en su marcha diaria y a un horario. Su conocimiento es indispensable en numerosas aplicaciones, sobre todo en el pronóstico de enfermedades o evolución de plagas, ya que muchas veces constituye uno de los factores determinantes de los mismos. Actúa sobre procesos de intercambio directamente en la regulación térmica de animales; de ahí la importancia de su conocimiento.

### 4. VIENTO

El viento es el aire en movimiento en una dirección, que se considera prácticamente horizontal.

Ruggiero, R.A. (1968) (10), indica que el viento originado, es un proceso meso o macroclimático de la presión atmosférica, adquiere en la capa baja de la atmósfera, características muy particulares que dependen de las condiciones de la superficie terrestre, imprimiendo a los lugares por los cuales pasan, características propias del lugar o de las regiones atravesadas.

El viento influye en la transpiración de las plantas, evaporación de las superficies libres de agua y del suelo, hace posible el traslado de esporas, polen, insectos y semillas, la difusión de las plagas y enfermedades, el control fitosanitario, etc. El viento no es absolutamente esencial para la vida de las plantas, sino que por el contrario, sus efectos tienden a ser negativos en la mayoría de los casos. En consecuencia, puede estudiarse bajo dos aspectos.

A) Con fines prácticos. Tomando en cuenta las posibilidades de la utilización directa de los elementos del tiempo, energía eólica para fines agropecuarios.

B) Como adversidad climática. El viento reviste especial importancia, en las regiones áridas y semiáridas, porque contribuyen a aumentar la evaporación y secar los suelos en cortos tiempos y en las zonas de regadíos, a disminuir grandemente la eficacia de los riegos. El viento es el factor de mayor importancia en la manifestación de la erosión eólica, actuando por su velocidad, dirección y frecuencia; la fuerza mecánica del viento, también es perjudicial y pue-

de provocar el acame de diversas plantas, ocasionando pérdidas en -- hortalizas y frutales y dificultar la polinización, ocasionar rotura de ramas y caída de frutos, etc.

## 5.- EVAPORACION

Es el retorno o traspaso del agua de la superficie de la tierra a la atmósfera en forma de vapor, es un elemento invisible y que solamente, puede evaluarse indirectamente, es decir a través de la liberación de vapor del elemento que lo contiene.

La velocidad de evaporación, depende de varios factores como son: viento, presión del aire, cantidad de vapor existente en la atmósfera, grado de convexidad del menisco (en el caso de la superficie libre de agua) etc., pero los elementos fundamentales, que aumentan dicha velocidad, son la superficie que presenta el agua y la cantidad de calor que se le suministra.

### A) Evapotranspiración.

Torres Cantoral, David (1980) (17) menciona que la humedad transferida de una superficie vegetal y del suelo a la atmósfera, es en general el proceso que usualmente se conoce como evapotranspiración; esta -- transferencia de humedad, implica la cantidad de agua transpirada por las plantas, el agua evaporada de la superficie del suelo, más la retenida por la planta, para la formación de materia seca.

**La evapotranspiración tiene dos opciones:**

- Evapotranspiración Real (ETR), que es la evapotranspiración (ET) anteriormente definida, cuando se tiene cualquier contenido de humedad en el suelo.

- Evapotranspiración Potencial (E.T.P.), que es la evapotranspiración, que puede llegar a desarrollar la planta, si contara con la humedad suficiente.

#### B) Balance hídrico.

Conocido el promedio de la precipitación de un área determinada y el régimen de agotamiento de la humedad edáfica, mediante la evapotranspiración, será posible realizar el balance hídrico de una zona, para lo cual será necesario determinar precisamente, la capacidad de almacenaje de agua útil, a la profundidad de exploración de las raíces de los cultivos.

La importancia en el conocimiento de la marcha de las evapotranspiraciones, potenciales a escala local (el cultivo) y a escala puntual (la hoja), nos permitirá llegar a la parte importante de estos estudios, es decir, establecer la relación de la evapotranspiración, con la producción vegetal.

El balance hídrico también, es considerado como un elemento del clima de capital importancia, en relación con la vida vegetal de una región dada, que en términos generales, puede expresarse de la siguiente manera:  $AS : P - E - F$ .

- AS Es la variación del almacenaje de agua en el suelo.
- P Precipitación
- E Evapotranspiración
- F Escurrimiento superficial y profundo.

### C) Balance hidrológico seriado.

Pascale, Antonio (1970) (7), indica que el balance hidrológico Seriado, es el cómputo que utiliza valores mensuales de evapotranspiración potencial y precipitación ocurridos en cada uno de los años integrantes de una serie, cuya extensión asegure la del balance; permitiendo así, derivar las probabilidades de agua en el suelo. Esta cualidad permite recomendar la utilización del balance hidrológico mensual seriado, en estudios de carácter agroclimático, que exijan un conocimiento detallado del régimen de agua edáfica.

## 6.- LA RADIACION SOLAR

Ruggiero, A. R. (1967) (12), señala que la radiación solar es la principal fuente de energía y su acción se manifiesta bajo dos aspectos fundamentales: El fisiológico, con su participación principalmente en la fotosíntesis clorofiliana que produce modificaciones anatómicas y fisiológicas, en el vegetal; y en fenología, su influencia se manifiesta, determinando el proceso fásico de los vegetales, de acuerdo a la duración del período luminoso.

La radiación solar como "factor agroclimático" será necesario considerarla bajo dos aspectos:

a) Duración del período de radiación. Es un espacio de tiempo transcurrido desde la salida hasta la puesta del sol, incluidos el crepúsculo civil matutino o vespertino. Los cuales tienen igual duración al momento de la salida y puesta del sol, cuando este se encuentra hasta  $6^\circ$  por debajo del horizonte.

b) Intensidad del período luminoso. La longitud del día, tiene indudable influencia en el proceso fásico, desde umbrales de intensidad muy pequeños.

La intensidad de la radiación solar, varía de acuerdo a factores como: altitud, nubosidad, etc. Por otro lado, interesa conocer también el área de luz que llega al suelo, sea directa, difusa o reflejada; la primera, es aprovechada principalmente por los órganos generativos, como semillas y frutos; en cambio la segunda, lo es para los órganos vegetativos.

## 7.- PRESION ATMOSFERICA.

Ruggiero, R.A. (1968) (10), menciona que la atmósfera, al estar constituida por una mezcla de gases y de elementos no gaseosos, tiene fuerza elástica, se puede comprimir y tiene peso. Para que en una masa de aire haya equilibrio, es necesario que la fuerza elástica del aire, sea igual a la presión que soporta, por efecto de las capas su-

periores. En Meteorología se designa indistintamente el término presión que soporta a la presión atmosférica que se manifiesta en todas direcciones, incluso de abajo hacia arriba.

El hombre y los animales, son sensibles a las variaciones de la presión atmosférica, manifestándose por trastornos circulatorios, respiratorios irregulares, etc., en las plantas el efecto de la presión, es despreciable y sus modificaciones y variaciones, no se manifiestan en forma inmediata o directa sobre el vegetal.

Si bien como elemento del clima, la presión atmosférica es de escaso interés agrícola, la tiene y en gran medida, como factor del clima, - pues determina la circulación atmosférica y es la causa principal de los vientos.

## 8.- PRECIPITACION

Ruggiero (1969) (9), indica que la precipitación conjuntamente con los efectos de temperatura del aire y del suelo, contribuyen a determinar el balance hidrológico, ya no se trata de conocer solamente los milímetros de agua caída, a fin de establecer la aptitud de una zona; es menester conocer también, las características físicas y químicas del suelo.

Para que el agua penetre en el suelo y sea aprovechable en el sentido agrícola, es necesario que se cumplan ciertas condiciones como -- por ejemplo, si la lluvia cae violentamente con mucha rapidez la pe-

netración de ella en el suelo es relativa y por lo tanto menor será - su valor agrícola, esto suele ocurrir con los aguaceros otoñales. En cambio las lloviznas estivales, permiten que las precipitaciones penetren en el suelo a mayor profundidad.

La eficiencia agrícola de una lluvia, está en relación inversa a la velocidad de caída de las gotas y en relación directa al período que dura la precipitación.

Para fines agrícolas, las lluvias se pueden considerar de dos tipos:

Generales.- Cuando abarcan grandes extensiones más o menos representativas, su cantidad excede los 10 mm. y su época de caída es -- coincidente, con el ciclo de crecimiento y/o desarrollo del vegetal.

Parciales.- Cuando abarcan pequeñas extensiones, no alcanzan los - 10 mm. y ocurren en fechas que no coinciden con las necesidades de los cultivos.

Por otra parte, es necesario considerar otros elementos del proceso - físico, tales como: la temperatura, el déficit de saturación, movimiento del aire, etc., que nos permitirán calcular la evaporación y finalmente establecer el balance hidrológico del suelo; y las reservas hídras a distintas profundidades para llegar a conocer así, el régimen hidrológico y aún el pronóstico de su evolución en el tiempo, para - tomar las medidas agrotécnicas pertinentes y conservar el agua en el suelo.

El estudio de la precipitación nos abre un amplio horizonte hacia la investigación, sobre un número infinito de incógnitas para aprovechar adecuadamente el temporal en la producción agropecuaria.

Así se pueden mencionar, algunos temas que necesariamente deben seguirse desarrollando por la vía de la investigación agroclimática y que señala el Ing. Garduño Valdés, J.L. (1982) (4).

- A) Zonas deficitarias de humedad para determinados estudios de los cultivos.
- B) Manejo de las oscilaciones de la lluvia por zonas.
- C) Programa para determinar excesos y deficiencias de humedad por zonas.
- E) Estudios de la intensidad y distribución de la precipitación por zona.
- E) Estudios de la intensidad y distribución de la precipitación por zona.
- F) Agua en el aire y en el suelo con sus velocidades de flujo que compromete a la producción.
- G) Aprovechar y ligar los estudios de evaporación, escurrimiento y constantes determinadas (balance hídrico, uso constructivo, etc., en el manejo de agua, para determinar índices de aridez, de sequía y de marchitez.

H) Estudios relativos a sequías continuas tales como locales (cuencas) y subregional (zona agrícola), con los parámetros convencionales pertinentes (cartografía, registros, climogramas, etc.).

I) Estudio por zonas de los diversos tipos de sequía y sus efectos sobre los cultivos.

- Sequía invisible. La que no llega a percibirse en los cultivos al principio, pero sí en la cosecha.
- Sequía perceptible. Cuyos daños en los cultivos, llegan ya a ser irreversible y que pueden llegar casi al punto de marchitez permanente.
- Sequía atmosférica. Cuando el ambiente no llega a contener la humedad suficiente, para el desarrollo de los cultivos.
- Sequía eclíptica. Cuando por diversas causas la cantidad de humedad retenida por el suelo, no es la adecuada para la prosperidad de cultivos.
- Origen y dinámica de las sequías.
- Estudios sobre pronósticos de sequía.
- Estudios sobre lucha contra la sequía según la frecuencia de ocurrencia.

J) Estudios de variabilidad de almacenaje hídrico.

- K) Verificación y optimización de las metodologías existentes.
- L) Avanzar en la investigación de la topoclimatología, en sus renglones de: Cartografía, sombra, radiación, gradientes de temperatura y precipitación corregida, a partir de fotografía aérea, etc.

VIII PROPOSICIONES

## VIII PROPOSICIONES

1.- Dado que los estudios agroclimáticos, revisten la importancia de marcar las variaciones, diferencias y cuantificación de necesidades, que provoca el clima sobre una especie en su distribución regional; resultaría adecuado que las Estaciones Experimentales, arbitrarán los medios necesarios para que se estudien agroclimáticamente los cultivos en sus áreas de influencia.

2.- En la actualidad, es necesario dominar hasta en sus mínimos detalles, todos los aspectos de nuestras empresas agropecuarias; por ello, parte del conocimiento del suelo, de la clase de semilla a usar, de los cuidados culturales y de los métodos y medios de lucha contra las plagas, etc., debe anticiparse al conocimiento positivo del complejo meteorológico, que en definitiva gobierna a los restantes; ya que su influencia depende el valor y la eficiencia de los mismos.

3.- La Estación Agrometeorológica, constituye por tanto, el primer eslabón que permite obtener la información básica necesaria, para lograr el conocimiento del complejo meteorológico; por ello, es conveniente propiciar que cada Estación, se deba adecuar a las necesidades de cada zona y a la jerarquización de los problemas a resolver, - mediante modelos de investigación, elaboración y diseños experimentales, como el que se muestra en el anexo y que permitan integrarse a los patrones de investigación existentes.

4.- Desarrollar un programa de agroclimatología consistente en:

A) Organización y función de proyectos de transferencia y asesoría.

B) Coordinación entre dependencias y usuarios de información agroclimática.

C) Captación, programación, elaboración, evaluación y difusión de la información, a través de una publicación periódica de Agroclimatología de distribución nacional.

D) Establecimientos de Distritos Agroclimáticos.

5.- Ordenar los objetivos y metas hacia:

A) Evaluación y valoración de la propiedad o tenencia de la tierra.

B) Ubicación de estaciones experimentales agropecuarias y líneas de investigación.

C) Clasificación climática más confiable para aplicación agropecuaria.

D) Determinación de porcentajes de riesgo para la posibilidad de obtener un cultivo.

E) Areas delimitadas correspondientes a las nuevas variedades

de un cultivo, por selección de líneas de producción por zonas.

F) Uso de la tierra en sus rangos, actual, ajustado y potencial.

G) Estrategias de desarrollo por zonas.

H) Asignación de responsabilidades para estudios agroclimáticos, en las ramas fundamentales: Meteorológicos, climáticos, de suelos, de cultivos, de computación y de planeación.

I) Realizar categorías de datos climáticos, principalmente térmicos y pluviométricos para cada zona agropecuaria.

J) Obtener parámetros y limitaciones Bio y Agroclimáticos de los cultivos para una zona.

K) Estudios comparativos de condiciones agroclimáticas en el propio país y otros del mundo, con mayor seguridad para fines agropecuarios.

L) Determinación de las áreas de difusión correspondiente a las nuevas variedades de un cultivo.

LI) Determinación de factores de producción e insumos.

M) Establecer normas de política agropecuaria.

N) Participación permanente y coordinada de las Instituciones y Dependencias oficiales y privadas, relacionadas con la agroclimatología, para aprovechar al máximo, los recursos humanos y materiales disponibles.

O) Creación de un Banco de Información Agroclimático y de un Directorio de personas físicas o morales relacionadas con la disciplina, a niveles: Regional, nacional e internacional.

P) Creación de un organismo que coordine la organización, capacitación, entrenamiento, desarrollo y estímulo de los recursos y factores que en alguna forma entren o estén en el ámbito de la Agroclimatología.

6.- A manera de proposición para realizar estudios agroclimáticos se cita el modelo siguiente:

Que es un ejemplo de un sistema para desarrollar una tecnología que permita determinar el potencial agrícola de una región, que es uno de los objetivos de la Agroclimatología, que ya ha sido aprobado y desarrollado, por la Universidad, el INDAP (Instituto de Desarrollo Agropecuario), y el IREM (Instituto de Recursos Naturales, de Chile y otros países.

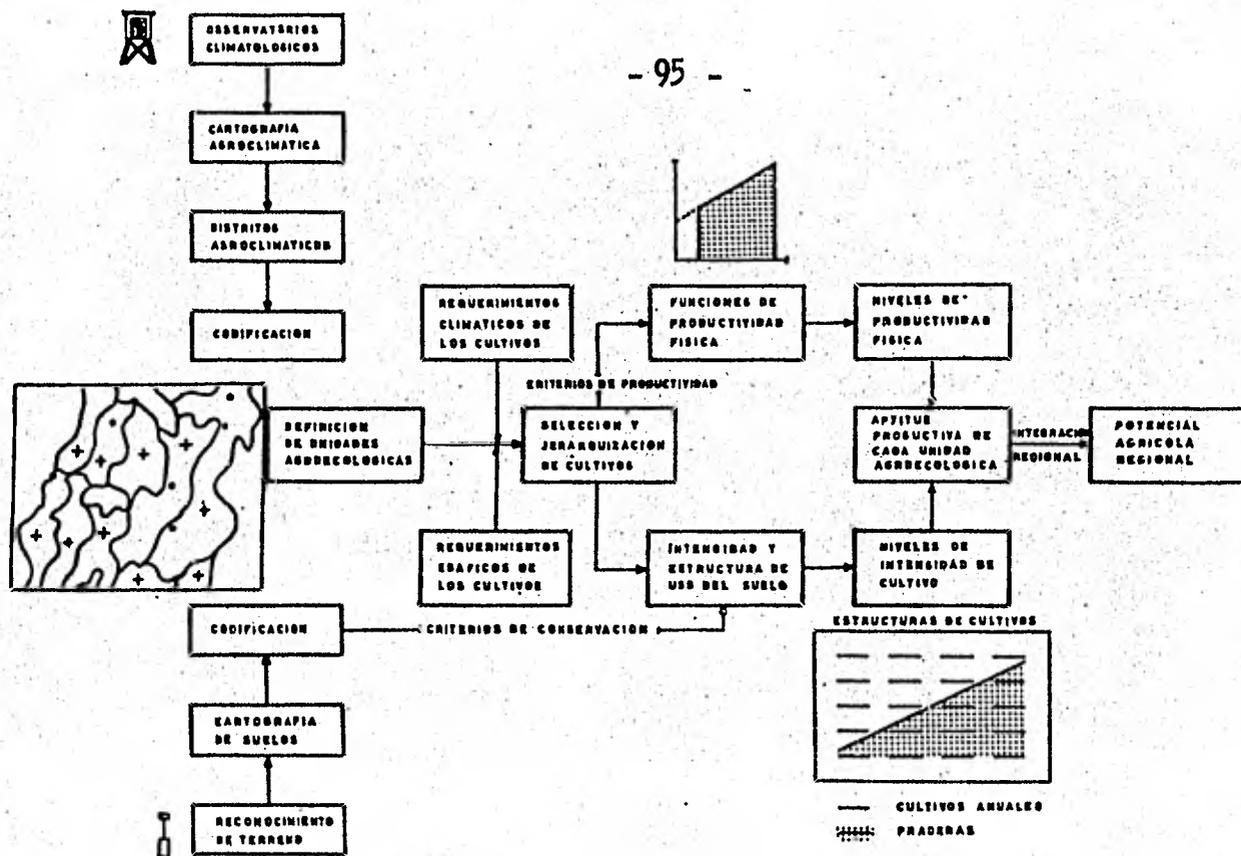


Fig. 1.-Modelo de Diagnóstico Agroecológico Regional (MODAR).

**Descripción del modelo**

El principio básico del modelo es que la mayor estabilidad y menor costo energético en la explotación de un ecosistema se logra compatibilizando el sistema de uso, con su aptitud productiva.

La aptitud agrícola del clima y el suelo sólo queda definida con precisión cuando se establece la gama de especies que es factible cultivar en un área, ordenadas con un criterio agroecológico. El modelo de diagnóstico Agroecológico Regional (MODAR) selecciona y jerarquiza los cultivos para cada área, a partir del análisis de un conjunto de variables climáticas y de suelos. Cada cultivo se ve enfrentado a las variables que condicionan su adaptación, de modo que según sea el número de coincidencias o desfases entre sus requerimientos ecológicos y las caracterís-

ticas del suelo y clima, obtiene un "puntaje agroecológico". En base a este puntaje, se produce un ordenamiento de los cultivos, que indica cuáles encuentran condiciones óptimas, cuáles se ven afectados por diversos grados de marginalidad y cuáles deben ser excluidos.

En una etapa posterior, mediante el uso de funciones de producción física, se asigna una banda de rendimientos probables para cada cultivo, los cuales están en función del puntaje agroecológico obtenido por éstos.

En una etapa terminal se combinan una serie de criterios agronómicos y fitotécnicos para proponer "estructuras de cultivos", alternativas de secuencias espaciotemporales que orienten al agricultor sobre programación del uso del suelo.

Para la aplicación de un modelo de este tipo, se requiere de una evaluación regional de los recursos

climáticos y de suelos que contemple, por lo menos, las variables de entrada del modelo. La cartografía regional de las variables climáticas conduce a la zonificación del área en "distritos agroclimáticos". Las variables de suelo conducen a una cartografía de pequeñas unidades a nivel de fases. La superposición de cartas de distritos agroclimáticos y suelos permite delimitar las intersecciones o unidades homogéneas por clima y suelo, llamadas "unidades agroecológicas".

Las variables edafoclimáticas de cada unidad agroecológica se codifican y almacenan en un archivo magnético a partir del cual el computador prueba la adaptación y ordena jerárquicamente los cultivos factibles de realizar en cada unidad (Figura 1). En áreas no arables el modelo solicita información sobre el estado actual de la vegetación, los posibles cambios de estado natural o inducidos y los niveles

de productividad asociados a cada uno de ellos.

### Evaluación de los recursos climáticos: definición de distritos agroclimáticos

La evaluación regional del potencial agrícola del clima en la mayoría de los países en desarrollo encuentra dificultades originadas en la baja densidad de observatorios meteorológicos. Esta situación hace especialmente útiles los métodos cartográficos que permiten extrapolar e interpolar información en áreas que no cuentan con observaciones, de modo que uno de los primeros pasos en la identificación de áreas agroclimáticamente homogéneas es la elaboración de mapas que representen el comportamiento espacial de los parámetros climáticos. ¿Qué parámetros debe incluir la cartografía? Se trata de una pregunta que sólo puede ser respondida una vez analizados los requerimientos climáticos de las plantas cultivadas y potencialmente cultivables dentro de una región. Este análisis revela que hay alrededor de una docena de parámetros climáticos que deciden la adaptación de la mayoría de los cultivos, entre los cuales pueden encontrarse: temperaturas máximas y mínimas, temperaturas acumuladas o grados-día, período libre de heladas, horas de período de receso vegetativo, termoperíodo, fotoperíodo, período seco, déficit hídrico, período húmedo y otros parámetros misceláneos.

Mediante análisis de la sensibilidad de un conjunto de cultivos frente a cada parámetro climático es posible determinar cuáles son los umbrales agroecológicamente pertinentes dentro de la escala de variación de cada uno de ellos, de modo de definir criterios de homogeneidad o tolerancia que conducirán a la diferenciación de los distritos.

Por superposición de mapas de parámetros climáticos se definen áreas pequeñas o intersecciones homogéneas para los  $n$  parámetros seleccionados. La información climática para cada unidad se condensa mediante una fórmula agroclimática sintética, de 12 elementos, que resume las características térmicas e hídricas de verano e invierno.

Las unidades así obtenidas pueden constituir un distrito agroclimático o bien ser agrupadas mediante un análisis de conglomeración (*cluster analysis*) para formar distritos de mayor extensión. En este segundo caso se pierde detalle espacial pero se consiguen mapas más simplificados y de fácil interpretación.

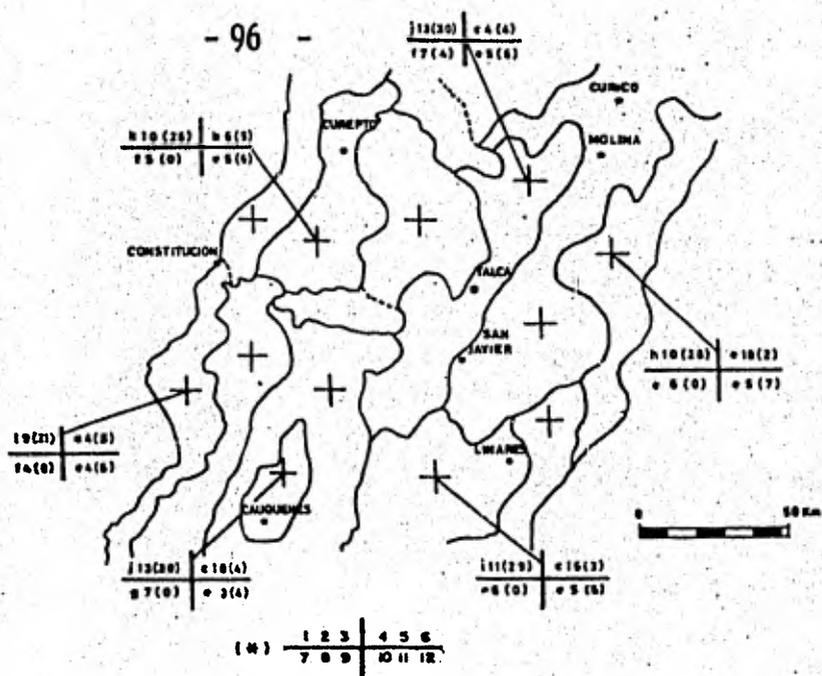


Fig. 2. - Distritos Agroclimáticos de un sector agrícola de la región central de Chile. Cada distrito está descrito por una fórmula agroclimática que sintetiza 12 atributos térmicos e hídricos. Las letras representan un código de duración donde a = 1 mes, b = 2 meses ... l = 12 meses.

(\*) Los elementos de la fórmula, según el orden señalado, son:

1. Período libre de helada (meses)
2. Grados día (base 10 °C)  $\times 10^{-2}$
3. Temperatura máxima del mes cálido (°C)
4. Período de receso vegetativo (meses)
5. Horas de frío anuales (horas/año)  $\times 10^{-2}$
6. Temperatura mínima mes más frío (°C)
7. Período seco (meses)
8. Déficit hídrico anual (mm)  $\times 10^{-1}$
9. Índice de humedad del verano
10. Período húmedo (meses)
11. Excedente hídrico anual (mm)  $\times 10^{-1}$
12. Índice de humedad del invierno.

La determinación de parámetros agroclimáticos derivados tales como horas de frío, sumas de temperatura, probabilidad de heladas y otros, es a menudo costosa por la gran cantidad de datos a procesar. Una vía alternativa es su estimación mediante el uso de métodos simplificados como fórmulas o simples correlaciones calibradas localmente.

### Evaluación de los recursos edáficos

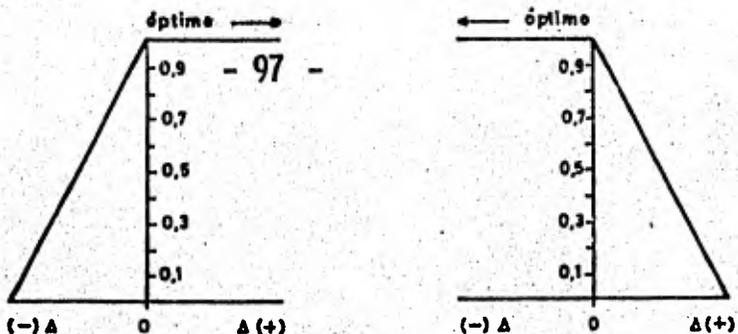
El suelo, siendo más constante que el clima en el tiempo, es más variable que éste en el espacio. A una misma escala, las unidades cartográficas de suelo son por lo general de menor tamaño que las de clima. Por otra parte, las líneas que separan las unidades cartográficas de suelos son relativamente nítidas, mientras que en la cartografía agroclimática la delimitación de unidades es menos precisa si se tiene en cuenta que la variación espacial de los parámetros climáticos es continua.

La capacidad productiva del suelo se ha descrito tradicionalmente en términos de la "clase de capacidad de uso", la cual se determina considerando aspectos de profundidad, pendiente, topografía, drenaje, ubicación y otros. Todos estos elementos son juiciosamente ponderados por el experto, quien clasifica al suelo dentro de una de las ocho clases existentes. De este modo, la clase de capacidad de uso es una resultante de la ponderación de factores físicos, por lo tanto cuantificables con precisión, y el criterio usado por el experto, no cuantificable. Esta clasificación tiene un fin utilitario, agrológico, por lo que el clasificador se ve en la obligación de incluir además aspectos de clima en el juicio que lo llevará a determinar la clase de capacidad de uso de un suelo. Esto último tiene sentido utilitario, pero resta objetividad al análisis de su potencial productivo, pues el experto tiene como única referencia su experiencia y el paisaje, es decir, los "cultivos de la zona".

Desde un punto de vista climático, si se empleara un criterio análogo, el mejor clima favorable a la fruticultura debería ser clasificado como inadecuado para frutales si no se cuenta con suelos apropiados en el área. Este criterio induciría a confusiones.

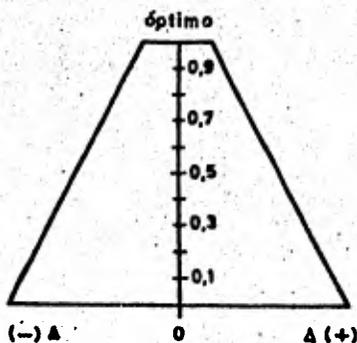
Para obtener un análisis netamente objetivo debe definirse la capacidad de uso del suelo basada exclusivamente en parámetros intrínsecos del medio edáfico, cuya cuantificación supla al criterio del experto. Cada parámetro, debidamente cuantificado, será por lo tanto confrontable con los intervalos de requerimientos de las especies cultivadas. La aptitud productiva del suelo puede, según este criterio, quedar sintetizada por una fórmula edáfica que contenga, en forma análoga a la agroclimática, un resumen codificado de sus características, lo que servirá de base para la toma de decisiones sobre su uso en términos productivos y de conservación. Dentro de las características a considerar de la fórmula edáfica, que constituyen datos de entrada del modelo, deben estar a lo menos: profundidad efectiva, textura, pendiente, drenaje, erosión, pH, conductividad eléctrica, pedregosidad, ondulación y otras características misceláneas que indiquen grado de fertilidad o que pudieran limitar el desarrollo de algunos cultivos.

La evaluación del suelo en áreas no arables se efectúa con un criterio diferente al de áreas con agricultura intensiva. En este caso, más que probar la adaptación de un universo de cultivos, se trata de evaluar la capacidad productiva de éste, considerando la vegetación espontánea actual e histórica y las posibles vías de evolución de la producción primaria bajo diferentes tipos e intensidades de manejo. En este sentido, los estudios sobre dinámica y productividad de la vegetación pueden hacer grandes aportes. Los estudios históricos sobre vegetación conducen a una idea relativamente clara sobre el tiempo de respuesta de ésta frente a las variaciones del medio, lo que permite proyectar cuál será el impacto que sobre el ecosistema tendrá, con un horizonte de varios años, un sistema de explotación subdimensionado o sobredimensionado en relación a su capacidad productiva. Por otra parte, la producción primaria útil es fuertemente sensible al estado de evolución o degradación de la vegetación, el suelo y el clima, de modo que es de gran utilidad la elaboración de modelos simplificados de productividad, capaces de predecir la disponibilidad de producción exportable anualmente a partir de variables edafoclimáticas y de vegetación.



Variable que actúa sólo por deficiencia, vg.: profundidad del suelo.

Variable que actúa sólo por exceso, vg.: período de receso vegetativo.



Variable que actúa por exceso y deficiencia, vg.: pH, horas de frío.

Fig. 3.-Ejemplos de funciones para la determinación del puntaje agroecológico. En la medida que el valor real de las variables se alejan del valor óptimo ( $\Delta$ ) disminuye el valor agroecológico asociado (ordenada).

ESTRUCTURA DE CULTIVOS					PUNTAJE AGROECOLÓGICO
FREJOL	MAIZ	MARAVILLA	TRIGO	PRADERA	1.00
MAIZ	FREJOL	MAIZ	TRIGO	PRADERA	.96
MAIZ	FREJOL	MARAVILLA	TRIGO	PRADERA	.87
PAPA	FREJOL	MARAVILLA	TRIGO	PRADERA	.88
FREJOL	MAIZ	PAPA	CEBADA	PRADERA	.80
MAIZ	FREJOL	PAPA	CEBADA	PRADERA	.78
PAPA	FREJOL	MAIZ	TRIGO	PRADERA	.66
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
MAIZ	TRIGO	MARAVILLA	TRIGO	PRADERA	.28

Fig. 4.-Salida del computador indicando en forma jerarquizada varias estructuras de cultivo posibles para una unidad agroecológica.

## Definición de unidades agroecológicas

Las unidades agroecológicas son definidas con un criterio de homogeneidad en cuanto al potencial productivo agrícola, por lo que corresponde a las intersecciones entre los mapas de distritos agroclimáticos y las unidades cartográficas de suelo. Con el objeto de definir su potencial, las variables edafoclimáticas de cada unidad agroecológica se codifican y almacenan en un archivo magnético que constituye su carta de presentación frente al modelo que establece su aptitud productiva. En áreas no arables se introduce además información sobre tipo y estado de la vegetación, sensibilidad frente al cambio, techo evolutivo (clímax) y tiempos estimados de respuesta para pasar de un estado a otro.

### Aptitud productiva: selección y jerarquización de cultivos para cada unidad agroecológica arable

El mayor o menor grado de adaptación de un cultivo en una unidad agroecológica depende de la magnitud y el número de los desfases entre sus requerimientos ecológicos y las variables edafoclimáticas. Mientras mayor sea la distancia entre el valor real de estas variables físicas y el óptimo para el desarrollo de la especie X, menos adaptada resultará esta última, de modo que es posible establecer una función inversa entre estas distancias ( $\Delta$ ) y el comportamiento productivo de los cultivos.

Confrontando los requerimientos ecológicos del cultivo X con las  $n$  variables edafoclimáticas que caracterizan cada unidad agroecológica se establece el valor de los  $n$  deltas ( $\Delta$ ) que definen en conjunto el posible comportamiento productivo del cultivo. Esto último queda expresado por una cifra o puntaje único que resume el grado de satisfacción de los requerimientos edafoclimáticos por parte del cultivo X en cada unidad agroecológica, definiéndose un puntaje mínimo bajo el cual las condiciones son francamente excluyentes para dicho cultivo. El puntaje máximo es 1. Entre el puntaje mínimo y el máximo (óptimo agroclimático) es posible establecer una gama casi continua de valores, lo que permite ordenar los cultivos con un criterio jerárquico de adaptación. Este sistema numérico analizado sobre el conjunto regional de unidades agroecológicas permite delimitar el área donde un cultivo encuentra condiciones óptimas, separándola de las que presentan diversos grados de marginalidad. El conocimiento de los tipos de marginalidad, o limitaciones ambien-

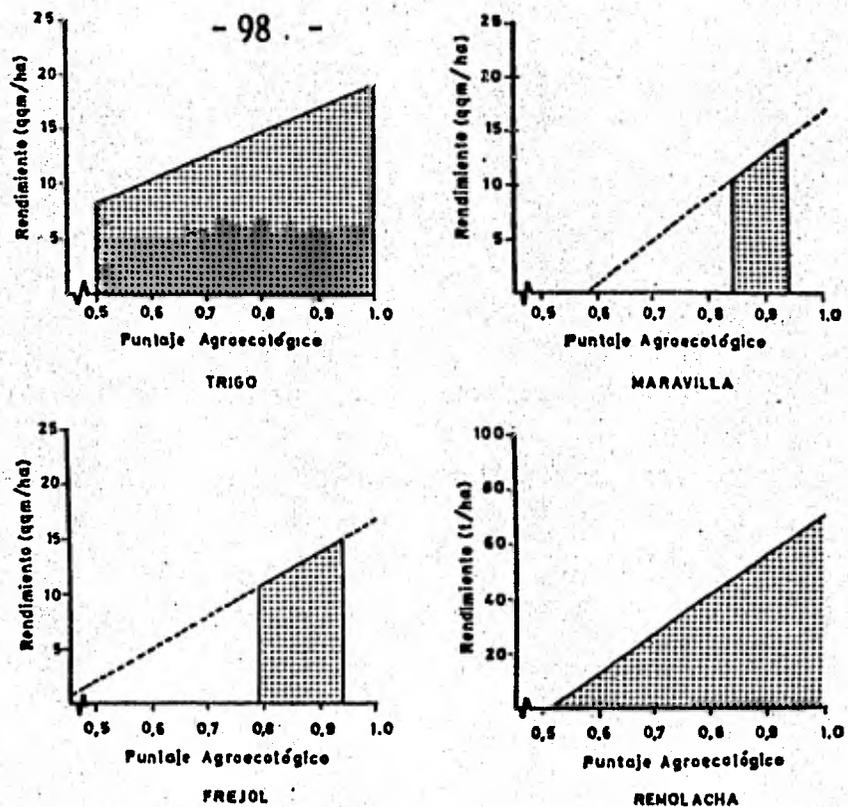


Fig. 5.- Relaciones que permiten estimar la productividad física de los cultivos a partir del puntaje agroecológico obtenido en cada unidad agroecológica. El puntuado indica la zona en que se contó con información de terreno para el establecimiento de la relación.

tales para el pleno desarrollo de los cultivos, constituye un antecedente de singular interés para los genetistas, una de cuyas misiones es la de crear variedades que permitan extender las zonas de cultivo hacia áreas consideradas como marginales en la actualidad. La aplicación de este tipo de metodología al análisis del potencial agrícola regional se encuentra limitada en el presente por la escasez de información sobre requerimientos ecológicos de las especies cultivadas.

### Definición de la intensidad y estructura de uso del suelo

En la definición del potencial productivo de cada unidad agroecológica no basta con seleccionar los cultivos que le son más adaptados, sino que además se deben establecer criterios de intensidad del uso del suelo y un ordenamiento espacio-temporal de cultivos que garantice estabilidad en su productividad.

Desde un punto de vista de conservación la proporción cultivo

anual/pradera va decreciendo en la medida en que los suelos son más susceptibles a la erosión. El computador interpreta la susceptibilidad a la erosión de un suelo a partir de la pendiente, la textura superficial, el contenido de materia orgánica, el drenaje, la ondulación y la profundidad. Además de este criterio de intensidad en el establecimiento de secuencias temporales de cultivos se consideran aspectos como afinidad cultural entre especies, incompatibilidades sanitarias, intervalos sanitarios mínimos entre dos cultivos, aprovechamiento de la fertilidad del suelo por alternancia de cultivos con diferentes sistemas radiculares, hábitos de los agricultores y otros.

Esta información permite al computador proponer diferentes estructuras de uso del suelo, las cuales consisten en ordenamientos espacio-temporales de los cultivos. Cada una de estas estructuras puede ser evaluada según la calidad de las combinaciones y el puntaje individual de cada uno de los cultivos que la integran, llegando a ordenarlas con criterio de jerarquización.

## Marginalidad agroecológica y productividad de los cultivos

- 99 -

A medida que las condiciones físicas se alejan del óptimo requerido para un cultivo, se origina un grado creciente de marginalidad, la cual se expresa a través de un puntaje agroecológico decreciente. Si este puntaje expresa variaciones reales en la adaptación del cultivo, debiera existir una relación estrecha entre éste y la productividad física. El establecimiento de esta relación para cada cultivo cumple el doble objetivo de permitir encontrar el sistema más adecuado de ponderación de las variables edafoclimáticas que deciden el puntaje de los cultivos y asociar un rendimiento físico a cada condición de marginalidad, lo que prepara el camino a la evaluación de la rentabilidad económica de los cultivos. Sobre el primero de los objetivos, es importante destacar que la adaptación de cada especie puede verse afectada por variables diferentes, lo mismo que la ponderación de éstas le es particular, de modo que, por interacción entre puntaje agroecológico-rendimiento se logran definir los criterios de ponderación más adecuados hasta llegar a establecer un "modelo de productividad" ultrasimplificado.

En un sector de la zona central de Chile (VII Región) se recopilaron, desde las fichas de registro de una centena de agricultores ubicados en diversas unidades agroecológicas, los rendimientos por varios años de trigo, remolacha, frejol, maravilla y otros cultivos, los cuales mostraron grados aceptables de correlación con el puntaje agroecológico.

No cabe duda de que las variaciones en la tecnología y la capacidad empresarial entorpecen la obtención de estas funciones, por lo que es recomendable agrupar a los agricultores por lo menos en tres categorías con lo cual se obtienen relaciones con más nitidez.

Mucho podría escribirse sobre las posibilidades de análisis que abre este sistema, entre las cuales se destaca la sensibilidad de los rendimientos al medio físico, y a la capacidad empresarial en igualdad de condiciones físicas, la productividad actual en relación a los techos productivos, los niveles de riesgo económico en áreas marginales, los posibles impactos productivos de la transferencia de tecnología, la base de información que oriente la creación de ideas de proyectos de investigación e inversión, así como al agricultor en la toma de decisiones sobre la planificación de su empresa agrícola.

IX BIBLIOGRAFIA

## IX BIBLIOGRAFIA

- 1.- CENTRO NACIONAL DE ADIESTRAMIENTO DE AVIACION CIVIL. 1981. Instrumento no Registradores e Instrumentos Registradores para observaciones de superficie. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México, D. F. 145 pp.
- 2.- CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS. 1965. Inventario Agrometeorológico. Relatos. Castelar, Argentina. 40 pp.
- 3.- FORESTRY, SUPPLIERS INC. INTERNACIONAL. Catálogo. Quality Forestry, Engineering and Environmental Equipment. Shipped World Wide. Catalog 31. Post office Box 8397 Jackson, Mississippi 39204.
- 4.- GARDUÑO, VALDES JOSE LUIS. 1982. Apuntes de Agroclimatología y Diversos Trabajos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Unidad de Agroclimatología. Distrito Federal. - México.
- 5.- INSOLAR, METRIX. Instrumentación Solarimétrica Avanzada y Referencia para: Energía Solar, Agricultura, Física, Atmósfera, Meteorología, Contaminación Atmosférica. Apartado Postal II-769, Distrito Federal, México.
- 6.- JUAREZ, GUILLERMO A. 1967, Calor y Temperatura. INTA. CNIA. Instituto de Suelos y Agrotecnia. Publicación No. 47. Buenos Aires, Argentina, 20 pp.
- 7.- PASCALÉ, ANTONIO J.; DAMARID, EDMUNDO A. 1970. El Balance Hidrológico. Seriado y su Utilización en estudios Agroclimáticos. Argentina, 34 pp.
- 8.- RUGGIERO, R.A.; JUAREZ, GUILLERMO A. 1965. Estaciones Agro-

meteorológicas. INTA. CNIA. Instituto de Suelos y Agro-  
tecnia. Publicación No. 36. Buenos Aires. 11 pp.

- 9.- RUGGIERO, R.A. 1969. Precipitación. INTA. CNIA. Instituto de Suelos y Agro-  
tecnia. Publicación No. 50. Buenos Aires,  
Argentina. 36 pp.
- 10.- RUGGIERO, R.A. 1968. Presión Atmosférica y Vientos. INTA.  
CNIA. Instituto de Suelos y Agro-  
tecnia. Publicación No.  
39. Buenos Aires, Argentina, 16 pp.
- 11.- RUGGIERO, A.R.; JUAREZ, G.A. 1967. Programa Preliminar de  
Agrometeorología. INTA. CNIA. Instituto de Suelos y --  
Agrotecnia. Publicación No. 36. Buenos Aires. 11 pp.
- 12.- RUGGIERO, R.; JUAREZ, G.A. 1966. Radiación Solar. INTA.  
CNIA. Instituto de Suelos y Agro-  
tecnia. Buenos Aires.  
Argentina. 16 pp.
- 13.- SANCHEZ DEL CASTILLO FELIPE.; ESCALANTE REBOLLEDO, ED-  
GARDO R. 1981. Hidroponia un Sistema de Producción.  
PTAUCH. México. 176 pp.
- 14.- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. 1981.  
La Agrometeorología en la Determinación de Areas Facti-  
bles de Abrirse al Cultivo. Unidad de Agroclimatología.-  
I.N.I.A. Distrito Federal. México. 108 pp.
- 15.- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS. 1981.  
Primer Taller de Capacitación y Orientación de los Inves-  
tigadores del Programa Nacional de Agroclimatología. INIA.  
Distrito Federal. México.
- 16.- SIERRA MISCO, INC. AIR SMPLING INSTRUMENTS, Weather -  
Instruments Telemetered data Systems, Environmental --  
Productos. 1825. Eastshore Highway. Berkeley, California.  
94710.

- 17.- TORRES, CANTORAL, DAVID. 1980. Evapotranspiración. Estimación Directa. Universidad Nacional Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación. Boletín Técnico No. 10. Chapingo, Mex. 69 pp.
- 18.- WEATHER, MEASURE CORPORATION. Instrumentos and Services for environmental Sciences and Industry. Scientific, Instruments Systems. Catalogo 1078. Sacramento, California.
- 19.- WORLD, METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1963. Guide to Agricultural Meteorological practices. Geneva Switzerland. 53 - pp.
- 20.- WORLD, METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1981. Papers Presented the Second WMO Technical Conference on Instruments and Methods of Observation. Decimo II. México City. 362 - pp.
- 21.- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1966. Syhadi for Instruction in Agricultural Meteorology. Geneva Switzerland. 45 pp.