

## UNIDAD 2. ESTACION AGROMETEOROLOGICA. APUNTES EN BORRADOR, PERO BUENOS.

### **Aspectos básicos de las observaciones agrometeorológicas**

La observación de los elementos físicos y biológicos del medio ambiente es esencial para la meteorología agrícola. Si no se dispone de datos cuantitativos, las actividades de planificación, predicción e investigación agrometeorológica no podrán satisfacer plenamente su función de ayudar a los agrónomos a hacer frente a la creciente demanda mundial de alimentos y de productos secundarios de origen agrícola. En las siguientes secciones se dan directrices sobre los tipos de observación que se necesitan, su amplitud, organización y precisión, así como sobre los instrumentos con que hay que contar para obtener los datos.

### ***Elementos climáticos físicos***

La observación de los elementos físicos del clima tiene por objeto evaluar las cosechas reales o potenciales y la producción animal, y también valorar los daños causados a la producción agrícola por el medio ambiente o propiciados por éste. La meteorología trata de todos y cada uno de los aspectos del clima local y regional y de sus causas y variaciones, para lo cual la observación normalizada de los elementos climáticos constituye una necesidad fundamental. También trata de todas las modificaciones climáticas que el hombre pueda introducir a través de la agricultura, ganadería o silvicultura. En estas actividades humanas se incluye la determinación de las fechas, amplitud y tipo de las operaciones de cultivo y de otras actividades agrícolas (siembra, recolección, plantación, esquila, apareamiento del ganado, aplicación de biocidas y herbicidas, labranza, nivelación con la grada, allanar con rodillo, regar, suprimir la evaporación, reparar y construir los almacenes y alojamiento del ganado), así como los distintos métodos de conservación, industrialización y transporte de los productos agrícolas.

Entre los elementos climáticos indispensables para el desarrollo de la meteorología agrícola se incluyen, más o menos, todos los pertenecientes a la climatografía geográfica, especialmente los que permiten interpretar los procesos físicos que se producen en la atmósfera inferior y en las capas superiores del suelo, que son los determinantes climáticos de la biosfera local o regional. Por consiguiente, son muy importantes los elementos pertenecientes al balance de energía y al balance hídrico, así como otros fenómenos conexos tales como la humedad, temperatura y movimiento del aire. Por otra parte, también tienen gran trascendencia en meteorología agrícola determinadas características físicas y químicas de la atmósfera, de la precipitación y del suelo, como por ejemplo los contaminantes, como el CO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub>, las sustancias disueltas y suspendidas en la precipitación, y por último el contenido térmico hidrológico y salino del suelo.

### ***Elementos biológicos***

Además de la debida observación del medio ambiente físico, la simultánea evaluación de su efecto en la agricultura, es decir, en las plantas, animales y árboles tanto individualmente como en colectividad, constituye también un requisito previo de la meteorología agrícola. Las observaciones habituales obtenidas a través de las estaciones climatológicas y agrometeorológicas deben ser complementadas por observaciones biológicas periódicas. Para obtener mejor resultado, estas observaciones deben ser comparables con las que se hacen del medio ambiente físico, en extensión, normalización y precisión. Las observaciones biológicas aperiódicas, tales como las que se necesitan para fines de investigación, encuestas y servicios especiales, son más exactas y precisas que las observaciones habituales.

Las observaciones biológicas deben, en general, tener carácter fenológico o fenométrico, o ambos. Las observaciones fenológicas se hacen para evaluar las posibles relaciones que existen entre el medio ambiente físico y el desarrollo de las plantas y animales, mientras que las de tipo fenométrico se efectúan

para relacionar el medio ambiente físico con los cambios de biomasa. Los daños causados por el tiempo, las enfermedades y los parásitos constituyen importantes observaciones fenométricas.

**Escala de las observaciones**

La mayor parte de la actividad agrícola tiene lugar dentro de una capa de atmósfera que se eleva unos pocos metros sobre el suelo, que se puede extender hasta 30 metros o más en el caso de bosques. En pocos casos, pero importantes, los fenómenos atmosféricos que se producen en niveles altos pueden influir directamente sobre las actividades agrícolas. Por lo tanto los fenómenos atmosféricos de una capa superficial de poca altura son los que actúan directamente sobre los cultivos, animales, bosques edificios, etc. Las propiedades de esta capa baja son el resultado de la interacción entre las condiciones generales de la temperie de la región y las propiedades geométricas y físicas de la superficie del suelo. La climatología investiga estas interacciones y sus efectos en dos escalas, la mesoescala y la microescala en espacio y tiempo. La tabla siguiente da una idea de las distintas escalas en la atmósfera, aunque los límites entre las escalas es vago, esta división es útil.

NOMBRE ESCALA	ESCALA DE TIEMPO	ESCALA HORIZONTAL	ESCALA VERTICAL
Microescala	1 s a 1 h	1 mm a 1 km	1 mm a 10 m
Mesoescala	1 a 12 h	10 a 100 km	1 km
Sinóptica	12 h a 1 semana	100 a 10 <sup>4</sup> km	1km a 10 km
Global	Semanas a meses	> 10 <sup>4</sup> km	1km a >10 km

Los fenómenos de mesoescala y escala sinóptica corresponden aproximadamente a la escala de pronósticos locales y regionales.

En meteorología agrícola se necesitan observaciones macroescalares, mesoescalares y microescalares. Cuando se trata de parámetros con muy poca variación espacial (por ejemplo, la duración de la insolación), son suficientes por regla general las observaciones macroescalares para fines agrícolas. La mayoría de las actividades de planificación para fines agrícolas requieren sin embargo datos a escala mesoescalar o topoclimática. Estos datos pueden ser con frecuencia complementados por observaciones macroclimáticas utilizando los correspondientes índices de relación entre las dos escalas. Para fines de investigación bioclimática se necesita muchas veces disponer de observaciones microescalares.

En los trabajos de investigación agrometeorológica resultan casi siempre útiles los instrumentos normalizados sometidos a unas condiciones de exposición normal, pero algunas veces es preciso recurrir a estaciones especiales dotadas de equipo también especial y sujetas a condiciones no normalizadas de exposición. Esto se debe a que para resolver muchos problemas agrometeorológicos se necesitan observaciones en zonas cerradas, tales como dentro de los cultivos, bosques, edificios agrícolas o contenedores destinados a la conservación o transporte de productos. En muchos casos, los instrumentos destinados a estas aplicaciones, así como sus condiciones de exposición y funcionamiento, no están normalizados.

**Amplitud de las observaciones**

En meteorología agrícola se puede y se debe hacer uso de todas las observaciones locales disponibles referentes a los elementos físicos ambientales, formados en puntos fijos de las redes sinópticas climatológicas o hidrológicas.

Prácticamente, todas las observaciones de los elementos meteorológicos tomadas en una estación sinóptica pueden ser utilizadas en agricultura, incluidos ciertos tipos de datos en altitud (al menos los correspondientes a las capas inferiores comprendidas entre la superficie y 3000 m), como por ejemplo

los vientos de las capas superiores (aerobiología), y la distribución vertical de la temperatura y humedad (balance de energía). En realidad, es conveniente que en una selección de estas estaciones se hagan observaciones adicionales de mayor interés específico para la agricultura.

Las estaciones climatológicas e hidrológicas, que con frecuencia son más representativas en las zonas agrícolas que las estaciones sinópticas, facilitan información (cantidades diarias de precipitación, valores extremos de la temperatura) que son de enorme utilidad para fines agrometeorológicos.

Sin embargo, como estas redes de carácter sinóptico, climatológico e hidrológico pueden ser de limitada densidad o tipo de observaciones, es conveniente que se complementen con estaciones agrometeorológicas. Estas estaciones están dotadas del equipo necesario para realizar observaciones meteorológicas de tipo general y observaciones biológicas y habitualmente están situadas dentro de estaciones experimentales o institutos de investigación dedicados a la agricultura, horticultura, ganadería, silvicultura y edafología. Una red idealmente perfecta, que comprenda todas las estaciones de observación, debe poder representar todos los aspectos de las variaciones climáticas y del suelo así como cada tipo de operación agrícola, hortícola, ganadera, hidrobiológica y forestal que se realice en el país.

La disponibilidad de técnicas de medida a distancia ofrece nuevas posibilidades para la meteorología agrícola y hacen factible la evaluación global de algunos elementos del medio ambiente físico y de la biomasa en zonas muy extensas. Dichos datos resultan muy útiles para complementar la información agrometeorológica y para ayudar a los servicios de predicción y aviso destinados a la agricultura.

### **Estaciones Meteorológicas.**

#### ***Clasificación.***

Toda estación agrometeorológica pertenece a una de las siguientes categorías:

- a) ***Estación meteorológica agrícola principal.*** Es una estación que facilita simultáneamente informaciones meteorológicas y biológicas detalladas y en la que se efectúan investigaciones sobre agrometeorología. Los medios instrumentales, el alcance y la frecuencia de las observaciones meteorológicas y biológicas, y el personal profesional han de ser tales que permitan realizar investigaciones fundamentales sobre cuestiones agrometeorológicas de interés para los países o regiones interesados;
- b) ***Estación meteorológica agrícola ordinaria.*** Estación que facilita normalmente y de manera simultánea información meteorológica y biológica, y que puede estar equipada para participar en la investigación de problemas determinados; en general, el programa de observaciones biológicas o fenológicas para la investigación dependerá de las condiciones climáticas locales de la estación;
- c) ***Estación meteorológica agrícola auxiliar.*** Estación que facilita información biológica y meteorológica. La información meteorológica puede comprender datos como la temperatura humedad del suelo, la evapotranspiración potencial, sondeos detallados de las capas más bajas de la atmósfera, etc.; la información biológica puede referirse a la fenología, aparición y desarrollo de las enfermedades vegetales, etc.;
- d) ***Estación meteorológica agrícola para fines especiales.*** Estación meteorológica agrícola establecida con carácter temporal o permanente, para la investigación de uno o de varios elementos, o de determinados fenómenos.

Las estaciones correspondientes a la categoría *a*) no son muy corrientes debido a sus exigencias de personal profesional y técnico debidamente formado y de equipo. En muchos países, la mayoría de las estaciones agrometeorológicas pertenecen a las categorías *b*), *c*) y *d*).

### ***Elección del emplazamiento de una estación***

El terreno en donde se emplaza la estación debe ser bastante llano y libre de obstrucciones. Además, debe estar cubierto de césped, a pesar de lo cual, si las condiciones normales del clima y el suelo no permiten mantener este césped, el terreno debe estar recubierto en la mayor medida posible por la capa natural más común de la zona. Se deben eliminar las malas hierbas y el césped situado dentro y en los alrededores de la cerca debe ser segado frecuentemente para mantenerlo uniforme y de escasa altura. En ningún caso el emplazamiento debe estar recubierto de hormigón, asfalto o grava. Las obstrucciones tales como árboles, edificios y arbustos próximos deben estar situadas a una distancia mínima de los instrumentos de al menos ocho o diez veces sus alturas, pensando que estas condiciones se van a mantener a lo largo del tiempo en el futuro, de modo que las mediciones sean representativas del lugar y no se alteren por los cambios del entorno. Ninguna obstrucción debe proyectar sombra durante la mayor parte del día; algunas veces resultan inevitables algunos breves períodos de sombra cerca de la salida o puesta del sol.

En una estación meteorológica, la **garita** de instrumentos, que se muestra en la figura 1, es una caseta pintada de blanco, con paredes de celosías a manera de persianas, que permiten la circulación libre del aire y protege los instrumentos del Sol, la lluvia, el viento, polvo, etc. El fondo de la caseta esta formado por un doble piso de madera, para evitar el calor directo desde la tierra, se ubica a 1.5 m del suelo. La configuración de la garita es estándar en todo el planeta. En la actualidad los instrumentos en el interior de la garita que se muestran en la figura 2, ya casi no se usan, y han sido reemplazados por estaciones meteorológicas automáticas, como la que se muestra en la figura 3.



Figura 1 Garita meteorológica.



Figura 2. Interior de la garita meteorológica.



Figura 3. Estación meteorológica automática

Idealmente, la estación meteorológica debe estar situada en un lugar verdaderamente representativo de las condiciones naturales de la agricultura o silvicultura de la región de que se trate. Se deben evitar las zonas sometidas al drenaje de aire frío, cercanas a las charcas o zonas pantanosas, especialmente si estas tienen carácter temporal, o emplazamientos sometidos a frecuentes roces o inundaciones. Las observaciones de una estación normalizada de referencia deben ser comparadas con las de otros emplazamientos próximos, con objeto de obtener las diferencias cuantitativas del régimen climático local.

Otro criterio que debe seguirse es el de accesibilidad a la estación meteorológica, cuando se trate de elegir el emplazamiento, tanto desde el punto de vista de la realización de las observaciones como del mantenimiento de los instrumentos.

Si la estación meteorológica forma parte de una red, otro de los factores que ha de ser tenido en cuenta es la utilización de los datos, es decir, si es para fines climatológicos o para información en tiempo real. Si se trata de esta última, es preciso disponer de un rápido sistema de comunicación.

**Distribución de los instrumentos dentro de la estación**

Para reducir al mínimo los desperfectos causados por la intrusión de animales y personas es muy conveniente rodear a la estación meteorológica de una valla. La Figura 4 muestra un simple esquema al respecto. Esta disposición de las estaciones situadas en el hemisferio norte tiene por objeto eliminar en la mayor medida posible la sombra proyectada por los postes de la valla en los instrumentos, y garantizar que no entra ningún rayo solar directo en la garita termométrica durante las observaciones. En el hemisferio sur, la orientación general de los instrumentos será inversa, es decir, que la puerta de la garita termométrica, por ejemplo, se abrirá hacia el sur. En las estaciones ecuatoriales y tropicales, desde luego, las puertas de la garita termométrica abrirán al norte y al sur. Todos los instrumentos radiométricos y registradores de insolación deben ser montados cuidadosamente en una posición exenta en todo momento de cualquier tipo de sombra. La distancia mínima entre los instrumentos está también indicada en la figura 4. Se recomienda disponer de un área mayor cuando se utilicen además otros instrumentos y pequeñas plantas para las observaciones fenológicas.

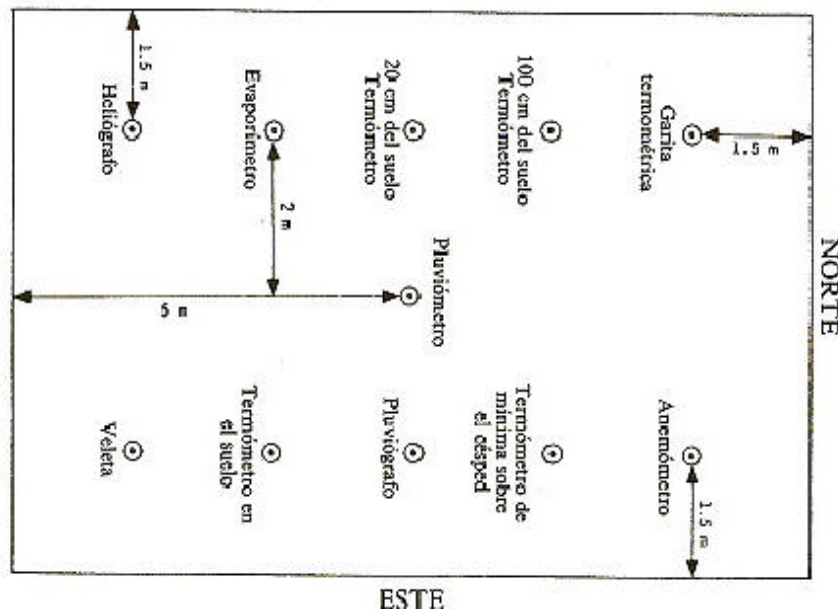


Figura 4. distribución de los instrumentos en la estación meteorológica.

**Redes**

Cuando se están instalando o reorganizando las estaciones agrometeorológicas se debe tener muy en cuenta la posición de las estaciones sinópticas y climatológicas existentes, teniendo además cuidado para que siempre que sea posible las principales regiones agrícolas del país estén representadas por la totalidad de las estaciones. Las estaciones de meteorología agrícola deben pues ser consideradas como un complemento de las estaciones de observación de otros tipos y no como constituyentes de una red separada. El número de estaciones dentro de cada región dependerá de la extensión de la misma, de los tipos y subtipos climáticos así como de las variaciones espaciales de factores tales como la vegetación

natural, principales cultivos y métodos agrícolas. Siempre que sea posible, todas las amplias regiones homogéneas fitogeográficas deberán estar representadas mediante al menos una estación agrometeorológica principal.

Análogamente, cada zona característica dedicada a un aspecto particular de la agricultura, ganadería, hidrobiología o silvicultura debe estar representada por una estación agrometeorológica ordinaria. Se deben instalar suficientes estaciones agrometeorológicas auxiliares para garantizar una adecuada densidad espacial de las observaciones de los elementos meteorológicos y biológicos de mayor interés agrometeorológico para el país.

Desde otro punto de vista, merecen con frecuencia atención especial las zonas marginales agrícolas o forestales. Uno de los principales objetivos de las observaciones hechas en dichas áreas es determinar, con la debida precisión, el límite de la región en donde cierto tipo de cultivo puede crecer con éxito o dónde puede ser provechoso determinado procedimiento agrícola o forestal; otra de las finalidades sería averiguar la frecuencia y distribución geográfica típica de los principales peligros meteorológicos, con objeto de reducir en la mayor medida posible sus adversos efectos mediante medidas de protección.

Son también de especial interés las zonas en donde la producción agrícola se halle muy expuesta a las pérdidas causadas por las enfermedades de las plantas, ya que los factores meteorológicos son con frecuencia importantes para el desarrollo y difusión de estas enfermedades. Lo mismo se aplica a determinadas enfermedades de los animales domésticos. Los parques nacionales y reservas naturales, aunque habitualmente no son representativos de las zonas de mayor importancia económica para la agricultura, pueden ofrecer buenos emplazamientos para estaciones de referencia en donde pueden hacerse observaciones durante muy largos períodos en condiciones prácticamente idénticas.

La selección de estas estaciones, tanto si son principales, ordinarias, auxiliares o para fines específicos, variará de un país a otro, aunque se pueden dar de todos modos ciertas directrices de carácter general. Quizás la primera consideración que hay que tener en cuenta es que todas las estaciones agrometeorológicas deben estar situadas en lugares que sean verdaderamente representativos de las condiciones naturales de la región agrícola o forestal de que se trate. Por consiguiente, los siguientes emplazamientos resultarán con frecuencia muy adecuados para las estaciones principales y ordinarias:

- a) las estaciones experimentales o institutos de investigación dedicados a la agricultura, horticultura, ganadería, silvicultura, hidrobiología y edafología;
- b) los institutos agrícolas y similares;
- c) las zonas de importancia agrícola y pecuaria;
- d) las zonas forestales;
- e) los parques y reservas nacionales.

Cuando se trate de estaciones auxiliares y de estaciones para fines específicos, se deben tener también en cuenta algunas fincas agrícolas seleccionadas.

No obstante, la experiencia ha demostrado que si las observaciones son hechas por grupos alternativos de estudiantes, como ocurre con las realizadas en institutos o colegios, cuyos estudiantes carecen naturalmente de la debida instrucción para este fin, es preciso llevar a cabo una cuidadosa supervisión para lograr que las observaciones sean de calidad aceptable. En general, la precisión de las observaciones debe tener prioridad; la calidad no ha de ser sacrificada ante la cantidad.

Normalmente, no deben plantearse dificultades con respecto al emplazamiento del equipo básico en las zonas dedicadas a la agricultura, horticultura y ganadería, ya que el terreno es habitualmente bastante nivelado y abierto, lo cual satisface las normas generales del emplazamiento de las estaciones agrometeorológicas y climatológicas.

El equipo necesario para las observaciones especiales, tales como las necesarias para los experimentos, investigaciones y servicios agrometeorológicos especiales se instala generalmente fuera de las vallas habituales; por ejemplo, dentro de los cultivos, por encima del follaje de los mismos o en otras zonas de cultivo.

Las estaciones situadas en bosques o cultivos arbolados requieren especial consideración. Deben ser representativas del clima general del bosque y al mismo tiempo han de reflejar los efectos que el desarrollo de los árboles ejerce tanto dentro como fuera del bosque.

### ***Relación de las estaciones agrometeorológicas***

Se debe disponer de información completa de todas las estaciones agrometeorológicas del país, con una relación actualizada, que debe contener la siguiente:

- a) nombre y coordenadas geográficas;
- b) altitud de la estación;
- c) breve descripción de la topografía local;
- d) naturaleza de la vegetación de los alrededores;
- e) constantes físicas y perfil del suelo;
- f) categoría a la que pertenece la estación y detalles de su programa de observación;
- g) instalación de los instrumentos, con la altura sobre el suelo de los termómetros, pluviómetros y anemómetros;
- h) historia de la estación (fecha en que se comenzaron los registros, traslados de la estación, clausura o interrupción de los registros, cambios de nombre de la estación y modificaciones importantes del programa de observación);
- i) nombre de la organización o institución de quien dependa la estación.

### ***Inspección y supervisión de las estaciones agrometeorológicas***

Las estaciones agrometeorológicas deben ser inspeccionadas periódicamente con suficiente frecuencia para verificar si la exposición de los instrumentos ha cambiado significativamente y conseguir que las observaciones estén de acuerdo con las normas correspondientes y que los instrumentos funcionen correctamente. El intervalo de tiempo entre dos inspecciones sucesivas en cada estación dependerá del programa de observación de la estación en cuestión y de los conocimientos del personal local encargado de dicho programa.

### **Observaciones que han de realizarse en las estaciones agrometeorológicas**

#### ***Observaciones del medio ambiente físico***

En el programa de observación de una estación agrometeorológica se deben incluir observaciones de algunos o de todos los siguientes elementos que caracterizan el medio ambiente físico:

- a) temperatura y humedad del aire;
- b) viento;
- c) insolación y radiación;
- d) nubes, hidrometeoros y otros factores del balance hídrico (incluido el granizo, rocío, niebla, evaporación en el suelo y en el agua, transpiración de las plantas, escorrentía y nivel de la capa freática);
- e) temperatura y humedad del suelo.

Estas medidas se refieren al programa que debe seguirse cuando se trata de observaciones permanentes o periódicas de carácter nacional. Sin embargo, las necesidades de la meteorología agrícola exigen frecuentemente además otra información especial y mas restringida, como la siguiente:

- f) observaciones físicas precisas de carácter no periódico (para la investigación agrícola y micrometeorológica);
- g) encuestas agrícolas y mesometeorológicas.

Debe insistirse en que los comentarios de esta unidad se refieren al objetivo final de un servicio de meteorología agrícola. Las medidas iniciales tomadas por dicho servicio pueden ser, de carácter más sencillo. Normalmente, sólo las estaciones agrometeorológicas principales deben tratar de realizar todas las observaciones que se describen.

### ***Temperatura y humedad del aire***

La temperatura y humedad del aire deben ser medidas en lugares representativos y a diferentes niveles en la capa adyacente al suelo. Deben ser efectuadas en las estaciones agrometeorológicas principales desde el nivel del suelo hasta aproximadamente 10 m por encima del límite superior de la vegetación dominante. No obstante, en las estaciones ordinarias o auxiliares, las medidas se limitarán habitualmente a unos pocos metros por encima de la superficie, es decir, a las capas más significativas para el estudio de las condiciones climáticas que afectan a los cultivos agrícolas, y que son también las capas que tienen los mayores gradientes y fluctuaciones más rápidas. Para estudiar la distribución vertical de la temperatura y humedad dentro de una altura de dos metros sobre el suelo, se deben realizar medidas a tres niveles por lo menos, elegidos entre las siguientes alturas: 5, 10, 20, 50, 100, 150 y 200 cm. Las observaciones tomadas para proyectos especiales de investigación varían con las necesidades de los problemas de que se trate.

Con objeto de estudiar las variaciones diurnas de la temperatura y humedad, se deben utilizar instrumentos registradores por lo menos a un nivel. Cuando no sea posible llevar a cabo un registro continuo de la temperatura, se deben registrar los valores máximos y mínimos a dos o tres niveles.

En primer lugar, dichas medidas deben ser efectuadas en condiciones normalizadas, es decir, sobre una corta capa de césped mantenida con el menor cambio posible a lo largo de los años y, si esto resulta imposible, sobre suelo desnudo. Las observaciones . deberán efectuarse, en la medida de lo posible, en el centro de una zona representativa bastante amplia (diámetro 20-50 m), o en terreno llano cubierto con una capa de suelo o vegetación. En las estaciones agrometeorológicas principales, las medidas deben ser complementadas con otras similares tomadas dentro de diferentes cultivos regionales durante la estación de crecimiento. Estas observaciones complementarias deberán hacerse a los mismos niveles que las observaciones efectuadas sobre terreno desnudo o césped, y también a niveles situados inmediatamente por encima y por debajo del límite superior de la vegetación.

La radiación constituye una importante fuente de error al medir la temperatura en la capa más baja de la atmósfera. Probablemente, el mejor método de medir la temperatura del aire es utilizar equipo eléctrico expuesto libremente (termómetros de resistencia o de termopar) dotado de elementos sensibles con muy baja reacción ante la radiación. Cuando no se disponga de dichos instrumentos, se pueden utilizar termómetros ventilados a niveles de al menos 50 cm por encima del suelo desnudo o de vegetación densa. La garita generalmente utilizada en otras estaciones meteorológicas tiene la desventaja de impedir que el flujo de aire pase por los termómetros y, con sol radiante, dicha pantalla se calienta hasta una temperatura superior a la del aire ambiente. Esa desventaja se acentúa especialmente en las medidas realizadas por debajo del nivel normalizado de 1,25 a 2 m. Por consiguiente, no se recomiendan las garitas termométricas cuando interesa conocer la distribución vertical de temperatura hasta 2 ó 3 m, aunque se han venido usando con algún éxito pequeñas pantallas de plástico. Es necesario resguardar los termómetros de la precipitación mediante pequeños tejadillos protectores.

El mejor método para medir la distribución de humedad en las capas próximas al suelo es utilizar equipo termoelectrónico. Se pueden utilizar psicrómetros ventilados cuando se trata de niveles de al menos 50 cm por encima del suelo desnudo ó de la vegetación densa. Los higrómetros e higrógrafos de cabello pueden dar medidas aceptables solamente si se tiene gran cuidado en su utilización y mantenimiento.

### ***Viento***

La dirección y velocidad del viento deben ser medidas u observadas periódicamente en las estaciones agrometeorológicas. Para facilitar la comparación con otras estaciones, se toma como nivel de referencia la medida a 10 m. Este programa básico puede ser complementado, cuando las circunstancias lo permitan, con medidas de la velocidad y dirección del viento a uno o varios niveles entre la superficie y 10 m. Excepto en las capas muy próximas al terreno esto se puede hacer mediante los anemómetros de cazoletas y de aspas. En las estaciones agrometeorológicas principales se debe realizar un programa de medidas más ambicioso.

La velocidad del viento se puede medir a distintos niveles hasta el terreno, preferentemente mediante anemómetros de resistencia eléctrica u otros instrumentos de elevada sensibilidad comparables a ellos. Estas medidas deben realizarse a una distancia próxima a los termómetros de la estación expuestos en condiciones normalizadas, y también en un lugar próximo a los instrumentos que miden la evaporación o evapotranspiración. Cuando se trate de cultivos de importancia regional, es aconsejable hacer observaciones de la distribución vertical del viento dentro y por encima del follaje de las plantas.

### ***Insolación y radiación***

La duración de la insolación debe ser registrada en todas las estaciones agrometeorológicas y esta información debe complementarse, siempre que sea posible, con los datos obtenidos de los instrumentos radiométricos. Las estaciones principales deben efectuar observaciones detalladas de la radiación, incluida la radiación solar global y la radiación resultante o neta. Tiene gran interés en agricultura la distribución espectral de la radiación solar y, por este motivo, se debe tratar de incluirla en los programas de observación. Es esencial que todos los instrumentos radiométricos sean verificados y calibrados a frecuentes intervalos periódicos.

### ***Nubes e hidrometeoros***

En una estación agrometeorológica se pueden hacer observaciones a intervalos regulares de la cantidad total de nubes. Además, se necesita conocer el tipo de nubes y la altura de su base para el estudio del balance de radiación. La observación detallada de los hidrometeoros que se especifican a continuación es muy útil para numerosos fines agrícolas: lluvia y llovizna (incluida su intensidad); nieve (incluido el espesor y densidad de la capa de nieve y su equivalente en agua); granizo (incluido su equivalente en agua y tamaño de los mismos); rocío (cantidad y duración), escarcha, cencellada blanca, niebla, etc.

La cantidad de precipitación debe ser medida por la mañana y por la tarde, como se hace en las estaciones sinópticas. Es conveniente hacer otras medidas adicionales y, por otra parte, la intensidad de la precipitación puede obtenerse mediante un pluviógrafo.

Los datos obtenidos mediante el radar meteorológico pueden complementar de manera muy útil las medidas de lluvia, para lograr así identificar y localizar los hidrometeoros que son especialmente peligrosos para la agricultura (granizo, chubascos muy fuertes), con objeto de tomar las medidas de protección que proceda.

La extensión y profundidad de la capa de nieve deben ser observadas periódicamente cuando proceda; quizás convenga también dar información sobre el equivalente en agua y consistencia de la capa de nieve, por ejemplo, una o dos veces a la semana.

Especialmente en climas secos, con grandes fluctuaciones diarias de temperatura, la cantidad de agua depositada en forma de rocío (o de cencellada blanca) puede ser de gran importancia para el cálculo del balance hídrico de la biosfera. Por otra parte, la duración y cantidad del rocío son importantes en rela-

ción con determinadas enfermedades de las plantas. A este respecto, otra observación de interés es la duración de la mojadura de las hojas.

### ***Medidas de evaporación y del balance hídrico***

La medida de la evaporación producida en las superficies libres de agua y también la procedente del suelo y de la transpiración de la vegetación, son de gran importancia en meteorología agrícola. La evapotranspiración potencial se define como la cantidad de agua que se evapora de la superficie de contacto suelo-aire y de las plantas, cuando el suelo se halla en su “capacidad de campo”. La evapotranspiración real se define como la evaporación en la superficie de separación suelo-aire más la transpiración de las plantas, en las condiciones existentes de humedad del suelo. Se insiste con particular atención en la dificultad de medir la evapotranspiración potencial de una pequeña superficie mojada situada dentro de una amplia zona seca (efecto oasis). La observación de los siguientes parámetros contribuye a conocer el balance hídrico y debe ser realizada siempre que sea posible: *a)* evaporación en una superficie libre de agua; *b)* profundidad de la capa freática.

Debido a la gran importancia que tienen los recursos hídricos para la agricultura, es muy conveniente poseer un conocimiento detallado de los factores que afectan al balance hídrico. El programa de observaciones para meteorología agrícola debe, por tanto, incluir observaciones hidrológicas tales como el nivel del agua en los lagos o ríos adyacentes, porque son importantes en relación con las inundaciones fluviales tan significativas para la agricultura.

### ***Temperatura del suelo***

En el programa de observación de todas las categorías de estaciones agrometeorológicas se debe también incluir la medida de la temperatura del suelo. Se deberá medir la temperatura del suelo a las siguientes profundidades: 5, 10, 20, 50 y 100 cm. A los niveles más profundos (50 y 100 cm) en donde los cambios de temperatura se producen lentamente, resultan por lo general suficientes las lecturas diarias. A menores profundidades las observaciones pueden comprender, en orden de preferencia, o bien valores continuos, temperaturas máximas y mínimas diarias, o bien lecturas a horas fijas (las observaciones deben hacerse preferentemente a intervalos no mayores de seis horas).

Cuando se publiquen los datos de temperatura del suelo, se debe dar información sobre la manera en que el recinto de la parcela se mantiene. Las profundidades de los termómetros situados a 5, 10 y 20 cm deben ser verificadas y mantenidas periódicamente. Se debe hacer lo posible para lograr siempre un buen contacto entre el termómetro y el suelo.

Con respecto a la superficie de la parcela de la estación en donde se mide la temperatura del suelo, se utilizan dos tipos normalizados de cobertura: suelo desnudo y hierba corta. Siempre que sea posible, se deberán efectuar lecturas simultáneas en ambas condiciones, para efectos de comparación. No obstante, en muchos sitios puede ser difícil o incluso imposible mantener estas parcelas de conformidad con ambas condiciones normalizadas. Por consiguiente, se deberá utilizar el que mejor se adapte a la región de que se trate. Por otra parte, siempre que la superficie normalizada no sea representativa de los alrededores, los instrumentos deben estar instalados dentro del centro de una amplia parcela. La comparación de las observaciones de la temperatura del suelo dentro de las condiciones normalizadas y dentro de los cultivos, mostrará las modificaciones del régimen de temperatura debidas a los principales cultivos regionales y a las prácticas agrícolas que se aplican.

Siempre que el terreno este helado o cubierto de nieve, es de especial interés saber la temperatura del suelo por debajo de la capa de nieve sin perturbar, así como la profundidad de la nieve y la profundidad que alcanza la helada dentro del suelo. Deben también incluirse las medidas de las características térmicas del suelo (por ejemplo, calor específico, conductividad térmica, distribución de la temperatura y cambios de esta distribución).

### ***Humedad del suelo***

Se debe medir la humedad del suelo en todas las estaciones principales y, siempre que sea posible, en otras estaciones agrometeorológicas. Aunque no es necesario ni incluso quizás conveniente mantener una rígida normalización, estas medidas deben hacerse siempre que sea posible a partir de la superficie hasta profundidades de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 cm. En los suelos profundos, con elevada infiltración, las medidas deben ampliarse hasta profundidades mayores. Con frecuencia, los niveles se eligen en relación con la profundidad real de las raíces de las plantas. Hasta que sea posible efectuar registros continuos y seguros a algunos de estos niveles, se recomienda que se hagan observaciones a intervalos regulares de unos diez días; para profundidades menores, será necesario aplicar intervalos mas cortos (de siete o cinco días). En las zonas cubiertas de nieve, se necesita obtener observaciones mas frecuentes en el momento en que la nieve este fundiendo.

Se deben efectuar observaciones normalizadas de la humedad del suelo por debajo de la superficie natural representativa del medio ambiente regional sin cultivar. Las observaciones simultáneas realizadas en zonas dedicadas a los principales cultivos regionales, y efectuadas en todas las fases de cultivo, pondrán de manifiesto las modificaciones introducidas por los procesos agrícolas. Estas medidas de humedad del suelo son especialmente útiles para verificar los valores de humedad del suelo estimados a partir de las medidas meteorológicas.

Las siguientes observaciones adicionales contribuyen a lograr una mejor comprensión de las condiciones de humedad del suelo:

- a) capacidad de campo del suelo;
- b) coeficiente de marchitez permanente;
- c) profundidad del agua subterránea.

### ***Encuestas mesoclimatológicas agrícolas***

Esta denominación procede de los objetivos que se pretende lograr con dichas encuestas, es decir, averiguar con carácter mesoescalar local cualquier variación de los elementos meteorológicos que afecte a la producción agrícola e identificar los factores mesoclimáticos o locales que las causan, tales como el relieve y carácter de la superficie, la circulación regional del viento y las masas de agua.

Estas encuestas son especialmente útiles en los países en desarrollo o en las regiones escasamente pobladas, en donde las estaciones de la red se hallan muy diseminadas. También son útiles los datos adicionales procedentes de estaciones temporales de observación, que funcionan entre uno y cinco años, para efectos de comparación con las estaciones de la red básica. Las observaciones efectuadas con instrumentos especiales, a partir de estaciones fijas o móviles, pueden servir para completar la estructura general.

### ***Estaciones fijas***

Se ha previsto que estas estaciones funcionen durante un periodo mas o menos amplio y en un lugar fijo, y pueden ser:

- a) estaciones dotadas de un equipo mínimo. Pequeña garita transportable, termómetros de máxima y mínima, termómetro seco y termómetro húmedo, anemómetro totalizador instalado a una altura conveniente y pluviómetro. En las garitas no normalizadas se debe determinar el error de radiación;
- b) estaciones con equipo normalizado. Instrumentos normalizados para instalar en la garita, tal como se indica en el apartado a), termohigrógrafo, veleta, heliógrafo. Estos permiten la determinación de la evaporación utilizando métodos empíricos;
- c) estaciones semiautomáticas. Cuando no se dispone de personal debidamente formado, se utilizaran estaciones semiautomáticas (alimentadas con batería) para efectuar todas las medidas que se precisen;

- d) estaciones automáticas. Estas estaciones requieren menor supervisión pero la instalación y la inspección han de ser de gran calidad. Se necesita una fuente de energía permanente y estable. Los datos procedentes de estas estaciones pueden ser utilizados en la elaboración directa por computadora. Uno de los factores limitativos es el elevado coste inicial de estas estaciones.

### ***Estaciones móviles***

Las estaciones móviles funcionan únicamente durante cortos períodos. Cuando se necesita efectuar una amplia pero superficial encuesta de la temperatura y humedad del aire, los instrumentos se instalan habitualmente a bordo de vehículos. En estas circunstancias se utilizan termómetros de termopar y termistores que tienen menor inercia y mayor sensibilidad.

Cuando se usen vehículos de motor, todos los instrumentos mecánicos deben tener un montaje antichoque. Los instrumentos registradores deben estar montados de tal modo que el movimiento de registro sea perpendicular a la dirección de las vibraciones más frecuentes, con objeto de reducir su efecto en los instrumentos.

Estos sondeos son de gran utilidad cuando se efectúan alas horas en que se producen los valores extremos de temperatura y humedad.

### ***Observaciones físicas precisas de carácter no periódico o no permanente (investigación en materia de micrometeorología agrícola)***

Ya hemos citado anteriormente la necesidad de observar algunos elementos microclimáticos para determinar las modificaciones locales o regionales de los procesos agrícolas. Se trata de observaciones de un carácter mas o menos periódico o permanente. Sin embargo se necesitan también observaciones precisas que ni son periódicas ni permanentes, para fines de investigación básica y estas se efectúan habitualmente con carácter independiente con respecto al sistema de observaciones agrometeorológicas clásicas. Dichas observaciones se realizan con alto grado de precisión por personal altamente capacitado, con formación científica. En su mayoría, estas observaciones consisten en medidas micrometeorológicas efectuadas con instrumentos especialmente fabricados. Con respecto a observaciones de tan alto nivel científico como estas no se puede recomendar método alguno de carácter general.

Se sugiere que pueden realizarse considerables progresos en materia de investigación biológica básica si las técnicas micrometeorológicas se relacionan con el trabajo biológico a una escala correspondiente. Se insiste en especial en que este tipo de investigación exige una labor de equipo manteniendo una estrecha colaboración entre biólogos, físicos, expertos en electrónica, especialistas en instrumentos, estadísticos y otro personal especializado.

### ***Observaciones de carácter biológico***

Se necesita disponer de observaciones biológicas antes de que se puedan explicar las relaciones que existen entre las condiciones meteorológicas y distintos aspectos de la agricultura. Dichas observaciones dan por lo menos una medida cualitativa y, en el mejor de los casos, cuantitativa de las reacciones de una planta o animal ante las condiciones meteorológicas. Se efectúan con materia viviente que puede tener variaciones individuales intrínsecas. No tiene la ventaja que corresponde al comportamiento uniforme de un instrumento meteorológico reconocido. Por consiguiente, cada usuario de las observaciones biológicas debe recordar sus limitaciones en lo que respecta a su aplicabilidad general; con frecuencia, los mejores métodos de registro de estas observaciones difieren de un país a otro. No obstante como principio general es esencial que la precisión y amplitud de las observaciones biológicas corresponda con la precisión y amplitud de las observaciones meteorológicas con las que han de asociarse.

Las observaciones biológicas pueden dividirse en seis categorías generales:

- a) observaciones mediante una red de estaciones de los fenómenos naturales, tomándose estas observaciones en una amplia zona geográfica y refiriéndose a plantas salvajes, animales, pájaros e insectos;
- b) observaciones mediante una red de estaciones (similar a la citada en *a*) del crecimiento periódico de las plantas cultivadas y animales domésticos. Deben incluirse aquí observaciones de las fechas en que se producen determinados acontecimientos de la vida animal y vegetal, así como las correspondientes a las operaciones agrícolas: fechas de la labranza, siembra, riego (incluida la cantidad) y recolección en el caso de las plantas; fecha del parto, producción de leche, etc., cuando se trate de animales. Estos datos se necesitan para realizar un estudio objetivo de la relación que existe entre los factores ambientales y la producción agrícolas; .
- c) observaciones de los daños producidos a los cultivos o animales por los factores meteorológicos; ocurrencia de determinadas plagas y enfermedades de las plantas y animales, su severidad y zonas en que se hallan los focos de infección; daños causados por los fenómenos atmosféricos, como por ejemplo granizo, sequía, heladas y tempestades;
- d) observaciones detalladas de gran precisión o considerable complejidad que se necesitan durante la realización de un experimento específico en una estación de investigación o en un emplazamiento experimental;
- e) observaciones mediante una red de estaciones de un carácter menos complejo que las citadas en el apartado *d*) anterior, tomadas en una zona geográfica mucho mayor y en un número también mucho mayor de emplazamientos, que son necesarias para la utilización operativa o para alguna acción administrativa poco tiempo después de que hayan sido realizadas, como por ejemplo para su uso inmediato;
- f) observaciones biológicas globales para evaluar la extensión de determinado acontecimiento biológico.

### ***Observaciones de fenómenos naturales***

Estas observaciones se refieren a los efectos meteorológicos ejercidos sobre plantas y animales salvajes que se hallen en su mayoría fuera de la interferencia deliberada del hombre. Debido a esta relativa libertad, estos datos pueden ser considerados como una forma de integración del clima local, y en calidad de tales pueden ser adecuados para su utilización como parámetro operativo. Las flores, árboles y arbustos salvajes son adecuados para estas observaciones, como también lo son las aves migratorias y los animales que hibernan.

### ***Observaciones para uso agroclimatológico***

Dentro de esta categoría están las observaciones fenológicas realizadas en los cultivos, árboles cultivados, animales domésticos y las referentes a las actividades agrícolas en general, de modo que todas ellas dan una imagen precisa del año agrícola. Estas observaciones difieren de las incluidas en la categoría de utilización operativa, en que en este caso las observaciones se efectúan con respecto a una más amplia selección de fenómenos y, además, en una red permanente de estaciones de observación. Ulteriormente se analizan las observaciones y se publican o bien se registran con carácter permanente en un organismo central, pero sin ningún grado de urgencia operativa.

La red puede ser menos densa que la necesaria para fines operativos, aunque debe cubrir todo el país y no ha de limitarse a ninguna zona menor o especializada en producción agrícola. Las observaciones pueden ser de carácter más sencillo, aunque es esencial mantener una norma de observación previamente acordada y plenamente comprendida. Habitualmente, consisten en el registro de las fechas en que se producen determinados acontecimientos.

Debe insistirse mucho ante los observadores en la necesidad de mantener la debida continuidad, seguridad y uniformidad, ya que puede tratarse de personal voluntario con poca formación científica. Debe dársele a cada uno un libro de registro de bolsillo, que no solamente disponga de espacio para las co-

respondientes anotaciones sino que contenga también las instrucciones e ilustraciones que se estimen necesarias. Estos libros de notas deben ser conservados en el lugar de observación; las anotaciones deberán ser transcritas en formularios normalizados para su transmisión a la autoridad central a intervalos regulares.

### ***Observación de los daños producidos por el tiempo***

Los peligros meteorológicos que puedan causar pérdidas o daños al suelo, plantas y animales son habitualmente la nieve, hielo, heladas, granizo, lluvia fuerte, o condiciones meteorológicas que den lugar a una elevada contaminación atmosférica, períodos de calor o frío fuera de la estación, sequías, vientos fuertes, inundaciones y tempestades de arena o polvo. Los efectos secundarios ejercidos por los factores meteorológicos que, en potencia, pueden producir efectos adversos en la función agrícola son los incendios forestales o de la vegetación y la aparición de plagas y enfermedades.

En algunos casos se habrá instalado ya un adecuado sistema de observación, especialmente dedicado a la observación de alguno de los siguientes acontecimientos: enfermedades, incendios forestales o los efectos producidos por algún peligro recurrente, tal como la nieve o las heladas. En los casos en que dicho sistema no exista, se podrían adoptar disposiciones especiales para evaluar la extensión de los daños con la debida precisión.

La naturaleza de las observaciones varía con el tipo de peligro de que se trate y solamente pueden ser adoptadas por cada país, o grupo de países, que tengan climas similares. No obstante, estas observaciones deben ser claramente especificadas para eliminar el riesgo de una evaluación imprecisa. Además, los sistemas de observación deben ser organizados con anticipación a los daños, de modo que se puedan tomar medidas por observadores seleccionados, inmediatamente después de que se haya producido un acontecimiento meteorológico inhabitual.

### ***Observaciones biológicas precisas***

Como en el caso de las observaciones físicas de precisión, este tipo de observación es necesario para la investigación básica. Estas observaciones son realizadas por personal científicamente formado con objeto de garantizar la mayor precisión. Debido al hecho de que esas observaciones no son ni periódicas ni permanentes, es imposible recomendar métodos generales que resulten adecuados a todos los fines. Esta labor debe ser realizada o bien en las condiciones naturales del terreno o en las condiciones de laboratorio, lo cual implica con frecuencia el uso de cámaras de clima controlado, túneles aerodinámicos, microscopios y otros medios experimentales para estudiar las reacciones tanto de las plantas como de los animales, ante los factores meteorológicos sencillos y complejos.

Siempre es importante medir de igual manera las reacciones físicas y fisiológicas de los seres vivos. Por ejemplo, en las plantas se debe medir el anhídrido carbónico asimilado, la presión osmótica, constitución química, área de las hojas, índice de materia seca y velocidad de crecimiento.

Debe procederse con mucho cuidado en la utilización de cámaras de control para los experimentos, porque la simulación del clima no representa en muchos casos cuantitativa o cualitativamente el campo abierto o las condiciones naturales. Con objeto de lograr resultados seguros, puede ser necesario elegir en algunos casos un buen método experimental y estadístico dentro de las condiciones naturales. Para este tipo de trabajo de investigación se recomienda vivamente la labor de equipo.

### ***Observaciones para uso práctico***

Se trata de observaciones que necesitan las autoridades regionales o centrales para ayudarles a tomar decisiones de carácter administrativo, a formular predicciones funcionales o a dar asesoramiento técnico. Deben ser de carácter normalizado, de modo que puedan compararse las procedentes de distintas fuentes.

Las observaciones de este tipo deben tener su origen en gran número de emplazamientos que constituyan una red nacional y habrán de ser realizadas por observadores al menos aceptablemente calificados, que hayan recibido formación adecuada para lograr alcanzar las normas de observación deseadas. Se deben tomar disposiciones para transmitir dichas observaciones con el menor retraso posible a las autoridades regionales o centrales. El servicio de correos puede ser suficiente, pero con frecuencia se requieren medios más rápidos.

La densidad de la red de observación puede verse limitada por la disponibilidad de personal de observación calificado. Deben quedar cubiertas todas las zonas del país en las que se manifieste determinado tipo de necesidad operativa. En teoría, la densidad de la red dependerá de la clase de problema de que se trate, de la distribución de los cultivos, variaciones del suelo, así como también del clima y de la densidad de población de la región. En general, como objetivo razonable, debe fijarse el de disponer de un observador cada 50 km<sup>2</sup> en las zonas medianamente pobladas, siempre y cuando dicho observador pueda visitar las zonas próximas.

La clase exacta de las observaciones biológicas que han de hacerse debe quedar estrictamente especificada por las autoridades en una forma clara y bien determinada, de preferencia acompañada de buenas ilustraciones. A este tipo pertenecen las observaciones del rendimiento de las cosechas que pueden hacerse en pequeñas parcelas experimentales o en zonas nacionales o regionales de producción. Al planificar estas observaciones, el meteorólogo deberá colaborar con los estadísticos y los agrónomos. Siempre que sea necesario, el meteorólogo debe alentar a las autoridades agrícolas a obtener los datos en una forma adecuada que permita establecer relaciones entre los factores meteorológicos y el rendimiento de las cosechas. Cuando se trate de rendimientos regionales o nacionales debe comprobar por sí mismo la precisión de las medidas del rendimiento en cuestión.

Los datos meteorológicos y biológicos se analizan simultáneamente por las autoridades regionales y centrales, que fundan sus decisiones operativas en dichos análisis. Se debe preparar un resumen de toda labor realizada en la estación del año, el cual debe ser ulteriormente publicado o conservado permanentemente para efectos de referencia, de modo que la experiencia obtenida cada año esté siempre disponible para ulterior consideración.

A continuación citamos algunos ejemplos de la información requerida para uso operativo:

*a) Incendios forestales*

Estado del lecho del bosque y su susceptibilidad para arder;

*b) Enfermedades*

Estado de la planta, presencia y liberación de esporas, incidencia de infección y amplitud de la misma;

*c) Plagas*

La eclosion de insectos peligrosos; el crecimiento de las poblaciones de insectos, su invasión procedente de otros territorios;

*d) Peligros meteorológicos*

El estado de los cultivos, y si se hallan en una fase especialmente susceptible ante los peligros meteorológicos tales como las heladas;

*e) Operaciones agrícolas*

El progreso realizado en el año agrícola, con objeto de que los predictores meteorológicos sepan las implicaciones operativas que pueden tener las futuras condiciones meteorológicas.

### **Datos agrometeorológicos, presentación y análisis estadístico de los mismos.**

Los datos que se necesitan para la meteorología agrícola son en gran medida los mismos usados en la meteorología en general, pero han de ser complementados con información referente a la biosfera y con

datos biológicos. Todos estos datos deben ser analizados estadísticamente por métodos determinados por las necesidades específicas de la agricultura.

Los datos básicos que se pueden usar para hacer frente a las necesidades de la agricultura se pueden dividir en las cinco categorías siguientes:

- a) datos referente al estado del medio ambiente atmosférico;
- b) datos referente al estado del medio ambiente del suelo;
- c) datos biológicos referentes a la reacción de los organismos ante las variaciones del medio ambiente. Estos datos se refieren a los cultivos agrícolas y a los agentes patológicos que les afectan
- d) información relativa a las prácticas agrícolas utilizadas.
- e) Datos sobre producción agrícola y forestal incluidos los rendimientos de las cosechas, las actividades referentes a pastos y silvicultura, las zonas de cultivos, que se necesitan para estudios sobre el impacto del clima en la agricultura y silvicultura.

### **Registro de datos.**

- a) Es importante que los registros de todas las medidas y observaciones sean cuidadosamente conservados en calidad de registros permanentes, los que deben ser fácilmente identificables y en ellos debe contar el lugar, fecha y hora de la observación, así como las unidades usadas.
- b) Debe enviarse una selección de estos datos básicos a los centros de análisis con el objeto de usarlas en actividades operativas tales como predicciones locales, tratamiento de protección de las plantas, riego y con fines de pronóstico.
- c) Deben hacerse resúmenes de los registros diarios (semanales, mensuales, etc) habitualmente y distribuirse a los organismos y usuarios interesados.
- d) Transferir los datos a medios computacionales, que permitan su posterior elaboración.

### **Verificación de los datos.**

Es muy importante que todos los datos agroclimáticos sean verificados cuidadosamente, tanto en la estación como en los centros regionales o nacionales. Debe ser posible identificar inmediatamente cualquier dato corregido como resultado de una verificación.

### **Concentración y archivo de datos.**

A continuación se formulan algunas sugerencias al respecto.

- a) los documentos originales que pueden ser usados como referencia se deben archivar en la estación de observación, esto es valido para los datos atmosféricos, biológicos, de los cultivos o del suelo.
- b) Los datos mas frecuentemente usados deben ser reunidos en los centros agrometeorologicos nacionales. Pero como esto es poco practico para los usuarios, deben tomarse medidas nacionales para lograr que todos los potenciales usuarios conozcan la existencia de dichos datos.
- c) Los datos obtenidos como resultados de estudios especiales deben ser archivados únicamente en el lugar donde se realizó el trabajo de investigación, pero es conveniente organizar intercambios de datos entre los centros que realizan investigaciones similares.
- d) Se recomienda el uso de todos los medios de tradicionales de archivo.

### **Presentación de la información.**

1. Información estadística. El tipo de información climatológica que se necesita varia en función de la clase de cultivos, sensibilidad al medio ambiente, necesidades de energía y de agua, etc. Ciertas estadísticas son importantes como:

- a) Temperatura del aire.
  - i Probabilidades de temperatura
  - ii horas más frías
  - iii grado días
  - iv horas del día por sobre o debajo de tal temperatura.
  - v variabilidad diaria
  - vi estadística de la temperatura máxima y mínima
  
- b) Precipitación.
  - i probabilidad o cantidad especificada durante cierto período
  - ii número de días con cantidades especificadas de precipitación
  - iii duración y cantidad de la capa de nieve
  - iv fecha del comienzo y final de la capa de nieve
  - v probabilidad de que se produzcan cantidades extremas de precipitación
  
- c) Viento.
  - i rosa de viento
  - ii viento máximo, valor medio de la velocidad del viento
  - iii variación diaria
  - iv horas con viento inferior a determinada intensidad
  
- d) Capa de nubes, insolación, radiación.
  - i posible porcentaje de insolación
  - ii número de días despejados, nubosos o cubiertos
  - iii cantidad de radiación global y neta
  
- e) Humedad
  - i probabilidad de que se produzca determinada humedad relativa
  - ii duración, en función del tiempo, de determinados umbrales de humedad
  
- f) Temperatura del suelo.
  - i desviación media y desviación típica a una profundidad normalizada
  - ii profundidad de penetración de las heladas
  - iii probabilidad de ocurrencia de determinadas temperaturas a profundidades normalizadas
  - iv fechas en que se alcanzan determinados valores umbrales de temperatura (germinación, ve-  
getación).
  
- f) Evaporación en la superficie libre de agua
  - i Cantidad total
  - ii Variación diurna de la evaporación
  - iii Sequedad relativa del aire
  - iv Evapotranspiración
  
- h) Rocío
  - i duración y cantidad de rocío
  - ii variación diurna del rocío
  - iii asociación del rocío con la humedad vegetativa
  - iv probabilidad de la formación de rocío con la estación del año

## **Análisis estadístico de los datos.**

### ***Métodos estadísticos.***

Verificación de las series. Distribución de frecuencias. Media. Distribución de series de días consecutivos. Métodos de correlación. Regresiones simples y múltiples. Distribución de los valores extremos. Periodicidades climáticas.

### ***Publicación de los resultados.***

Para que los análisis estadísticos tengan utilidad práctica, se deben distribuir a los usuarios en una forma fácilmente comprensible que no requiera un conocimiento estadístico superior.

**Tablas.** En las tablas numéricas de frecuencias, promedios, parámetros de distribución, períodos de retorno de las ocurrencias, etc., se debe especificar claramente lo siguiente:

- a) ubicación geográfica
- b) período de los datos
- c) número de datos
- d) unidades de medidas
- e) la significación de todos los símbolos.

En las tablas de frecuencia, es mejor indicar las frecuencias relativas (porcentual), para facilitar la comparación de las poblaciones con distintos números de observaciones.

**Gráficos.** Se usan para indicar de manera concisa la información contenida en las tablas. Son útiles como complemento de las tablas y facilitan la comparación de resultados. Se debe especificar las escalas, indicando sus graduaciones. En las publicaciones de amplia difusión no se debe usar escalas complicadas, como logarítmicas, de Gauss, etc. Debe evitarse incluir demasiada información.

**Mapas.** Para exponer de manera concisa los resultados, es conveniente usar mapas de isolíneas, como por ejemplo:

- a) valores medios de temperatura, precipitación, humedad, etc.
- b) Frecuencias: número de días consecutivos sin heladas, sin lluvia, etc.
- c) Parámetros de dispersión: desviación estandar, coeficientes de variación, etc.

Estos gráficos pueden tener en cuenta los factores geomorfológicos, lo que es muy importante en lugares donde existen colinas.