

CLIMATOLOGÍA Y FENOLOGÍA AGRÍCOLAS

INTRUMENTAL UTILIZADO EN LAS ESTACIONES AGROMETEOROLÓGICAS

ABRIGO METEOROLÓGICO:



Para obtener medidas representativas de la temperatura del aire es necesario instalar los termómetros en abrigos meteorológicos. Los instrumentos quedan así protegidos de la radiación solar directa o reflejada por objetos de los alrededores, de la precipitación y del intercambio de calor directo con el suelo.

La garita o abrigo meteorológico debe ser bien ventilada, con todos sus lados, salvo el techo, con doble persiana y debe situarse en un lugar donde el viento circule libremente. Estas condiciones hacen que muchos volúmenes de aire se pongan en contacto con los elementos sensibles de los instrumentos que van en su interior para que éstos puedan acusar las variaciones que ocurren en el ambiente.

Dentro del abrigo meteorológico se colocan los termómetros que miden temperatura del aire, los instrumentos que miden vapor de agua y algunos de los utilizados para registrar la evaporación.

Clasificación del instrumental:

- a) Instrumentos de lectura directa: basado en la alteración causada a un elemento sensible (sensor) cuando actúa un elemento meteorológico. Por ejemplo, el pluviómetro altera su contenido al caer la lluvia, la veleta cambia su dirección por influencia del viento, el líquido de los termómetros se contrae o se dilata debido a los cambios de temperatura.
- b) Instrumentos registradores: constan de tres partes básicas: sensor, transmisor y registrador. El sensor es el elemento sensible que se altera debido a una perturbación o cambio, que mediante un sistema mecánico o eléctrico es comunicado por el transmisor al elemento registrador que puede ser un aparato provisto de un mecanismo de relojería que permite imprimir sobre una cinta de papel una gráfica de las variaciones experimentadas por el elemento meteorológico a través del tiempo.

INTRUMENTAL UBICADO EN EL CAMPO DE OBSERVACIONES

Instrumental destinado a medir radiación solar

PIRANÓGRAFO DE ROBITZSCH

Este instrumento mide la radiación global (radiación solar directa y difusa). Consta de 4 láminas bimetálicas (sensor), dos de ellas blancas y las dos centrales ennegrecidas. La luz solar que incide sobre el sensor es absorbida por las placas negras y reflejada por las blancas, lo que provoca una diferencia de temperatura y dilatación. Sus movimientos se transmiten por medio de un sistema de palancas (transmisor) a una plumilla

que está sobre un tambor cubierto con una cinta de papel (unidad de registro). La rotación del tambor es diaria o semanal, originada por un reloj. Todo el aparato está cubierto con una caja que tiene un domo protector de vidrio que queda sobre el sensor. Su exactitud es aproximadamente del 5% y su sensibilidad de $0,05 \text{ calorías.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$ ($0,05 \text{ Langley.min}^{-1}$).

Para determinar el monto total de calorías por cm^2 por día, se debe medir el área bajo la gráfica hecha por la plumilla durante el día y multiplicar dicha área (en cm^2) por la carta constante cuyas dimensiones son calorías.cm^{-2} o Langley de la carta, que corresponden a cada cm^2 de la carta. Hay distintas maneras de obtener la carta constante. El más sencillo es considerar que 1 cm^2 del papel tiene un valor de 6 horas o 360 minutos en la escala de las abscisas y un valor de K en las ordenadas. La carta constante será: 360 K y la radiación global:

$$RG = 360 K A$$

Donde:

RG = radiación global de un día

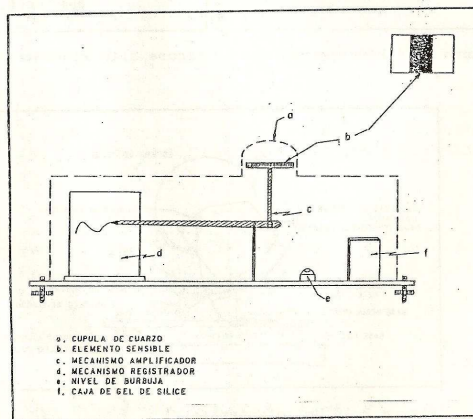
K = constante instrumental

A = área en cm^2 de la gráfica del día

Cuando no se dispone de un planímetro u otro modo de determinar el área de la gráfica diaria, se pueden contar los cuadritos más pequeños del papel, cuyo valor es de una hora o 60 min. En las abscisas, y K/10 en las ordenadas. La radiación global es:

$$RG = 60 KN/10 \text{ ó } 6 KN$$

Donde: N es el número de casillas de la gráfica del día



HELIOFANÓGRAFO DE CAMPBELL STOKES

Se utiliza para medir la duración de insolación diaria (número de horas de sol durante el día). El heliofanógrafo tiene una esfera de cristal. Los rayos del sol concentrados por la esfera harán una quemadura a lo largo de la línea media de una banda de cartulina, en la que queda una huella carbonizada durante las horas de insolación. Para su instalación se nivela, se orienta y se coloca a la latitud correspondiente. Para la calibración se busca que la gráfica esté en la estación que le corresponda, la esfera de cristal bien ajustada y

limpia y el aparato bien nivelado y ajustado a la latitud correcta. El eje debe apuntar al norte astronómico.

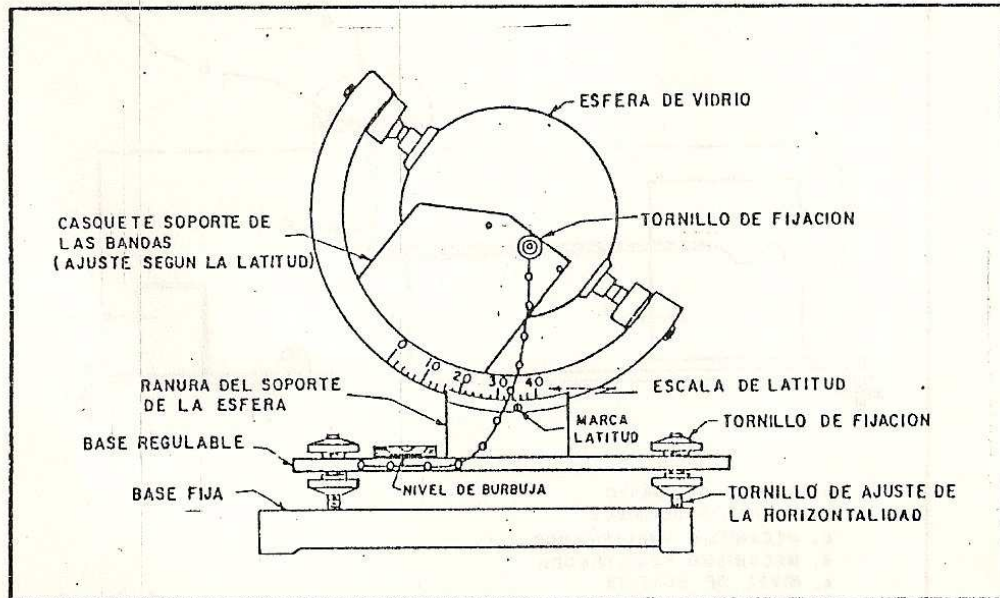


Figura 2.16 Heliofanógrafo

Instrumental destinado a medir la temperatura del aire y del suelo

Exactitud y sensibilidad de los medidores

Condiciones para la exactitud de un termómetro:

- Correcta determinación de los puntos fijos superior e inferior de la escala
- Igualdad de las divisiones intermedias de la escala y su ubicación en el interior del contenedor externo (para asegurar el mejor contacto de la escala con el elemento sensible)
- Que el tubo capilar presente sección uniforme

Condiciones para la sensibilidad de un termómetro:

- Que presente un bulbo de forma cilíndrica alargada (se amplía la superficie de exposición)
- Que tenga un tubo capilar de máxima finura

Cuando se mide la temperatura del aire con fines agrícolas es suficiente una exactitud de $0,2^{\circ}$ a $0,3^{\circ}\text{C}$, dada su muy rápida variación en el tiempo y en el espacio. En el agua, como la temperatura varía más lentamente, se requieren termómetros de mayor exactitud ($0,1^{\circ}\text{C}$). La variación de la temperatura es aún más lenta en el suelo, requiriéndose termómetros con exactitud mayor ($0,05^{\circ}$ hasta $0,01^{\circ}\text{C}$) a profundidades mayores de 1,50 m.

Retardo termométrico

Es el tiempo que tarda un termómetro en alcanzar la temperatura del medio en el cual es introducido. La velocidad depende de las dimensiones y materiales constructivos del termómetro y de las propiedades del medio. En la tabla se presentan coeficientes de retardo de distintos termómetros para una velocidad del aire de 5 m/s y densidad del aire de 760 mm de Hg y a 15°C .

| Coeficientes de retardo de distintos termómetros (en segundos) | |
|--|----------|
| Termómetros | segundos |
| Alcohol en vidrio..... | 50 – 120 |
| Mercurio en vidrio..... | 20 – 80 |
| Bimetálico..... | 5 – 30 |
| Termocupla..... | 1 - 5 |

Clases de termómetros

1) Termómetros de líquido en vidrio

- 1.a) Termómetro de mercurio en vidrio
- 1.b) Termómetro de alcohol en vidrio

2) Termómetros de deformación

- 2.a) Termómetros a bimetálico

3) Termómetros eléctricos

- 3.a) Termómetros a resistencia eléctrica
- 3.b) Termómetros termoeléctricos

Medición de la temperatura con fines agrícolas

La temperatura del aire, suelo, agua y tejidos vivos puede medirse con termómetros de líquido en vidrio: común, de máxima y de mínima y los de deformación. Estos instrumentos, por su relativa exactitud (0,2° a 0,5°C), su relativa sensibilidad (en promedio, coeficiente de retardo: 30 a 60 segundos) y su tamaño grande son sólo aprovechables para mediciones generales a campo, en superficie y hasta una profundidad de 10 cm.

Para mediciones de temperatura a escala micrometeorológica, frecuente en estudios de tejidos vegetales o animales, o en suelos no perturbados, son más aptos los termómetros eléctricos. Tienen una exactitud promedio de 0,05° a 0,005°C y gran sensibilidad (coeficiente de retardo termométrico: 2 a 5 segundos, hasta milisegundos), pequeño tamaño (inferior a 10 cm), escaso error de radiación, baja capacidad de absorción y emisión de calor.

TEMPERATURA DEL AIRE

Instalación de los termómetros:

- 1) Para medir la temperatura del aire debe evitarse que el depósito del termómetro sea alcanzado por el calor transmitido por radiación. Para ello se coloca el termómetro en el centro de una garita de madera pintada de blanco, que debe ser bien ventilada y ubicada en un lugar donde el viento circule libremente.
- 2) Los termómetros deben colocarse a 1,50 m de altura para obtener datos comparables entre los distintos observatorios.

Termómetros para la medición de la temperatura del aire:

Termómetros de líquido en vidrio

Se basan en la expansión de un líquido (mercurio, alcohol) térmicamente sensible.

Termómetro de mercurio en vidrio: el elemento sensible, mercurio, es un metal líquido cuyos puntos de fusión y de ebullición son -39°C y 360°C, respectivamente.

Termómetro común: posee un bulbo esférico alargado para asegurar una buena superficie de exposición, que se prolonga en un tubo capilar de vidrio de Jena. La escala está dividida en grados y fracciones de grado quedando, junto con el tubo capilar, encerrados dentro de un tubo de protección.

Termómetro de máxima: es un termómetro de mercurio en vidrio para la medición directa de la temperatura máxima del aire alcanzada en un periodo de tiempo dado. La característica principal de este instrumento es un pequeño estrangulamiento o contracción que presenta el tubo capilar cerca de su base. Cuando la temperatura del aire asciende, el mercurio se dilata y ejerce una presión que lo extiende desde el bulbo a la columna venciendo el estrangulamiento. Al descender la temperatura, el mercurio del bulbo se contrae y se produce la ruptura de la columna al no poder el mercurio que en ella se encuentra vencer la contracción o estrangulamiento citado. La lectura se efectúa sobre el extremo de la columna de mercurio del capilar. Para que este termómetro pueda volver a indicar otra temperatura máxima es necesario efectuar una operación llamada "puesta a punto", que consiste en tomar el termómetro por el extremo opuesto al bulbo y sacudirlo con un movimiento brusco y rápido hasta que el mercurio del capilar se una al del bulbo venciendo el estrangulamiento. La verificación de que la unión ha sido real se hace comparando la lectura del termómetro de máxima con la del común, ambas deben ser iguales.

Termómetro de alcohol en vidrio: la indicación de estos termómetros depende de la diferencia entre los coeficientes de expansión térmica del alcohol y del vidrio. El elemento sensible puede ser alcohol amílico, toluol, etc., contenido en un depósito o bulbo que se prolonga en un tubo capilar de vidrio de Jena, cerrado en su extremo, en cuya parte superior se ha introducido aire o gas inerte a presión mayor que la atmosférica. Comúnmente estos termómetros se usan para la medición de la temperatura mínima del aire o del suelo.

Termómetro de mínima: es un instrumento de alcohol en vidrio. Conviene que el bulbo termométrico sea de forma esférica alargada, a horquilla, para aumentar la superficie de exposición y con ello su sensibilidad. Esto es necesario porque el alcohol posee baja conductividad térmica y una gran capacidad calórica. En el interior del tubo capilar va colocado un índice de porcelana o vidrio. Este índice posee extremos abotonados para que no atraviesen el menisco y debe poder desplazarse con facilidad dentro del tubo capilar cuando se desplaza por efectos de la contracción del alcohol. El funcionamiento de este instrumento se basa en la propiedad del alcohol de ser un líquido que moja las paredes del contenedor formando un menisco cóncavo en el extremo de la columna. Este menisco permite la introducción del índice en su seno a la vez que ejerce una cierta tensión superficial. Al descender la temperatura, el índice es arrastrado por acción de la tensión superficial que se ejerce en el menisco. En cambio, cuando la temperatura asciende, el índice queda inmóvil porque sobre él ya no actúa esa tensión. La lectura se realiza sobre el extremo del índice opuesto al bulbo y para dejar el termómetro en condiciones de realizar una nueva lectura debe ser "puesto a punto" inclinando el termómetro de manera tal que el índice se desplace por acción de la gravedad hasta detenerse en el menisco de la columna. Para medir la temperatura mínima en abrigo meteorológico, se coloca el termómetro en posición casi horizontal con el extremo del bulbo levemente bajado a 1,25-2 m sobre el nivel del suelo. A la intemperie se lo puede instalar a diferentes niveles, según los fines perseguidos. En este caso, se lo coloca a la puesta del sol y se lo retira a la mañana siguiente para evitar que la radiación solar altere las condiciones de medición o las del termómetro en sí.

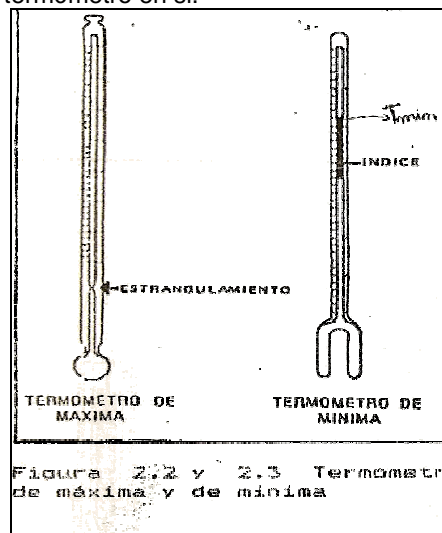


Figura 2.2 y 2.3 Termómetros de máxima y de mínima

Termómetros de deformación:

Son termómetros cuyo elemento sensible se deforma con la temperatura.

Termógrafo a bimetalico: el elemento sensible se compone de dos tiras metálicas de diferentes coeficientes de expansión, soldadas entre sí en toda su longitud y que tienden a flexionarse con la de mayor expansión. Uno de los extremos del bimetalico se deja fijo y cuando ocurre una variación de la temperatura, se produce un cambio del radio de curvatura del sistema resultando deformaciones del elemento sensible que son transmitidas, a través de su extremo libre, a un sistema de palancas para su amplificación y luego a una pluma que inscribe un trazo sobre una faja. El tambor sobre el que está adosada la faja, gira mediante un mecanismo de relojería.

Termómetros eléctricos

Utilizan un elemento transductor cuyas propiedades eléctricas son una función de su estado térmico.

TEMPERATURA DEL SUELO



1) GEOTERMÓMETROS

Se basan en el mismo principio que los termómetros comunes pero se diferencian de éstos en:

- a) la longitud variable de su capilar, tanto mayor cuanto mayor sea la profundidad en la que irá ubicado el bulbo
- b) en que el lugar de ser rectos están acodados, formando un ángulo de 30° con la vertical, a una distancia del bulbo igual a la profundidad a la que se quiere ubicar éste

Se entierra el bulbo y la parte del capilar correspondiente, quedando sobre la superficie el resto del instrumento (escala) que se ajusta por medio de un soporte especial.

Los geotermómetros son ubicados en orden creciente de profundidad, de este a oeste (5, 10, 15, 20, 50 cm, etc.).

2) GEOTERMÓMETROS DE MÁXIMA Y DE MÍNIMA

En estos instrumentos el ángulo formado por la parte que va enterrada y el resto del mismo es de 90°, por lo que una vez instalados, la escala queda en forma horizontal y apoyada sobre el suelo. En su construcción se utiliza alcohol.

Geotermómetro de mínima: se basa en el mismo principio utilizado que en el destinado a medir la mínima del aire.

Geotermómetro de máxima: tiene un índice de metal liviano ubicado dentro del capilar pero fuera del alcohol. Al aumentar la temperatura, el índice es desplazado por el alcohol al dilatarse. Cuando la temperatura desciende, el alcohol se contrae, dejando inmóvil el índice, cuyo extremo más cercano al bulbo dejará indicada la máxima ocurrida en un lapso de tiempo determinado.

En ambos termómetros, antes de la siguiente observación, habrá que desplazar los índices por medio de un imán, hasta que se detengan en el extremo de la columna de alcohol.

3) GEOTERMÓGRAFO Y TELEGEOTERMÓGRAFO

Consta de un bulbo de acero, le sigue un capilar también de acero de hasta 50 m de largo y termina en una cápsula de Bourdon llena de mercurio. Con el objeto de compensar fallas (calentamiento del largo capilar). El aparato consta de un capilar ciego paralelo al anterior que termina en otra cápsula de Bourdon que anula el error cometido por la primera.

Se utilizan generalmente para determinar temperatura de suelo pero también se lo puede usar para temperatura del aire.

INSTRUMENTAL DESTINADO A MEDIR HUMEDAD DEL AIRE

1) PSICROMETRO

Se utiliza para determinar la humedad relativa del aire o la tensión de vapor. El funcionamiento del psicrómetro se basa en dos principios:

- 1) la evaporación del agua es tanto más rápida cuanto más seco está el aire
- 2) el agua para evaporarse necesita absorber calor, y este calor lo toma de los cuerpos que están en su contacto.

Es un aparato compuesto por dos termómetros comunes de mercurio (par psicrométrico), uno de los cuales tiene su bulbo recubierto por una mecha o muselina que se mantiene constantemente humedecida, por lo que se lo denomina termómetro húmedo. Al otro se lo denomina termómetro seco. Ambos se colocan a 1,50 m de altura sobre el suelo en la casilla meteorológica y separados 10 cm entre sí.

El fundamento de la medición de la humedad del aire con este tipo de instrumento es el siguiente:

- a) Si al par psicrométrico se lo coloca en una atmósfera saturada de humedad, ambos termómetros marcarán la misma temperatura pues, en estas condiciones, no se produce evaporación de la película de agua contenida en la mecha o muselina que rodea al termómetro húmedo.
- b) Si, en cambio, al par psicrométrico se lo coloca en un ambiente no saturado, se producirá evaporación, tanto más intensa cuanto más seco esté el aire. Este cambio de estado demanda una cantidad de calor del orden de las 600 cal/gr., lo que se traduce en un descenso de la temperatura del termómetro húmedo. Es evidente que a medida que la humedad del aire es menor, la diferencia entre las temperaturas indicadas por ambos termómetros (diferencia psicrométrica) será mayor. Conociendo esta diferencia y la temperatura del termómetro húmedo; mediante el uso de tablas podrá conocerse cuál es la cantidad de vapor de agua contenida en la atmósfera.

Para determinar la tensión de vapor o la humedad relativa existente en un momento dado, el observador debe anotar:

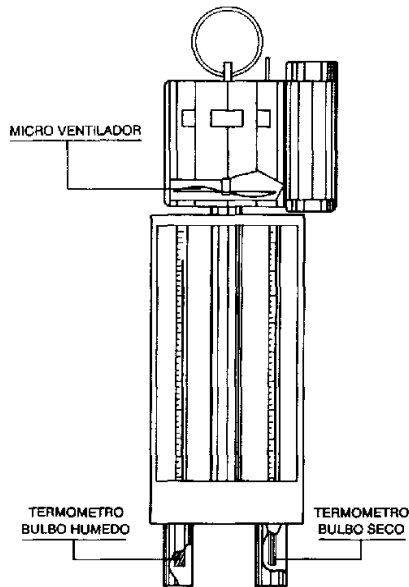
- a) la temperatura del termómetro seco
- b) la temperatura del termómetro húmedo
- c) la diferencia entre termómetros seco y húmedo

Con los datos (b) y (c) se recurre a las tablas psicrométricas, de las que se obtiene el dato de humedad relativa o tensión de vapor.

Tipos de psicrómetros:

a) Psicrómetro de Assmann:

Es un psicrómetro de aspiración forzada. Está compuesto por dos termómetros idénticos, uno de bulbo húmedo y otro de bulbo seco. En el **extremo superior del conjunto** se ubica un aspirador a cuerda que permite efectuar la ventilación forzada y constante de los bulbos de ambos termómetros que se encuentran debidamente protegidos de la radiación solar.



b) Psicrómetro de August:

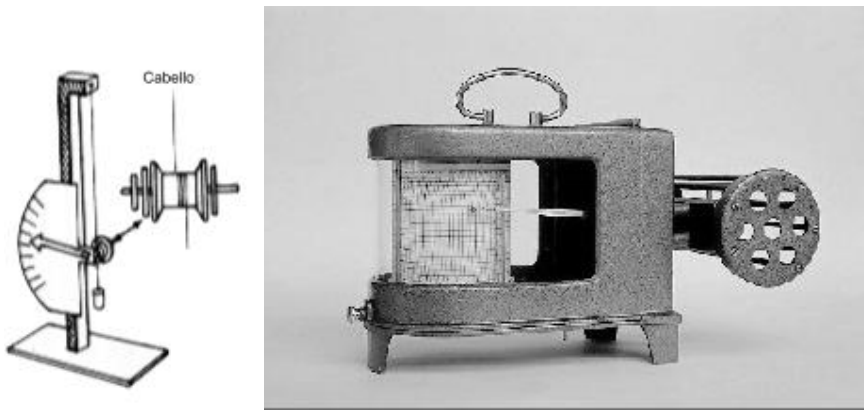
Es un psicrómetro de aspiración forzada. Está compuesto por dos termómetros idénticos, uno de bulbo húmedo y otro de bulbo seco. En la **parte media del conjunto** se ubica un aspirador a cuerda que permite efectuar la ventilación forzada y constante de los bulbos de ambos termómetros que se encuentran debidamente protegidos de la radiación solar.

2) HIGROTERMÓGRAFO

Es un instrumento que mide la humedad relativa y la temperatura.

La parte sensible del aparato que mide la humedad (higrógrafo) está constituida por un haz de cabellos desengrasados que se alarga cuando aumenta la humedad relativa del aire y se acorta cuando la humedad disminuye. Al pasar del aire seco al saturado, el alargamiento ronda el 2%, no siendo lineal la relación entre la humedad relativa y el alargamiento. Para transformar la variación de longitud del cabello en movimiento del brazo portador de la plumilla, se utilizan sistemas de palancas. La faja del higrógrafo tiene grabadas verticalmente las horas del día. Horizontalmente están marcados los valores de 0 a 100, dando directamente los valores de la humedad relativa. Si bien la precisión de este instrumento varía en +/-5%, proporciona una información valiosa y de fácil obtención.

La unidad para la medición de la temperatura (termógrafo) tiene como sensor una placa metálica cuyos cambios de longitud determinan el movimiento de la plumilla que marca el valor de la temperatura sobre la cinta de papel.



INSTRUMENTAL DESTINADO A MEDIR LA EVAPOTRANSPIRACIÓN

EVAPORÍGRAFO A BALANZA

El aparato está destinado a graficar en función del tiempo la evaporación del agua de una superficie determinada. Básicamente consta de una balanza, la que por medio de un sistema de palancas acciona una pluma que registra, por disminución del peso en el recipiente, la cantidad de agua evaporada. La duración de la faja puede ser diaria o semanal.

PLANTA DE EVAPORACIÓN (EVAPORIMETRO DE TANQUE CLASE A)

Esta planta del tipo "Clase A" es para analizar el efecto de la evaporación, correlacionando la medida de la variación del nivel de la superficie evaporante, con la medida de la temperatura del agua y el recorrido del viento.

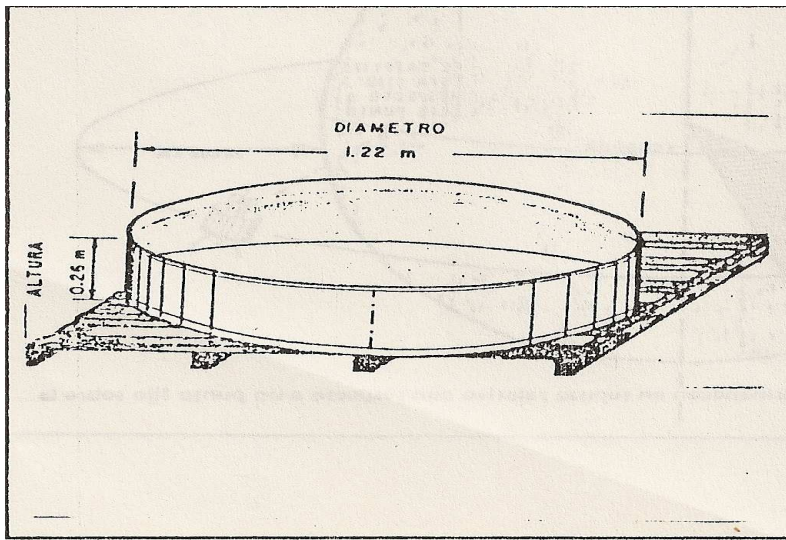
La superficie evaporante (evaporímetro tipo A) se compone esencialmente de dos partes que son: un depósito de agua que consiste en un tanque cilíndrico de lámina galvanizada de 122 cm de diámetro y 26 cm de altura, y un dispositivo para medir las variaciones del nivel de agua dentro del depósito (cámara de reposo). El cilindro de bronce hueco, llamado cilindro de reposo, que descansa sobre una base que es una placa triangular con tres tornillos niveladores como puntos de apoyo; tiene en el fondo una perforación que permite la comunicación con el agua del tanque. El evaporímetro tiene un tornillo micrométrico colocado sobre el cilindro. El cilindro de reposo debe quedar horizontalmente en su arista superior, lo cual se logra por medio de los tornillos niveladores y un nivel de albañil; el objeto de este cilindro es evitar que lleguen al tornillo micrométrico las primeras ondulaciones que produce el viento sobre la superficie del agua.

La graduación del tornillo micrométrico tiene dos divisiones, una marcada sobre una regla graduada en ml unida firme y verticalmente a uno de los brazos, que son barras en forma de Y sobre las que se apoya el tornillo micrométrico al colocarlo en el cilindro de reposo para hacer las lecturas; la regla tiene una escala de 0 a 70. La otra división es un disco graduado en 100 partes iguales, colocado en la parte superior del tornillo micrométrico., lo que permite lecturas de evaporación aproximadas hasta un centésimo de milímetro. Cada vuelta completa del tornillo representa un milímetro de altura en el nivel del agua.

Para hacer la lectura, se observa la graduación que señala el nivel del disco sobre la regla vertical, y agregarle a esta lectura los centésimos que marque la arista de dicha regla sobre la graduación del disco. Las lecturas se efectúan diariamente a las 8 de la mañana. Para ello, el tornillo micrométrico se coloca sobre el cilindro de reposo apoyándolo en su brazo, y bajar el tornillo hasta que su punta coincida con su imagen reflejada en la superficie del agua, obteniéndose así por diferencia de lecturas la evaporación de las 24 h.

Cuando se efectúa la reposición de agua del tanque, se anota la nueva lectura y se comienza a leer diariamente el descenso. En caso de lluvia, la precipitación en ml se agrega a la última lectura antes de la lluvia y luego se procede igual. El evaporímetro se coloca a nivel sobre una tarima de madera y se le pone agua hasta 5 cm del borde aproximadamente. El cilindro de reposo se retira 40 cm de la orilla del tanque y sobre él se coloca el tornillo micrométrico, bajándolo hasta que su punta toque con la punta la imagen reflejada en el agua.

El mantenimiento consiste en revisar que la superficie del agua esté limpia, que en el fondo no haya otros objetos, que el nivel del agua no baje fuera del alcance del tornillo micrométrico, que debe estar nivelado. Conviene que el evaporímetro esté cubierto con una tela metálica para evitar el acceso de animales al agua.



EVAPORÍMETRO TIPO PICHE (utilizado en estaciones agrometeorológicas solamente)

Permite medir el volumen de agua evaporada en un determinado intervalo de tiempo. El instrumento consiste en un tubo medidor graduado en milímetros y décimos, cerrado en una parte y lleno de agua. La parte que queda abierta se cierra con un disco de papel secante poroso que posee un anillo que presiona asegurando así esta cerradura. El agua evaporada es el descenso del nivel del agua que se observa en el tubo medidor.

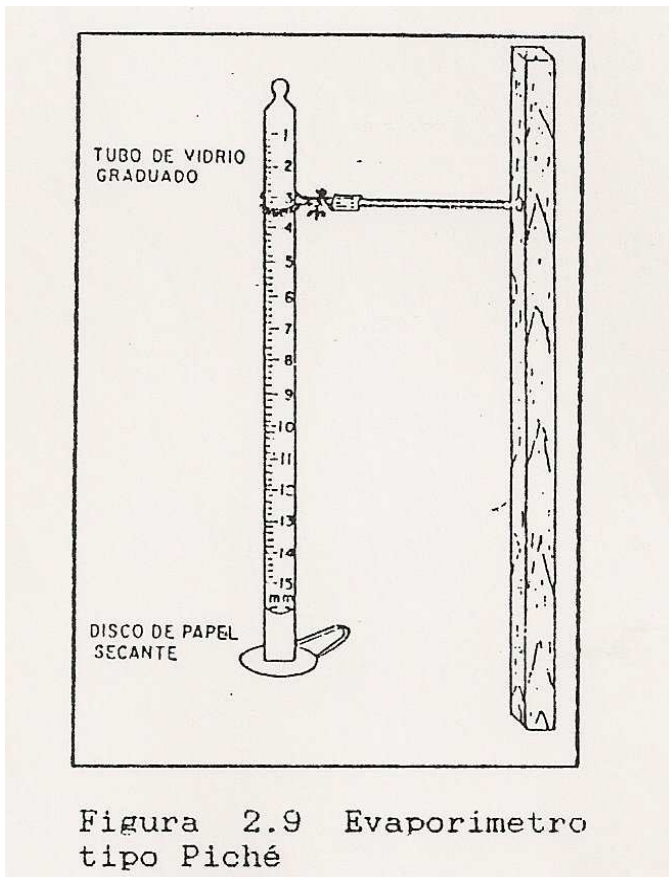


Figura 2.9 Evaporímetro tipo Piché

LISIMETRO O EVAPOTRANSPIRÓMETRO

Mide la evapotranspiración potencial de un cultivo de cobertura completa (generalmente pasto perenne), sometido a condiciones óptimas de humedad. Los lisímetros pueden clasificarse en gravimétricos y volumétricos. Los que se usan en las estaciones agrometeorológicas son volumétricos y constan de:

- tanque de 200 l de capacidad
- parrilla inferior para recepción de la lámina de agua drenada, sobre la que se deposita el suelo (dos capas de 30 cm de profundidad cada una), como se encuentra en el perfil natural
- tubo de aforo para medir el nivel que alcanza el agua drenada, mediante una regla graduada en milímetros

Sobre la superficie del suelo del lisímetro se cultiva el pasto y se riega cada diez días, calculándose la evaporación en tal periodo con la fórmula:

$$ETP = LDAa + LR + LP + LDAp$$

Donde:

ETP = evapotranspiración potencial de los diez días (mm)

LDAa = lámina drenada acumulada anterior

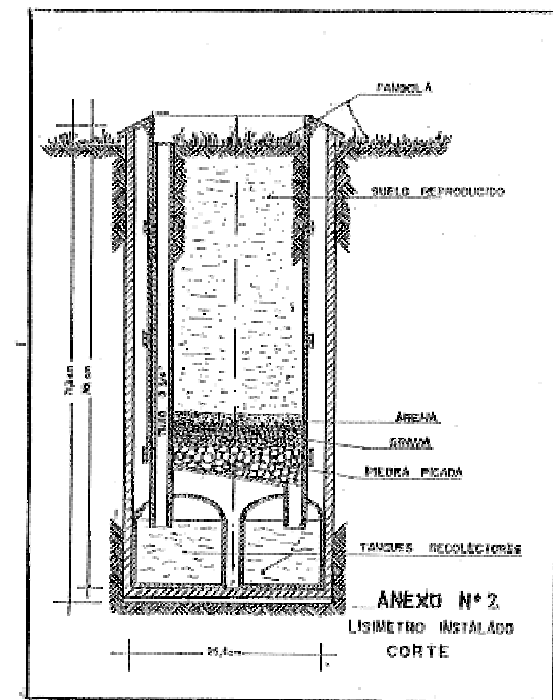
LR = lámina aplicada para recargar el perfil (mm)

LP = lámina precipitada en los 10 días (mm)

LDAp = lámina drenada acumulada posterior

Si durante los 10 días correspondientes al intervalo de consumo se detectan precipitaciones, éstas se deben sumar a la lámina aplicada para recargar el perfil y posteriormente restar de esta suma la lámina drenada.

ANEXO 2
Lisímetro instalado



INSTRUMENTAL DESTINADO A MEDIR LA DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DEL VIENTO

La dirección del viento se indica por el punto del horizonte donde sopla. Se expresa en grados contados a partir del norte geográfico en el sentido de las agujas del reloj. Se anota la dirección en 16 rumbos, colocando las iniciales de los puntos cardinales. La observación puede realizarse visualmente (humo, copa de los árboles, etc.) o mediante una veleta.

La velocidad o intensidad del viento es la distancia recorrida por una partícula de aire en la unidad de tiempo(m/s; Km//h; nudos).

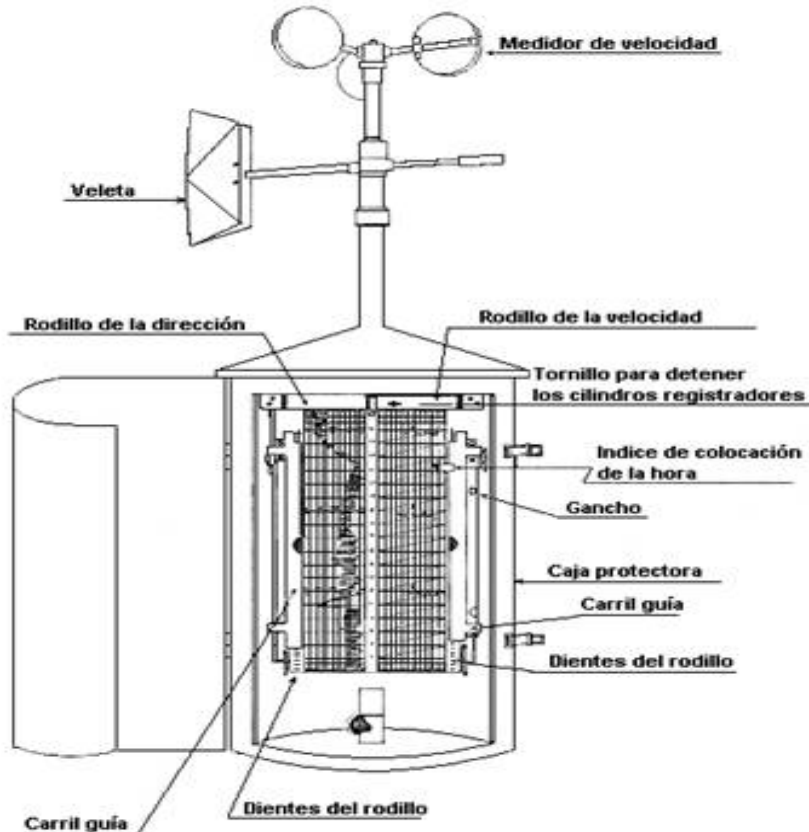
ANEMÓMETRO O VELETA PENDULAR

Es una veleta colocada a 10 m de altura, libre de la influencia de árboles, edificios, etc. Se compone de dos partes: la cola y la flecha, montadas sobre un vástago que las sostiene. El conjunto gira libremente alrededor de un eje vertical al que va unido un collar de cuatro brazos, formando entre sí un ángulo de 90°. Los brazos llevan en sus extremos las letras de los cuatro puntos cardinales (rosa de los vientos). Para la medición de la velocidad posee una lámina que es movida por el viento sobre una escala que indica su velocidad en un instante determinado. La escala utilizada en estos instrumentos es la Beaufort que clasifica los efectos del viento relacionándolos con una escala.

ANEMOMETRO TOTALIZADOR DE COPEROLAS:

Este aparato, colocado a 10 m de altura, se compone de 3 ó 4 brazos horizontales con una esfera semihueca (coperola) en sus extremos y que se hallan fijos a un eje vertical. Cuando el viento actúa sobre el lado cóncavo de las coperolas se origina un movimiento giratorio del sistema que, mediante un sistema de engranajes, es registrado en Km/h o m/s por un contador de vueltas o dispositivo eléctrico ubicado en la oficina meteorológica. La dirección también es registrada por una veleta cuyo movimiento se traduce en un aparato con una rosa de los vientos y una aguja que marca la dirección, ubicado en la oficina meteorológica.

3) ANEMÓGRAFO: es un instrumento graficador que obtiene las variaciones en el tiempo de la velocidad y dirección del viento. Está constituido por un anemómetro de coperolas para la velocidad (km/h o nudos) y una veleta para la dirección (grados). Se lo instala a 10 m de altura, sin interferencia de obstáculos.



INSTRUMENTOS DESTINADOS PARA MEDIR PRECIPITACION

PLUVIÓMETRO:

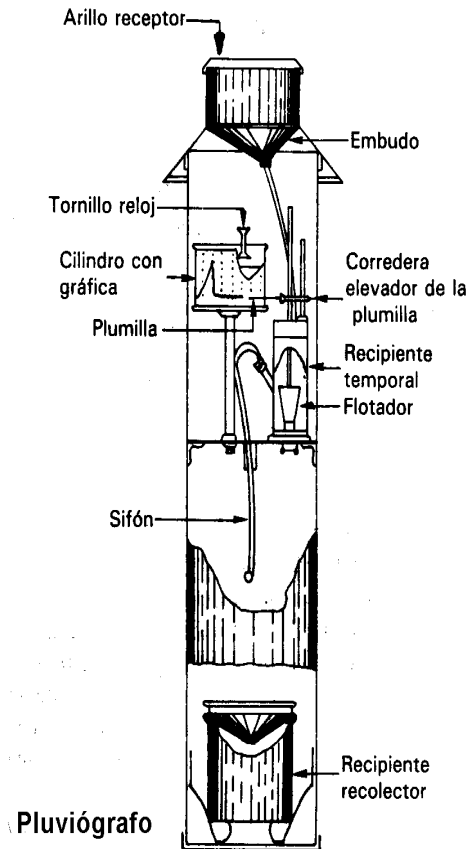
Este aparato se utiliza para medir la precipitación pluvial. Consta de un depósito cilíndrico con un embudo receptor que se comunica a un vaso medidor instalado dentro del depósito mayor. El área receptora (boca del embudo) es 10 veces mayor que el área medidora (área del vaso). Las mediciones hechas en el vaso con una regla graduada en cm, corresponden a la precipitación en mm- La precisión es de 0,1 mm y las lluvias inferiores a 0,1 mm no son perceptibles. La precipitación total del mes será la suma de los datos del pluviómetro.



Pluviómetro

PLUVIOGRAFO: es un aparato registrador que mide la cantidad de precipitación por día e indica la intensidad de caída. Su funcionamiento es el siguiente: el agua recolectada por el pluviógrafo se dirige a un recipiente dotado de un flotador el cual está sólidamente unida a una pluma inscriptora que actúa sobre una gráfica de papel diaria, graduada de 0 a 10mm. Al alcanzar el recipiente el valor de 10mm, se vacía automáticamente por medio de un sifón y la pluma inscriptora vuelve a cero sobre la gráfica, dejando una línea vertical que indica este hecho. Si la precipitación continúa, el flotador comenzará a marcar otra vez. De esta manera se van dejando trazos en zigzag.

NIVOMETRO: se utilizan en zonas donde las nevadas son frecuentes y copiosas durante el invierno. Se mide el equivalente en agua (mm.) de la nieve recogida en el nivómetro. Son similares a los pluviómetros excepto por el embudo receptor que posee mayor diámetro y un protector. Además tienen un dispositivo interno en forma de cruz, destinado a evitar que los remolinos de aire tengan acción directa sobre el interior del aparato. En lugares remotos, donde es muy difícil llegar en invierno para efectuar la medición, se usan los nivómetros totalizadores que proveen información de la nieve caída en un período largo.



INSTRUMENTAL UBICADO DENTRO DE LA OFICINA METEOROLÓGICA

BARÓMETRO

Es el instrumento utilizado para medir la presión atmosférica. Su funcionamiento se basa en la experiencia de Torricelli. En las estaciones meteorológicas se usa el barómetro de mercurio, por ser el más exacto. Se usa mercurio porque es el líquido de mayor peso específico, con lo cual es necesario una columna más corta para equilibrar el peso de la columna de aire. El más utilizado es el de fortín. El barómetro se compone de un tubo de vidrio de cerca de un metro de altura, cerrado en uno de sus extremos y enteramente lleno de mercurio. El mismo se dispone verticalmente con la extremidad abierta sumergida en una cubeta, también llena de mercurio; el líquido desciende entonces en el tubo hasta una cierta altura; arriba existe un vacío perfecto. La presión se mide por lo mm que separan los 2 niveles de mercurio, en el tubo y en la cubeta. El tubo de vidrio está protegido por otro externo de latón que, en la parte superior, posee 2 ventanas opuestas que permiten efectuar la observación. Sobre un de los bordes de una de las ventanas se halla grabada la escala en mm enteros.

BARÓGRAFO

Las características básicas son semejantes a las del termógrafo. El elemento sensible está compuesto por un cierto número de cajitas de metal, en la cual hay gas nitrógeno muy enrarecido. A fin de que la presión atmosférica no aplaste la cajita, en el interior hay un resorte metálico que mantiene separadas las 2 caras. Para facilitar el movimiento de las caras, el metal se halla acanalado en surcos concéntricos. Cuando la presión atmosférica aumenta, las 2 caras se acercan; a la inversa, cuando la presión disminuye, las caras tienden a alejarse. Los movimientos por medio de palancas son transmitidos amplificados a la pluma inscriptora.

