

Unidad 3

Conceptos de calor y temperatura. Temperatura del aire y del suelo. Perfil de la temperatura en el aire y en el suelo, variación diurna y anual. Propiedades térmicas del suelo. Efecto del suelo y de la cubierta vegetal sobre la temperatura del aire y del suelo. Estadísticas de datos meteorológicos. Medición de temperatura e instrumental. Estaciones meteorológicas automáticas.

Calor: es la energía que se transmite entre un sistema y su medio exterior en virtud únicamente de una diferencia de temperatura.

-Es la transferencia de energía entre cuerpos con diferente temperatura.

Sistema: sustancia o conjunto de sustancias que tienen un límite. Ej. Pava con agua caliente

Homogéneo: gas, líquido o sólido puro

Heterogéneo: Vapor en presencia de un líquido. Existe más de 1 fase.



Temperatura: Es la medida de la energía cinética de un cuerpo. Grado de calor en los cuerpos. Unidades $^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{K}$, $^{\circ}\text{F}$

Isotermas: Línea imaginaria que une puntos de igual temperatura

Temperatura del aire: depende de 3 factores.

Latitud: la inclinación de los rayos solares aumenta con ella, en consecuencia la temperatura disminuye desde el ecuador a los polos,

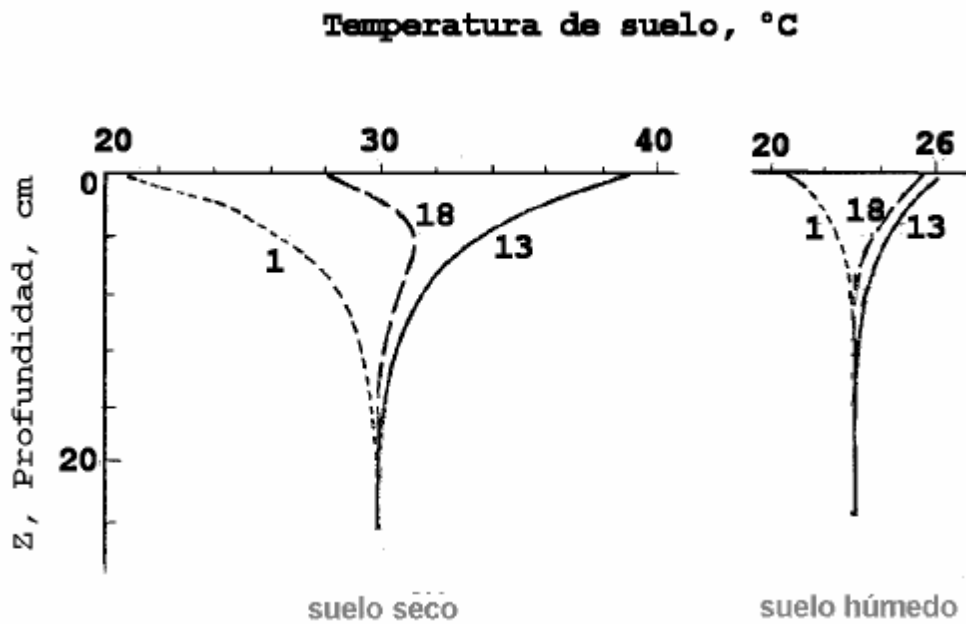
Longitud: la distribución de la tierra (Continentes) y agua (Océanos/mares). Características del terreno y corrientes oceánicas dan lugar a importantes variaciones.

Altitud: La temperatura disminuye con la altura.

El calor es transferido por movimientos horizontales, verticales o por turbulencia.

La temperatura y la humedad del aire tienen una escasa influencia sobre la

temperatura del suelo.



Las precipitaciones afectan la temperatura del suelo, aumenta el contenido de agua= aumenta la conductividad térmica. Precipitaciones cortas aumentan temperatura (estratos superiores), precipitaciones prolongadas disminuyen la temperatura por evaporación o fusión.

Temperaturas Máximas, mínimas y medias (diaria, mensual y anual)

Amplitud térmica: diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima. Se ve afectada por: la latitud, estación del año, distancia al mar, topografía, altura sobre el nivel del mar y nubosidad.

En los polos solo son significativas las oscilaciones anuales.

En el ecuador apenas se aprecian oscilaciones anuales, solo se observan diurnas.

El continente se enfría y calienta más rápido, mientras el océano lo hace lentamente.

Temperaturas normales: Medias anual, mínimas mensual, etc. Tomando como referencia las mediciones obtenidas en periodos extensos (30 o más años)

Temperatura absoluta: es el valor mínimo o máximo de un día en particular registrado de un periodo de 30 o más años.

Temperatura del suelo: el calor que llega al suelo es absorbido y transmitido hacia su interior depende del tipo de suelo. Tamaño de partículas, color, contenido de materia orgánica, humedad, etc. Y principalmente de su calor específico.

Calor específico: en agricultura se utiliza el calor específico por volumen o capacidad calorífica volumétrica; que es el número de calorías necesarias para elevar la temperatura de 1cm³ de suelo 1°C.

Conductividad térmica: capacidad de un cuerpo de transmitir el calor

Agua: 1cm³ = 1gramo
Ce=

Cv Materia orgánica: Ce= alto Cv= bajo

La densidad del suelo es variable. $D = m/v = \text{gr/cm}^3$

El H₂O tiene un papel predominante en la transmisión de calor. Amortigua los saltos térmicos

Los suelos oscuros son más calientes que los claros.

Los suelos arenosos son muy porosos y pierden rápidamente la humedad, mayor amplitud térmica superficial.

Los suelos arcillosos tienen menor amplitud térmica superficial, los estratos inferiores se enfrían más fácilmente.

La temperatura en la superficie está condicionada por la temperatura del aire inmediatamente encima.

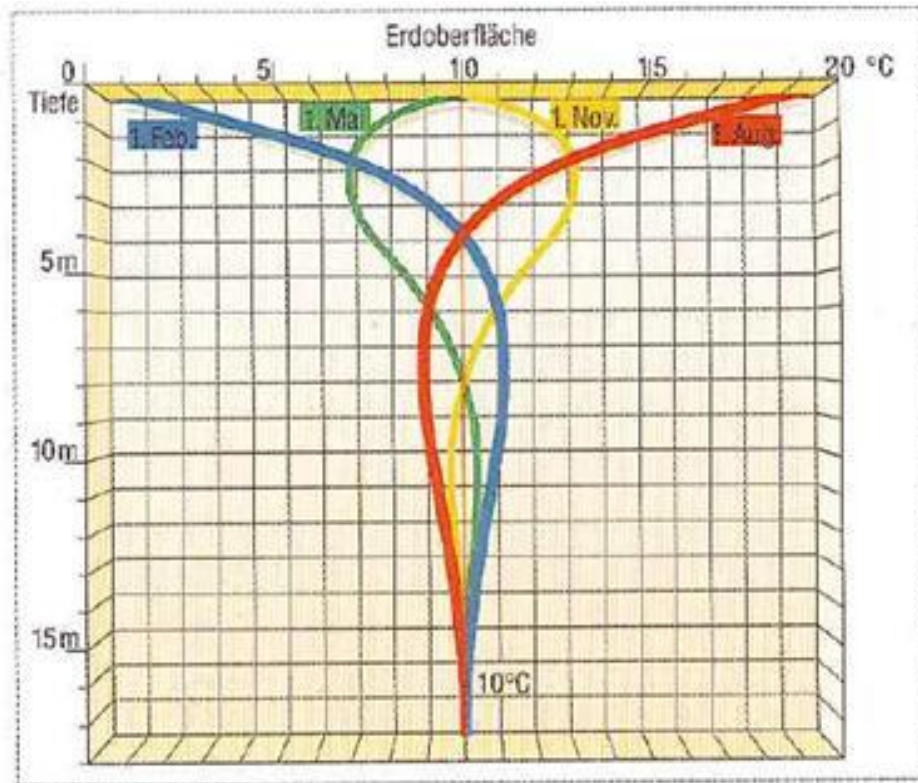
El calor penetra más profundamente en un suelo sin vegetación.

“EL CALOR ESPECIFICO DEL AGUA ES MUCHO MAYOR QUE EL DE LOS OTROS COMPONENTES DEL SUELO Y EL CALOR ESPECIFICO DEL AIREES EL MENOR DE TODOS”

Un suelo seco se enfría y calienta más fácilmente que un suelo húmedo. Método directo para combatir heladas es el riego.

Oscilación diurna y anual de la temperatura del suelo:

La oscilación anual es mucho más profunda que la diurna.



La temperatura del suelo aumenta con la intensidad de la radiación incidente y disminuye con el albedo, intensidad de evaporación (velocidad del viento)

Efecto de la cubierta vegetal sobre la temperatura del aire y del suelo:
aislantetérmico (Porosidad: aire)

La temperatura de la fotosfera depende: del intercambio de calor por radiación, conducción, convección, vaporización, condensación

4. VARIABLES METEOROLÓGICAS

En la tropósfera tienen lugar una serie de fenómenos que son percibidos por los sentidos. La sensación de calor o frío, humedad o sequía del aire, baja o alta presión son indicadores de las condiciones que presenta el ambiente. Se puede que nuestros cuerpos son verdaderos sensores de las condiciones meteorológicas. Existen, sin embargo, instrumentos que pueden medir de una forma más objetiva. Las variables objeto de esta medición son las variables meteorológicas. Las variables meteorológicas que son medidas u observadas por diversos instrumentos, equipos y dispositivos son las siguientes:

Temperatura, humedad, precipitación, radiación solar, heliofanía (cantidad de horas del día con radiación solar directa), nubosidad (cantidad de cielo cubierto por nubes), velocidad del viento, dirección del viento, presión atmosférica, evaporación.

4.1 Temperatura del aire: Es una propiedad que permite establecer si dos o más sistemas están o no en equilibrio térmico. Este equilibrio se alcanza cuando no se percibe que exista una transferencia de calor entre estos sistemas siempre y cuando los mismos no se hallen separados por paredes adiabáticas (paredes en los límites de los sistemas que no permiten la transferencia de calor). El ser humano puede definirse como un sistema y el aire que lo rodea es otro sistema. Si el aire está más caliente que el cuerpo humano habrá transferencia de calor desde aire con lo cual se siente una sensación de 'calor', por el contrario si el aire está más frío se percibirá una sensación de 'frío'. El aire busca el equilibrio térmico con los demás sistemas alrededor de él para intercambiar energía. Cuando la Temperatura entre el aire y los demás sistemas (suelo, agua, vegetación) se equilibra, entonces deja de fluir el calor, es decir, se obtiene el equilibrio térmico y entre todos ellos se alcanza la misma temperatura. Ahora bien, como ciertos animales y los seres humanos tratan de mantener una temperatura constante, entonces en días de verano sienten la sensación de calor durante todo el día (no se logra el equilibrio térmico con el aire hasta que el

mismo no baje su temperatura). Lo contrario ocurre un día frío en invierno. El cuerpo humano emite calor debido a que el aire está más frío y también trata de mantener una temperatura constante en su interior; la sensación de frío perdura hasta que el aire no aumente su temperatura a valores cercanos a los del cuerpo.

El termómetro puede considerarse como otro sistema (compuesto por el mercurio y la envoltura de vidrio). Al medir la temperatura se pone en contacto el bulbo del termómetro con un cuerpo. Si el termómetro está más frío que éste, entonces existirá una transmisión de calor desde el cuerpo hacia el termómetro hasta lograr el equilibrio térmico. La energía que fluye desde el cuerpo hacia el termómetro será utilizada para dilatar el mercurio. Cuando ambos sistemas (el termómetro y el cuerpo) estén en equilibrio térmico, se obtendrá la temperatura de equilibrio o simplemente la temperatura del cuerpo. Resumiendo, la temperatura es una propiedad que indica que

dos o más sistemas están en equilibrio térmico entre sí, es decir, todos poseen la misma temperatura (Figura 3)

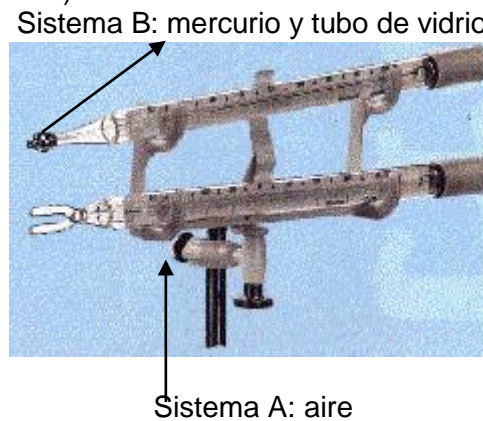


Figura 3. Temperatura y equilibrio térmico

No todos los termómetros son de mercurio en tubo de vidrio. En realidad un termómetro está compuesto de un elemento sensor que posee una propiedad termométrica y una envoltura o pared de características diatérmicas (que conduce el calor). En el caso del termómetro de mercurio el elemento sensor es el mercurio que posee una propiedad termométrica (dilatación volumétrica por aumento de temperatura) y la envoltura es el vidrio. Existe también el termómetro de alcohol en tubo de vidrio que es menos preciso que el de mercurio pero puede medir temperaturas más bajas que el mercurio. Otros termómetros son electrónicos (como los que se usan en las estaciones meteorológicas automáticas o en los sensores de temperatura de los vehículos). En éstos el elemento sensor puede ser una resistencia eléctrica, la propiedad termométrica es el aumento de la resistividad al paso de la corriente eléctrica con el aumento de la temperatura y la envoltura es en general un capuchón de plástico. Otros sensores electrónicos utilizan una medición de la Capacitancia de un capacitor cuyo elemento sensor es un dieléctrico entre dos placas metálicas, la propiedad termométrica es el aumento de la capacitancia con el aumento de la temperatura y la envoltura puede ser también un capuchón de plástico delgado. Existen también termómetros de gas.

4.2 Humedad del aire: Es la relación entre la cantidad de agua en estado de vapor que contiene el aire en gramos por cada centímetro cúbico de aire (humedad específica):

$$Q_v = \frac{M(H_2O)}{\text{Vol. aire}}$$

Si bien esta es una medida de la humedad del aire, en general se habla de humedad relativa. La humedad relativa es la relación entre la cantidad de agua en estado de vapor que está contenida en el aire en relación a la cantidad máxima que puede contener. Esta cantidad máxima se llama humedad de saturación y depende de la temperatura de manera directa, es decir, a mayor temperatura del aire mayor humedad de saturación:

$$\%HR = \frac{100 q_v}{q_s}$$

La evaporación se produce cuando por efecto de la temperatura en el líquido, las moléculas de agua cercanas a la superficie con movimiento tienden a escapar y se evaporan –cambian de estado-ingresando al aire adyacente. La

condensación es el proceso inverso, es decir, algunas de estas moléculas vuelven a ser absorbidas por el agua líquida y se condensan. Cuando la cantidad de moléculas de agua que se evaporan es la misma que las que se condensan se ha llegado a la humedad de saturación (100%) y se dice que el espacio de aire adyacente a la superficie libre de agua está saturado. Mientras esto no ocurra, es decir mientras sea menor la cantidad de moléculas que condensan respecto de las que se evaporan, no se ha llegado a la humedad de saturación (porcentajes menores al 100%). Si se repite este proceso con una temperatura del aire mayor, entonces será mayor la cantidad de moléculas que puedan evaporarse y mayor las que se condensarán cuando se llegue a la saturación (100%), por esta razón se dice que la tensión de vapor de saturación o humedad específica depende de la temperatura en forma directa pero en términos relativos (humedad relativa) en ambos casos se están presencia del 100% de humedad. En la Figura 4 se observan los procesos de evaporación, condensación y saturación. En (a) no se ha alcanzado la saturación del aire (o humedad específica de saturación) ya que son más las moléculas de agua que evaporan respecto de las que condensan. En (b) y (c) se ha logrado la saturación del aire pero en (b) la temperatura es menor que en

(c) y por lo ende la humedad específica de saturación en (b) también es menor que en (c), sin embargo en ambos la humedad relativa es del 100% ya que los dos ambientes han llegado a su humedad de saturación.

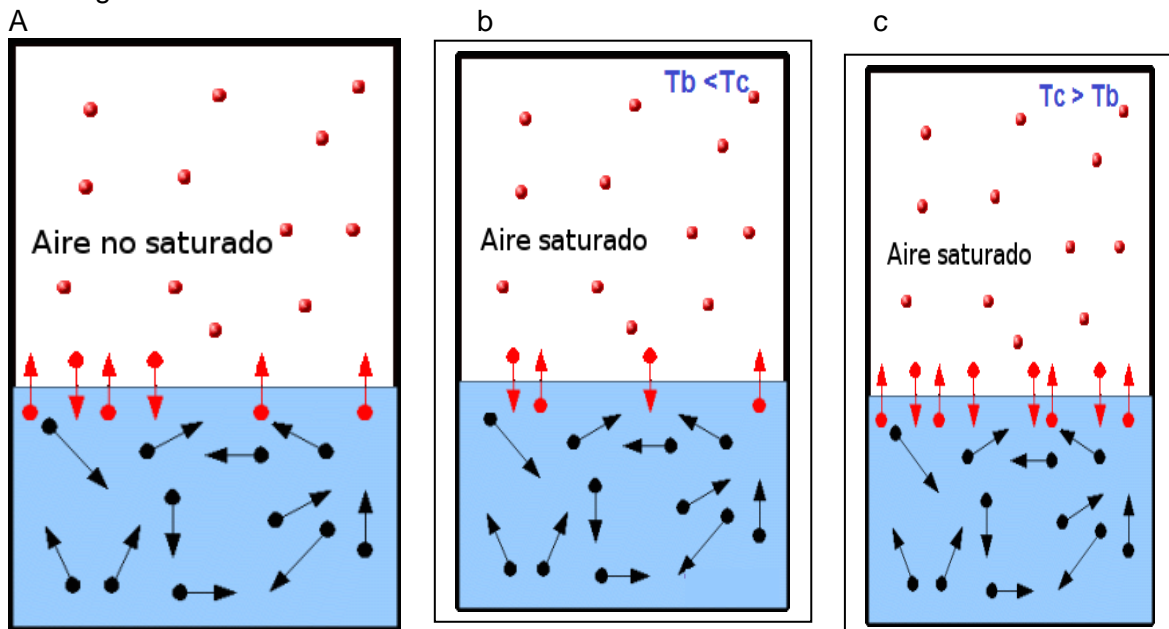


Figura 4. Evaporación, condensación y saturación del aire en una superficie libre de agua.

Para la medición de la humedad relativa se utiliza el psicrómetro y el higrómetro, mientras que para el registro temporal de su evolución se usa el higrógrafo. El psicrómetro que se utiliza en las estaciones meteorológicas convencionales consiste en un par de termómetros. Uno es un termómetro convencional llamado '**termómetro de bulbo seco**' y el otro posee una muselina de tela que está constantemente humedecida alrededor del bulbo del termómetro y es llamado '**termómetro de bulbo húmedo**'(Figura 5). El mercurio del termómetro con el bulbo húmedo descenderá debido al calor que se utiliza para la evaporación. Según la cantidad de moléculas de agua que se evaporan será el descenso del termómetro de bulbo húmedo y esto dependerá

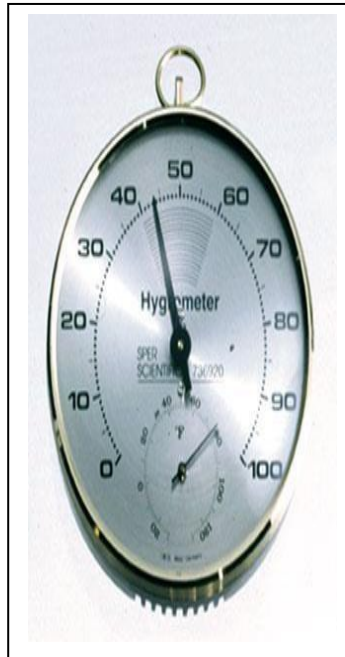
de la humedad del aire. Cuanto más seco esté el aire, mayor será el flujo de moléculas de aire que se evaporarán, lo que hará descender el líquido del termómetro de bulbo húmedo a un valor de temperatura más bajo respecto al del termómetro de bulbo seco. Si por el contrario el aire está muy húmedo, pocas moléculas de agua podrán evaporarse y la temperatura que registre el termómetro de bulbo húmedo será sólo un poco menor a la de bulbo seco. Comparando las temperaturas de ambos termómetros podrá obtenerse la humedad relativa. Si ambos termómetros registran la misma temperatura, entonces el aire está al 100% de humedad relativa.

El higrómetro también mide la humedad relativa pero generalmente el órgano sensible está constituido por materiales orgánicos que cambian de longitud o volúmenes al variar la humedad del ambiente en que se hallan. Por ejemplo un haz de cabello aumenta su longitud al aumentar la humedad relativa (Figura 6). La humedad se expresa en porcentaje (%), es decir, como humedad relativa.

Otro tipo de sensor es el que emplea la propiedad de algunos materiales de variar su resistencia eléctrica al variar la humedad. Se utilizan electrodos metálicos recubiertos de sales con dicha propiedad, lo que permite estimar las variaciones de la humedad. Se funda en la variación de la conductividad del cloruro de litio con humedad ambiente, las mediciones se llevan a cabo con una conexión adecuada en forma de puente y el instrumento aparecía los cambios con bastante rapidez (Figura 7).



F 5. Psicrómetro



F 6. Higrómetro de cabello



F 7. Higrómetro electrónico

Precipitación: Es la caída de un hidrometeoro en forma líquida, sólida o ambos. Un hidrometeoro es un fenómeno meteorológico en el que interviene el agua. Por ejemplo las nubes, la niebla, el rocío, la escarcha, las heladas son hidrometeoros pero que no precipitan. La lluvia, llovizna, nevada, granizo, chaparrón, lluvia engelante, aguanieve, son ejemplos de precipitación.

La precipitación es medida con un pluviómetro mientras que para el registro de su variación temporal se usa el pluviógrafo. La unidad de medida es el milímetro de precipitación y éste es definido como la altura en milímetros de

una lámina de agua que precipita sobre una superficie horizontal sin que existan pérdidas por escurrimiento, evaporación o drenaje.



Figura 8. Pluviómetro normalizado tipo B

La lectura de la precipitación se realiza una vez por día, a la misma hora que por convención se ha elegido las 12 UTC (tiempo universal coordinado), es decir, las 12 hs tomando el meridiano de Greenwich. Para nuestro país corresponde a las 9:00 hora local—siempre que no se modifique por ahorro de energía—. La medida que se realiza a esta hora se la atribuye a la precipitación caída el día anterior.

El pluviómetro está construido en chapa de hierro pintado de blanco en su exterior. Está constituido de tres partes principales: boca receptora, jarra colectora y probeta graduada en milímetros y décimas (Figura 8). La boca receptora posee en su parte superior un aro biselado de bronce de unos 16 cm de diámetro por donde ingresa la muestra de lluvia que será contenida en la jarra receptora. Para hacer la medición se vierte el contenido de la misma en la probeta graduada. El nivel de agua en la misma será la cantidad de milímetros de lluvia caídos leídos con la escala graduada de la probeta. Esta escala ha sido calibrada considerando la relación entre las dimensiones de la boca del receptor del pluviómetro y de la probeta.

La instalación del pluviómetro se realiza cuidando que la boca del mismo se encuentre a 1,5 metros sobre el suelo como se muestra en la Figura 8. En el caso de lugares donde se acumula nieve se mide la precipitación como la lámina de agua una vez que se ha fundido la nieve caída. Para la medición del altura de la capa de nieve se usa otro instrumento llamado nivómetro. El pluviógrafo registra el ritmo de caída de la precipitación, es decir, la cantidad de lluvia caída por unidad de tiempo. A esta variable se la llama '**intensidad de la precipitación**' y es muy importante para el dimensionado de canales de evacuación pluviales en ciudades, rutas viales y además en el trazado de las curvas de nivel de sistematización de suelos para evitar la erosión hídrica.

4.4 Radiación solar: Se define como la cantidad de energía que llega a una superficie horizontal proveniente del sol. Puede a su vez dividirse en dos clases: la radiación solar directa y la radiación solar difusa. La radiación solar directa es la que llega desde el sol sin haber sufrido desviaciones, es decir, la que tiene una trayectoria recta desde el sol hasta la superficie. La radiación solar difusa, en cambio proviene también del sol pero ha sido dispersada por las partículas sólidas que componen la atmósfera, es decir, es la energía que

no llega directamente desde el sol. A la radiación solar también se la llama radiación global haciendo mención a que está compuesta por la radiación solar directa y la difusa una vez que ha atravesado el espesor de la atmósfera. A esta radiación se la llama también 'radiación solar total'. Como la radiación es energía por unidad de área (flujo de energía) las unidades de la radiación son Cal/cm^2 que es equivalente a *Longley (Ly)* y en el sistema MKS: $Joule/m^2$. Puede realizarse un pasaje de unidades entre ambas haciendo uso del equivalente mecánico del calor: $1cal= 4,186$ Joule. Los instrumentos para medir la radiación solar son los piranómetros o solarímetros termoeléctricos mientras que para registrar su evolución temporal pueden utilizarse los actinógrafos bimetálicos.

El **piranómetro** mostrado en la Figura 9 (a) proporciona una medida de la radiación solar global o total. Puede colocarse encima del terreno o justamente a ras del suelo. La radiación solar que incide sobre el instrumento pasa a través de la cúpula de vidrio transformándose en calor al encontrar una esfera de cobre de color negro (absorbe toda la radiación incidente). El calor es utilizado para evaporar el líquido que está contenido en el interior de la esfera (generalmente agua o alcohol). La esfera se monta en la parte superior de un tubo de vidrio que está graduado y que penetra en la esfera por encima del nivel del líquido. La cantidad de líquido que se condense en el tubo proporcionará una medida de la radiación recibida. Para conocer esta cantidad, se debe realizar la lectura en la escala graduada del tubo de vidrio para luego invertir el instrumento con el fin de que se reponga el líquido a la esfera de cobre. La diferencia de lecturas antes y después de la reposición es la cantidad de líquido condensada que, multiplicada por el factor de calibración del instrumento, proporciona la cantidad de radiación global recibida durante ese día. Estos registros se realizan una vez por día.

Este instrumento puede resultar insatisfactorio en regiones donde la temperatura varía considerablemente a lo largo del año y es preciso calibrarlo frecuentemente utilizando un solarímetro. Tiene la ventaja de que el instrumento es relativamente más barato. El **solarímetro** termoeléctrico de la Figura 9 (b) mide la corriente eléctrica generada por una serie de termocuplas cuando se exponen a la radiación solar. El **actinógrafo bimetálico** mostrado en la figura 9 (c) proporciona la marcha temporal de la radiación solar total registrando su variación durante el día por diferencias de temperatura entre una banda bimetálica pintada de negro expuesta a la radiación solar y dos bandas bimetálicas similares, bien sea pintadas de blanco o protegidas de la radiación solar. Los registros se van marcando en una faja de cartón montada alrededor de un tambor que gira con un sistema de relojería dando una vuelta completa por día, o bien por semana según se regule el sistema. Una pluma con tinta marca sobre este cartón la posición relativa de las bandas bimetálicas a medida que gira el tambor.

A



B



C

Figura 9. Piranómetro (a), Solarímetro termopila (b) y solarímetro térmico (c)

4.5 Heliofanía: Es la duración de la radiación solar directa que incide sobre la superficie de la tierra, o también llamada 'duración de la insolación'. En términos generales determina la cantidad de horas del día en que la tierra recibió la incidencia directa del sol, es decir, sin nubes que interfieran la llegada de los rayos solares. El instrumento que registra esta duración se llama 'Registrador de insolación de Campbell Stokes'. El mismo consiste en un globo de vidrio macizo de unos 10 cm de diámetro montado concéntricamente dentro de un trozo de envoltorio metálico. Este globo actúa como un lente que concentra los rayos solares sobre una tira de cartulina, especialmente trazada y graduada en horas, que se introduce en las ranuras guía de la envoltorio metálico (Figura 10). La radiación solar que llega directamente desde el sol quema la cartulina dejando una traza negra mientras entre el sol y el instrumento no se interpongan nubes. Para diferentes épocas del año se necesitan distintos tipos de fajas registradoras ya que el sol va cambiando su trayectoria diaria según la época del año. Para latitudes medias y altas existe

una faja para los equinoccios, otra para invierno (más corta) y otra para verano (más larga).

4.6 Nubosidad: Se observa la bóveda celeste y se estima la cantidad de cielo cubierto por nubes expresándola en octas, es decir, se realiza una división del cielo en 8 partes y se indica cuántos octavos del cielo están cubiertos de nubes. También se indica el tipo de nubes presentes al momento de la observación, clasificándolas en nubes bajas, medias y altas.

Las nubes bajas son nubes cuya base no supera los 2500 metros, las nubes medias tienen su base entre 2500 metros y 6000 metros aproximadamente y las nubes altas tienen su base por encima de los 6000 metros.

Además la altura de la base, las nubes también se clasifican según su forma en dos categorías:

Nubes cumuliformes: cuando su extensión horizontal es menor que su extensión vertical (frecuentes en verano).

Nubes estratiformes: cuando su extensión horizontal supera su extensión vertical (frecuentes en Invierno).

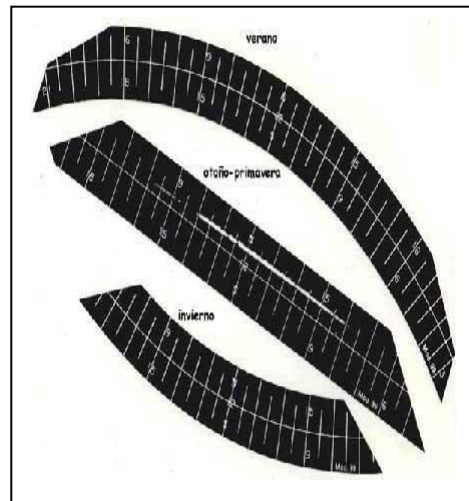


Figura 10 a) Registrador de insolación o heliofanía b) fajas utilizadas en latitudes medias y altas

4.7 Velocidad y dirección del viento: El viento se define como el movimiento horizontal del aire. Se observa su velocidad y dirección considerada como la dirección desde donde proviene el viento. La medición del viento es importante en Agrometeorología ya que interviene en el ritmo de evaporación del suelo y transpiración de las plantas, remueve el anhídrido carbónico y el vapor de agua de la fitósfera, es perjudicial cuando su velocidad supera ciertos límites ya que provoca destrozos en los cultivos y plantaciones. Además esparce las semillas de malezas y en zonas semiáridas remueve las partículas de suelo provocando erosión eólica y daño en los frutos. Las mediciones de la velocidad y dirección del viento están estandarizadas a un nivel de 10 metros sobre el suelo pero también se registra a 2 metros para propósitos agrometeorológicos. El instrumento que mide la velocidad del viento de llama **anemómetro** mientras que el que mide la dirección es la **veleta**.

Existen diferentes tipos de anemómetros según el principio de funcionamiento. El más común es el anemómetro de cazoletas (Figura 11). A su vez, estos pueden medir la velocidad en forma instantánea, o sólo contar el recorrido del

viento (figura 12). En este último caso, el instrumento posee un contador de vueltas y su lectura es una vez por día siempre a la misma hora. Por diferencia de lecturas entre la lectura actual y la anterior podremos conocer la velocidad media del viento durante ese día. La veleta de la Figura 13 (a) indica la dirección del viento (desde donde proviene el viento) en una rosa de viento de 8 o 16 direcciones (b). Algunos instrumentos incluyen ambos sensores (velocidad y dirección del viento) en un sólo dispositivo (Figura 14). Existen también otros tipos de anemómetros, como el anemómetro de hélice (Figura 15) e incluso el anemómetro de placa cuyo principio de funcionamiento es más sencillo que los anteriores ya que consta de una placa plana que pivotea en un extremo y está libre en el otro. Según la presión que reciba debido a la velocidad del viento en la placa, ésta tomará una posición que indicará en una escala graduada la velocidad del viento (Figura 16). Este instrumento es más barato pero menos preciso que los del tipo anterior.

Figura 11. Anemómetro a

Figura 12. Anemómetro



Cazoletas



totalizador

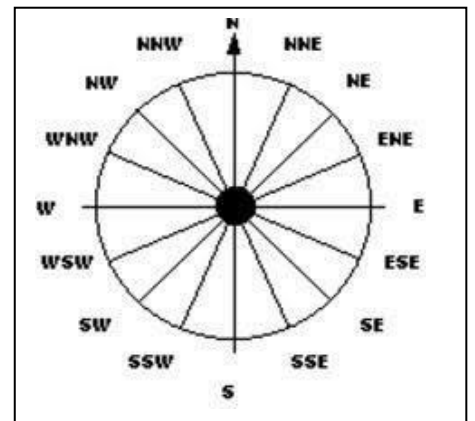
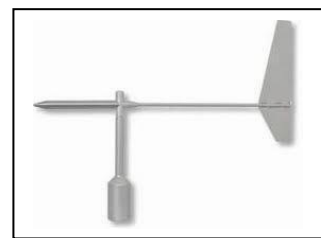


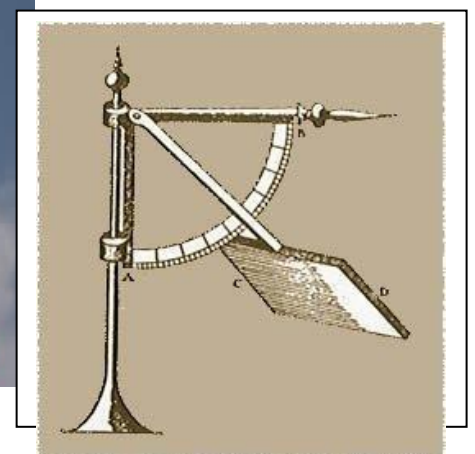
Figura 13. Veleta y rosa de los vientos



Figura 14. Anemómetro y veleta



Figura 15. Anemómetro de hélice y veleta.



F16. Anemómetro de placa.

4.8 Presión atmosférica: La presión atmosférica se define como el peso de una columna de aire desde el suelo y hasta el tope de la atmósfera por unidad de área horizontal. Torricelli observó que la presión atmosférica disminuía a medida que se asciende por la ladera de una montaña ya que la columna de atmósfera disminuye su espesor. No es una variable directamente relacionada con el crecimiento y desarrollo de las plantas pero interviene en la formación de masas de aire, cuyo movimiento sobre la tierra provoca vientos de distintas direcciones. El origen y el camino recorrido por estas masas de aire pueden provocar formación de nubes, precipitaciones, y demás fenómenos meteorológicos. Los frentes son la separación entre masas de aire de diferentes características y en general, en la zona cercana a ellos ocurren la mayoría de los fenómenos meteorológicos significativos (formación de nubes, precipitaciones, tormentas, granizo, etc.).

La presión atmosférica se mide en milímetros de mercurio (mmHg), Hectopascales (hPa), milibares (mb). Es sabido que si la presión baja 1 hPa en tres horas indica la proximidad de un frente de masas de aire y según las características del mismo, es posible que ocurran algunos de los fenómenos meteorológicos significativos mencionados. La presión atmosférica no sólo varía con la elevación sobre el nivel del mar, también varía con la temperatura. Puede definirse una presión atmosférica normal o estándar a nivel del mar de 760 mmHg o 1013,3 hPa.

El instrumento destinado a la medición de la presión atmosférica es el barómetro. Existen diferentes tipos de barómetro que se diferencian principalmente en el elemento sensor. Se puede citar el barómetro de mercurio y el de cápsulas aneroides como los más importantes. El barómetro de mercurio está compuesto de un tubo de vidrio montado en posición vertical donde se aloja el mercurio. Este tubo está cerrado en su extremo superior y se ha hecho vacío pero en el extremo inferior está abierto y sumergido en un recipiente que contiene mercurio. Dicho tubo va protegido por una carcasa de metal (Figura 17). El principio de funcionamiento es el que utilizó Torricelli para demostrar que el aire tiene peso. La presión atmosférica es ejercida en la superficie libre del mercurio contenido en el recipiente, obligando al mercurio a ascender por el tubo de vidrio ya que en el otro extremo existe vacío, hasta una determinada altura que es función de la presión atmosférica reinante en ese momento (Figura 18).

El barómetro de cápsulas aneroides es un instrumento cuyo elemento sensor son unas cápsulas metálicas en cuyo interior se ha hecho vacío. La presión atmosférica es ejercida en el exterior de estas cápsulas deformándolas. Esta deformación es transmitida por medio de un sistema de palancas y resortes a una aguja que marca el valor en una escala graduada (Figura 19).

El barógrafo funciona de manera similar al barómetro de cápsulas aneroides pero su función primordial es el de registrar las variaciones de la presión atmosférica en el transcurso del día. Se acoplan varias de estas cápsulas para amplificar la sensibilidad del instrumento y mediante un sistema de palancas se transmite la señal a una aguja con tinta. Ésta va trazando en una faja que gira alrededor de un tambor mediante un sistema de relojería de manera de dar una vuelta completa en un día o una semana, según esté calibrada (Figura 20).



Figura 17. Barómetro de mercurio tipo fortin

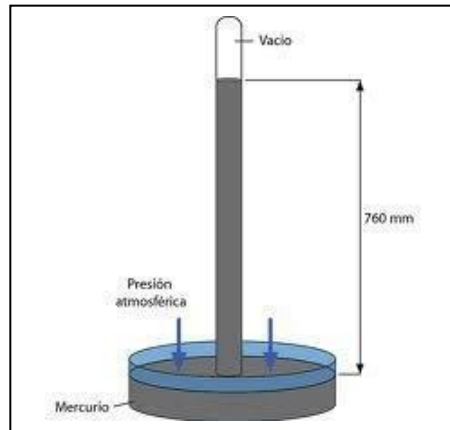


Figura 18. Principio de funcionamiento del barómetro de mercurio

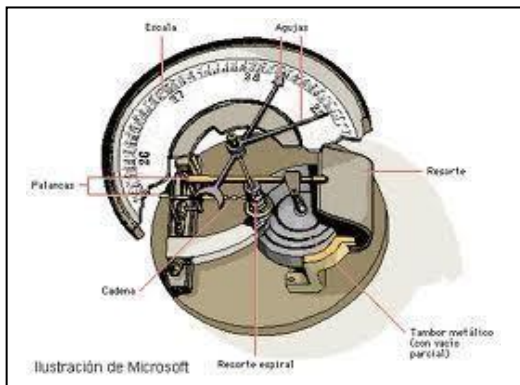


Figura 19. Barómetro a cápsulas aneroides



Figura 20. Barógrafo

4.9 Evaporación: La evaporación es el fenómeno que experimenta el agua al pasar del estado líquido al estado de vapor. Para ello debe consumir gran cantidad de energía (alrededor de 570 Cal/gr) aunque este valor depende de la temperatura del agua. No siempre se produce la evaporación cuando el agua está a una temperatura de 100°C (ebullición a presión atmosférica normal) ya que durante el día la radiación solar suministra la energía necesaria para este proceso. La evaporación no sólo se produce en una superficie libre de agua (como en los ríos, lagos, mares u océanos) sino que también se produce en todos los objetos que puedan contener agua líquida en la superficie expuesta a una fuente de calor. Por ejemplo, se produce evaporación del agua contenida en el suelo, las plantas, ciertos materiales higroscópicos expuestos al sol. Para la agrometeorología es importante la medición de la evaporación que se produce en el suelo y la superficie de las hojas de los vegetales (fenómeno que se conoce como transpiración) ya que representa la cantidad de agua que es devuelta por la fitósfera hacia la atmósfera. La unidad de evaporación en el sistema CGS es gramos de agua por cm² de superficie pero se aconseja expresarla en milímetros puesto que ello facilita la comparación con las mediciones pluviométricas y de necesidades de agua de las plantas. Para la medición de la evaporación se utiliza un instrumento llamado '**tanque de evaporación**' o 'vasija de evaporación'. El mismo consta de un recipiente

estanco de forma circular y abierto en su parte superior. La superficie horizontal oscila entre 0,2 m² y 20 m² y su altura entre 0,25 m y 2 m. Algunos recipientes están hundidos en el terreno mientras que otros se colocan sobre el mismo. Actualmente, las dimensiones y emplazamiento de las vasijas de evaporación se ha estandarizado para lograr resultados comparables de las mediciones. Es aconsejable utilizar la 'vasija de evaporación clase A' (Figura 21) que tiene un diámetro de 120,7cm y 25 cm de profundidad. Esta vasija se monta sobre una plataforma de madera de manera que la vasija quede a una altura de 15 cm sobre el suelo. La vasija se llena con agua hasta un nivel de 5 cm del borde superior. La lectura del nivel de agua se realiza con una reglilla vernier en una zona especialmente diseñada para evitar el movimiento de la superficie del agua (Figura 22). Se observa la altura (en milímetros) del nivel de agua que ha descendido respecto de la lectura del día anterior y luego se vuelve a completar hasta el nivel de referencia para la próxima lectura del día siguiente utilizando un sistema de enrase de nivel. Además de este instrumento se utiliza un pluviómetro destinado especialmente para medir la cantidad de agua que precipita a la altura del tanque con el fin de contrarrestar la lectura de la evaporación cuando se ha producido una precipitación durante ese día. Después de una lluvia intensa habrá que sacar agua para que el nivel vuelva a coincidir con el punto fijo.

F21. Vasija de evaporación clase A tanque.



F 22. Lectura y enrase de nivel de tanque.



Si la vasija de ha desbordado o vientos fuertes han desparramado el agua fuera de la vasija, habrá que prescindir de la lectura correspondiente a ese día y el nivel de agua ha de llevarse al nivel correcto de 5 cm por debajo del borde superior. Otros instrumentos complementarios para corregir las mediciones realizadas en el tanque de evaporación son un termómetro para medir la temperatura de la superficie del agua (Figura 23) y un anemómetro totalizador para registrar el valor de velocidad media del viento entre las lecturas diarias (Figura 24).



F23. Termómetro de temperatura de tanque.



Figura 24. Tanque y anemómetro totalizador

5. ESTACIONES METEOROLÓGICAS Y AGROMETEOROLÓGICAS.

La evaluación de los recursos naturales depende en gran medida de la disponibilidad de datos climáticos. Tales datos constituyen un elemento indispensable para la determinación de las necesidades de agua de los cultivos, determinación de riesgos y adversidades meteorológicas para proyectar y adecuar medidas de protección, programación de fechas de siembra, variedades de cultivos adecuadas a la región de estudio, prácticas conservacionistas, etc.

En su reunión de Roma en 1972 la Food Agriculture Organization of the United Nation (FAO) sentó los requisitos mínimos para la selección, instalación y funcionamiento de las estaciones agrometeorológicas y sugirió las normas del instrumental y métodos de observación de las variables meteorológicas siguiendo además los lineamientos de la OMM (Organización Meteorológica Mundial) en lo referente a las estaciones meteorológicas convencionales. En lo que respecta al emplazamiento de las estaciones meteorológicas y agrometeorológicas los requisitos indispensables para que sus observaciones sean útiles son:

- El emplazamiento debe ser representativo de las condiciones en las que se crecen y desarrollan los cultivos.
- Cada instrumento debe proporcionar una medida segura de la variable meteorológica, los instrumentos deben ser resistentes y de fácil mantenimiento.
- Los observadores deben estar instruidos en las técnicas de observación e instrumental.

La diferencia entre estaciones meteorológicas y agrometeorológicas es que estas últimas tienen sensores adicionales para la medición de algunas variables de interés agrícola. Algunos de estos sensores son: temperatura y humedad de suelo a tres niveles, pluviógrafos para registra la intensidad de las precipitaciones, sensores de ocurrencia de rocío y duración de la misma, entre otros.

5.1 Selección del emplazamiento: Para evaluar la influencia meteorológica sobre las plantas, el sitio donde se ubica la estación debe ser plenamente representativo de las condiciones de cultivo-suelo-atmósfera y de la zona en la cual han de utilizarse los datos. El sitio debería representar el clima de un área tan extensa como sea posible por lo que han de evitarse lugares que presenten diferencias climáticas bruscas como zonas urbanizadas por ejemplo, salvo en los casos en que sea necesario obtener datos de estos lugares para

compararlos con sitios rurales donde serán instaladas estaciones adicionales a la principal.

El emplazamiento debe estar en un terreno llano, libre de obstáculos como grandes árboles. Como regla general se establece que la distancia mínima desde la estación al objeto más alto debe ser de 4 veces la altura de dicho objeto. Conviene evitar las depresiones puesto que en ellas la temperatura suele ser más elevada durante el día y más baja durante la noche respecto de la zona plana. El suelo de la estación y de la zona circundante debe estar cubierto de césped resistente a la sequía y de crecimiento lento. Deben evitarse zonas con afloramiento de rocas, piedras o superficies cubiertas de grava. El emplazamiento propiamente dicho de la estación debe tener como mínimo un área de 10 metros por 10 metros y estar situado en un espacio cubierto del mismo césped de 50 metros por 50 metros. La estación debe estar protegida por una cerca de tela metálica de 1,20 metros de altura como se muestra en la Figura 25.

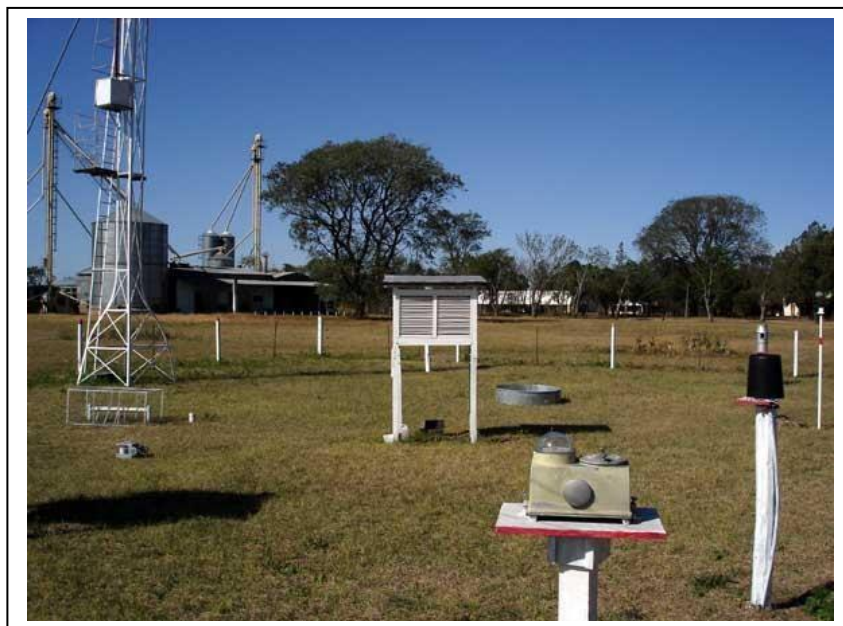


Figura 25. Emplazamiento de una estación meteorológica.

5.2 Instrumental: El instrumental meteorológico debe ser calibrado y los sensores deben ser estandarizados según las normas de la OMM. Para la medición de las variables de temperatura del aire y humedad es necesario proteger los instrumentos de la radiación solar directa y del viento. Con este fin se debe acondicionar un 'abrigo meteorológico' (Figura 26) que consta de una casilla de madera dura con puertas y cerraduras para que en su interior sea colocado el instrumental. Sus 4 caras laterales las forman persianas especiales dobles para que el instrumental esté ventilado y el techo está formado por tablas separadas. El abrigo debe ser pintado de color blanco brillante para impedir el recalentamiento por absorción de rayos solares. El abrigo debe instalarse con las puertas orientadas hacia el sur y tratando que los bulbos de los termómetros estén emplazados a una altura de 1,5 metros sobre el terreno. En el interior de esta casilla va colocado el siguiente instrumental: Soporte psicrométrico con sus dos termómetros (seco y húmedo) que forman el psicrómetro de *August*. Termómetro de máxima, termómetro de mínima,

termógrafo e higrógrafo. También se guardará el frasco de tinta para los registradores y el agua destilada para el termómetro de bulbo húmedo. Detrás de los instrumentos se guardará también la probeta del pluviómetro.



Figura 26. Abrigo meteorológico e instrumental en su interior.

En la estación no debe instalarse ningún instrumento registrador sin que simultáneamente sea instalado un instrumento de lectura directa para la observación del mismo elemento ya que el instrumento de lectura directa servirá para verificar diariamente al registrador.

La disposición general del instrumental en la estación está normalizada. El principal requisito es que la disposición de los instrumentos no afecten la medida de otros instrumentos como ocurriría si el abrigo influyese en la recolección de la precipitación del pluviómetro o la sombra de los postes que sostiene la malla del perímetro diera en el registrador de insolación. En la Figura 27 puede verse la disposición del instrumental en la estación.

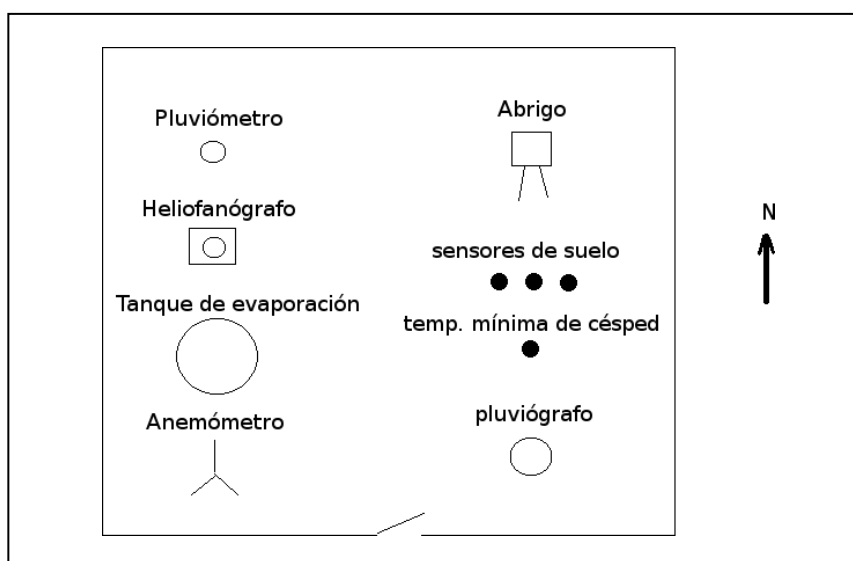


Figura 27. Disposición estandarizada del instrumental en una estación agrometeorológica.

6. TRATAMIENTO, INTERPRETACIÓN Y UTILIZACIÓN DE LOS DATOS. Una vez adquiridos los datos meteorológicos es necesario realizar una verificación de homogeneidad y consistencia de los mismos para cerciorarse de que son fiables y representativos. En este tratamiento de verificación están implicados los errores de instrumental que pueden haber ocurrido por una falta de calibración periódica y que excedan los umbrales de tolerancia permitidos. También pueden haber ocurrido errores en la observación, el volcado del dato en la planilla o una mala exposición del instrumento para registrar adecuadamente la variable. Para este tipo de verificación de los registros se recurre a métodos estadísticos que permiten consistir los datos, es decir, validarlos como datos correctos e individualizar los datos 'dudosos' para un análisis más riguroso del mismo que generalmente deberá ser realizado con información adicional, como por ejemplo la ocurrencia de un fenómeno meteorológico severo, cambio de personal de la estación, cambio de lugar de algún instrumental o alguna otra contingencia ocurrida ese día. Luego de este análisis, el dato 'dudoso' puede considerarse como válido o rechazarse de la serie de datos observados. Seguidamente se procederá a exponer algunos de los métodos de validación de datos más sencillos quedando para la lectura de la bibliografía específica el análisis detallado de estos métodos (Spiegel, 1987, 1992, 1997; Walpole y Miers, 2000; Toranzos, 1982).

Los métodos de tratamiento y validación de datos meteorológicos son referidos a cada variable ya que la variabilidad normal de cada una de ellas difiere de las demás.

6.1 Temperatura del aire: Los datos de temperatura del aire obtenidos de una estación son:

- Valor instantáneo al momento de la observación. (T)
- Temperatura máxima del día. (T_{máx})
- Temperatura mínima del día. (T_{mín})

Según la cantidad de observaciones diarias –o del período de interés– se calcula la temperatura media realizando la suma de todos los valores observados y se divide por el número de observaciones.

Si se utilizan los datos del registro del termógrafo se suman las temperaturas de las 6 hs, las 9 hs, las 12 hs, las 15 hs y las 18 hs y se las divide por 5 para obtener la temperatura media del día solar. Análogamente, la temperatura media nocturna se calcula promediando las temperaturas de las 18 hs, 21 hs, 24 hs, 03 hs y 06 hs.

La temperatura media diaria (T_{md}) se puede estimar –en el caso que sólo se disponga de T_{máx} y T_{mín}– como la semisuma entre T_{máx} y T_{mín}. La amplitud térmica diaria (ΔT_d) se calcula como la semidiferencia entre ambas:

$$T_{md} = \frac{T_{máx} + T_{mín}}{2}$$

$$\Delta T_d = T_{máx} - T_{mín}$$

Los valores medios correspondientes a un cierto período, por ejemplo un mes, pueden calcularse a partir de los datos registrados utilizando:

$$Tm_m = \frac{1}{n} \sum Tm_d$$

donde *n* es el número de días

La temperatura media anual se calcula considerando los valores medios diarios de todo el año:

$$Tm_a = \frac{1}{n} \sum Tm_d$$

Donde n puede ser 365 o 366 según si el año es normal o bisiesto.

Puede tomarse un valor mejorado de la temperatura media diaria promediando datos de todos los valores de temperatura instantánea tomados durante el día. Esto requiere tomar observaciones más frecuentes.

Para probar la homogeneidad estadística de los datos puede aplicarse el método de *caja y extensión* para individualizar los datos dudosos y la prueba *t de student* para averiguar si existe heterogeneidad significativa. Una vez obtenidos estos valores pueden realizarse gráficas de las variaciones de la temperatura en diferentes períodos de tiempo para un análisis posterior acerca de las causas de las variaciones.

Pueden graficarse las marchas diaria, mensual y anual de las temperaturas. Para graficar la marcha diaria de la temperatura se requieren datos horarios para obtener un detalle de la variación a lo largo del día. Estos datos horarios pueden obtenerse realizando lecturas horarias o a partir de datos de estaciones automáticas. Un ejemplo de gráfico de marcha diaria de la temperatura es el que se muestra en la Figura 28.

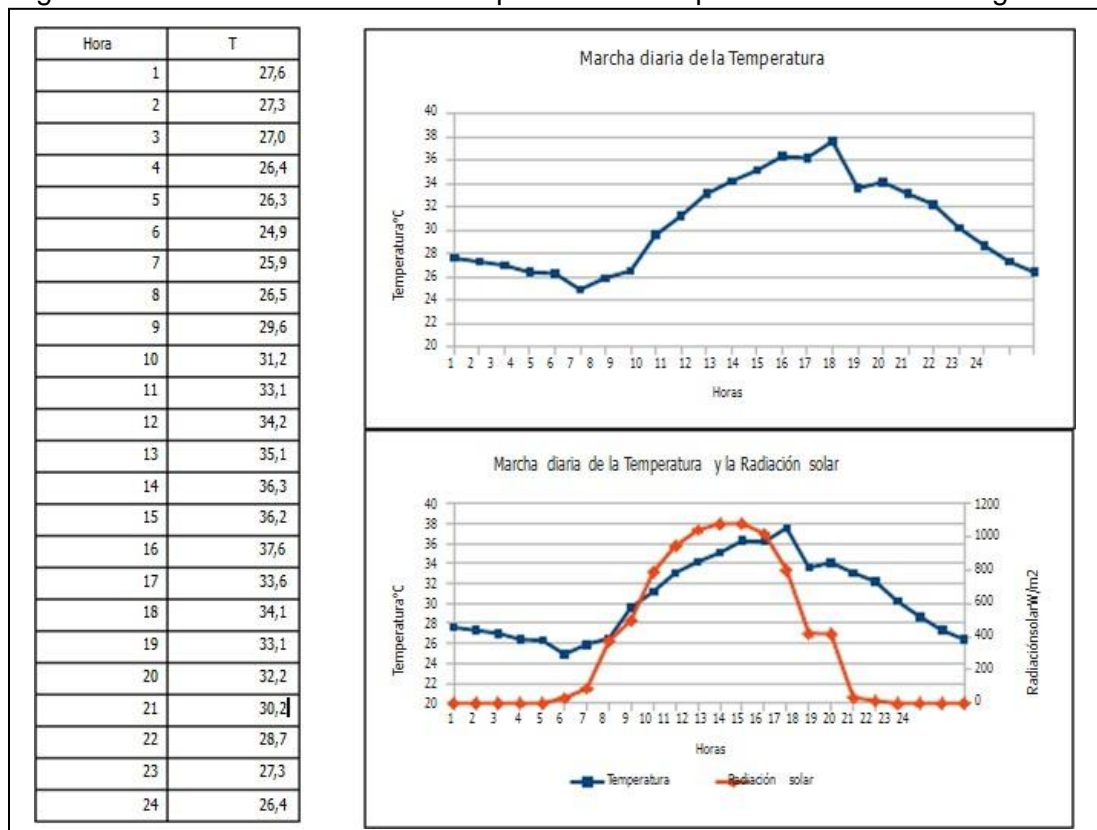


Figura 28. Tabla de datos horarios y marcha diaria de la temperatura (superior).
Marcha diaria de la temperatura y la radiación solar (inferior).

En el ejemplo de la Tabla se observa que la temperatura mínima ocurre a las 6:00 hs y la máxima a las 16:00 hs (en el gráfico la máxima se presenta a las 18 hs). Este comportamiento se debe a que, en general, en condiciones de buen

tiempo sin la ocurrencia de fenómenos meteorológicos significativos durante el día, la temperatura mínima ocurre próxima a la salida del sol en el horizonte (en este ejemplo 5:30 hs) mientras que la temperatura máxima unas horas después del mediodía solar (13:00 hs). Este comportamiento es debido al movimiento de rotación de la tierra y puede observarse si se representa en el mismo gráfico la cantidad de radiación recibida utilizando los datos medidos por el solarímetro (Figura 28).

La marcha mensual de la temperatura media diaria se muestra en la Figura 29.

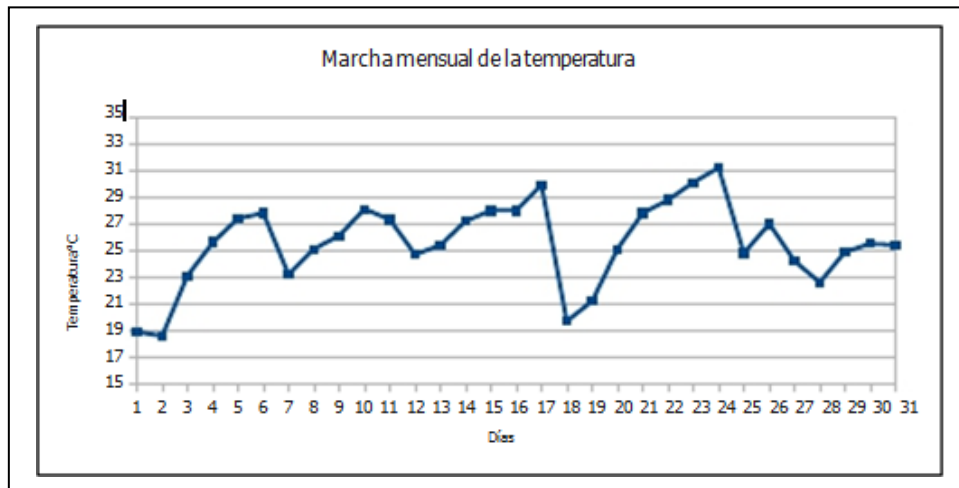


Figura 29. Marcha mensual de la temperatura

Se observa que la variación no responde a una oscilación periódica, como en la marcha diaria. En este caso, las variaciones pueden estar relacionadas a irrupciones de aire frío o cálido alternativamente que no presentan un patrón definido.

La marcha anual de la temperatura media mensual se presenta en la Figura 30.

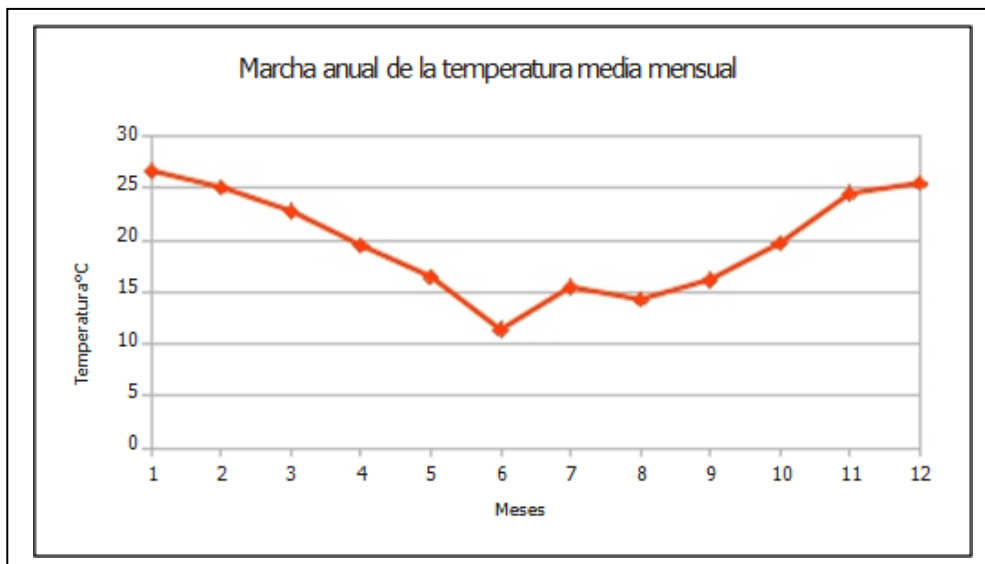


Figura 30. Marcha anual de la temperatura media mensual.

En este caso, vuelve a percibirse una onda termal casi sinusoidal y se debe al movimiento de traslación de la tierra definiendo las estaciones del año.

Además de la marcha de temperatura pueden graficarse también perfiles de temperatura. Un perfil es una representación gráfica de la variable, representada en el eje de abscisas, y la altura o profundidad en el eje de ordenadas para un instante de tiempo. Para el caso de la temperatura interesa conocer su variación con la altura (perfil) en distintos momentos del día, en particular los que ocurren a la hora de la mínima temperatura y a la hora de la máxima temperatura. Se realizan mediciones a diferentes alturas con termómetros (digitales) que tengan la capacidad de almacenar los datos en memoria. También es muy importante obtener los perfiles de temperatura del suelo con los geotermómetros. La Figura 31 muestra un ejemplo de perfiles de temperatura a las 13:00 hs, 18:00 hs y 1:00 hs.

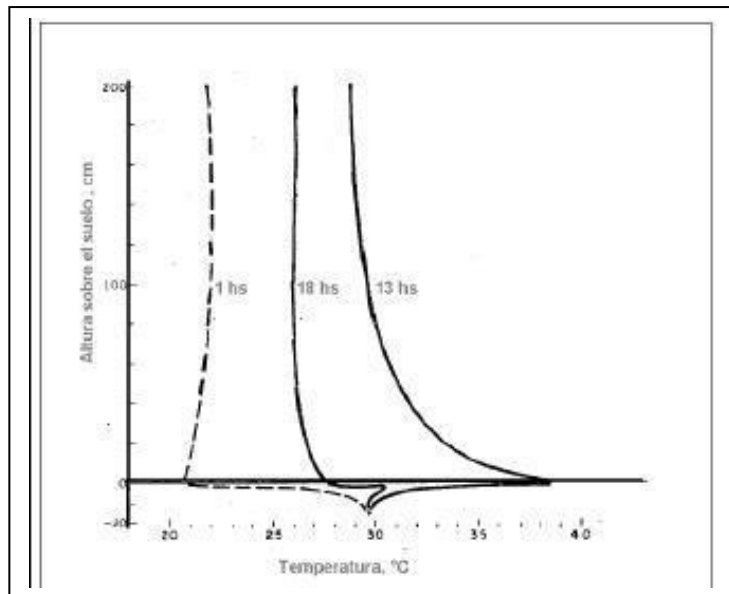


Figura 31. Perfiles de temperatura en el aire y en el suelo a las 13:00 hs, 18:00 hs y 1:00 hs.

Además de la temperatura media, es interesante y útil conocer la temperatura máxima media mensual y mínima media mensual y la máxima y mínima absoluta. La **temperatura máxima media mensual** se obtiene promediando las $T_{máx}$ de todos los días del mes mientras que para la **temperatura mínima media mensual** se calcula el promedio de las $T_{mín}$ diarias de ese mes.

$$T_{máx\ m} = \frac{\sum T_{máx}}{n}$$

$$T_{mín\ m} = \frac{\sum T_{mín}}{n}$$

Donde n es el número de días del mes considerado.

6.2 Humedad del aire: La humedad del aire debe medirse dos o más veces por día. Puede expresarse como humedad relativa (HR%) o como Déficit de saturación ($e_s - e$) en (hPa). Esta última es la diferencia entre la presión del vapor de agua cuando el aire está saturado (e_s) del mismo (al 100% de humedad relativa) y la presión del vapor de agua en las condiciones actuales

(e) de la observación. La temperatura de punto de rocío (T_r) en °C que es la temperatura a la cual se debe enfriar el aire para lograr la saturación con el vapor de agua presente y la temperatura de bulbo húmedo (T_h) se utilizan

indistintamente con la temperatura del termómetros seco (T) para calcular la humedad del aire

Si se realizan n observaciones diarias puede calcularse la humedad relativa media diaria (HRd) usando:

$$HR\ d = \frac{1}{n} (\sum HR_i)$$

Mientras que si se realizan, dos observaciones por día el cálculo será:

$$HR\ d = \frac{HR\ 1 + HR\ 2}{2}$$

cuando se utilicen los datos proporcionados del higrógrafo se puede utilizar el valor máximo y mínimo registrado para estimarla humedad relativa media diaria:

$$HR\ d = \frac{HR\ máx + HR\ mín}{2}$$

Para el cálculo de la humedad relativa media mensual se utilizan los valores medios diarios calculados anteriormente:

$$HR\ m = \frac{\sum HR\ d}{n}$$

donde n es el número de días del mes considerado.

Para corroborar la homogeneidad de los datos se utilizan herramientas estadísticas similares a las mencionadas para la temperatura.

6.3 Viento: La velocidad del viento varía con la altura respecto del terreno. En las estaciones meteorológicas el viento es medido a 10 metros sobre el suelo pero para aplicaciones agrícolas debe medirse a 2 metros y expresarse en Km/hs.

El viento interviene directamente en el ritmo de evaporación del suelo y transpiración de las plantas, remoción de CO₂, dispersión de polen, polvo, esporas, además, es necesario para el cálculo de energía eólica con el fin de utilizar este recurso para la generación de electricidad o para bombeo de agua. Es importante obtener su valor medio diario, mensual y anual. Para esto pueden aplicarse las mismas fórmulas que para la temperatura y humedad relativa.

En lo referente a la dirección del viento, el tratamiento de los datos se realiza utilizando la rosa de vientos. En ella puede graficarse para cada mes las frecuencias por dirección que son muy utilizadas para conocer de donde proviene el viento, cual es más frecuente (viento predominante) y cuál es la variabilidad del viento en la dirección. Esto es útil para interpretar las características de la vegetación ya que las masas de aire son transportadas por el viento y ellas pueden ser cálidas o frías, húmedas o secas con el consecuente impacto en el suelo y las plantas. También es primordial en la navegación aérea y marítima. Para graficar la rosa de vientos con las frecuencias por dirección se toma los registros diarios de velocidad y dirección del viento como pares ordenados y se calcula la velocidad media del viento por dirección. Se obtiene así una tabla como la siguiente:

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SS	SO	OS	O	ONO	NO	NN
Vm	3,06	1,76	1,44	---	---	4,00	3,24	---	---	---	---	1,44	1,76	2,74	---	1,44

Se calculan las frecuencias por dirección, es decir las veces en las que el viento proviene de una dirección y la frecuencia de calmas (sin viento):

Dir	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSO	SO	OSO	O	ONO	NO	NNO
f _{abs}	17	20	3	---	---	29	4	---	---	---	---	10	13	7	---	2

Frecuencia de calmas = 19

Frecuencia de calmas en porcentaje = 15 %

Se calculan las frecuencias relativas porcentuales (%) y se grafican en la rosa de vientos. Al centro se indica el porcentaje de calmas mientras que las barras señalan la frecuencia por dirección según la escala marcada.

De esta forma se observa rápidamente cuales son las direcciones dominantes desde donde sopla el viento.

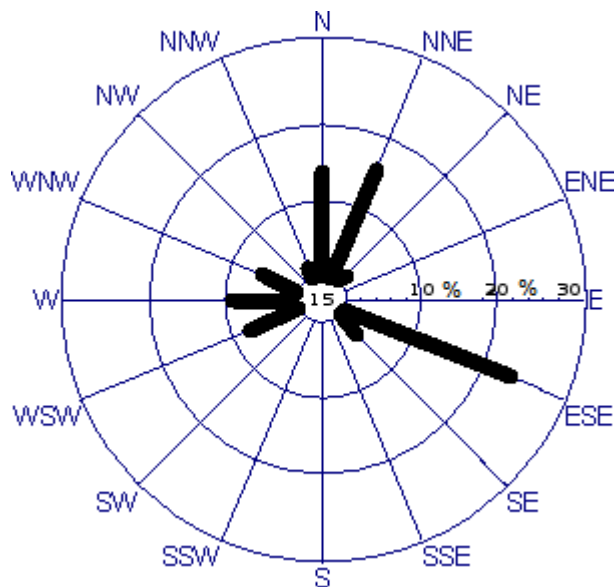


Figura 32. Rosa de vientos.

6.4 Precipitación: La variable meteorológica que presenta mayor variabilidades la precipitación. Los datos son obtenidos de los registros del pluviómetro que es observado una vez por día. Para el cálculo de la precipitación mensual se acumula la precipitación registrada para todos los días del mes y se acompaña este valor con la frecuencia de días en que se produjo la misma. De esta forma, la precipitación no se promedia como las variables anteriores. De la misma manera, la precipitación anual es la suma de las precipitaciones diarias de todos los días del año. Un ejemplo de registro de precipitaciones para el año 2008 en la localidad de Diamante –Entre Ríos - es el que se observa en la siguiente tabla:

PRECIPITATION (mm)								
YR	MO	TOTAL	DEP. FROM NORM	MAX OBS. DAY	DATE	DAYS OF RAIN OVER		
						.2	2	20
08	1	28.2	0.0	10.4	26	7	6	0
08	2	107.7	0.0	26.7	28	11	8	2
08	3	55.4	0.0	25.7	27	12	5	1
08	4	51.1	0.0	29.7	28	5	4	1
08	5	3.0	0.0	2.8	1	2	1	0
08	6	6.6	0.0	1.8	9	11	0	0
08	7	20.1	0.0	16.8	7	9	1	0
08	8	0.5	0.0	0.3	15	2	0	0
08	9	28.2	0.0	26.9	29	2	1	1
08	10	137.9	0.0	59.9	12	10	7	3
08	11	128.8	0.0	46.2	28	8	5	3
08	12	30.0	0.0	8.6	21	8	5	0
		597.4	0.0	59.9	OCT	87	43	11

Puede observarse que en la tabla, además del total mensual (TOTAL), se ha incluido el día del mes en el que se registró el valor máximo (DATE) y su valor (MAX. OBS. DAY). Además se presentan tres columnas al final de la tabla con la cantidad de días del mes (frecuencias) en los que se registró una precipitación mayor a 0,2mm; 2 mm y 20 mm respectivamente. Al final de la tabla, separados por una línea punteada se muestran los totales anuales (597,4 mm), el valor más alto de precipitación registrado en un día (59,9 mm, el 26 de octubre) y las frecuencias acumuladas (87 días con precipitación mayor a 0,2 mm; 43 días con precipitación mayor a 2 mm y 11 días con precipitación mayor a 20 mm). Cabe acotar que el año 2008 particularmente fue un año seco, es decir, la precipitación fue muy inferior al valor normal para la zona que ronda en los 1000 mm. También se observará la frecuencia de días con ocurrencia de granizo, niebla y tormentas.

7. ESTADÍSTICAS DE DATOS METEOROLÓGICOS.

Las estadísticas meteorológicas son de fundamental importancia para el estudio y la planificación de las actividades agropecuarias. A partir de una adecuada interpretación de las mismas se realiza una planificación a largo plazo de las actividades destinadas a la producción de granos de forma extensiva. Los registros meteorológicos correspondientes a períodos cortos (menos de 30 años) pueden no ser representativos del clima de la zona, sobre todo cuando las variables meteorológicas tales como la lluvia posean una alta variabilidad espacio-temporal. Tanto el Servicio Meteorológico Nacional como el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria están avocados a la tarea de registrar, analizar e interpretar y dictar recomendaciones referidas a las diversas actividades que son fuertemente influenciadas por las condiciones meteorológicas. Estas entidades oficiales publican periódicamente estadísticas meteorológicas en forma de tablas con los registros observados y variables derivadas de tales observaciones.

Con el objeto de comprender el comportamiento de las variables meteorológicas en una región para realizar una programación de actividades a largo plazo, es conveniente calcular valores que tengan validez climática de tales variables, es decir, que sean representativos de un período prolongado de tiempo. Estos son los valores medios y desvíos estándar calculados a partir de una serie larga de registros (por lo menos de 30 años) que se conocen como '*valores normales*'.

Algunos de estos valores son los siguientes:

7.1 Temperatura:

- Temperatura media anual normal:

$$Tm_{aN} = \frac{1}{n} \sum Tm_a \quad \text{con } n \text{ número de años } (n \geq 30).$$

- Temperatura media mensual normal:

$$Tm_{mN} = \frac{1}{n} \sum Tm_m \quad \text{con } n \text{ número de años } (n \geq 30) \text{ y el subíndice } m \text{ es el mes considerado.}$$

- Temperatura media normal del mes más cálido: Es el caso particular de Tm_m para Enero.

$$Tm_{EneN} = \frac{1}{n} \sum Tm_{Ene} \quad \text{con } n \text{ número de años } (n \geq 30).$$

- Temperatura media normal del mes más frío: Es el caso particular de Tm_m para Julio.

$$Tm_{JulN} = \frac{1}{n} \sum Tm_{Jul} \quad \text{con } n \text{ número de años } (n \geq 30).$$

- Amplitud térmica anual normal: Es la diferencia entre la temperatura media del mes más cálido y la del mes más frío.

$$\Delta T_{aN} = Tm_{EneN} - Tm_{JulN}$$

- Temperatura máxima media del mes más cálido: Promedio de las Temperaturas máximas del mes de Enero.

$$Tmáx_{mEne} = \frac{1}{n} \sum Tmáx_{Ene} \quad \text{con } n \text{ número de años } (n \geq 30).$$

- Temperatura mínima media del mes más frío: Promedio de las Temperaturas mínimas del mes de Julio.

$$Tmín_{mJul} = \frac{1}{n} \sum Tmín_{Jul} \quad \text{con } n \text{ número de años } (n \geq 30).$$

- Temperatura máxima y mínima absolutas ocurridas en el período (igual o mayor a 30 años).

- Fecha media de ocurrencia de la primera helada: Fecha promedio en un período mayor o igual a 30 años en que la temperatura mínima diaria desciende por primera vez en el año por debajo de 0°C a nivel del suelo. (T0°C).

- Fecha media de ocurrencia de la última helada: Fecha promedio en un período mayor o igual a 30 años en que la temperatura mínima diaria desciende por última vez en el año por debajo de 0°C a nivel del suelo. (T0°C).

- Período libre de heladas: Está comprendido entre las fechas promedio de la primera y última helada del año.

7.2 Humedad del aire:

- Humedad media anual normal.

- Humedad media mensual normal.

7.3 Viento:

- Velocidad media anual normal y dirección prevalente.

- Velocidad media mensual normal y dirección prevalente.

- Velocidad máxima mensual normal y dirección.

-Velocidad máxima absoluta.

7.4 Precipitación:

- Lluvia anual normal.
- Lluvia mensual normal.
- Frecuencia media de días con lluvia mayor a 0,2 mm.
- Frecuencia media de días con lluvia mayor a 2,0 mm.
- Frecuencia media de días con lluvia mayor a 20,0 mm.
- Frecuencia media de días con granizo.
- Frecuencia media de días con niebla.
- Frecuencia media de días con tormenta.

7.5 Presión atmosférica:

- Presión atmosférica anual normal.
- Presión atmosférica mensual normal.

Bibliografía:

- GARABATOS: Tomo 2. Capítulo III.
- LOMAS: Capítulo 3.
- NORERO. Capítulo IV.
- DEFINA Y RAVELO Capitulo VIII pág 85 – 91
- ATLAS DE SUELO.
- ATLAS CLIMÁTICO DE LA R.A.
- INFORME CLIMÁTICO DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS.
- DOORENBOS Capitulo 2.