



Facultad de
Ciencias Agrarias
y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

TECNICATURA UNIVERSITARIA EN AGROECOLOGÍA

Agroclimatología y Agrometeorología

TEMPERATURA

Temperatura del suelo Temperatura del aire

Bibliografía

Castillo, F.E.; Castellvi Sentis, F. 1996. Temperatura. En: Agrometeorología. Pp. 185-206. Ediciones Mundi-Prensa.

De Fina, A.L.; Ravelo, A.C. 1975. Climatología y Fenología Agrícolas. Pp. 33-68. EUDEBA. 2º Ed.

Murphy, G.M.; Hurtado, R.H. (eds.). 2011. Temperatura del suelo y el aire. En: Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía. UBA. Pp: 47-55.

TEMPERATURA DEL SUELO

El suelo con su capacidad de absorber la radiación solar, transformándola en energía calórica constituye la puerta de entrada de la energía que mueve el mecanismo de los procesos meteorológicos. El aire, cuyo poder de absorción es muy pequeño, no se calienta por sí mismo, sino gracias al calor que le cede el suelo convirtiéndose éste en un factor muy importante desde el punto de vista meteorológico.

Desde el punto de vista agrícola la temperatura del suelo es de considerable importancia. El suelo constituye el ambiente en que comienza el desarrollo de las plantas. Antes que las condiciones atmosféricas comiencen a actuar sobre el desarrollo de un vegetal, éste ya ha estado bajo la influencia de las condiciones ambientales del suelo, y así seguirá a lo largo de toda su vida. El crecimiento y desarrollo de las plantas transcurre normalmente dentro de determinados límites. El proceso de germinación depende de la temperatura del suelo, más que la del aire. La temperatura de germinación además es variable según las especies. Así la temperatura mínima a 5 cm es de 10 °C para la alfalfa, 16 °C para el maíz y de 22 °C para el algodón. Por otra parte, la absorción de nutrientes, siempre y cuando haya humedad adecuada en el suelo, depende en gran medida de la temperatura del suelo. La actividad de determinados microorganismos del suelo depende también de la temperatura edáfica. Los fijadores de nitrógeno que ven disminuida su actividad por debajo de los 10 °C y aumenta con el consiguiente aumento de la temperatura, hasta determinados límites.

Bajo la influencia alternada de los balances de radiación diurna (positiva) y nocturna (negativa), el suelo presenta una variación diaria de la temperatura, cuya amplitud suele ser mayor que la temperatura del aire. Existe también una variación de la marcha anual de la temperatura del suelo, que se debe a los procesos de calentamiento y enfriamiento que se producen a lo largo de las estaciones del año.

Si se observa la marcha diaria de la temperatura en superficie se constata que normalmente el mínimo de la temperatura se produce en el momento de la salida del sol y la máxima alrededor de las 14 horas. En el caso de la marcha anual, la máxima tiene lugar un poco después del solsticio del verano y la mínima un poco después del invierno. Si se observa la marcha de la temperatura del suelo no en la superficie, sino a cierta profundidad, se constata que la amplitud de las variaciones diurnas o anuales (diferencia entre las temperaturas más altas y más bajas), disminuye muy rápidamente a medida que aumenta la profundidad y al mismo tiempo, el momento de ocurrencia de las máximas y mínimas se retrasa cada vez más. A cierta profundidad, la amplitud térmica se hace despreciable. Esa profundidad se denomina **cota isotérmica**, y para las condiciones locales se encuentra aproximadamente a 60 cm para valores diarios y 10 m, considerando la marcha anual.

El movimiento del calor en el suelo se produce de las capas más calientes a las más frías, casi en un 95%, por conducción molecular (forma típica de transmisión de calor en los sólidos), muy poco o casi nada por convección (aire) y procesos de cambios de estado del agua en el suelo.

La capacidad de un suelo para absorber energía, y por lo tanto modificar su temperatura depende de factores externos como la radiación solar y de la forma en que incidan el resto de los elementos del tiempo y el clima. También depende de factores internos, como la composición del suelo, dado que la transmisión del calor dependerá de los minerales presentes y la cantidad de agua o aire. El color del suelo, así como su cobertura, determinará el albedo, incidiendo sobre la temperatura; así como la topografía o exposición.

Un suelo más seco (mayor contenido de aire en su sistema poroso), será más fácil de calentar que un suelo húmedo, debido a mayor calor específico del agua¹. Así, cuando un suelo incorpora agua, se necesita más calor para obtener el mismo aumento de temperatura que en un suelo seco. Sin embargo, un suelo húmedo transmitirá mejor el calor en profundidad, dado que el agua posee mucho mayor poder de conducción calórica que el aire (mayor conductibilidad térmica). Así, regando un suelo, se consigue mejorar la conductibilidad de un suelo y se facilita la penetración del calor a la profundidad. Este hecho es de gran importancia en la lucha contra heladas. En este caso, el manejo del suelo consistirá en aumentar la conductividad térmica manteniéndolo moderadamente húmedo y compacto (mediante pasaje de rodillos) para minimizar la cantidad de aire.

¹ Calor específico (Ce): cantidad de calor que hay que suministrar a una unidad de sustancia para elevar su temperatura en una unidad (1 °C), expresándose en cal.g⁻¹.°C⁻¹. Ce del agua: 1 cal.g⁻¹.°C⁻¹. Ce del aire: 0,24 cal.g⁻¹.°C⁻¹

Considerando la buena conductibilidad térmica del agua en combinación con su calor específico, cuando un suelo seco comienza a ser humedecido, el agua incorporada comienza al principio a aumentar la capacidad de conducción del suelo, pero cuando la cantidad de agua incorporada ha superado un determinado nivel para cada tipo de suelo, el agua comienza a actuar en sentido inverso, dificultando el calentamiento del suelo por el valor de su Ce.

La materia orgánica aporta al suelo mayor porosidad y gran capacidad de retención de agua, por lo que los suelos con mucha materia orgánica, que han absorbido mucha agua, se comportan como relativamente fríos.

TEMPERATURA DEL AIRE

La temperatura del aire es una medida indirecta de la disponibilidad calórica del ambiente atmosférico. Según como se la considere puede actuar sobre el crecimiento y sobre el desarrollo.

Sobre el crecimiento, la temperatura actúa según sus valores absolutos, estando relacionadas la acción con las llamadas **temperaturas cardinales** (Figura 1):

Temperatura óptima: intervalo de valores térmicos más favorables para el crecimiento y desarrollo de un cultivo.

Temperatura vital o umbral: temperatura por encima o por debajo de la cual el crecimiento o desarrollo del vegetal comienza a presentar cambios y modificaciones. Así, se define una temperatura vital o umbral máxima o mínima, respectivamente.

Temperatura letal: temperatura que se encuentran por debajo o por encima de las respectivas temperaturas que una planta puede tolerar, pudiendo producirse en los tejidos vegetales desde daños menores hasta la muerte. Así, se define una temperatura letal máxima o mínima, respectivamente.

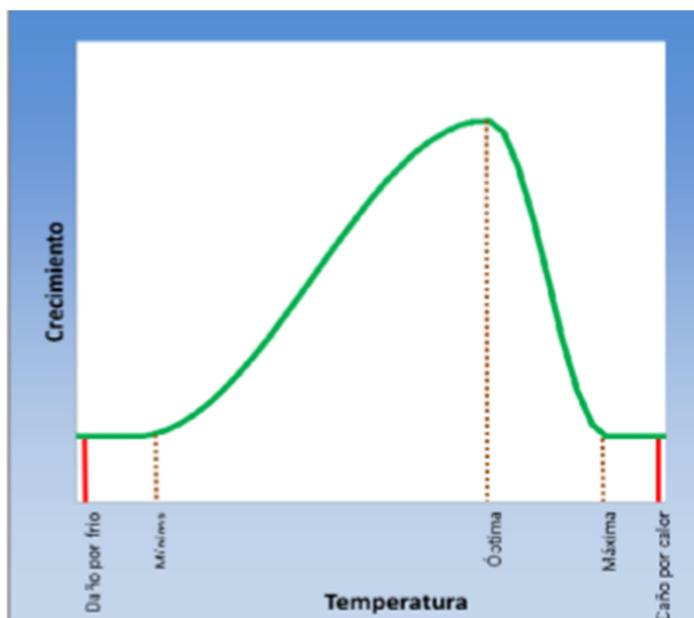
El efecto perjudicial de las altas temperaturas puede producir quemaduras, aceleración de la maduración resultando en frutos con bajo contenido de azúcar, caída de flores por problemas de fecundación. Generalmente, los daños por altas temperaturas se conjugan con condiciones de alta irradiación, vientos secos, deficiente humedad edáfica y del aire.

Las bajas temperaturas pueden producir problemas por enfriamiento, en cultivos exigentes en temperatura, aun cuando esta no descienda de 0 °C o por congelamiento.

Acción de la temperatura sobre el desarrollo

Sobre los procesos del desarrollo la temperatura ejerce su acción por un efecto por:

1. Acción positiva de las temperaturas en aumento
2. Acción positiva de las bajas temperaturas
3. Acción por su variación diaria y anual (termoperiodismo)



Fuente de la imagen: Horticulture/HighTunnels/2010-04sppr.
Disponible en:

https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2056&context=extension_curall

Figura 1. Relación entre la temperatura y el crecimiento (temperaturas cardinales)

Acción positiva de las temperaturas en aumento

Las plantas, para completar su ciclo vegetativo, deben acumular cierta cantidad de temperatura, que representan la demanda energética necesaria para avanzar a la próxima etapa. Después de la germinación y en forma gradual, la temperatura del aire se vuelve de gran importancia para las etapas vegetativas y reproductivas. Una forma de considerar el efecto de las temperaturas sobre el desarrollo es a través de la **suma de temperaturas** o **suma de unidades calóricas**. Este índice se refiere a la cantidad de temperatura por encima de un determinado nivel, que una especie necesita acumular durante un subperíodo para alcanzar la fase reproductiva.

En ciertos cultivos como maíz, arveja, maní, girasol, entre otros, la duración de la etapa vegetativa puede definirse únicamente por la suma de temperaturas o unidades calóricas necesarias para completar el ciclo de cultivo. En cambio, en otras especies como la soja, el subperíodo nacimiento-floración es influenciado conjuntamente por la acumulación de temperaturas y el fotoperíodo.

La suma de temperaturas o suma de unidades calóricas puede calcularse de manera directa (método directo), sumando el valor de las temperaturas medias diarias mayores de 0 °C. Así, se determinó una suma térmica de 2000° C para el trigo o 3000°C para el maíz. Otra forma (método residual) consiste en restar a cada temperatura media diaria aquellas temperaturas por debajo de las cuales el vegetal no crece (cero vital, cero de crecimiento o temperatura base). En la mayor parte de los casos se usa la temperatura de 6 °C como cero útil. Sin embargo, se observó que el cero vital es variable según los cultivos.

Acción positiva de las bajas de las temperaturas

Las sumas de temperaturas (acción positiva) no pueden explicar correctamente el crecimiento y desarrollo de algunas especies que exigen estar sometidas durante un período de su ciclo a la acción de temperaturas relativamente bajas, es decir requieren un período de "enfriamiento". Es el caso de las especies perennes que pierden su actividad vegetativa durante el invierno (vegetales caducifolios) o de aquellos cereales de crecimiento invernal (cereales de invierno).

Las plantas perennes satisfacen su requerimiento en bajas temperaturas durante el período de descanso, período durante el que deben acumular una cantidad variable de **horas de frío**, según la especie y variedad (Tabla 1). Se llama **horas de frío** al número de horas en que la temperatura del aire permanece por debajo de 7 °C.

Tabla 1. Exigencia en horas de frío para diferentes especies criófilas

Especie	Horas de frío
Manzano	900 – 1000
Peral	800 – 900
Duraznero	+ 600
Ciruelo europeo	500 - 550
Ciruelo japonés	400 - 450
Damasco	300 - 350
Cerezo	200 – 300
Almendro	200 – 250

Cuando las horas de frío se producen en forma continua, sin alternancia de bajas y altas temperaturas, son más efectivas, dado que la alternancia de bajas y altas temperaturas puede hacer que las últimas anulen en cierto punto a las primeras. Las bajas temperaturas continuadas no son en absoluto perjudiciales para las plantas, así por ejemplo si en el manzano se superan las 1000 horas de frío esta circunstancia no implica ningún efecto nocivo para la planta.

Las horas de frío pueden conocerse en forma directa, a partir del registro y contabilización de la temperatura horaria o mediante distintos métodos de estimación.

Acción perjudicial de la falta de frío

- ✓ *Anomalías en la floración:* reducción de la energía de fase, atraso en la floración, segundas floraciones, falta de sincronía en la floración de plantas dioicas (falta de sincronismo de la floración masculina y femenina)
- ✓ *Anomalías en la brotación:* es común en años de temperaturas más elevadas observar ramitas de frutales criófilos, poco exigentes en frío, con una floración prematura con el desarrollo inclusive de pequeños frutitos, pero sin apertura de las yemas foliares, que producirán las hojas. Al no haber hojas que hagan fotosíntesis, se pierden las flores abiertas. Además, descensos térmicos producen el helamiento de los mismos.
- ✓ *Anomalías en la fructificación:* cuando los años no son suficientemente fríos, en las plantas se observan pocos frutos que, además, son de tamaño variado debido a que se han producido a través de una dilatada floración. A su vez hay una cantidad menor de frutos por la pérdida de yemas, determinando una producción pobre y desuniforme. Es posible efectuar una estimación de rendimiento de una planta exigente al frío en función de las temperaturas invernales que ha soportado.

Ciertas especies anuales también presentan un requerimiento de frío necesario para la inducción de la etapa reproductiva, denominado **vernalización**. A diferencia de lo que ocurre en plantas perennes, en especies anuales se produce cuando la planta presenta tejidos activos (no se encuentra en reposo). La alternancia de temperaturas puede producir la desvernalización, revirtiendo el efecto vernalizante de las bajas temperaturas.

Acción de la temperatura por su variación o amplitud: termoperiodismo

El **termoperiodismo** es la influencia que tiene la amplitud térmica anual, diaria o asincrónica sobre el crecimiento y desarrollo de los vegetales. El **termoperíodo** es la variación diaria o anual de temperatura.

El termoperiodismo diario considera la variación diaria de la temperatura, y juega un papel preponderante en el desarrollo, como se observa, por ejemplo, en tomate.

El termoperiodismo asincrónico es una variante del termoperiodismo diario, que se presenta en los climas que, como el de nuestro país, se caracterizan porque la temperatura del aire no muestra un crecimiento diario definido desde invierno a verano, o a la inversa, una disminución paulatina y constante de verano a invierno. Durante el año se produce una alternancia de periodos de altas y bajas temperaturas. Estas variaciones en la marcha térmica producen trastornos en las especies que tienen poca exigencia en frío y un bajo umbral de brotación o floración. El caso típico es el del almendro, que cuando se suceden periodos fríos satisface rápidamente su poca exigencia en frío, y luego, en los periodos cálidos posteriores comienza a brotar y a florecer. Estas flores y brotes no llegan a prosperar porque los descensos térmicos posteriores y heladas producen daños irreversibles.

En el termoperiodismo anual, la temperatura media anual sirve como límite para definir dos fases: termofase positiva, con días cuya temperatura media es mayor que la temperatura media anual y la termofase negativa, con días cuya temperatura media es menor que la media anual. Los cultivos pueden ubicarse en distintas fases de la variación anual de la temperatura, presentando (Figura 2):

- Tejidos activos a la temperatura en uno o más ciclos de la variación anual (plantas bianuales o perennes). Por ejemplo el manzano, porque aun cuando durante el invierno no tenga tejidos verdes expuestos a la temperatura, estos son activos, acumulando horas de frío. Los cítricos también poseen tejidos activos durante todo el ciclo de variación anual (Plantas termocíclicas).
- Tejidos activos a la temperatura en las dos fases de variación anual de la temperatura, sin llegar a completar ninguna de ellas. Por ejemplo, el trigo u otras especies invernales, que se siembran en otoño – invierno (en la fase negativa) y se cosecha en la fase positiva (Plantas paratemocíclicas).
- Tejidos activos a la temperatura en una sola fase de la variación anual de la temperatura. El maíz, la soja y el sorgo, por ejemplo, solamente tienen tejidos activos en la fase positiva de la variación anual

de la temperatura. Se siembran cuando la temperatura comienza a ascender en primavera y se cosecha cuando la temperatura ha descendido en otoño, sin llegar al invierno (Plantas atermocíclicas).

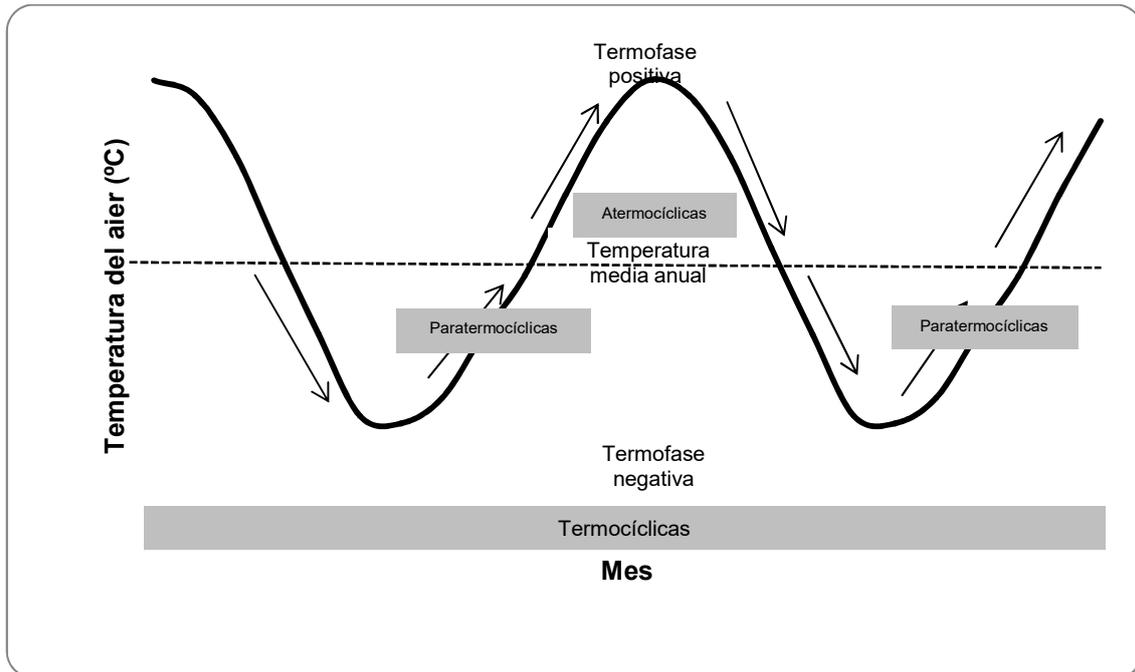


Figura 2. Variación anual de la amplitud térmica y clasificación de las plantas según su ubicación respecto a la variación anual de la temperatura

La temperatura también incide sobre el comportamiento de hongos, bacterias, virus e insectos. Con temperaturas más elevadas (con valores óptimos según el organismo) se aceleran las reacciones químicas, y por lo tanto, los procesos fisiológicos. Por ejemplo, los insectos tienen un ritmo de maduración que es una función lineal de la temperatura, dentro de ciertos rangos. La temperatura también determina un punto que define la "temperatura umbral" para el insecto, por debajo de la cual el mismo se encuentra en **diapausa** (reposo).

Aspectos climáticos de la temperatura del aire

La temperatura del aire está condicionada principalmente por el balance de radiación solar (radiación neta), si bien también está muy influenciada por la naturaleza de la superficie terrestre y muy particularmente, por las diferentes proporciones entre tierra y agua, altitud y vientos dominantes.

La atmósfera tiene muy poca capacidad de absorber la radiación solar (radiación de onda corta), siendo por medio de la superficie terrestre que recibe la mayor parte de la energía calórica (radiación de onda larga). La superficie terrestre actúa como vía de entrada de la energía que envía a las capas inferiores del suelo por conducción y hacia las capas de la atmósfera por procesos de conducción, radiación, advección y turbulencia (Figura 3).

Conducción: el aire posee muy baja conductividad calórica por lo que, si fuera el único proceso de transporte de energía, las variaciones diarias de la temperatura se registrarían solo hasta unos pocos centímetros de altura sobre el suelo.

Radiación: si bien la atmósfera no absorbe la radiación solar (de onda corta), si lo hace con la radiación terrestre (de onda larga) debido a dos de sus componentes: el vapor de agua y el dióxido de carbono.

Advección: transporte de calor por masas de aire que se desplazan en sentido horizontal.

Convección: traslado de grandes masas de aire en sentido vertical, transportando calor.

Turbulencia: movimiento irregular debido a pequeños remolinos superpuestos a la corriente general que se desplazan con la misma. Al pasar de un lugar a otro estos remolinos también transportan el calor.

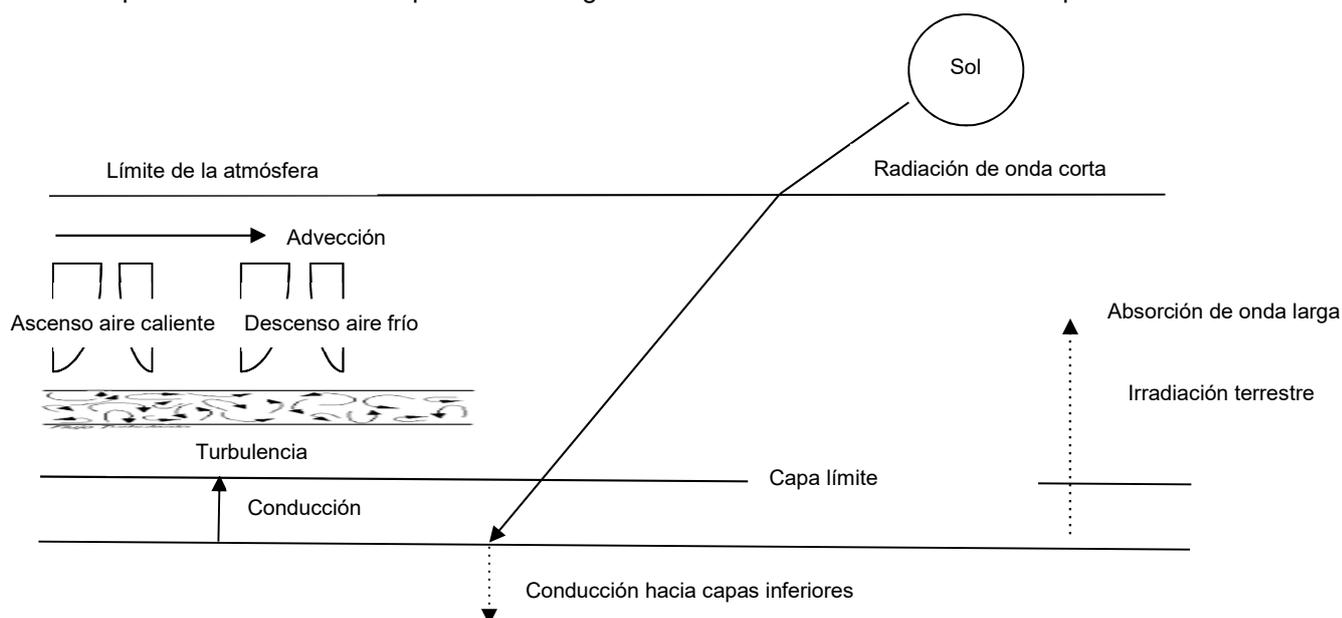


Figura 3. Esquema de los procesos intervinientes en el calentamiento del aire

Durante el día, la temperatura se eleva rápidamente y sigue subiendo hasta las 15 h después que el sol alcanza su altura máxima, al ser la radiación incidente mayor que la emitida. Después, cae continuamente durante toda la noche, registrándose el mínimo, generalmente hacia la salida del sol. La oscilación de la temperatura diaria, suponiendo que no haya un cambio en la masa de aire, ni otros efectos perturbadores, depende fundamentalmente:

Del estado del cielo: con cielo cubierto por nubes la radiación emitida por el suelo y la atmósfera es absorbida y devuelta por las nubes en gran parte, disminuyendo el máximo y aumentando el mínimo de temperatura.

De la estabilidad del aire: si existe una inversión, es mayor ya que la capa de aire a calentar es menor y la temperatura se eleva rápidamente hasta romper la inversión.

De la naturaleza de la superficie: sobre el mar la oscilación diaria es menor que sobre el suelo y el máximo ocurre antes, una hora y media después que el sol haya alcanzado su altura máxima (se produce antes el equilibrio entre la radiación incidente y la emitida, debido al menor calentamiento del agua).

Caracterización de la temperatura

Considerando los valores de interés para la producción agropecuaria, la descripción de la temperatura puede hacerse a través de los valores de **temperatura media, máxima, mínima, la amplitud térmica y bioperíodos.**

Temperatura media diaria: puede calcularse:

- 1) sumando y promediando las temperaturas registradas en las 24 horas del día. Este método solo es aplicable cuando se cuenta con observaciones horarias.
- 2) sumando y promediando las tres observaciones diarias de 8, 14 y 20 horas. Este método es el utilizado en la República Argentina y el valor obtenido se aproxima bastante al obtenido promediando las temperaturas horarias.
- 3) sumando y promediando las temperaturas mínima y máxima del día.

Temperatura media mensual: se calcula sumando la temperatura media de todos los días y dividiendo esta suma por el número de días que posee el mes.

Temperatura media anual: se promedian las doce temperaturas medias mensuales, cometiéndose en la práctica un error bastante pequeño comparado con el valor obtenido al sumar las temperaturas medias diarias y dividir las por 365, que da un valor más exacto.

Temperaturas máximas medias y mínimas medias: promedio de las temperaturas más altas o más bajas registradas en el período considerado (día, mes, año).

Temperaturas máximas absolutas y mínimas absolutas: son las temperaturas más altas y más bajas registradas en el período considerado (día, mes, año).

Amplitud térmica

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

Amplitud anual extrema o absoluta: diferencia entre la temperatura máxima más elevada y la mínima más baja, registradas durante el período de años considerados.

Amplitud térmica media mensual: para cada mes del año, diferencia entre la temperatura máxima media y mínima media.

Bioperíodos térmicos

Períodos del año con temperaturas medias diarias iguales o mayores a ciertos niveles considerados como las temperaturas de crecimiento para los diferentes grupos bioclimáticos de cultivos.

Bioperíodo de 5 °C: período con temperaturas mayores o iguales a 5 °C, favorables para el crecimiento de cultivos invernales (trigo, avena, cebada, centeno)

Bioperíodo de 10 °C: período con temperaturas mayores o iguales a 10 °C, favorables para el crecimiento de cultivos de media estación (papa) o de verano con alguna resistencia a heladas (girasol)

Bioperíodo efectivo de 10 °C: es similar al bioperíodo de 10 °C pero se deben descontar los días que coinciden con el período de heladas (sorgo y maíz)

Bioperíodo efectivo de 15°C: período con temperaturas medias diarias mayores o iguales a 15 °C, sin heladas favorables para cultivos muy exigentes en calor (soja, algodón y arroz)

Amplitud diaria de la temperatura

Está determinada por: la latitud, las estaciones del año, la distancia al mar, la topografía, la altura y la nubosidad.

Latitud: la amplitud diaria aumenta desde los polos hacia el Ecuador, debido a que en éste el día dura 12 horas y a medio día el sol envía sus rayos verticalmente en todas las épocas del año. Durante la noche, como ésta es relativamente larga, la temperatura del suelo sufre un descenso pues a la caída del sol se halla muy caliente. En latitudes medias, la amplitud diaria es mayor en verano, debido a que el sol envía sus rayos mucho más verticalmente y por más tiempo que en invierno. Además la pérdida de calor es mucho más intensa en las noches estivales que en las invernales y el descenso de temperatura es más pronunciado en las noches de verano aunque éstas sean más cortas.

Distancia al mar: la amplitud diaria es mayor cuanto mayor es la distancia al mar debido al calentamiento diferencial del agua y el suelo. En los continentes la temperatura llega a valores muy altos durante el día y muy bajos durante la noche.

Topografía: en los valles hay mayor amplitud que en las laderas de montañas ya que el aire más pesado se acumula en el fondo del valle provocando descensos de temperaturas.

Altura: la amplitud diaria disminuye considerablemente con la altura, ya que el aire absorbe muy poco la radiación solar y prácticamente se calienta y enfría por contacto con el suelo.

Nubosidad: cuanto más nuboso es un clima menor es la amplitud porque durante el día las nubes obstaculizan el paso de los rayos solares y evitan un excesivo calentamiento del suelo mientras que por la noche interceptan la radiación terrestre impidiendo un marcado descenso de la temperatura del suelo y en consecuencia de la del aire.

Variación anual de la temperatura:

La diferencia de temperatura entre los meses más cálidos y más fríos es mayor en latitudes más elevadas y para la misma latitud sobre los continentes que sobre los océanos. Los menores valores de oscilación sobre los océanos o zonas próximas se deben al efecto moderador del mar, pues el calor específico, la penetración del calor y el calor latente de evaporación son elevados.

Amplitud anual de la temperatura:

Exceptuando las regiones cercanas al Ecuador, donde la temperatura es prácticamente igual durante todo el año, en el resto de las regiones de la tierra la temperatura varía con las épocas del año. La causa primordial de esta variación radica en las variaciones de la duración del día y de la inclinación de los rayos solares que llegan a la superficie. Todas las causas que determinan la amplitud térmica diaria actúan sobre la amplitud anual. La única causa que actúa en sentido inverso es a la latitud ya que la cantidad de calorías recibida por la superficie terrestre en un día de invierno y en un día de verano es muy distinta en las regiones polares. Esta diferencia va disminuyendo a medida que nos acercamos al Ecuador.

Variación de la temperatura con la altura:

En la atmósfera la temperatura disminuye con la altura unos 6,5 °C por km hasta la tropopausa (nivel en que la temperatura deja de descender o lo hace muy lentamente). Esta disminución no es constante para un lugar determinado, dependiendo del momento del día y de la época del año.

Ciertos procesos pueden dar lugar a que la temperatura aumente con la altitud, produciéndose lo que se denomina **inversión de temperatura**. Estas pueden deberse a:

- Pérdida de calor por radiación desde la superficie en noches despejadas de invierno, provocando el descenso de la temperatura de las capas de aire adyacentes al suelo.
- En los valles, durante noches despejadas, el aire frío proveniente de las laderas se va acumulando por ser más pesado y en este caso la temperatura del aire aumenta con la altura.
- Cuando se encuentran dos masas de aire de distinta temperatura, el aire frío más denso empuja y eleva el aire más cálido, reemplazándolo.
- Por advección de aire cálido sobre una superficie fría (agua, terreno frío o cubierto de nieve).

Balance calórico

El balance de radiación (R_n) es positivo o negativo según el momento del día y el lugar. Sin embargo, el planeta no se está calentando ni enfriando constantemente, sino que existe un equilibrio térmico, dado por el **Balance Global o Balance de energía**. Este concepto establece que durante un período de tiempo considerado, el nivel medio de energía calórica del sistema en conjunto permanece constante, siendo sus fluctuaciones las responsables de los cambios conocidos como climáticos. Si en determinado momento se realiza la cuantificación de la cantidad de calor intercambiado, es decir la obtención del balance calórico general, el resultado sería igual a cero. Se han visto los diferentes flujos de calor que intervienen en el balance de radiación, pero la superficie no sólo devuelve energía calorífica a la

atmósfera por radiación de onda larga, sino por medio de otros mecanismos de transferencia de calor que integrados determinan el balance calórico. Constituyen mecanismos de transferencia de calor:

Radiación neta o calor radiado (Q_r): calor disponible para la realización de otros flujos calóricos.

Calor latente (Q_{lat}): interviene en los procesos de cambio de estado del agua en la atmósfera (evaporación, condensación y congelación). Son ejemplos de estos procesos la formación de nubes, de granizo, precipitación.

Calor sensible (Q_a): procesos de calentamiento o enfriamiento del aire determinante del calor sensible, medible a través de termómetros.

Procesos de transferencia de calor por medio de movimientos horizontales (advectivos) y verticales (convectivos) de aire (Q_w).

Conducción térmica en forma directa desde el suelo (Q_s): transferencia de calor muy importante desde el punto de vista meteorológico ya que los procesos de calentamiento y enfriamiento del suelo determinan las distintas temperaturas del aire.

Transferencia de calor mediada por los procesos biológicos (Q_b): consumiendo o liberando calor, como el proceso de fotosíntesis, respiración, transpiración, metabolismo.

El resultado final de todos los flujos intervinientes da origen al **Balance Calórico**:

$$Q_r + Q_{lat} + Q_a + Q_w + Q_s + Q_b = 0$$

Medición de la temperatura

Temperatura del aire

- 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 interior del abrigo meteorológico, que debe estar pintado de blanco, ser bien ventilado y ubicado 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.

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 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. En el interior del tubo capilar va colocado un índice de porcelana o vidrio. 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.

Termógrafo: 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 bimetálico 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.

Temperatura del suelo

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

- 1) la longitud variable de su capilar, tanto mayor cuanto mayor sea la profundidad en la que irá ubicado el bulbo
- 2) 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

Para su instalación, 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.).

Temperatura en la Argentina

Temperatura media: la temperatura media anual varía de 23 °C en el NO de Formosa hasta 5 °C en Ushuaia .

La temperatura media del mes más cálido varía de 29 °C en Salta-Formosa a 10 °C en el extremo S de Tierra del Fuego. Los factores que influyen principalmente sobre este elemento son: el escaso ancho del continente sudamericano, y su angostamiento progresivo aumentando la distancia al Ecuador.

La temperatura media del mes más frío corresponde al mes de julio, y es de 17 °C en el N de Formosa hasta 1°C en el extremo sur de Santa Cruz. Sin considerar las zonas más elevadas, se puede concluir que el invierno del territorio argentino es suave, lo que permite la cría de ganado a campo, por otra parte si bien existe en nuestro país regiones productivas muy importantes de frutas criófilas, esta suavidad en los inviernos limita a otras regiones que podrían tener posibilidades.

Amplitud anual de la temperatura

La temperatura varía anualmente según las estaciones y según la ubicación geográfica. La amplitud anual está condicionada por tres efectos: la altitud del terreno, el efecto marítimo y la latitud. En el país la amplitud anual oscila entre 10°C y 15°C, siendo mínima en el extremo sur del territorio (7 °C). En comparación con el Hemisferio Norte, estos valores son moderados.

Las características descriptas determina la suavidad del clima argentino, por lo que se cuenta con recursos forrajeros tanto en invierno como en verano en distintas regiones del país. Sin embargo, los valores térmicos de cada región determina la raza ganadera que presenta mejor adaptabilidad. Así, la

isoterma² de 26 °C del mes de enero delimita las regiones del país aptas para la cría de ganado europeo. La región del país donde el valor de la isoterma de enero es superior a 26 °C es apta para la cría de ganado asiático o hindú, debido a su mayor tolerancia al calor y a que los mecanismos de termorregulación son lo suficientemente eficaces hasta los 32 °C. La isoterma de 5 °C del mes de julio representa el límite entre la ganadería (templada) a campo y con estabulación (en establos) (Figura 4).

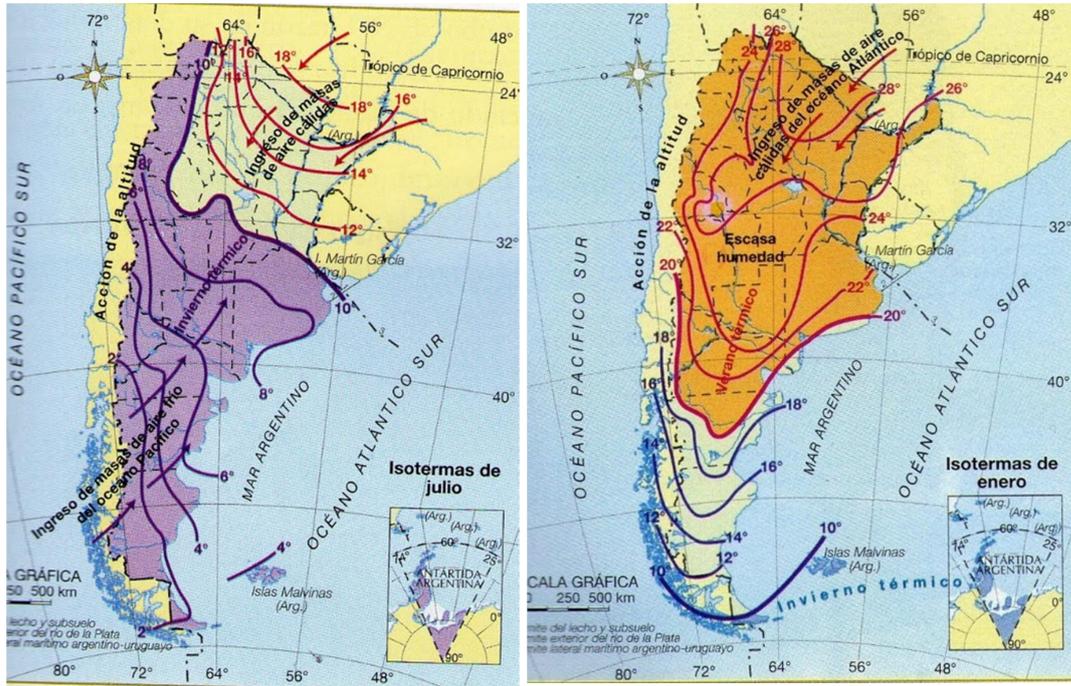


Figura 4. Isotermas de julio y enero

² Isoterma: línea que une puntos de igual temperatura