

Bioclimatología agrícola

UNIDAD TEMÁTICA D

D.- EL CLIMA Y LA AGRICULTURA

D.1.- La bioclimatología Agrícola. Las exigencias y tolerancias meteorológicas y climáticas de los cultivos con relación a las fases y subperiodos. Periodos críticos y de latencia. Métodos de investigación bioclimática: ensayos geográficos y de siembras continuadas periódicas, ensayos en ambientes de clima controlable.

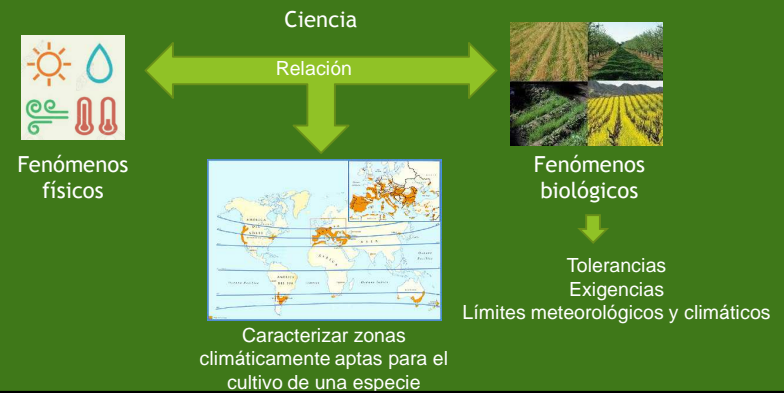
D.2.- La temperatura como factor bioclimático en el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Suma de temperaturas: métodos de cálculo (directo y residual). Tiempo térmico. Exigencias de las plantas en bajas temperaturas. El termoestadio de los cereales: vernalización. Las horas de frío y los frutales de hoja caduca. Acción bioclimática de la amplitud térmica anual y diaria, termoperiodismo anual, diario y asincrónico. Cálculo de horas de frío, constante térmica, suma de temperaturas (grados día).

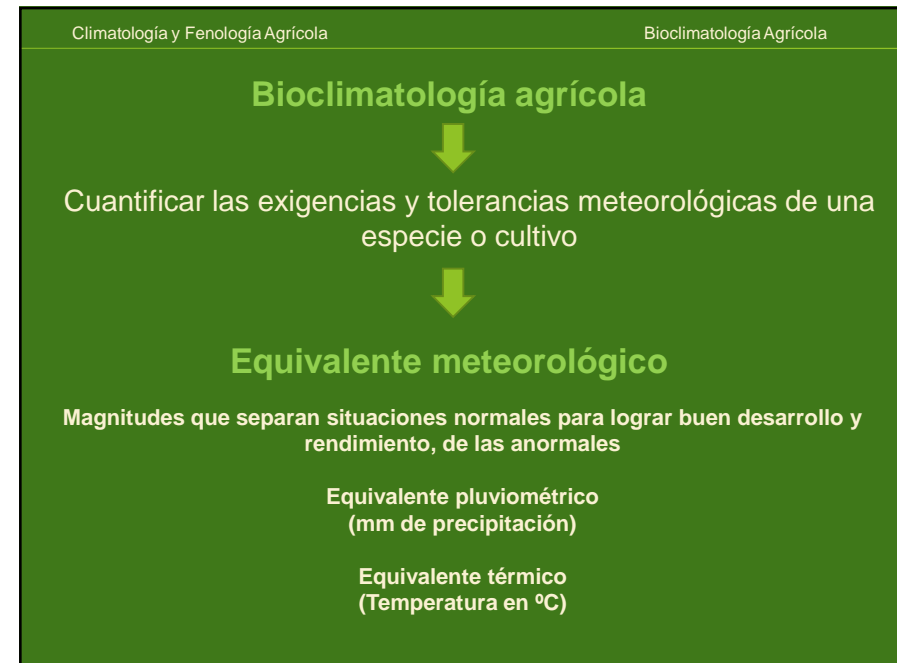
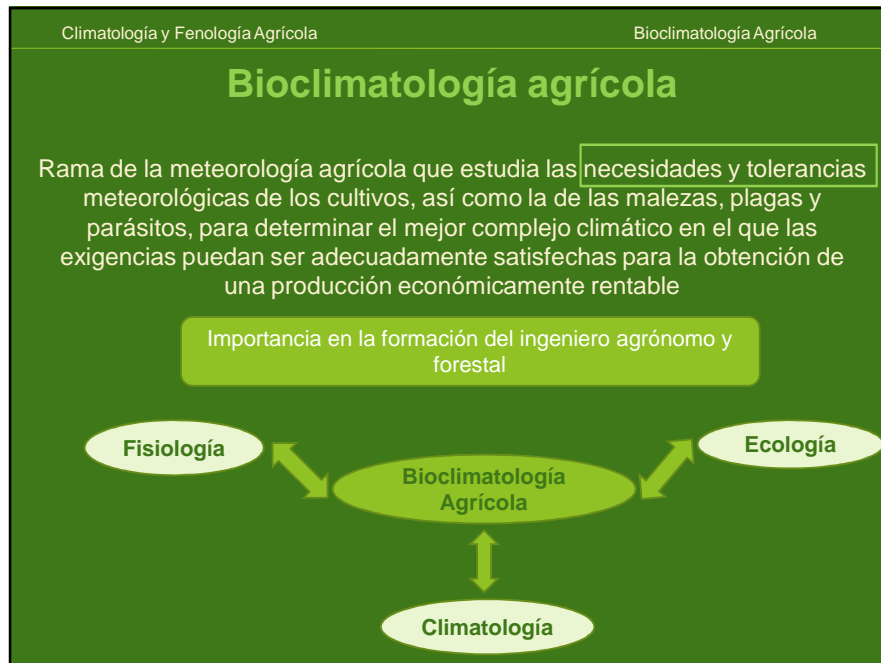
D.3.- La duración del día como factor bioclimático. Fotoperiodismo. Exigencias y clasificación de las plantas en relación con la variación anual del fotoperíodo.

D.4.- Las condiciones de tiempo y clima y las plagas (animales y/ o vegetales) de los cultivos. Pronósticos agrometeorológicos de aparición y difusión de plagas

Bioclimatología agrícola

Rama de la meteorología agrícola que estudia las reacciones o comportamiento de las especies agrícolas en el clima en el que se las cultiva





Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Exigencia (necesidad o requerimiento)

Calidad o magnitud de la condición meteorológica general, o de un elemento en particular, indispensable para que el cultivo pueda cumplir adecuadamente su ciclo evolutivo

Tolerancia

Grado en que los cultivos son capaces de soportar o resistir, sin mayores daños, ciertas manifestaciones en la magnitud de los elementos meteorológicos actuantes, hasta un valor extremo denominado "límite crítico"

BIOCLIMA

Conjunto de las exigencias y tolerancias meteorológicas de todas las variedades y cultivares de un cultivo

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Bioclima del pimiento Exigencia, necesidad o requerimiento


Durante el desarrollo, este cultivo requiere que las temperaturas diurnas se encuentren entre 20 y 25°C y las temperaturas nocturnas entre 16 y 18°C. El desarrollo se detiene a 10°C y por debajo de 1°C se hiela la planta.

Límite crítico Tolerancia

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Equivalentes pluviométricos y térmicos según sub-periodo en trigo

Sub-periodos en trigo en Italia
(establecidos por Azzi)



Fuente de la imagen: <https://trabajoinformatica1516.wordpress.com/morfologia-y-fisiologia/>

1° sub-periodo Siembra - comienzo macollaje	2° sub-periodo Comienzo macollaje - 30 días antes de espigazón	3° sub-periodo 30 días antes de espigazón - Espigazón plena	4° sub-periodo Espigazón a Maduración
50 - 205 mm/mes 4 - 15 °C (T media diaria)	25 - 60 mm/mes 8,5 - 18 °C (T media diaria)	40 - 116 mm/mes 15 °C (T media diaria)	15 - 92 mm/mes 14 - 18 - 24 °C (T media diaria)

Durante el sub-periodo las necesidades son constantes

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Requerimiento térmico del tomate según fase

Fase	T. Diurna (°C)	T nocturna (°C)
Germinación	18-20	-----
Crecimiento	18-20	15
Floración	22-25	13-17
Fructificación	25	18

La fase se asocia a un cambio en las necesidades del vegetal

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Cebolla

La formación del bulbo responde a la cantidad de horas de luz, siendo inducida por días largos (más de 12 horas de luz)

Bioclima de la especie



Valencianita
12 a 14 horas de luz

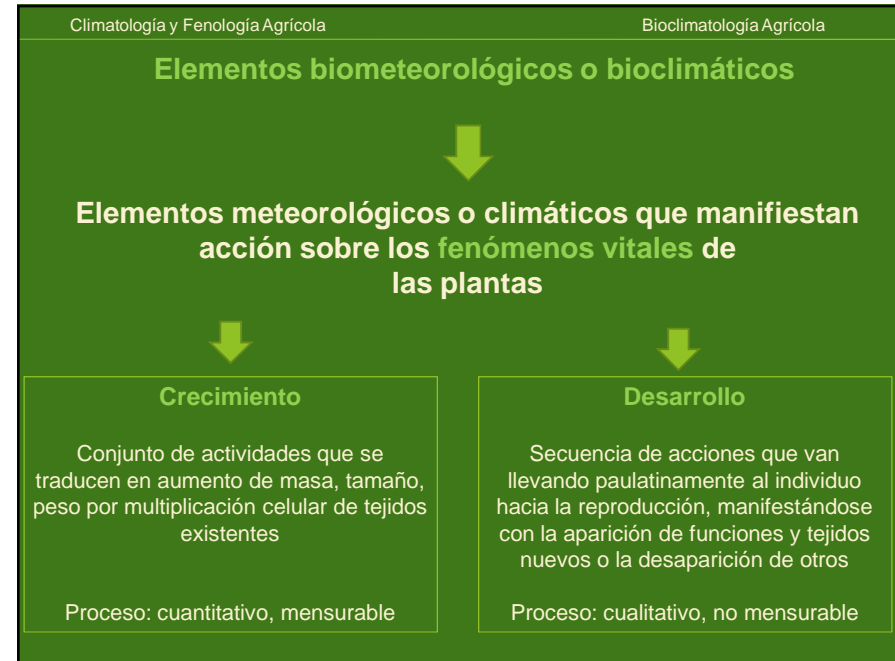


Valcatorce
14 a 16 horas de luz

Tipos bioclimáticos o BIOTIPOS

↓

Variedades o cultivares que presentan diferente grado de necesidad o tolerancia a uno o varios factores biometeorológicos



Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Crecimiento: puntos cardinales

Umbral mínimo

Mínimo letal

Óptimo

Umbral máximo

Máximo letal

Fuente de la imagen: Pascale y Damario. 2013. Murphy y Hurtado (Eds). Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía

Elementos bioclimáticos del crecimiento

Promueven el aumento de la masa vegetativa

AUXÓGENOS

Temperaturas cardinales

Humedad del suelo (balance hidrológico)

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Desarrollo

Fuente de la imagen: <https://trabajoinformatica1516.wordpress.com/morfologia-y-fisiologia/>

Fases
Cambio en las necesidades del vegetal

Sub-periodos

Necesidades constantes dentro del subperiodo

Tiempo

ANAPTÍGENOS

Elementos bioclimáticos del desarrollo

Elementos continuos y periódicos que permiten el cumplimiento fásico

Duración del día
Suma de temperaturas
Amplitud térmica

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

El cambio de fase exige que se cumplan dos condiciones

Disposición

Satisfacción de determinadas condiciones meteorológicas, previas a la iniciación de una fase, que se cumplen durante un periodo largo de tiempo

Satisfacción de las necesidades bioclimáticas de la especie para el subperiodo

Estímulo

Agente meteorológico de acción breve que posibilita el inicio de una fase

Acumulación de horas de frío ($T < 7^{\circ}\text{C}$)



Superar un umbral térmico determinado
Superar un umbral lumínico determinado

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Periodo crítico

Momento del ciclo vegetativo en que la sensibilidad a un determinado elemento es máxima. Las variaciones del elemento se reflejan de modo evidente en el rendimiento



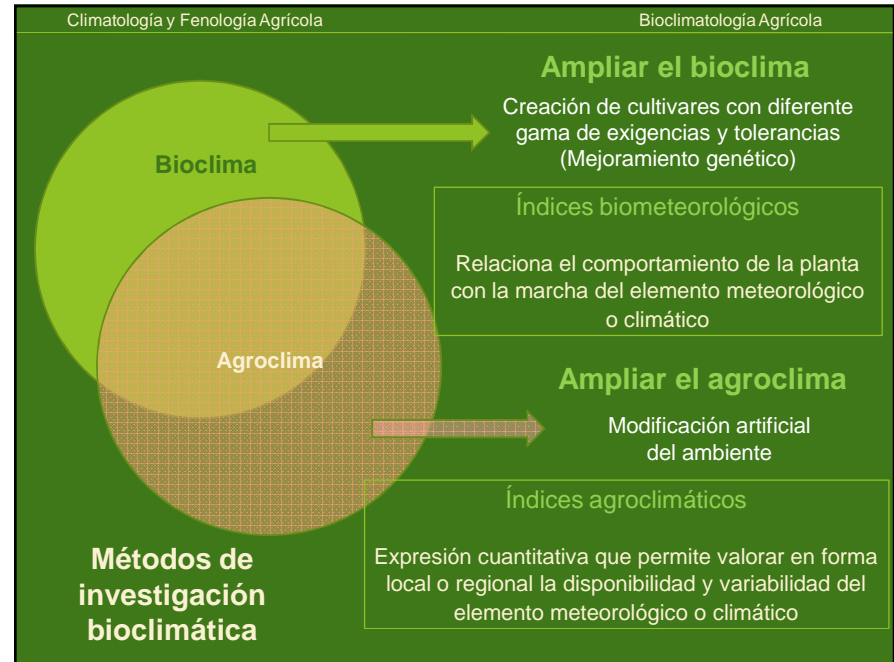
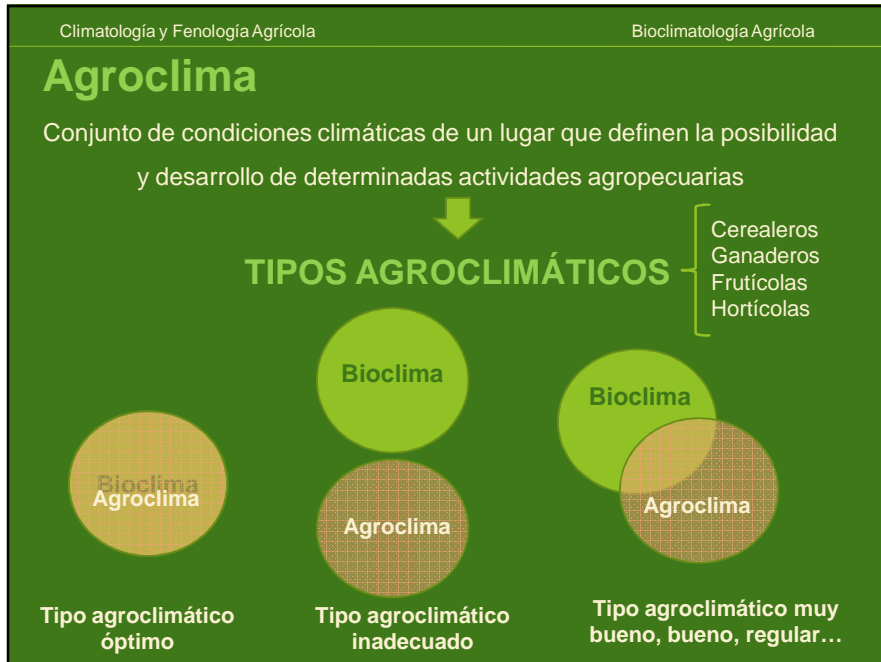
Máxima actividad vegetal o intensidad de crecimiento

Periodo de latencia

Periodo del ciclo evolutivo en que la sensibilidad a uno o varios elementos meteorológico es mínima



Inactividad o etapa de descanso vegetativo



Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Métodos de investigación bioclimática

Eintrittsdaten des Blattlausbroschs der Rosskastanien von Genf 1808-2004
Gefunden: Casati Teilpostille mit 20-jähriger Periode
MeteoSchweiz

OBJETIVO

Correlacionar valores meteorológicos con observaciones fenológicas

Estudiar la influencia del tiempo y el clima sobre el crecimiento y desarrollo de los cultivos

¿Qué información debe reunirse?

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

¿Qué información debe reunirse?

Información meteorológica
Información climática

Índices agroclimáticos

- Índices térmicos
- Índices pluviométricos
- Evapotranspiración

Observaciones fenológicas y fenométricas

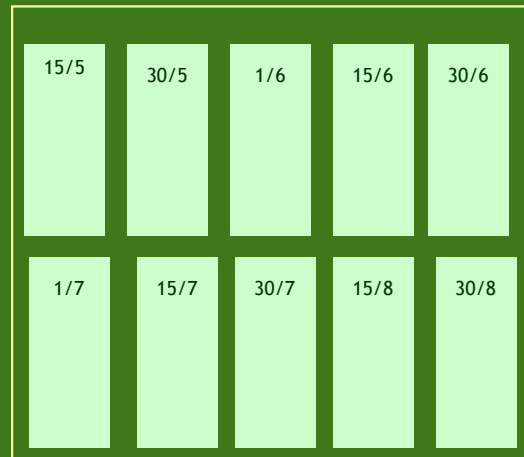
Índices bioclimáticos

Requerimientos según fases

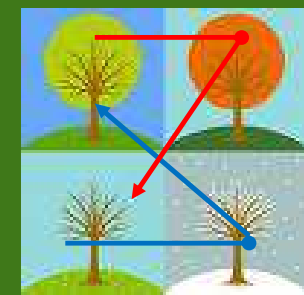
- Crecimiento
- Rendimiento

Métodos de investigación bioclimática

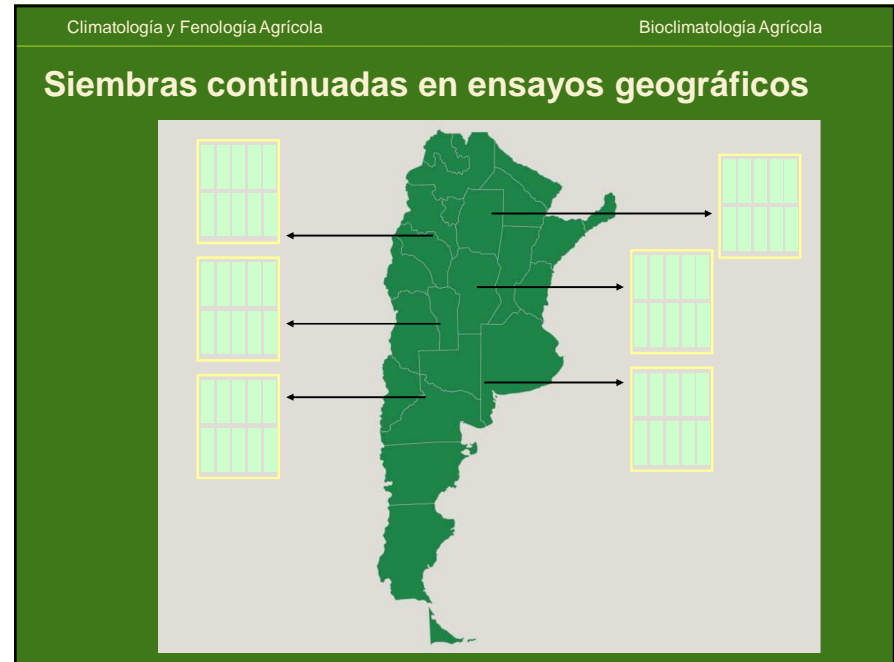
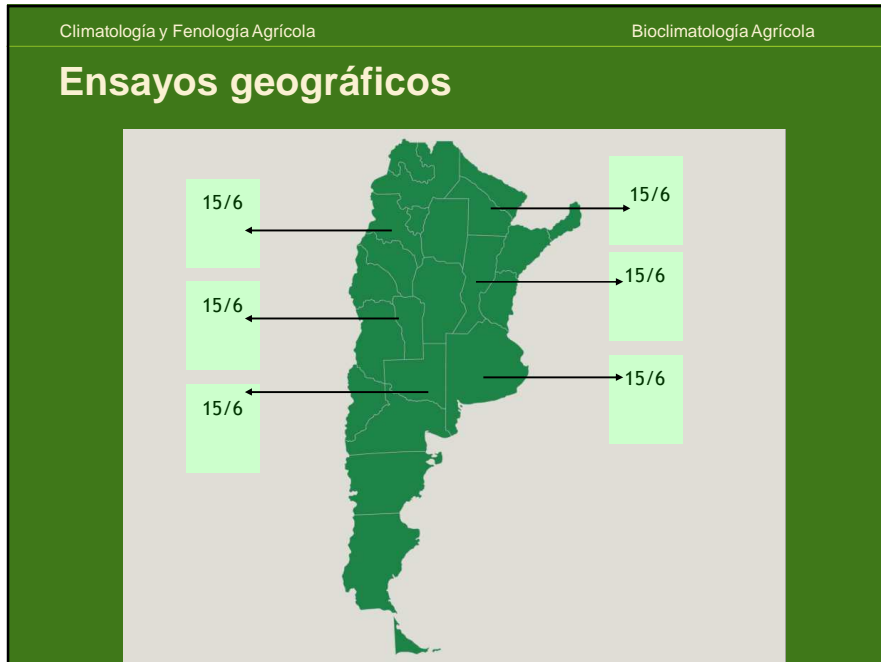
Siembras continuadas



Estival



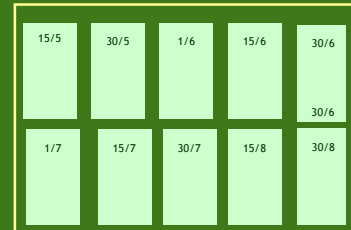
Invernal



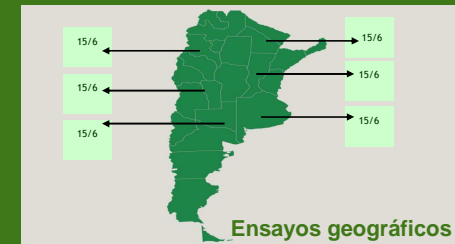
Cámaras climáticas



Tratamientos especiales



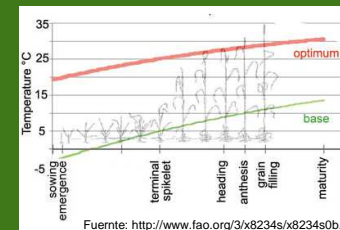
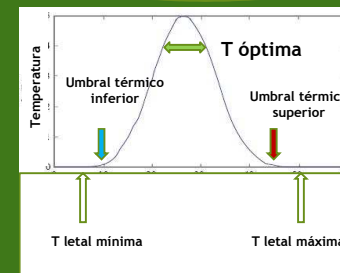
Siembras continuadas



Con aplicación de tratamientos que evidencien la acción de algún elemento bioclimático en particular

La temperatura como elemento bioclimático del crecimiento y desarrollo de los cultivos

Crecimiento



Temperaturas cardinales

Temperatura óptima

Valores térmicos más favorables para el crecimiento y desarrollo de un vegetal (intervalo de temperaturas óptimas)

Temperaturas umbrales

Valores térmicos por encima o por debajo de los cuales se detiene el crecimiento o desarrollo

Temperatura base o cero vital

Temperaturas letales

Valores térmicos que exceden a aquellos más bajos o más altos que la planta puede tolerar. A partir de esos valores, se producen daños permanentes en los tejidos o la muerte

Climatología y Fenología Agrícola		Bioclimatología Agrícola	
Temperatura cardinal	Cultivos de invierno	Cultivos de verano	
Umbral térmico inferior	5 °C	10 °C (7-18)	
Rango de temperatura óptima	23 - 25 °C	30-32 °C	
Umbral térmico superior	35 °C	45 °C	

Climatología y Fenología Agrícola		Bioclimatología Agrícola	
Desarrollo			
Acción positiva (acción favorable de temperaturas en aumento): Sumas térmicas			
Efecto sobre el desarrollo por acumulación térmica (sumas de temperaturas)			
Acción negativa (acción favorable de las bajas temperaturas): Horas de frío			
Efecto sobre el desarrollo por la acumulación de temperaturas bajas			
Acción de la variación diaria y anual de la temperatura: Termoperiodismo			
Influencia de la amplitud térmica sobre el crecimiento y desarrollo			



Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Métodos para la estimación de sumas térmicas

Método	
Directo (Reaumur)	$\sum T$ medias diarias $> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
Residual (De Candolle y De Gasparin)	$\sum T$ medias diarias - T base o cero vital
Gilmore y Rogers (Weather Bureau)	$\frac{\sum T \text{ max. diaria} + T \text{ min. diaria}}{2} - 10$ <p>T max = 30 °C → 30 °C T min = 10 °C → 10 °C</p>
Exponencial Termofisiológico	

Cultivo	$\sum T > 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
Papa	900 - 1000
Lino	1500 - 1700
Maíz	2000 - 3000
Algodón	3200 - 3600
Citrus	4000 - 4500

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Acción negativa de la temperatura


Especies que requieren enfriamiento a temperaturas por debajo de su temperatura mínima de crecimiento

Acumulación de horas de frío

Especies perennes de hojas caducas (criófilas)

Periodo de latencia o reposo


Número de horas en que las temperaturas permanecen por debajo de 7 °C



Vernalización

Especies anuales: cereales de invierno, arvejas, lino

Exigencia en frío durante las primeras etapas del crecimiento (entre emergencia y macollaje) (tejidos activos)



Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Métodos de estimación de horas de frío

Con T media de meses invernales ➔ **Cantidad mensual de horas de frío**

- ✓ Fórmula de da Mota $Y \text{ (horas de frío)} = 485,1 - 28,5 X \text{ (T media mensual)}$
- ✓ Fórmula de Weinberger $T \text{ (horas de frío)} = (T \text{ junio} + T \text{ julio})/2 \rightarrow \text{Tabla}$
- ✓ Fórmula de Sharde $H_f \text{ (horas de frío)} = 639 - 33 T_m \text{ (T media mensual)}$

Con T diarias (mínima y máxima) ➔ **Cantidad diaria de horas de frío**

- ✓ Fórmula de Crossa – Reynaud $n \text{ (horas de frío)} = 24 \frac{(7 - T_{min})}{(T_{Max} - T_{min})}$
- ✓ Fórmula de Sánchez-Capuchino $n \text{ (horas de frío)} = 24 \frac{(7 - T_{min})}{(T_{Max} - T_{min})} \times 1,5$

Cálculo directo

Fajas de termógrafo  Datos de estación meteorológica automática 

Requerimiento en horas de frío en frutales cadufolios

Cultivo	Horas de frío
Manzano	900 - 1000
Peral	800 - 900
Duraznero	600 - 800
Ciruelo europeo	700 - 1600
Ciruelo japonés	500 - 1000
Almendro	200 - 500

Problemas provocados por la falta de horas de frío

- ✓ Caída de yemas
- ✓ Retraso en la floración
- ✓ Brotación irregular
- ✓ Aborto floral
- ✓ Distintos tamaños de frutos
- ✓ Maduración irregular
- ✓ Irregularidades en la floración

Problemas provocados por la falta de horas de frío



Irregularidad en la floración




Disparidad en el ritmo de maduración de los frutos – Distinto tamaño de frutos

Fuente: <http://culturagriculture.blogspot.com/2016/01/65-intemperies-4-la-falta-de-frío.html>

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Requerimiento en vernalización

Cultivo	
Trigo (Argentina)	20 días a 5 °C
Otras especies vernalizantes	
Otros cereales de invierno, lino, arveja	
Especies bianuales:	
Cebolla	
Repollo	
Remolacha	
Zanahoria	

Ventajas de la vernalización

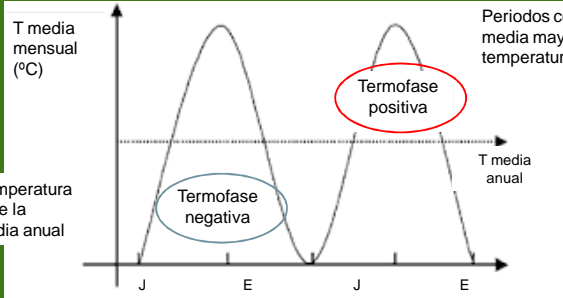
- ✓ Mejor crecimiento y uniformidad
- ✓ Aumento de rendimiento
- ✓ Adelanto fásico

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Acción de la temperatura por su variación diaria y anual

↓

Termoperiodo variación de la temperatura del aire en un periodo determinado (termoperiodo anual, termoperiodo diario)



Termoperiodismo Reacción de la planta a la variación diaria, anual o asincrónica de la temperatura

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Termoperiodismo anual

Incide en la distribución geográfica de los cultivos y determina el éxito o fracaso de la introducción de especies exóticas a un lugar

Ejemplos: Introducción exitosa de perales y manzanos originarios de Asia Menor a Cuyo y Alto Valle (similitud entre regiones del termoperíodo anual)

Dificultad del uso de trigos europeos y canadienses en la región pampeana (por falta de frío)

Termocíclicas

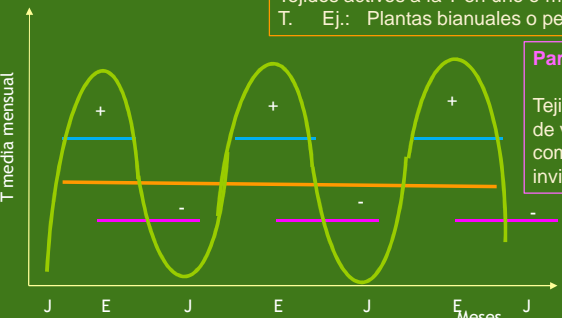
Tejidos activos a la T en uno o más ciclos de la variación anual de T. Ej.: Plantas bianuales o perennes

Paratermocíclicas

Tejidos activos a la T en las 2 fases de variación anual de T, sin completarlas. Ej.: cereales de invierno

Atermocíclicos

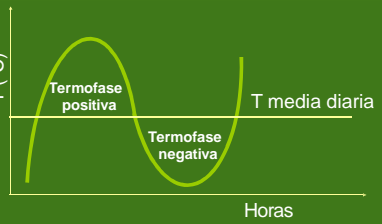
Tejidos activos a la T en 1 sola fase de variación anual de T. Ej.: cultivos de verano



Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Termoperiodismo diario

Influencia de la amplitud térmica diaria en el desarrollo de los vegetales



Expresión del desarrollo

Tomate (atermocíclica) Crecimiento indefinido a 26 °C

Inducir reproducción (floración, fructificación)

↓

Descenso de la temperatura nocturna a 18 °C
(Amplitud térmica diaria de 7 a 8 °C)

Efecto desvernalizante

Las temperaturas de la termofase + pueden revertir la satisfacción de la exigencia en frío de especies vernalizantes que se da en la termofase -

Termoperiodismo asincrónico

Influencia de la alternancia de periodos con altas y bajas temperaturas en la transición del invierno al verano o del verano al invierno (situación característica del clima argentino) sobre el comportamiento vegetal:



Temperatura umbral de brotación muy elevado

Florecen tardíamente en nuestra latitud

Escapan de descensos térmicos perjudiciales

Flores y brotes que pueden ser dañados por descensos térmicos posteriores o heladas tardías

Radiación solar como elemento bioclimático del crecimiento y desarrollo de los cultivos

- ✓ Fuente energética para la fotosíntesis (cantidad, calidad, duración)
- ✓ Estímulo para la regulación del desarrollo: fotoperiodismo

Plantas heliófilas: Según intensidad de radiación para saturación lumínica

Se saturan lumínicamente con valores muy elevados de radiación (600 a $1000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$): melón, pimiento, berenjena, batata, clavel, rosa.
Se aclimatan más fácilmente a flujos de radiación menores.

Plantas con necesidades intermedias:

La máxima eficiencia fotosintética se consigue con iluminación de 190 a $380 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$: repollo, papa.

Plantas de sombra:

Se saturan lumínicamente con valores entre 200 a $300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$: plantas ornamentales de interior. Menor capacidad de aclimatación (fotoinhibición, fotooxidación)

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Según su respuesta a la duración del día (fotoperiodo)

FOTOPERIODISMO

Reacción de la planta a la variación en la cantidad de horas de luz durante el día (no a la intensidad de radiación que reciben)

Plantas de día corto	aceleran su desarrollo (anticipando la floración) con el acortamiento de los días (maíz, soja, arroz, algodón)
Plantas de día largo	aceleran su desarrollo (anticipando la floración) con el alargamiento de los días (cereales de invierno, lino, lechuga, espinaca)
Plantas indiferentes	son indiferentes al fotoperiodo, pudiendo florecer independientemente de la duración del día (tomate, algunas var. de girasol, frutilla de día neutro)

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Clasificación de las plantas según su fotoperiodismo anual

<p>Fotocíclicas</p> <p>Tejidos activos a la acción de la luz durante un ciclo completo o más de la variación de la duración del día</p> <p>Ej.: citrus</p>
<p>Parafotocíclicas</p> <p>Tejidos activos a la acción de la luz en ambas fases de variación anual de la duración del día, sin completarlas.</p> <p>Ej.: cereales de invierno</p>
<p>Afotocíclicos</p> <p>Tejidos activos a la acción de la luz en una sola fase de variación de la duración del día</p> <p>Ej.: cultivos de verano</p>

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Régimen de lluvias y los fenómenos periódicos de los vegetales

Humedad del suelo

Su presencia, ausencia o variación determina el nivel de rendimiento, en condiciones en que la temperatura y duración del día posibilitan la implantación de un cultivo

Regiones que posibilitan ciclos biológicos no definidos (región ecuatorial)

- Temperatura alta durante todo el año
- Escasa variación de la duración del día

Regiones que posibilitan ciclos biológicos en épocas húmedas (región tropicales)

- Marcada estacionalidad en el régimen pluviométrico (época seca, época húmeda)

Regiones que posibilitan más de un ciclo biológico en el año

- Uva: 2 cosechas en el S de Brasil
- Arroz: 2 cosechas en Colombia

Climatología y Fenología Agrícola Bioclimatología Agrícola

Modalidades bioclimáticas de los cultivos

	Anuales	Perennes
Microtéricos Trigo, avena, cebada, centeno Colza Lino	Cultivos invernales Fisiológicamente C3 Rango térmico óptimo: 10 a 20 °C T mínima de crecimiento: 5 °C	Forrajeras plurianuales Cultivos arbustivos y arbóreos: - <i>Caducifolios (criófilos)</i> : Inviernos fríos + veranos frescos: manzano, peral, guindo, cerezo Inviernos suaves + veranos cálidos (25-28 °C): Duraznero, damasco, ciruelos
Mesotéricos Tabaco Girasol Arroz Maíz (C4)	Fisiológicamente C3 Rango térmico óptimo: 20 a 25 °C T mínima de crecimiento: 10 °C	- <i>Perennifolios (termófilos)</i> : Tropicales: cacao, ananá Subtropicales: citrus, olivo, datilero, café
Megatéricos Algodón Sorgo Soja Caña de azúcar	Fisiológicamente C4 Rango térmico óptimo: 25 a 30 °C T mínima de crecimiento: 15 °C	

Climatología y Fenología Agrícola		Bioclimatología Agrícola	
Características principales de los cultivos según su estacionalidad			
Invernales (trigo)		Estivales (maíz)	
- Requieren enfriamiento en los primeros estadios de crecimiento (vernalización)		- No requieren vernalización	
- Mínimo de crecimiento alrededor de los 5 °C		- Mínimo de crecimiento alrededor de los 10 °C	
- Bajo requerimiento calórico para madurar		- Alto requerimiento calórico para madurar	
- Son más o menos resistentes a $T < 0\text{ °C}$		- No resisten $T < 0\text{ °C}$ (periodo libre de heladas)	
- Adelantan la floración con días largos		- Adelantan la floración con días cortos	
- Menor exigencia en agua que los cultivos estivales		- Mayor exigencia en agua	

