

TRABAJO PRACTICO Nº 4:
LA TEMPERATURA COMO FACTOR BIOMETEOROLÓGICO

1. La temperatura afecta marcadamente la tasa de los procesos metabólicos de los seres vivos. Se puede definir al desarrollo como el progreso ordenado de los organismos a través de diferentes etapas (e.g. desde germinación a maduración). Para determinar la manera en que la temperatura afecta al desarrollo, suponga un ensayo en donde se colocan semillas de melón (*Dacus cucurbitae*) a diferentes temperaturas y se les toma el tiempo hasta que germinen. Los resultados encontrados son los siguientes:

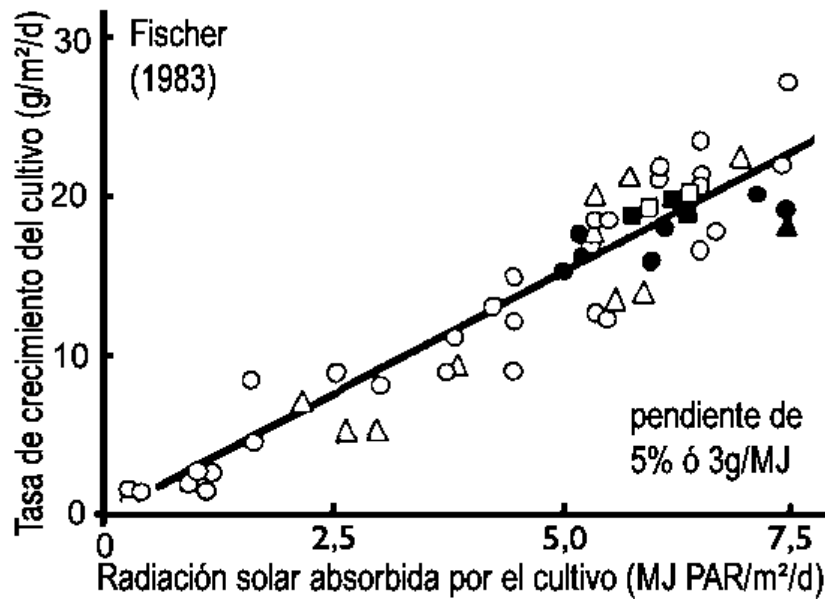
Temperatura (°C)	Tiempo para emerger (días)	Tasa de desarrollo (días ⁻¹)
11	10,5	
13	7,5	
14	5,0	
15	3,5	
17	2,5	
18	2,3	
20	2,0	
21	1,8	
27	1,0	
29	0,8	
31	0,7	
32	0,6	
35	1,3	
37	1,5	
38	1,7	
39	2,0	

- Grafique el tiempo para completar la germinación en función de la temperatura. Extraiga conclusiones de la gráfica.
- Complete la columna de la tasa de desarrollo, calculada como la recíproca del tiempo para completar la germinación.
- Grafique la columna de tasa de desarrollo en función de la temperatura, en un gráfico ubicado exactamente debajo del anterior, con la misma escala en el eje x
- Dibuje una recta que represente la nube de puntos obtenida y ubique la temperatura base, óptima y máxima.
- Determine la cantidad de unidades térmicas (°Cd) –o grados días- necesarios para la germinación mediante el cálculo de la tangente de la recta que une la temperatura base con la óptima.

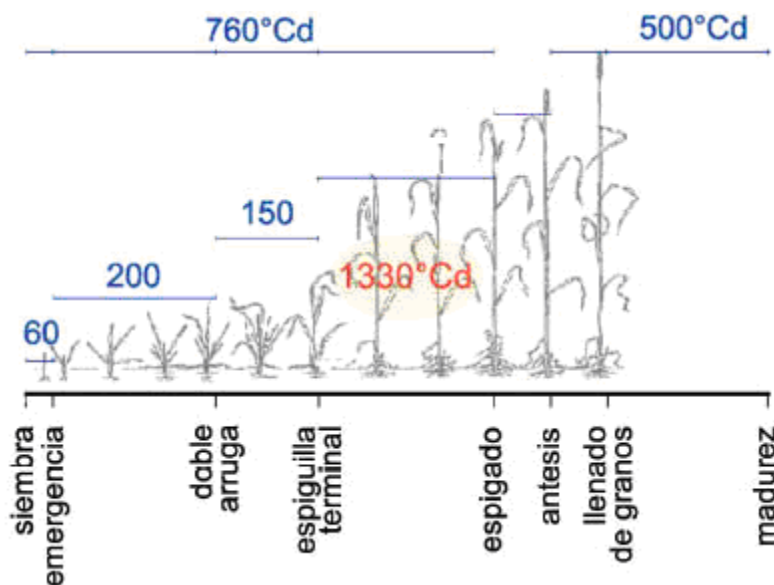
2. Se ha observado que en las 10 primeras semanas, el crecimiento de una planta es directamente proporcional al tiempo. Si al inicio medía 2 cm y en la primera semana creció hasta medir 2.5 cm, establecer una función de la altura de la planta (H cm) en función del tiempo (t días) y representar gráficamente.

3. Según Fisher (1983) la tasa de crecimiento del cultivo de trigo está determinado principalmente por la cantidad de radiación solar que puede interceptar. En el gráfico se muestra este efecto. Utilice los datos de radiación global de la Práctica 2 –ej. 7- de Paraná, para estimar gráficamente la tasa media de crecimiento que se espera en los meses de mayo y junio, sabiendo que durante

mayo el trigo intercepta un 16% de la radiación global y en junio un 24%. Cuántos kg/ha representan para cada mes?



4. El diagrama siguiente muestra el número mínimo de unidades térmicas (°Cd) necesario para cada fase del trigo. Por ejemplo, para pasar de la emergencia a doble arruga son necesarios 200°Cd, del mismo modo, desde la siembra al espigado son necesarios por lo menos 760°Cd. A partir de los valores que se indican deducir los que corresponden a los períodos 'espiguilla terminal a espigado' y 'espigado a antesis'. Cuántos días estima que serán necesarios para cubrir el intervalo de 'siembra a antesis' si la temperatura media del período es de 17 °C?



5. Utilizando los datos climáticos que se muestran a continuación y considerando que el trigo tiene una temperatura base de 5°C, que necesita para emerger 65 °Cd y que la temperatura a la profundidad de la semilla es la misma que la atmosférica, calcular cuántos días requiere el trigo para germinar.

Día	Tmáx	Tmín	Tmed	UT (° Cd)
1	28,1	13,2		
2	27,9	9,1		
3	25,2	7,1		
4	24,1	10,8		
5	22,3	12,6		
6	30,4	14,8		
7	23,5	12,8		
8	14,0	4,3		
9	18,1	6,5		
10	16,8	9,2		
11	20,5	7,7		
12	24,6	10,5		

6. El requerimiento térmico para cumplir el período entre la emergencia y el momento en que el ápice cambia de estado vegetativo a reproductivo es de 294 °Cd para un híbrido de maíz de ciclo corto Dekalb 4F91 y 323 °Cd para el híbrido de ciclo más largo Dekalb 636. Tomando en cuenta las temperaturas medias diarias, a partir del 1 de octubre de 2008 (día en que emerge), determine la fecha en que se diferenciará el ápice. Utilice para tal fin el método residual y tome como temperatura base los 10°C.

ECHA	TEMPERATURA	FECHA	TEMPERATURA	FECHA	TEMPERATURA
01-Oct	19,4	16-Oct	18	31-Oct	18,7
02-Oct	20,2	17-Oct	16,8	01-Nov	20,5
03-Oct	16,3	18-Oct	19,5	02-Nov	22
04-Oct	22	19-Oct	23,9	03-Nov	20,3
05-Oct	22	20-Oct	15,5	04-Nov	15,4
06-Oct	27	21-Oct	10,3	05-Nov	15,1
07-Oct	20,6	22-Oct	13,6	06-Nov	17,4
08-Oct	21,5	23-Oct	15,8	07-Nov	20,6
09-Oct	21,9	24-Oct	21	08-Nov	24,8
10-Oct	20,9	25-Oct	20,4	09-Nov	19,9
11-Oct	23,4	26-Oct	24,4	10-Nov	14,9
12-Oct	25,2	27-Oct	23,6	11-Nov	18,5
13-Oct	26,5	28-Oct	21,3	12-Nov	22,3
14-Oct	27,2	29-Oct	15,8	13-Nov	23,5
15-Oct	24	30-Oct	16,1	14-Nov	27,5
				15-Nov	24,5

7. Teniendo en cuenta las sumas térmicas obtenidas hasta la diferenciación del ápice en el ejercicio anterior y considerando que la aparición de una hoja en el maíz es función de la temperatura, requiriendo 20,4°días por cada primordio de hoja (filocrono), determine cuantas hojas desarrollaron cada uno de los híbridos mencionados. Hay diferencia en el número de hojas? Podrá afectar el rendimiento del cultivo?.

8. Una simulación realizada con sifesoja sobre un cultivar A6126, que se sembró en Diamante en dos fechas distintas, el 10 de octubre y el 10 de enero, muestra que el cultivar llega a R2 el 23 de diciembre y el 28 de febrero, respectivamente. Esta variación de fechas en las que se manifiesta R2 puede deberse al efecto de las temperaturas en los períodos en que crece y se desarrolla cada cultivar.

Calcular la sumatoria térmica de los cultivares para las distintas fechas de siembra (ver Tabla), para un $T_b=8^\circ\text{C}$ y determinar cuál de los dos tiene mayor tasa de crecimiento. Interprete los valores obtenidos de unidades térmicas y velocidades de crecimiento.

OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE		ENERO		FEBRERO	
	Tm		Tm		Tm		Tm		Tm
1-oct	16,5	1-nov	22,3	1-dic	18,2	1-ene	18,9	1-feb	20,7
2-oct	17,6	2-nov	23,4	2-dic	18	2-ene	18,6	2-feb	26,1
3-oct	17,6	3-nov	23,7	3-dic	19,6	3-ene	23,1	3-feb	23,2
4-oct	16,1	4-nov	25,9	4-dic	21,4	4-ene	25,6	4-feb	26,4
5-oct	16,4	5-nov	25,2	5-dic	23,3	5-ene	27,4	5-feb	22,4
6-oct	20,2	6-nov	25,5	6-dic	24,2	6-ene	27,8	6-feb	23,3
7-oct	17,8	7-nov	26,2	7-dic	26,8	7-ene	23,2	7-feb	21,5
8-oct	13,5	8-nov	25,4	8-dic	29,9	8-ene	25,1	8-feb	25,9
9-oct	18,2	9-nov	26	9-dic	24,3	9-ene	26,1	9-feb	27,4
10-oct	22,7	10-nov	23,7	10-dic	23,7	10-ene	28,1	10-feb	23,4
11-oct	24,2	11-nov	25,6	11-dic	24,8	11-ene	27,3	11-feb	23,2
12-oct	18,6	12-nov	25,3	12-dic	24,9	12-ene	24,7	12-feb	23,5
13-oct	18,8	13-nov	25,1	13-dic	24,8	13-ene	25,4	13-feb	25,4
14-oct	18,8	14-nov	25,8	14-dic	27,1	14-ene	27,2	14-feb	27,3
15-oct	16,9	15-nov	18,3	15-dic	28,2	15-ene	28	15-feb	26,7
16-oct	17,8	16-nov	17,3	16-dic	28	16-ene	28	16-feb	25,6
17-oct	18,1	17-nov	20,7	17-dic	28,7	17-ene	29,9	17-feb	26,3
18-oct	19,1	18-nov	23,9	18-dic	29,3	18-ene	19,7	18-feb	28,2
19-oct	20,6	19-nov	24,4	19-dic	25,9	19-ene	21,2	19-feb	29,8
20-oct	23,7	20-nov	24,7	20-dic	23,6	20-ene	25,1	20-feb	26,7
21-oct	24,0	21-nov	24,4	21-dic	24,8	21-ene	27,8	21-feb	23,3
22-oct	19,5	22-nov	25,8	22-dic	26,7	22-ene	28,8	22-feb	20
23-oct	20,9	23-nov	28,1	23-dic	25,9	23-ene	30,1	23-feb	21
24-oct	24,1	24-nov	28,4	24-dic	23,5	24-ene	31,2	24-feb	23,2
25-oct	20,2	25-nov	30,1	25-dic	25,5	25-ene	24,8	25-feb	23,6
26-oct	21,6	26-nov	24,6	26-dic	24,8	26-ene	27	26-feb	23,6
27-oct	21,8	27-nov	28,6	27-dic	25,1	27-ene	24,2	27-feb	23
28-oct	22,3	28-nov	22	28-dic	24,1	28-ene	22,6	28-feb	25,7
29-oct	20,9	29-nov	23,4	29-dic	25,2	29-ene	24,9		
30-oct	20,9	30-nov	20,8	30-dic	23,1	30-ene	25,5		
31-oct	20,8			31-dic	24,4	31-ene	26,4		

9.a. Determinar las unidades térmicas ($^\circ\text{Cd}$) -o grados día acumulados- en una planta de trigo por el método residual y sinusoidal considerando los siguientes datos: $T_b = 6^\circ\text{C}$ $T_t = 30^\circ\text{C}$.

Día	Tmáx	Tmín
01/07/94	+15,3	+06,2
02/07/94	+11,0	+04,0
03/09/94	+30,1	+07,9

b. Compare ambos métodos y comente.

10. a. Calcular las horas de frío para cada uno de los días mostrados en la Tabla utilizando la variación sinusoidal de la temperatura diaria y el método de triangulación sabiendo que la temperatura base es de $T_b = 7^\circ\text{C}$.

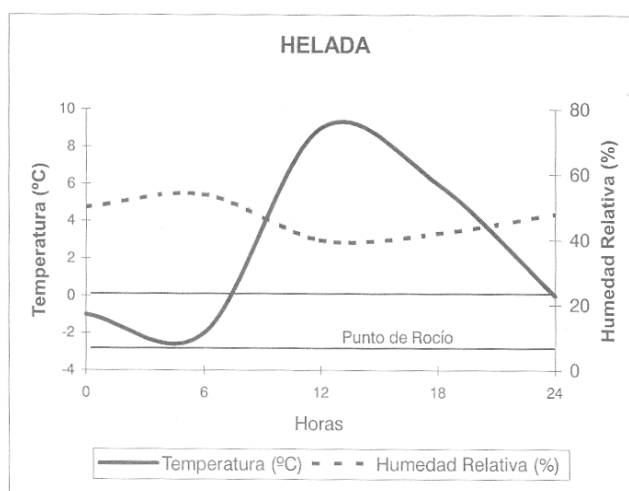
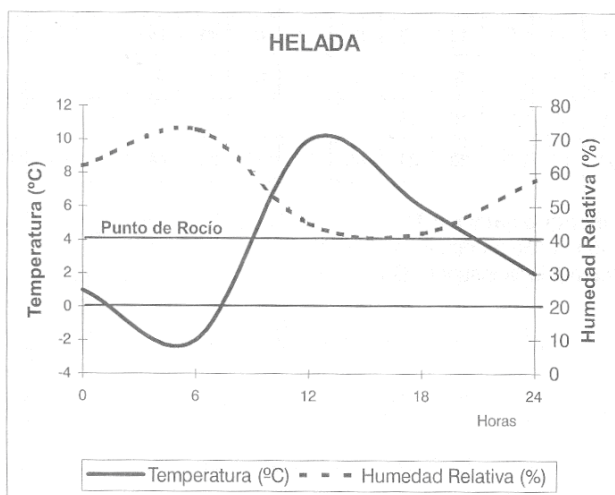
Día	Tmáx ($^\circ\text{C}$)	Tmín ($^\circ\text{C}$)
1	16	2
2	14	-3

b. Compare los resultados de ambos métodos y comente.

11. Calcule para las localidades de La Consulta (Mendoza) y Reconquista (Santa Fe) el período libre de heladas.

AÑO	La Consulta - Mendoza.			Reconquista - Sta. Fe		
	Primera Helada	Última helada	Período libre de heladas	Primera Helada	Última helada	Período libre de heladas
1971	16/4	11/10		25/6	27/8	
1972	5/5	5/10		5/5	14/8	
1973	8/6	15/9		8/7	30/8	
1974	19/4	9/9		3/5	19/7	
1975	8/4	8/10		8/8	3/9	
1976	13/3	4/10		17/7	28/7	
1977	16/5	11/10		30/6	8/9	
1978	26/5	14/9		25/6	25/6	
1979	5/4	18/9		9/6	24/8	
1980	6/5	9/11		31/5	2/7	
1981	27/5	6/10		1/7	16/9	
1982	13/5	11/11		18/6	24/7	
1983	5/5	30/9		29/6	3/8	
1984	29/4	27/8		5/6	8/9	
1985	Sin dato	Sin dato		13/5	25/8	
1986	15/4	20/9		9/6	12/7	
1987	20/5	10/10		17/9	17/9	
1988	21/4	1/11		26/5	7/8	
1989	6/5	21/9		5/5	26/7	
1990	16/5	11/9		3/7	8/7	

12. Analizar los siguientes gráficos y determinar el tipo de helada que se produce fundamentando su respuesta.



13. Calcular las horas de frío (debajo de 7°C) a que estuvo expuesto un cultivo de trigo sembrado en Paraná el 26 de Junio. Utilizar los datos diarios de temperatura máxima y mínima publicados por la

Estación Experimental del INTA Paraná. Utilice los métodos de triangulación y sinusoidal. Compare y comente.

Junio

Día	Tmax	Tmin	Tm	Día	Tmax	Tmin	Tm	Día	Tmax	Tmin	Tm
1	20	10.3	15.1	11	23	15	19	21	16.5	7	11.8
2	19	15.9	17.5	12	21	16.9	19	22	15.3	8.6	12
3	22	12.9	17.5	13	20.1	14	17	23	16.1	6.5	11.3
4	19.5	10.2	14.9	14	23.5	14.9	19.2	24	12.3	6	9.1
5	18.8	13	15.9	15	23.5	18.8	21.1	25	11	1.9	6.4
6	17.7	8.3	13	16	20	16.6	18.3	26	16.8	4.5	10.6
7	14.8	5.9	10.4	17	20.1	18.6	19.4	27	15.8	5.4	10.6
8	16.5	6.2	11.4	18	20.5	15	17.8	28	16.9	5.7	11.3
9	19.9	7.7	13.8	19	19.5	10.3	14.9	29	18.3	10.3	14.3
10	22.5	9.1	15.8	20	12.9	8.8	10.9	30	17	8.4	12.7

Julio

Día	Tmax	Tmin	Tm	Día	Tmax	Tmin	Tm	Día	Tmax	Tmin	Tm
1	18.1	5.7	11.9	11	12.2	2	7.1	21	18.9	10	14.4
2	17.3	6	11.6	12	18.5	4	11.3	22	12.3	4.9	8.6
3	18.5	7.9	13.2	13	23.2	10	16.6	23	13.2	3.1	8.1
4	15.3	6.2	10.8	14	24.8	11.8	18.3	24	19	8.8	13.9
5	9.5	2	5.8	15	25.4	13.9	19.6	25	16.6	5.2	10.9
6	11	4	7.5	16	27	18.2	22.6	26	18.2	5.7	12
7	9.2	3	6.1	17	21.3	14.1	17.7	27	20.9	8	14.4
8	8.5	2.4	5.4	18	21.6	11.8	16.7	28	18	11.8	14.9
9	9.8	-0.2	4.8	19	24.8	14	19.4	29	17.5	14.8	16.1
10	11	1.6	6.3	20	25.2	16.3	20.8	30	17.5	14.8	16.1
								31	16	10.8	13.4

Agosto

Día	Tmax	Tmin	Tm	Día	Tmax	Tmin	Tm	Día	Tmax	Tmin	Tm
1	16	7.9	11.9	11	21.3	9.6	15.4	21	17.9	11.8	14.9
2	14.1	6.5	10.3	12	21.5	12.5	17	22	18.6	8.6	13.6
3	14.8	1.9	8.4	13	18.8	8.7	13.8	23	18.1	5.8	12
4	17.3	5.1	11.2	14	15.5	5.9	10.7	24	18.3	6.5	12.4
5	20.3	5.9	13.1	15	14.2	6	10.1	25	21.6	9.7	15.6
6	22.5	12	17.3	16	14	1	7.5	26	18.6	4.9	11.8
7	23.2	12.5	17.9	17	16.5	4.9	10.7	27	20.2	8.3	14.3
8	18.2	9.8	14	18	19.8	7.5	13.6	28	23.5	11	17.3
9	16.3	6.8	11.5	19	17.1	12	14.6	29	23.4	13.5	18.5
10	19.2	3.9	11.6	20	18	10.4	14.2	30	17	11.6	14.3
								31	13	11.2	12.1

Septiembre

Día	Tmax	Tmin	Tm	Día	Tmax	Tmin	Tm	Día	Tmax	Tmin	Tm
1	11.4	6.9	9.1	11	24.5	10	17.3	21	24.3	18.3	21.3
2	14.5	4.3	9.4	12	27.2	16	21.6	22	31	15.7	23.4
3	18.4	6	12.2	13	23.4	16	19.7	23	36.3	25.6	31
4	20.7	10	15.4	14	17.2	11.9	14.6	24	30	16.9	23.5
5	23.6	8.6	16.1	15	19.8	5.4	12.6	25	27.5	13.9	20.7
6	25.8	12.7	19.3	16	20.5	9.5	15	26	23.5	9.7	16.6
7	18.1	5.4	11.8	17	24	10.6	17.3	27	23.1	8.2	15.6
8	14.6	3.3	8.9	18	36.7	25.5	31.1	28	22	11	16.5
9	16.3	3.7	10	19	36.7	25.5	31.1	29	23.1	13.8	18.5
10	20	8.9	14.4	20	31	23.1	27	30	20	12.2	16.1

14. En zonas templadas es importante la acumulación horas de frío en algunos cultivos frutales. Esta acumulación favorece a los cambios fisiológicos responsables de la floración y fructificación. Este

fenómeno es manifestado por durazneros, siendo importante para la producción que satisfagan sus horas de frío requeridas según la variedad. Utilizando los resultados del ejercicio anterior determine si las siguientes variedades satisface los requerimientos:

Flordagrande	100 hf
Flordaprince	150 hf
San pedro	325 hf

15. Métodos de defensa activa contra las heladas: Son técnicas a aplicar en un monte frutal que permite modificar el microclima en forma temporaria para impedir el descenso de temperatura por debajo del umbral de resistencia al frío del vegetal. Cuando se comienza a proteger un área con calefacción o aspersión de agua, se crea una diferencia de temperatura entre esta zona y las adyacentes que hará necesario incrementar las necesidades de calor de la zona protegida a medida que se intensifique la diferencia de temperaturas.

Cálculo de cantidad de quemadores en la lucha contra las heladas: Mediante una simple fórmula es posible calcular estas necesidades de calor a aportar.

En el caso de que la velocidad del aire sea mayor a 0,2 m/s la cantidad de calor a agregar al aire que se ha desplazado de la zona a proteger es:

$$Q = 3,6 \cdot F \cdot H \cdot V \cdot Ch \cdot \Delta T$$

Q: cantidad de calor en Kcal.

F: ancho del área en metros.

H: Altura del cultivo a proteger en metros.

V: Velocidad del aire en m/s.

Ch: Calor específico del aire húmedo en Cal / (m³ °C).

ΔT: Diferencia de temperatura área a proteger/entorno.

A este valor de energía se debe adicionar la que pierde el cultivo por radiación, ésta depende de la temperatura y del coeficiente de emisividad del cultivo.

$$Q = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

ε: Coeficiente de emisividad (Varía entre 0,91 y 0,95 para los frutales)

σ: Constante de Stefan Boltzman = 8,13.10⁻¹¹ Cal/(cm² °K⁴ min)

T: Temperatura del cultivo en °K

Coeficiente de emisividad para algunos cuerpos terrestres:

Agua	0,92 a 0,96
Suelo húmedo	0,95 a 0,98
Suelo seco	0,90
Pradera natural	0,90
Bosque	0,90
Pradera de alfalfa	0,95
Hojas de árboles	0,91 a 0,95

Problema

Calcular la cantidad de calor a aportar a un monte de frutales de 100 metros de frente expuesto al viento que tiene una velocidad de 1m/s si el calor específico del aire húmedo es de 0,5 Cal/(m³°C), la temperatura del aire es de 2°C bajo cero a 1,5 m sobre el suelo, la altura del follaje es también de 1,5 metros y el coeficiente de emisividad de las hojas es de 0,92. El área a proteger es de 1 hectárea.

Si se desea realizar la defensa contra la helada utilizando quemadores de gasoil con un aporte de 4,85 KCal/(seg. ha) calcular cuántos quemadores serán necesarios.

Si cada quemador consume 18 litros de gasoil durante 7 horas calcular cuántos litros de gasoil serán necesarios, (considerar las 7 horas de funcionamiento).

PREGUNTAS

- 1) ¿Cuáles son los valores de la temperatura media anual que caracterizan a la Provincia de E. Ríos?. Cómo es el comportamiento de la temperatura con respecto a la latitud?
- 2) ¿Cuáles son las fechas de ocurrencia probable de primera y última helada meteorológica en Paraná?
- 3.) De qué factores dependerá, en agricultura, la magnitud del daño causado por las heladas extremas? Enumere y comente.
- 4) Para el Departamento Uruguay, mencione el mes donde se registra la temperatura media mensual más baja.
- 5) Cómo se explican la marcha diaria y la marcha anual de la temperatura en una localidad de latitudes medias (p.e. 30°). Analizar las causas de la periodicidad que presentan.
- 6) Describa las escalas que se utilizan para medir la temperatura y los instrumentos más comunes, de uso meteorológico, para medir temperatura del aire.
- 7) En relación con la iniciación de una 'fase' existen condiciones que determinan el pasaje de una fase a otra a través de los distintos subperíodos para lo cual el vegetal debe llegar a un estado de *disposición* y debe tener un *estímulo*. Investigue a que se refieren ambos términos y cuales con los elementos que se consideran en cada caso.
- 8) Elabore una lista de los estados vegetativos y reproductivos –en escalas- de trigo, maíz, soja, girasol (En caso necesario consulte en INTA RIAP Estados fenológicos).
- 9) Explique que es termoperidismo y que importancia tiene en el desarrollo de los cultivos.
- 10) Desde el punto de vista bioclimático la temperatura tiene un papel fundamental, por eso se habla de temperatura vital, letal, óptima y de los umbrales a tener en cuenta. Se consideran 5 temperaturas 'cardinales'. Describirlas y representarlas en un gráfico.
- 11) Investigue los valores que pueden tener algunos cultivos de invierno y otros de verano tanto para las temperaturas cardinales como para las unidades térmicas que requieren.