

# *AGROCLIMATOLOGÍA*

## **GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**2023**

**RAFAEL H. HURTADO  
MÓNICA B. VALDIVIEZO CORTE  
CARLA A. MORENO  
FABIO D. ALABAR**

## **INDICE**

<b>REGLAMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>TRABAJO PRÁCTICO 1 LA OBSERVACIÓN METEOROLÓGICA - INSTRUMENTAL .....</b>	<b>6</b>
<b>TRABAJO PRÁCTICO 2 ENERGIA ATMOSFERICA .....</b>	<b>13</b>
<b>TRABAJO PRÁCTICO 3 TEMPERATURA DEL SUELO Y DEL AIRE .....</b>	<b>17</b>
<b>TRABAJO PRÁCTICO 4 PRESIÓN ATMOSFÉRICA, HUMEDAD, VIENTO Y PRECIPITACION .....</b>	<b>22</b>
<b>TRABAJO PRÁCTICO 5 EVAPOTRANSPIRACIÓN .....</b>	<b>28</b>
<b>TRABAJO PRÁCTICO 6 BALANCE HIDROLÓGICO CLIMÁTICO .....</b>	<b>34</b>
<b>TRABAJO PRÁCTICO 7 BALANCE HIDROLOGICO SERIADO.....</b>	<b>38</b>
<b>TRABAJO PRÁCTICO 8 FENOLOGÍA.....</b>	<b>41</b>
<b>TRABAJO PRÁCTICO 9 ADVERSIDADES CLIMÁTICAS .....</b>	<b>43</b>
<b>TRABAJO PRÁCTICO 11 AGROCLIMATOLOGÍA .....</b>	<b>54</b>

**EQUIPO DE CÁTEDRA:**

Profesor Titular:	Ing. Agr. Mg. RAFAEL HORACIO HURTADO
Profesora Adjunta:	Esp. Ing. Agr. MÓNICA B. VALDIVIEZO CORTE
Jefe de Trabajos Prácticos:	Ing. Agr. CARLA ANDREA MORENO
Jefe de Trabajos Prácticos:	Ing. Agr. FABIO DAVID ALABAR
Ayudante de Segunda	María del Carmen Rivera Funes
Colaboradores: Coadyuvante	Sr. MATÍAS VERA Srta. PRISCILA BORQUEZ Sr: LUCAS TORRAMORELL

**OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA**

Al finalizar el curso el alumno será capaz de:

Discernir sobre los componentes atmosféricos que determinan o condicionan el clima terrestre.

- Analizar los efectos de los elementos del tiempo o el clima sobre el ambiente en general y sobre los sistemas productivos agropecuarios en particular.
- Conocer el clima y su variación a nivel regional y nacional.
- Conocer y comprender la vulnerabilidad de los sistemas productivos agropecuarios como consecuencia de las adversidades climáticas (heladas, sequías, granizo, tormentas severas, etc.)
- Aplicar al diseño de la planificación y manejo agropecuario y ambiental, el uso de la información meteorológica y climática a diferentes escalas.

**OBJETIVOS DE LOS TRABAJOS PRÁCTICOS:**

Promover en los alumnos el desarrollo de las siguientes capacidades:

- Uso de fuentes de información y desarrollo de modelos explicativos. Resolución de problemas, diseño de estrategias, interpretación y comunicación de resultados.
- Investigar y abordar problemas desde el punto de vista agroclimático en un contexto global.
- Elaborar conclusiones a partir de las observaciones realizadas o de la información disponible, proponiendo distintas alternativas.
- Realizar análisis e interpretación de tablas y gráficos, a partir de los datos de las estadísticas meteorológicas.
- Operar estrategias que permitan convertir las tecnologías de información y comunicación, en una herramienta útil para mejorar la capacidad de interpretación, seleccionando, analizando y/o transformando si fuese necesaria la información proveniente de distintas fuentes.

**PROPUESTA METODOLOGICA DE LA ASIGNATURA**

Está orientada a la integración permanente de los conceptos teóricos, resultados obtenidos por referentes empíricos y alcances de las investigaciones realizadas en torno a la problemática de la Agroclimatología. De esta manera el objetivo es contextualizar los saberes e integrarlos de manera holística, evitando el pensamiento reduccionista que fragmenta o disocia las posibilidades de comprensión y reflexión.

**REGIMEN DE EVALUACIÓN**

**CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

La misma es de carácter procesual, cuali-cuantitativo, atendiendo a las siguientes pautas:

- Constatación del dominio de los contenidos teórico-prácticos mediante presentación de informes de determinados trabajos practico y una reseña de planificación a través del agua en el suelo a diferentes escalas.
- Capacidad de análisis crítico y de resolución de problemas con justificación de lo argumentado y uso de la bibliografía consultada.
- Grado de apertura y creatividad puesto en la tarea.
- Grado de compromiso y actitud del alumno manifestadas en su participación en las consultas.
- Participación en actividades desarrolladas en plataforma virtual.

**EVALUACIONES PARCIALES**

Los parciales, recuperatorios y flotantes, se realizarán de forma presencial, constarán de una parte teórica y una de práctica, las preguntas serán de multiple opción, verdadero/falso, convencionales, etc. El tiempo destinado para la resolución de cada prueba parcial será de 2 horas.

**Cronograma de clases:** deberá exponerse en el aula virtual y socializarse al inicio del ciclo lectivo Inscripción por Cátedra y SIU Guaraní: del 15/08 al 19/08 Período de clases: 15/08 al 02/12 - Lista Regulares y Promocionales: 05 al 09/12/2022

**Clases teóricas:**

**MARTES de 10:00 a 12:00 hs Responsable: Ing. Agr. Esp. Mónica Valdiviezo Corte (MVC). Aula 5 (3ºPiso).**

**MIÉRCOLES DE 18.00 a 20.00 hs. Responsable: Ing. Agr. Mg. Rafael H. Hurtado (RHH). Aula 5 (3ºPiso).**

**Trabajos Prácticos:**

**Comisión I: MIÉRCOLES de 18:00 a 21:00 hs. Responsables: Ing. Agr. Carla Moreno (CM); Aula 5 (3ºPiso).**

**Comisión II: MIÉRCOLES de 8.30 a 11.30 hs. Responsable: Ing. Agr. Fabio Alabar (FA). Aula 5 (3ºPiso).**

**TRABAJOS PRÁCTICOS A EVALUAR EN CADA PARCIAL:**

- ✓ 1º Parcial: Incluye los temas del TP 1 “Estación Meteorológica”; TP2 “Energía Atmosférica”, TP3 “Temperatura del Suelo y del Aire” y TP4 “Presión, Humedad, Vientos y Precipitación”.TP5 “Evapotranspiración”
- ✓ 2º Parcial: Incluye los temas del TP6 “Balance Hidrológico Climático”, TP7 “Balance Hidrológico Seriado”, TP 8 “Fenología”; TP9 “Bioclimatología”; TP10 “Adversidades climáticas” y TP11 “Agroclimatología”.

**FORMA DE EVALUACIÓN DE LOS PARCIALES:**

La misma se realizarán de forma presencial, constarán de una parte teórica y una de práctica, las preguntas serán de forma estructuradas (múltiple opción) y semiestructuradas (planteo de situaciones problemáticas, estudios de casos, etc. El tiempo destinado para la resolución de cada prueba parcial será de 2 horas.

**CLASES DE CONSULTA:**

La Cátedra dispone de clases de consultas semanales, especificadas en cartelera y en la página del Aula virtual, tanto grupales como individuales, para favorecer y acompañar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
08:00					
09:00	CONSULTA VIRTUAL VALDIVIEZO 9.00- 10.00		TP DE AGROCLIMATOLOGÍA (8.30 A 11.30 HS)		
10:00	CONSULTA: MORENO (10 A 11)	TEORÍA DE AGROCLIMATOLOGÍA (10 A 12 HS)		CONSULTA: VALDIVIEZO (10 A 11)	CONSULTA VIRTUAL: MORENO (10 A 11)
11:00					
12:00					
13:00					
14:00					
15:00					
16:00					
18:00	CONSULTA: HURTADO (18 A 19 HS)	TEORÍA DE AGROCLIMATOLOGÍA (18 A 20HS)	TP DE AGROCLIMATOLOGÍA (18 A 21 HS)	CONSULTA: HURTADO (18 A 19 HS)	CONSULTA: ALABAR (18.00 a 19.00)
19:30					
20:00					
21:00					

### **CONDICIÓN DE ALUMNO REGULAR**

Para Regularizar la Materia Agroclimatología el alumno deberá: aprobar los dos parciales o sus instancias recuperatorias con nota igual o mayor a seis (6) puntos sobre diez (10).

### **EXAMEN FINAL**

Los alumnos regulares se presentan a un Examen Oral o Escrito en línea, de acuerdo a los contenidos del programa analítico de la asignatura.

Los criterios de evaluación que se tienen en cuenta son:

- Capacidad de exposición clara, ordenada y coherente.
- Solvencia y rigurosidad en el manejo de los contenidos y vocabulario.
- Capacidad de fundamentación y articulación de ideas.
- La calificación requerida para la aprobación del Examen Final es de 4 (cuatro) puntos tal como lo establece la reglamentación vigente, y representa el 60 % del contenido de la asignatura.

### **EXÁMENES LIBRES Y REVALIDAS:**

Los alumnos que desean rendir la materia en carácter de alumno libre o reválida, deberán primero aprobar un Examen Escrito Integral, que contempla todos los temas y ejercicios del programa de trabajos prácticos de la materia. El mismo se aprueba con 60 (sesenta) puntos sobre 100 (cien). Aprobado este examen, accederá a rendir el Examen Final que versara sobre cualquier punto del programa analítico vigente.

**TRABAJO PRÁCTICO 1**

**LA OBSERVACIÓN METEOROLÓGICA - INSTRUMENTAL**

**1.0 Objetivos**

Desarrollar en los alumnos la capacidad y el hábito para:

- Identificar y validar las fuentes de información meteorológica y climática disponible en la web.
- Identificar y estimar los parámetros meteorológicos y climáticos que se utilizan en la planificación de los sistemas productivos agropecuarios.
- Observar, describir y comparar el instrumental meteorológico usado en la toma de datos en una estación meteorológica, de acuerdo a las normas del SMN (Servicio Meteorológico Nacional) y la OMM (Organización Meteorológica Mundial).
- Describir el instrumental teniendo en cuenta el proceso físico de funcionamiento de cada uno.

**1.1 Contenidos**

Fuentes de información. Tipos de estaciones meteorológicas, información meteorológica y climática satelital. Principales indicadores de desempeño de la información satelital. Tratamiento estadístico de datos meteorológicos y climáticos. La Estación Meteorológica: Observaciones Especiales: ubicación, características del instrumental. Categorías y observaciones.

**1.2 Actividades en el aula**

**1.2.1.1** El cuadro 1 muestra la temperatura horaria para el día 4 de julio de 2022, de una estación convencional (Augusto Romain), estación automática (GABOJUJUY) e información satelital (satélite M2T1NXSLV). La estación GABOJUJUY, se encuentra a una distancia de 2 km de la estación Augusto Romain; y la información de satélite se descargó de acuerdo a la ubicación geográfica de la estación Augusto Romain. Se solicita obtener el valor medio diario de temperatura para el 4 de Julio de 2022. Genere una conclusión considerando los siguientes criterios:

- ✓ ¿Qué fuente de información considera como referencia?
- ✓ ¿Que formula utilizaría para comparar los registros diarios?
- ✓ ¿Cuál es la información que más se aproxima al valor de referencia considerado?

Para obtener los valores diarios utilicé las siguientes expresiones:

**Promedio de todas las observaciones:**

$$\frac{\sum_{i=1}^n Th}{n}$$

Th: temperaturas horarias

**Promedio Cuatridiurna:**

$$\frac{T_{9 a.m} + T_{3 p.m} + T_{9 p.m} + T_{3 a.m}}{4}$$

**Promedio Máxima y Mínima:** Corresponden al promedio de las temperaturas máximas y mínimas.

$$\frac{T_{max} + T_{min}}{2}$$

Cuadro 1: Temperatura horaria del aire del 4 de julio de 2022, correspondientes a tres fuentes de información

Hora	Augusto Romain	GABOJUJUY	M2T1NXSLV
00:00:00	S/D	7.4	9.6
01:00:00	S/D	6.6	8.9
02:00:00	S/D	6.7	8.3
03:00:00	2.9	6.2	7.8
04:00:00	S/D	5.2	7.3
05:00:00	S/D	5.5	6.8
06:00:00	3.7	4.8	6.4
07:00:00	3.7	5	5.9

08:00:00	3.2	5.2	5.5
09:00:00	3.8	6.2	5.2
10:00:00	6.7	8.7	5.0
11:00:00	10.6	11.8	10.5
12:00:00	14.8	15.8	15.4
13:00:00	17	16.2	18.7
14:00:00	17.8	16.9	21.2
15:00:00	17.4	16.7	23.0
16:00:00	18.4	17.4	24.1
17:00:00	18.8	17	24.3
18:00:00	18.1	16.7	23.6
19:00:00	15.6	14.4	22.1
20:00:00	12.8	12.6	19.5
21:00:00	10.9	11.4	14.3
22:00:00	9.7	10.3	11.2
23:00:00	S/D	9.4	10.3

**1.2.1.2** Las estimaciones de la información meteorológica obtenida de los satélites requieren validación para conocer su incertidumbre asociada. Existen muchos indicadores para evaluar el rendimiento de las estimaciones de satélite, entre ellos, el error absoluto medio, error cuadrático medio (RMSE), el sesgo (MBE), la eficiencia Nash-Sutcliffe (NSE), coeficiente de determinación y coeficiente de correlación de Pearson (R). El R mide la relación o asociación de dos variables cuantitativas y el MBE determina la desviación de los datos estimados con respecto a los datos observados, siendo valores negativos una subestimación y positivos una sobreestimación.

El cuadro 2 muestra la precipitación mensual del mes de marzo para el periodo 1981-2000 de la estación Augusto Romain y dos estimaciones de satélite (TRMM: the Tropical Rainfall Measurement Mission; GPM: Global Precipitation Measurement). **Determine el R y MBE para TRMM-Augusto Romain y GPM-Augusto Romain y genere una breve conclusión de los indicadores de desempeño.** Para ser considerado buenos estimadores de lluvia (TRMM y GPM) el R tienen que aproximarse a 1 y el MBE a 0.

El R se puede determinar con el software Excel de Office, mientras que para el MBE se utiliza la siguiente expresión:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)}{N}$$

Donde:

O<sub>i</sub>: valores de precipitaciones medidas en superficie.

P<sub>i</sub>: valores de precipitaciones estimadas por TRMM y GPM

N: números totales de datos.

Cuadro 2: Precipitación mensual para el mes de marzo del periodo 1981-2000.

AÑO	Augusto Romain	TRMM	GPM
1981	98	80	99
1982	136	126	130
1983	218	210	217
1984	136	110	132
1985	196	190	200
1986	172	171	170
1987	187	181	190
1988	125	120	121
1989	108	109	110
1990	142	130	150
1991	287	190	289
1992	242	234	244

1993	13	14	12
1994	257	257	260
1995	321	320	326
1996	115	112	111
1997	291	289	292
1998	189	179	190
1999	246	230	240
2000	103	101	106

**1.2.1.3** Determine los índices meteorológicos y climáticos faltantes para la temperatura del mes de julio (Cuadro 3) y la precipitación del mes marzo (Cuadro 4) en el período 1979-2015.

### TEMPERATURA

➤ **Índices meteorológicos**

- **Temperatura máxima diaria:** Es el valor máximo diario registrado.
- **Temperatura mínima diaria:** Es el valor mínimo diario registrado.
- **Amplitud térmica diaria:** Es la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura mínima diaria.
- **Temperatura media mensual:** Promedio de las temperaturas medias diarias de un mes y año determinados.
- **Temperatura máxima media mensual:** Promedio de las temperaturas máximas diarias de un mes y año determinados.
- **Temperatura mínima media mensual:** Promedio de las temperaturas mínimas diarias de un mes y año determinados.
- **Temperatura media anual:** Promedio de las temperaturas medias diarias de los 365 días del año o de las doce temperaturas medias mensuales.

➤ **Índices climáticos**

- **Temperatura anual media o temperatura anual:** Promedio de las temperaturas medias mensuales de una serie de años.
- **Temperatura mensual media o temperatura mensual:** Promedio de las temperaturas medias mensuales de una serie de años para cada uno de los meses. Existen, por lo tanto, doce temperaturas mensuales medias.
- **Temperatura máxima mensual media o temperatura máxima mensual:** Promedio de las temperaturas máximas medias mensuales de una serie de años para cada uno de los meses. Existen, por lo tanto, doce temperaturas máximas mensuales medias.
- **Temperatura mínima mensual media o temperatura mínima mensual:** Promedio de las temperaturas mínimas medias mensuales de una serie de años para cada uno de los meses. Existen, por lo tanto, doce temperaturas mínimas mensuales medias.
- **Amplitud térmica anual:** Es la diferencia entre la temperatura mensual media del mes más cálido menos la temperatura mensual media del mes más frío.

### PRECIPITACIÓN

➤ **Índices meteorológicos**

- **Precipitación diaria:** Es la precipitación mayor a 0,1 mm acumulada en un día pluviométrico, es decir, el periodo de 24 horas entre dos observaciones consecutivas de las 09:00 HOA.
- **Precipitación mensual:** Es la acumulación de todas las precipitaciones diarias de un mes determinado.
- **Precipitación anual:** Es la acumulación de todas las precipitaciones registradas en un año determinado. Se puede expresar también como la suma de las doce precipitaciones mensuales de un año determinado.

➤ **Índices climáticos**

- **Precipitación mensual media:** Promedio de las precipitaciones mensuales de un mes determinado para una serie de años. Por ejemplo, el promedio de las lluvias de los meses de abril del periodo 1971-2020.
- **Precipitación anual media:** Promedio de las precipitaciones anuales de una serie de años. Por ejemplo, el promedio de las lluvias anuales del periodo 1971-2020.

Agroclimatología - Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Jujuy

Cuadro 3: Cálculo de índices meteorológicos y climáticos de temperatura del mes julio en la estación Meteorológica JUJUY AERO – SMN.

Temperatura media mensual mes de Julio		Temperaturas medias diarias Julio de 2015		Temperaturas horarias del día 02 de Julio de 2015	
1979	10,9	01/07/2015	7,3	02/07/2015 00:00	-0,4
1980	11,4	02/07/2015		02/07/2015 01:00	-0,4
1981	12,5	03/07/2015	4,2	02/07/2015 02:00	0,6
1982	14,9	04/07/2015	3,5	02/07/2015 03:00	2,0
1983	13,8	05/07/2015	5,6	02/07/2015 04:00	1,8
1984	11,0	06/07/2015	6,8	02/07/2015 05:00	1,0
1985	12,0	07/07/2015	9,3	02/07/2015 06:00	-2,2
1986	12,3	08/07/2015	10,0	02/07/2015 07:00	-1,6
1987	10,3	09/07/2015	11,4	02/07/2015 08:00	0,9
1988	12,5	10/07/2015	14,2	02/07/2015 09:00	5,6
1989	10,8	11/07/2015	15,0	02/07/2015 10:00	6,6
1990	13,9	12/07/2015	17,5	02/07/2015 11:00	8,3
1991	12,5	13/07/2015	18,4	02/07/2015 12:00	9,2
1992	10,2	14/07/2015	16,6	02/07/2015 13:00	9,9
1993	12,3	15/07/2015	17,4	02/07/2015 14:00	10,9
1994	11,1	16/07/2015	16,2	02/07/2015 15:00	11,7
1995	12,1	17/07/2015	15,7	02/07/2015 16:00	11,7
1996	8,9	18/07/2015	14,2	02/07/2015 17:00	10,8
1997	10,6	19/07/2015	9,5	02/07/2015 18:00	7,5
1998	12,1	20/07/2015	8,8	02/07/2015 19:00	5,6
1999	12,7	21/07/2015	4,3	02/07/2015 20:00	6,4
2000	10,9	22/07/2015	7,6	02/07/2015 21:00	4,6
2001	14,5	23/07/2015	9,4	02/07/2015 22:00	4,2
2002	14,1	24/07/2015	11,2	02/07/2015 23:00	4,4
2003	10,1	25/07/2015	16,7		
2004	9,5	26/07/2015	15,9	Promedio 24 hs	
2005	12,7	27/07/2015	11,9	Promedio Cuatridiurna	
2006	12,1	28/07/2015	15,0	Promedio máxima y mínima	
2007	11,8	29/07/2015	15,5		
2008	12,9	30/07/2015	10,7		
2009	12,9	31/07/2015	6,0		
2010	14,4				
2011	10,2	Prom. Julio 2015			
2012	15,4				
2013	10,3				
2014	10,5				
2015					
Prom. 1979/2015					

Cuadro 4: Cálculo de índices meteorológicos y climáticos de precipitación del mes marzo en la estación Meteorológica JUJUY AERO – SMN.

Precipitación mensual mes de Marzo		Precipitaciones diarias Marzo-2015	
1979	148	01/03/2015	4
1980	282	02/03/2015	3
1981	91	03/03/2015	
1982	136	04/03/2015	5
1983	218	05/03/2015	8
1984	136	06/03/2015	1
1985	196	07/03/2015	6
1986	172	08/03/2015	29
1987	187	09/03/2015	1
1988	125	10/03/2015	4
1989	108	11/03/2015	0
1990	142	12/03/2015	
1991	287	13/03/2015	
1992	242	14/03/2015	
1993	13	15/03/2015	
1994	257	16/03/2015	5
1995	321	17/03/2015	6
1996	115	18/03/2015	
1997	291	19/03/2015	
1998	189	20/03/2015	5
1999	246	21/03/2015	1
2000	103	22/03/2015	3
2001	102	23/03/2015	0
2002	194	24/03/2015	23
2003	179	25/03/2015	0
2004	65	26/03/2015	10
2005	89	27/03/2015	
2006	67	28/03/2015	49
2007	140	29/03/2015	9
2008	132	30/03/2015	0
2009	23	31/03/2015	9
2010	75		
2011	194	Precipitación Marzo 2015	
2012	231		
2013	79		
2014	52		
2015			
Promedio 1979 - 2015			

Nota: el valor 0 de la precipitación diaria corresponde a valores iguales o menores a 0.1 mm y la ausencia de datos a días sin precipitación.

**1.2.2 Actividades a realizar en la visita a la estación meteorológica Augusto Román**

1.2.2.1 Indique la ubicación geográfica y altitud sobre nivel del mar de la estación visitada.

1.2.2.2 Completar el cuadro 5 de acuerdo a lo observado en la estación visitada.

**Cuadro 5: Ubicación y disposición del instrumental en la Estación Meteorológica convencional**

Elemento a medir		Instrumental	Elemento Sensible	Proceso involucrado	Ubicación dentro de la estación	Unidad
Presión						
Viento	Dirección					
	Velocidad					
Precipitación	Intensidad					
	Cantidad				Campo de observación	
Evaporación		Tanque de evaporación Tipo A				
Heliofanía			Esfera de cristal			
Temperatura del aire				Dilatación y contracción		
Temperatura mínima						
Temperatura máxima						
Humedad						%
Radiación Global						

**REFERENCIA BIBLIOGRAFICA:**

- Barry, R. J. y R. J. Chorley. 1972. *Atmósfera, tiempo y clima*. Ed. Omega. Barcelona. 395 págs.
- Boletín Informativo N° 32. 1987. *La observación meteorológica*. Ed. S.M.N. Buenos Aires. Argentina.
- Castro Fonseca, E. 2008. *Manual de Procedimientos para las Estaciones Meteorológicas*. Organización para Estudios Tropicales. En <http://www.ots.ac.cr/meteoro/files/manual.pdf?pestacion=2>.
- Celemín, A. H. 1984. *Meteorología Práctica*. Edición del autor. Mar del Plata. Argentina. 320 págs.
- De Fina, A. y Ravelo, A. 1974. *Climatología y Fenología Agrícola*. EUDEBA. Buenos Aires. Argentina. 281 págs.
- *Manual del Observador Meteorológico*. 2001. IDEAM. Ministerio de Medio Ambiente. Medellín Colombia. 95 págs.
- OMM N° 8. 2010. *Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos*. Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial. Ginebra. Suiza. 569 págs. En [https://2a9e94bc607930c3d739becc3293b562f744406b.googledrive.com/host/0BwdvoC9AeWjUazhkNTdXRXUzOEU/wmo\\_8-2014\\_es.pdf](https://2a9e94bc607930c3d739becc3293b562f744406b.googledrive.com/host/0BwdvoC9AeWjUazhkNTdXRXUzOEU/wmo_8-2014_es.pdf).
- OMM N° 100. 2011. *Guía de prácticas climatológicas*. Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial. Ginebra. Suiza. En [http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo\\_100\\_es.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/guide/documents/wmo_100_es.pdf).
- Servicio Meteorológico Nacional. 1958, 1958, 1963, 1972, 1981, 1986, 1992 y 2012. "Estadísticas Climatológicas N° 2, 3, 6, 1931-1960, 35, 36, 37, 38". 1901-2012. Buenos Aires, Argentina.
- Alabar, F. Sólis, J. Valdiviezo Corte, M. Hurtado, R. Validación de las precipitaciones estimadas por TRMM y GPM en 6 estaciones de las provincias de Jujuy Y Salta (Argentina). [http://www.fca.unju.edu.ar/media/revista\\_articulo/Revista\\_Cientifica\\_FCA\\_Volumen14\\_2\\_2021-45-57.pdf](http://www.fca.unju.edu.ar/media/revista_articulo/Revista_Cientifica_FCA_Volumen14_2_2021-45-57.pdf).
- Murphy, G y Hurtado, R. 2016. *Agrometeorología*. Ed. Ampliada. Editorial Facultad de Agronomía. U.B.A. 542 Págs. ISBN 978-987-29338-5-2. Capítulos 6 y 7.

**BIBLIOGRAFÍA EN INTERNET:**

Glosario de términos en meteorología: [http://www.meteorologia.com.uy/glosario\\_a.htm](http://www.meteorologia.com.uy/glosario_a.htm);  
[www.smn.gov.ar](http://www.smn.gov.ar)  
<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>  
<https://www.wunderground.com/>

**TRABAJO PRÁCTICO 2**  
**ENERGIA ATMOSFERICA**

**2.0. Objetivos**

Desarrollar en los alumnos la capacidad para:

- Analizar y relacionar los conceptos, leyes y teorías, inherentes a la variación de la radiación como generadora de los diferentes procesos atmosféricos.
- Analizar el Balance de Radiación, mediante la identificación de los flujos energéticos que lo componen.
- Analizar y discutir la importancia y aplicación agronómica del mismo.

**2.1 Contenidos.**

Flujos de radiación de onda corta y larga. Variación de la radiación astronómica y de la duración del día según latitud y época del año. Altura del sol. Balance de Radiación del Sistema Tierra - Atmósfera.

**2.2 Actividades**

- Calcule la altura del Sol (h) al mediodía para las localidades de: La Quiaca (22° 06' S) y Perico (24° 20' S) provincia de Jujuy; y Río Gallegos (51° 37', provincia de Santa Cruz) en los solsticios de invierno, verano y en los equinoccios. Describa el movimiento del Sol en cada estación del año, y concluya como es la variación de h, con la latitud.
- En campos ubicados en San Luis (33° 20' S, 66° 20' W) y otro en Susques (23° 23' S, 66° 22' W) se desean colocar placas para el aprovechamiento de la energía solar. Calcule el ángulo en el que deben colocarse las mismas para obtener la mayor intercepción posible en los equinoccios y solsticios.
- Identifique las latitudes y los momentos del año en que se observa la mayor y la menor duración astronómica del día y el período del año que abarca (Cuadro 1).

Cuadro 1: Valores de heliofanía astronómica (HA) en horas y décimas de horas para los días 15 de cada mes para latitudes del hemisferio sur

Lat	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
10	12.52	12.31	12.06	11.77	11.54	11.42	11.46	11.66	11.92	12.19	12.44	12.58
20	13.08	12.64	12.12	11.54	11.06	10.80	10.89	11.29	11.84	12.39	12.92	13.20
23.45	13.29	12.77	12.14	11.45	10.88	10.57	10.68	11.15	11.81	12.47	13.10	13.44
25	13.39	12.83	12.15	11.40	10.79	10.46	10.58	11.09	11.79	12.50	13.18	13.54
30	13.73	13.02	12.19	11.26	10.50	10.08	10.23	10.87	11.74	12.62	13.46	13.92
35	14.11	13.24	12.23	11.10	10.18	9.66	9.85	10.63	11.69	12.76	13.78	14.34
40	14.54	13.49	12.27	10.93	9.80	9.18	9.41	10.35	11.63	12.91	14.14	14.82
45	15.05	13.78	12.33	10.72	9.37	8.60	8.88	10.03	11.55	13.08	14.57	15.40
50	15.68	14.13	12.39	10.47	8.83	7.89	8.24	9.64	11.47	13.29	15.09	16.12
60	17.65	15.15	12.57	9.76	7.22	5.58	6.21	8.51	11.23	13.89	16.65	18.43
66.50	20.46	16.28	12.75	8.99	5.20	1.14	3.21	7.21	10.97	14.53	18.58	22.94
90	24.00	24.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	24.00	24.00

- De acuerdo con las marchas de Radiación Astronómica **Diaria** (RAD) para distintas latitudes (Figura 2 y cuadro 2):
  1. Indique, ¿en qué momento del año se recibe la mayor cantidad de RAD?
  2. Indique, ¿en cuál de todas las latitudes se recibe mayor RAD? ¿Por qué?
  3. ¿Cómo varía la RAD a lo largo del año?
  4. ¿De qué factores depende la RAD?
  5. ¿Cómo varía la RAD con la latitud y momentos del año?

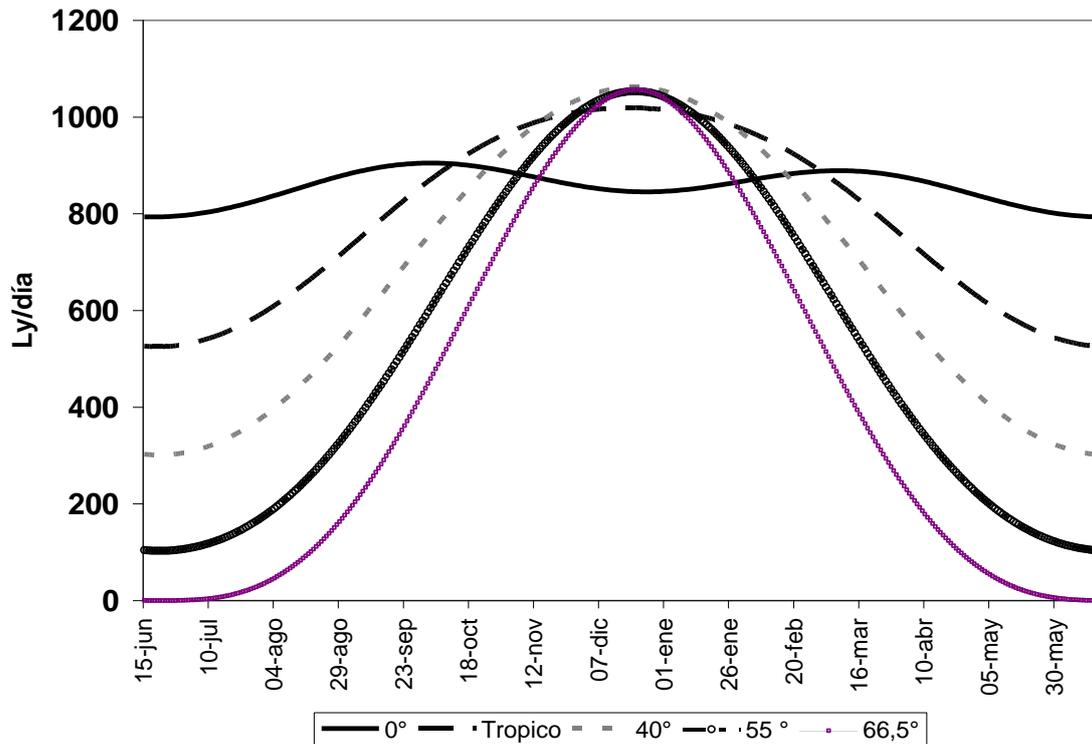


Figura 2: Marcha de la radiación astronómica **diaria** para diferentes latitudes.

Cuadro 2: Datos de Radiación Astronómica **diaria** para diferentes latitudes (Ly/día).

	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	AÑO
<b>0° ECUADOR</b>	793	800	840	880	863	861	845	856	885	895	866	825	793	846
<b>22°</b>	575	590	682	802	905	968	996	986	945	858	739	632	575	789
<b>22° 06' LA QUIACA</b>	<b>572</b>	<b>587</b>	<b>680</b>	<b>800</b>	<b>904</b>	<b>968</b>	<b>997</b>	<b>987</b>	<b>945</b>	<b>857</b>	<b>737</b>	<b>628</b>	<b>572</b>	<b>787</b>
<b>24°</b>	523	539	638	771	894	973	1011	1000	941	836	700	548	523	761
<b>24° 14' JUJUY</b>	<b>520</b>	<b>536</b>	<b>635</b>	<b>769</b>	<b>893</b>	<b>973</b>	<b>1012</b>	<b>1001</b>	<b>941</b>	<b>835</b>	<b>698</b>	<b>549</b>	<b>520</b>	<b>760</b>
<b>26°</b>	497	514	615	755	888	976	1019	1007	939	825	680	560	497	752
<b>26° 49' R.S.PEÑA</b>	<b>486</b>	<b>503</b>	<b>606</b>	<b>749</b>	<b>886</b>	<b>977</b>	<b>1022</b>	<b>1010</b>	<b>938</b>	<b>821</b>	<b>672</b>	<b>550</b>	<b>486</b>	<b>747</b>
<b>28°</b>	471	488	593	740	882	978	1027	1014	937	814	661	536	471	739
<b>28° 36' CATAM.</b>	<b>463</b>	<b>481</b>	<b>586</b>	<b>735</b>	<b>880</b>	<b>979</b>	<b>1029</b>	<b>1016</b>	<b>936</b>	<b>811</b>	<b>655</b>	<b>529</b>	<b>463</b>	<b>736</b>
<b>30°</b>	444	463	570	724	876	981	1035	1020	934	804	641	512	444	727
<b>44°</b>	253	274	395	582	781	955	1046	1020	870	680	474	324	253	608
<b>45° 47' COM.R.</b>	<b>230</b>	<b>250</b>	<b>372</b>	<b>561</b>	<b>767</b>	<b>949</b>	<b>1044</b>	<b>1016</b>	<b>858</b>	<b>662</b>	<b>451</b>	<b>300</b>	<b>230</b>	<b>592</b>
<b>46°</b>	227	247	369	559	765	948	1044	1016	857	660	448	297	227	590
<b>66° 33' CIR. POLAR</b>	28	44	119	286	576	88	1047	987	694	370	158	54	28	345
<b>90° POLO SUR</b>	0	0	0	0	419	838	1118	1029	635	105	0	0	0	319

e. Uno de los elementos que afecta el número de granos del cultivo de trigo, a través de una relación lineal positiva con la tasa de crecimiento, es la radiación (R). El otro, es la temperatura (T<sup>0</sup>), que afecta en forma inversa, acelerando el desarrollo puesto que se trata de un cultivo de invierno. Fisher desarrolló el concepto de cociente fototermal, cuya expresión es

$$Q = \frac{R}{T}$$

Dónde:

**Q:** cociente fototermal

**R:** radiación global

**T:** temperatura

La siguiente figura (3) muestra el número de granos por m<sup>2</sup> en función del cociente fototermal para distintas localidades de la Argentina.

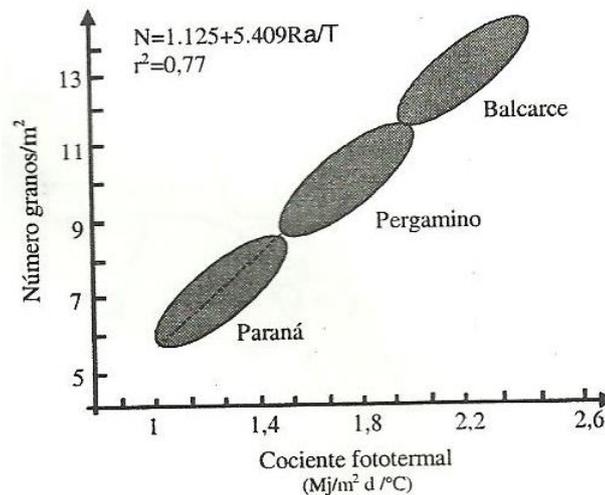


Figura 3: número de granos por m2 en función del cociente fototermal

Además esta relación es utilizada, para predecir el rendimiento potencial de un cultivo. En el siguiente ejercicio se muestra cómo se puede estimar en función de la radiación global el rendimiento de trigo para Buenos Aires.

El rendimiento medio de trigo para Buenos Aires puede estimarse en función de la radiación global (RG) mediante la siguiente expresión:

$$Y = -628 + 2558Q$$

Dónde Q: cociente fototérmico (MJ/días m<sup>2</sup>°C)

Y: rendimiento (granos/m<sup>2</sup>)

$$Q = RG_{(A-25)} / (Tm - 4,5)$$

Dónde RG: radiación global integrada durante 25 días antes de anthesis

Tm: temperatura media del período antes mencionado

$$RG = Ra (a + b n/N)$$

Dónde Ra: radiación astronómica

a (para Bs. As.) = 0.18

b (para Bs. As.) = 0.58

n: heliofanía efectiva

N: heliofanía teórica

Estime el rendimiento de trigo para las siguientes situaciones:

- 1) anthesis 10 de octubre; temperatura media (del período 15/9 – 10/10) = 14.5°C;
- 2)  $RG_{(A-25)} = 18$  MJ/días m<sup>2</sup>.
- 3) anthesis 10 de octubre; temperatura media (del período 15/9 – 10/10) = 14.5°C;
- 4)  $RG_{(A-25)} = 15$  MJ/días m<sup>2</sup>.
- 5) anthesis 10 de octubre; temperatura media (del período 15/9 – 10/10) = 14.5°C;
- 6)  $RG_{(A-25)} = 21$  MJ/días m<sup>2</sup>.
- 7) anthesis 10 de octubre; temperatura media (del período 15/9 – 10/10) = 17°C;
- 8)  $RG_{(A-25)} = 18$  MJ/días m<sup>2</sup>.
- 9) Analice los resultados y explique las diferencias.

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:**

- Ahrens, C. D. 2000. Meteorology today. Sixth Edition. Brooks/Cole Thomson Learning. USA. En [http://www.dca.iag.usp.br/www/material/adwgandu/DESATIVADOS/9300001\\_2012/Ahrens-Meteorology Today Ninth Edition .pdf](http://www.dca.iag.usp.br/www/material/adwgandu/DESATIVADOS/9300001_2012/Ahrens-Meteorology Today Ninth Edition .pdf).
- Barry, R. J. y R. J. Chorley. 1972. Atmósfera, tiempo y clima. Ed. Omega. Barcelona. 395 pag.
- Cuadrat J.M. 1997. Climatología. Ediciones Cátedras S.A. Madrid. España. 481 Pag.
- Damario E. 1975. Climatología y Fenología Agrícola. Centro de Estudiantes de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 280 pag.
- Longley, Richmond W. 1973. Tratado ilustrado de Meteorología. Editorial Bell. Buenos Aires. Argentina. 332 pag.
- Lutgens F. y Tarbuck E. J. 2007. The atmosphere an introduction to Meteorology. 10 Edition. Pearson. Prentice Hall. 520 Pag.
- Murphy, G y Hurtado, R. 2016. Agrometeorología. Ed. Ampliada. Editorial Facultad de Agronomía. U.B.A. 542 Págs. ISBN 978-987-29338-5-2.

## TRABAJO PRÁCTICO 3

### TEMPERATURA DEL SUELO Y DEL AIRE

#### 3.0. Objetivos

Desarrollar en los alumnos la capacidad para:

- Caracterizar climáticamente la temperatura del suelo y del aire de un lugar determinado.
- Analizar las leyes que rigen las variaciones de la temperatura del suelo.
- Explicar las variaciones de la temperatura del aire, en función de la latitud, altura y cercanía al mar.
- Analizar y discutir la importancia agronómica de la temperatura del suelo y del aire en el crecimiento y desarrollo de los cultivos comprendiendo su naturaleza y sus complejas interacciones.

#### 3.1 Contenidos

Conceptos de calor y temperatura. Conducción de calor y propiedades térmicas de los suelos. Temperatura del suelo: factores que la determinan. Variación con la profundidad, latitud y época del año. Leyes de Angot. Efectos de las propiedades del suelo y de la cubierta vegetal sobre la temperatura del suelo y del aire. Perfil de la temperatura del aire y del suelo, variación diurna y anual. Temperaturas medias, máximas y mínimas.

#### 3.2. Actividades

##### 3.2.1. Temperatura del suelo

a. La **inoculación** de bacterias es una práctica muy valiosa en el cultivo de **soja (*Glycine max*)** porque capturar nitrógeno del aire, incorporando nutriente. La bacteria (*Rizobium sp*) tiene afinidad por la rizósfera del cultivo. Se adaptan a una variedad de suelo, desarrollándose en condiciones óptimas de temperatura del aire entre 20 y 30 °C e inhibiéndose con temperaturas superiores a 33 °C o inferiores a 10 °C. Respecto a la temperatura del suelo el óptimo de desarrollo es 10 °C.

En las localidades de Castelar (Buenos Aires) y Santo Domingo (Jujuy), se quiere inocular soja, para ser implantada en un predio. Se desea saber si existe algún inconveniente con respecto a las condiciones predisponentes de temperatura del aire y del suelo, a una profundidad de 5 cm.

En Castelar la fecha de siembra de la soja de primera se da en los meses de octubre y noviembre y en Santo Domingo en el mes de diciembre. Con los datos de cada localidad genere una conclusión si la inoculación puede prosperar.

Cuadro 3.1: Datos climáticos de temperaturas del aire y suelo (profundidad 5 cm) de la estación agrometeorológica Castelar INTA (Bs As). Periodo 1990-2020.

Temperaturas	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
<b>Suelo</b>	9.2	9.4	10	12.4	16	19.2	21	22.9	22.2	19.7	16.1	12.4	9.2
<b>Aire</b>	10.9	10.5	12.1	14.2	17.2	19.9	22.0	24.2	22.8	20.7	16.8	13.1	10.9

Cuadro 3.2: Datos climáticos de temperaturas del aire y suelo (profundidad 5 cm) de la estación agrometeorológica Santo Domingo (Jujuy). Periodo 1990-2020.

Temperaturas	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
<b>Suelo</b>	29.9	28.6	25.9	23.8	21.9	18.5	17.2	19.6	23.9	28.0	29.1	29.5	29.9
<b>Aire</b>	13.0	11.3	15.6	19.9	23.1	23.0	24.4	24.1	23.9	21.4	18.8	16.8	13.0

b. En la figura 3.1, se muestra la marcha diaria de la temperatura en superficie para suelos con diferentes texturas. Responda:

1. ¿A qué se debe la diferencia de amplitudes?
2. ¿Cuál es el tipo de suelo que presenta mayor amplitud y por qué?
3. ¿Cuál de ellos tendrá la cota isotérmica más profunda y por qué?

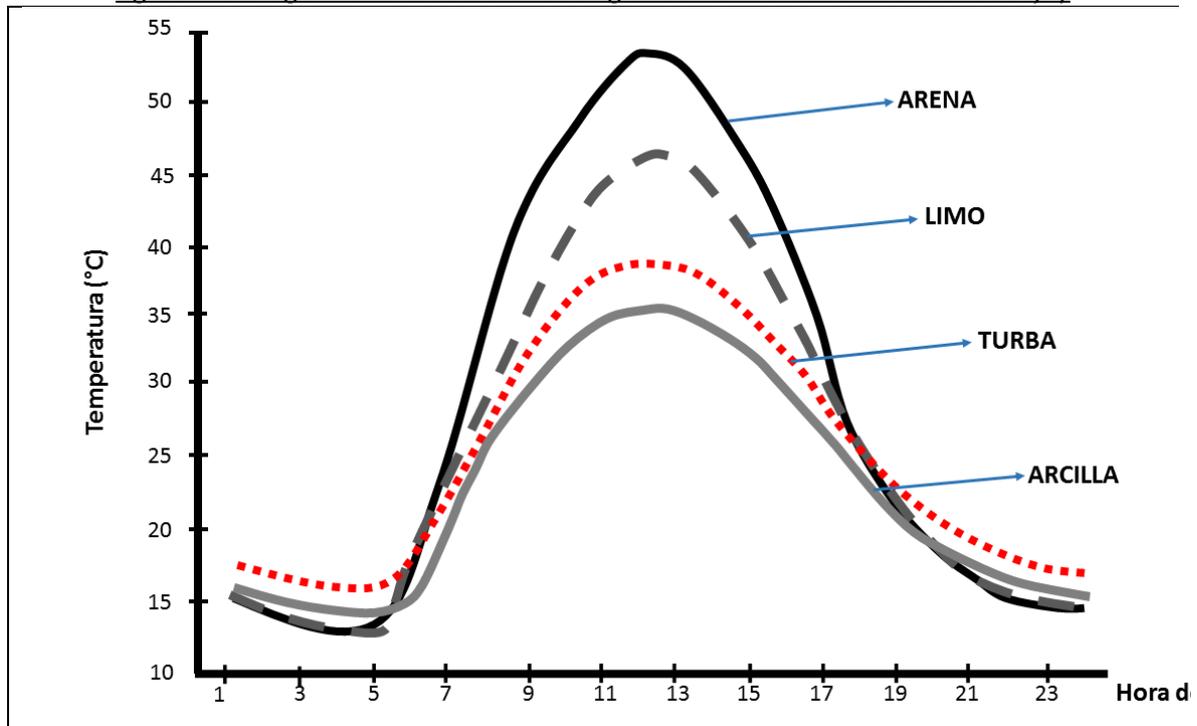


Figura 3.1: Marcha diaria de la temperatura en superficie para suelos con diferentes texturas

- c. Con los datos del cuadro 3.3, grafique la marcha mensual de la temperatura del suelo para las profundidades de: 0.05, 1.00, 2.00 y 3.00 m. Identifique el desplazamiento en el tiempo de las temperaturas extremas para cada profundidad y relaciónela con la Ley correspondiente.

Cuadro 3.3. Datos climáticos de la estación agrometeorológica Castelar INTA (Bs As)

PROF. (m)	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN2	ANUAL
0.05	9.2	9.4	10	12.4	16	19.2	21	22.9	22.2	19.7	16.1	12.4	9.2	15.7
0.1	10.3	9.8	9.9	12.8	16.2	19.5	20	23.4	22.8	20.2	16.6	13.1	10.3	16.2
0.2	11.3	10.5	10.9	13.4	16.8	20	20	24.3	23.9	21.5	17.9	14.3	11.3	17.1
0.3	12.2	11.2	11.6	14	17.6	20.7	20.7	24.7	21	22	18.5	15	12.2	17.4
0.4	13	11.8	12.2	14.2	17.7	20.9	20.9	24.9	24.9	22.7	19.3	15.9	13	18.2
0.5	12.9	11.7	12	13.8	16.7	20.4	20.4	24.4	24.1	22.4	19.2	15.7	12.9	17.8
1	14.9	13.2	12.7	13.6	16	18.4	20.5	22.6	23	21.8	20.1	17.2	14.9	17.7
1.5	15.9	14.1	13.6	13.8	15.6	17.4	17.4	21.1	21.9	21.6	20.2	18	15.9	17.6
2	17.5	15.9	15	14.5	15.7	17	18.5	20.1	21	21.2	20.5	19.2	17.5	17.9
3	18.4	17.6	16.4	16.1	15.8	16.5	16.8	17.5	18.8	19.5	19.8	19.2	18.4	17.9

- d. Mencione cual es el instrumental destinado a medir la temperatura del suelo. Y el elemento sensible del mismo. ¿Cuál es la ubicación dentro de la estación agrometeorológica?

### 3.2.2. Temperatura del aire.

- a. Con los datos del cuadro 3.4 de las temperaturas mensuales medias de San Salvador de Jujuy (1302 m. s.n.m.) y La Quiaca (3442 m. s.n.m.) correspondientes a las estaciones Jujuy Universidad (Augusto Romain) y La Quiaca Aero, que se muestran en la figura 3.2, mencione:
- ¿Cuál es el principal factor que determina dicha diferencia?
  - ¿Cuál es la amplitud térmica de cada localidad?

Cuadro 3.4: Temperatura media mensual de San Salvador de Jujuy y La Quiaca. Periodo 1990-2020.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
S.S. de Jujuy	23,5	22,0	21,1	18,1	15,5	12,6	11,5	15	18,2	21,4	22,2	24,4	18,8
La Quiaca	12,9	12,8	12,2	10,9	7,2	4,5	4,2	6,8	9,4	11,8	12,6	13,4	9,9

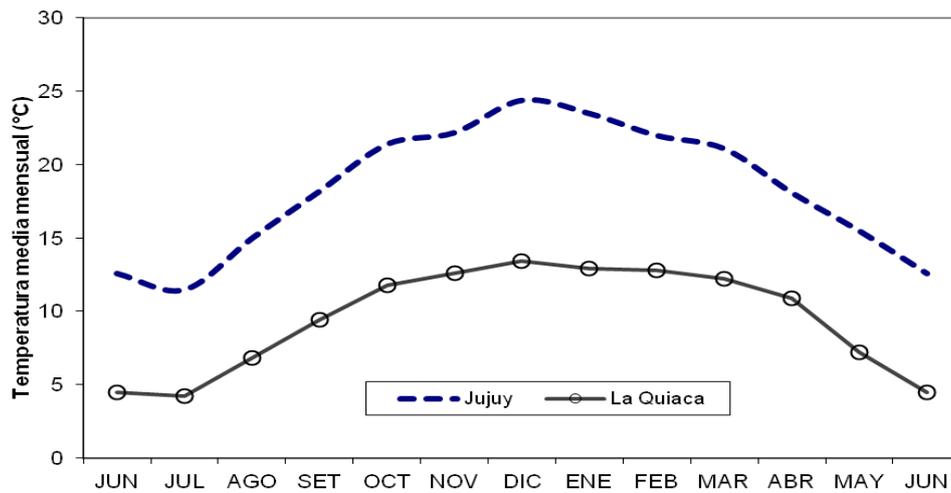


Figura 3.2: Marcha anual de la temperatura mensual media de S.S. de Jujuy y La Quiaca

- b. En el cuadro 3.5 se muestran las amplitudes diarias de Junio y Enero del año 2016 para Jujuy Universidad y La Quiaca. ¿Cuál de las dos localidades presenta mayor amplitud térmica? Calcule la diferencia de los promedios entre meses de la misma localidad y entre iguales meses de ambas localidades. Concluya. ¿Por qué estos valores no se reflejan en la amplitud media anual del cuadro 3.4?

Cuadro.3.5 Amplitudes térmicas diarias de las estaciones Jujuy Universidad y La Quiaca

Día	Jujuy Universidad		La Quiaca	
	Enero	Junio	Enero	Junio
1	12,2	19,7	13,1	23,2
2	6,2	16,3	14,6	20,8
3	10,0	15,2	17,6	23,3
4	13,6	11,8	17,5	25,2
5	14,4	17,7	16,1	23,6
6	6,4	12,7	11,9	22,6
7	13,9	16,0	14,5	24,4
8	15,2	7,5	16,6	15,4
9	10,3	15,6	12,6	18,0
10	11,0	10,0	11,2	20,6
11	10,5	6,3	14,0	18,1
12	11,6	11,9	15,2	16,5
13	10,3	11,7	12,8	13,3
14	10,1	15,3	10,3	16,9
15	10,3	10,9	9,1	13,1
16	11,5	15,7	12,0	24,1
17	7,6	5,2	9,2	24,8
18	5,6	9,9	7,1	23,8
19	2,9	6,0	6,3	19,8
20	5,9	4,0	6,6	13,0
21	8,6	18,0	12,8	19,5
22	11,0	18,7	16,1	22,0
23	10,5	15,2	10,7	15,6
24	14,2	3,2	14,5	17,7
25	6,3	2,3	15,9	12,0
26	8,4	16,5	8,3	18,8
27	8,7	18,1	17,1	21,5
28	12,4	23,6	16,7	25,6
29	12,4	16,3	12,8	25,0
30	12,1	17,2	12,4	24,2
31	14,1		14,5	
Promed	10,3	13,0	12,9	20,1

- c. El moho azul (*Peronospora tabacina*) es una de las enfermedades más destructivas que afectan al tabaco en nuestra provincia. Puede ocasionar graves daños en pocos días, debido al alto grado de multiplicación del patógeno, en especial si las condiciones de humedad relativa superan 95% y la temperatura del aire también es superior a 17°C durante 48 horas. De acuerdo a la figura de la faja del termohigrógrafo (Figura 3.3), ¿Es posible esperar la aparición de la enfermedad?

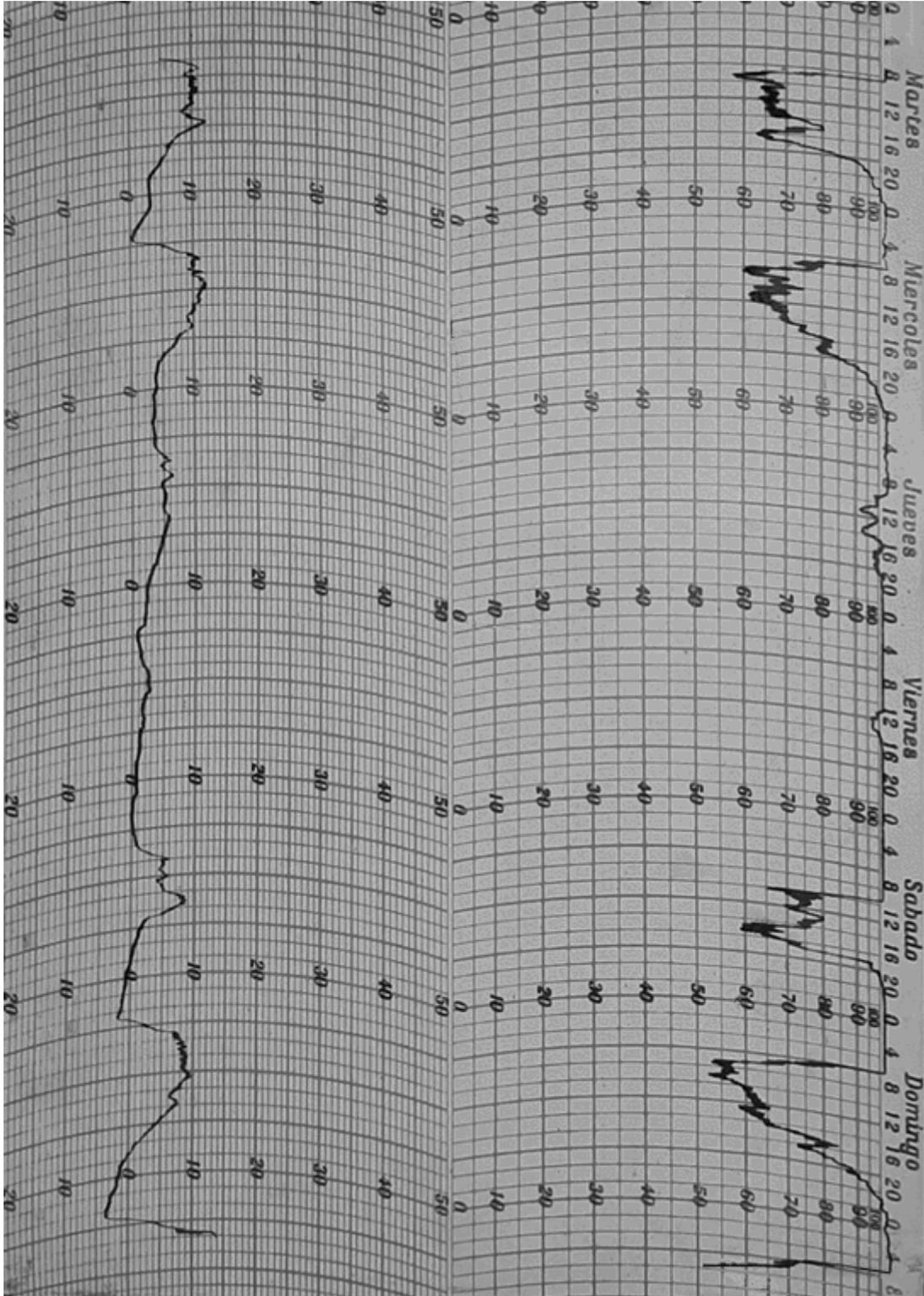


Figura 3.3: Faja del termohigrógrafo,

- f. Mencione cuales son los instrumentos destinado a medir la temperatura del aire y los elementos sensibles de cada uno ¿Cuál es la ubicación dentro de la estación agrometeorológica?

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA:**

- Celemín, A. H. 1984. Meteorología Práctica. Editorial del Autor. Argentina. 313 Pag.
- Longley, Richmond W. 1973. Tratado ilustrado de Meteorología. Editorial Bell. Buenos Aires. Argentina.
- Murphy G. y Hurtado R. 2011. Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía. U.B.A. 424 Pag.
- De Fina, A. y Ravelo, A. 1974. Climatología y Fenología Agrícola. EUDEBA. Argentina. 281 pag.
- Damarío E. 1975. Climatología y Fenología Agrícola. Centro de Estudiantes de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 280 pag.
- García, N. O. 1997. Elementos de Climatología. Colección Ciencia y Técnica N° 6. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fé. 280 pag.
- OMM N° 8. 2010. Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicos. Secretaría de la Organización Meteorológica Mundial. Ginebra. Suiza. 569 pag. En [https://2a9e94bc607930c3d739becc3293b562f744406b.googledrive.com/host/0BwdvoC9AeWjUazhkNTdXRXUzOEU/wmo\\_8-2014\\_es.pdf](https://2a9e94bc607930c3d739becc3293b562f744406b.googledrive.com/host/0BwdvoC9AeWjUazhkNTdXRXUzOEU/wmo_8-2014_es.pdf)

## TRABAJO PRÁCTICO 4

### PRESIÓN ATMOSFÉRICA, HUMEDAD, VIENTO Y PRECIPITACION

#### 4.0 Objetivos

Desarrollar en los alumnos la capacidad para:

- Describir y explicar los mecanismos que regulan el movimiento de la atmosfera: Presión Atmosférica.
- Enunciar mediante los algoritmos correspondientes las distintas formas de expresión de la Humedad Atmosférica.
- Describir y analizar uno de los procesos de transporte de energía más importante: el viento.
- Caracterizar climáticamente el régimen de precipitaciones de una localidad, aplicando la metodología estadística pertinente e identificar la distribución estacional de las mismas.
- Interpretar los resultados de las estadísticas pluviométricas, para la resolución de problemas agronómicos, trabajando con probabilidades de riesgo.
- Comparar la génesis y distribución estacional de las precipitaciones de distintas regiones del país.

#### 4.1 Contenido

Mecanismos que regulan el movimiento de la atmosfera: Presión Atmosférica. Algoritmos mediante los cuales se puede expresar las distintas formas de expresión de la Humedad Atmosférica. El viento, como proceso de transporte de energía.

Caracterización climática de la precipitación. Medidas de tendencia central y probabilidades de ocurrencia. Distribuciones reales (empíricas) y teóricas de frecuencias. Regímenes y génesis de la precipitación en la República Argentina, del NOA y de la Provincia de Jujuy.

#### 4.2 Actividades

##### 4.2.1 Presión de vapor y humedad relativa:

Utilizando la información disponible en el cuadro 4.1 resuelva los siguientes ejercicios:

- a. Para una masa de aire con una temperatura (T) de 10°C y una tensión de vapor (e) de 9,3 hPa, indique:
  - Punto de rocío ( $T_d$ ).
  - Tensión de vapor de saturación ( $e_s$ ).
  - Déficit de saturación (DS).
  - Humedad Relativa (HR).
- b. Para la localidad de Tres Cruces (Jujuy), el 20 de mayo a las 15 horas, el punto de rocío (PR) era de -4 °C, la temperatura del aire de 11°C. Determine: la tensión de vapor actual (e), tensión de vapor de saturación ( $e_s$ ) y humedad relativa (HR). Esquematice el proceso en una curva de tensión de vapor de saturación.
- c. En un día de verano en la localidad de Corrientes se registraron los siguientes valores; temperatura: 30°C; humedad relativa: 60%. Dos horas después, la humedad relativa permanecía constante mientras que la temperatura descendió 5°C.
  - Calcule para ambos casos la temperatura de rocío.
  - ¿En cuál de las dos situaciones la cantidad de vapor de agua en la atmósfera es menor?
  - Esquematice el proceso en una curva de tensión de vapor de saturación.
- d. En un invernáculo se registraron a las 21hs, una temperatura de 10°C y una tensión de vapor de 10 hPa. A las 6 hs del día siguiente, luego de un enfriamiento isobárico la temperatura registrada fue de 2°C.
  - Calcule el punto de rocío, la humedad relativa y el déficit de saturación a las 21 hs.
  - Calcule el punto de rocío, la presión de vapor, la presión de saturación, el déficit de saturación y la humedad relativa a las 6 hs.
  - Exprese en hPa la cantidad de agua condensada durante la noche.
  - Esquematice el proceso en una curva de tensión de vapor de saturación.

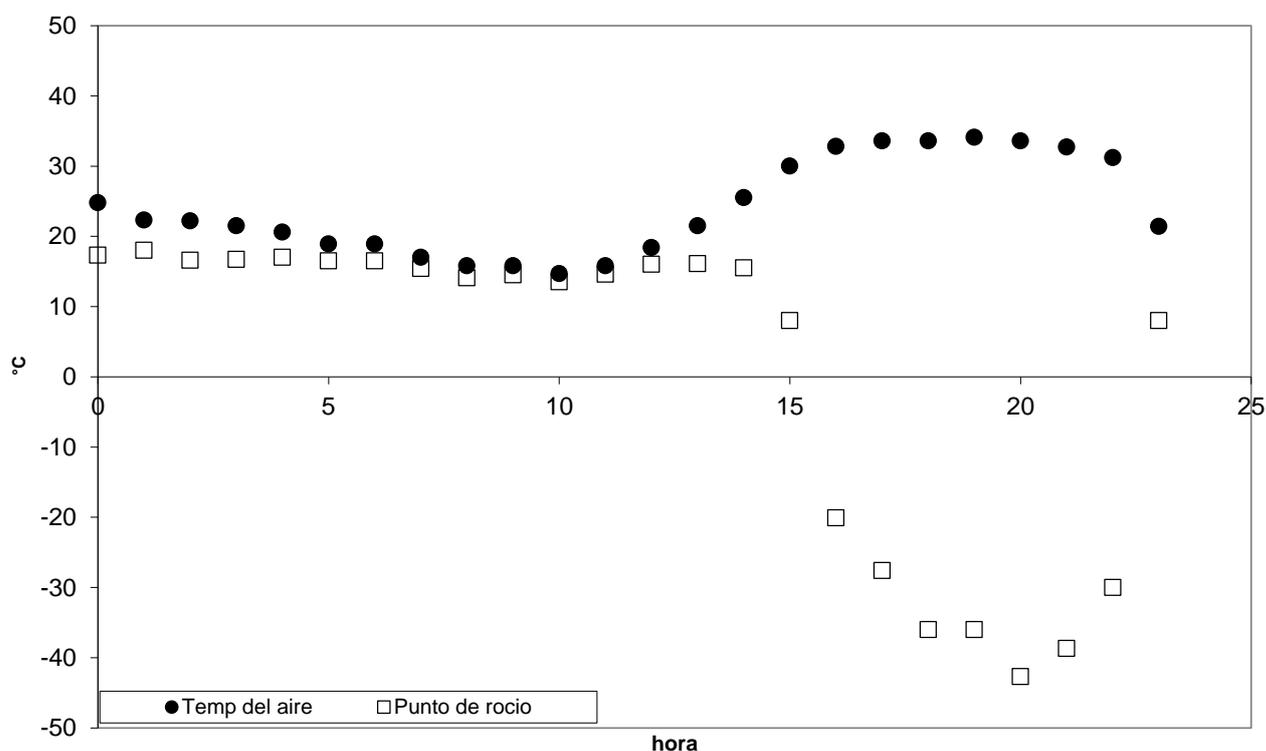
Cuadro 4.1: Datos de tensión de vapor de saturación para cada temperatura,

T (°C)	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	
$e_s$ (hPa)	2,86	3,10	3,35	3,62	3,91	4,22	4,55	4,90	5,28	5,68	6,11	6,57	

Agroclimatología - Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Jujuy

T (°C)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
es (hPa)	7,06	7,58	8,13	8,72	9,35	10,01	10,72	11,47	12,27	13,12	14,02	14,97	15,98
T (°C)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
es (hPa)	17,04	18,17	19,37	20,63	21,96	23,37	24,86	26,43	28,09	29,83	31,67	33,61	35,65
T (°C)	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
es (hPa)	37,80	40,06	42,43	44,93	47,55	50,31	53,20	56,24	59,42	62,76	66,26	69,93	73,78

e. La figura 4.1 representa la marcha de la temperatura del aire y el punto de rocío para el día 18 de septiembre de 2012 en la estación Jujuy UNJu, día en el que se produjo viento “Norte” (ambas efecto Foehn”). ¿A qué se debe dicho proceso? ¿Qué significa un Td o PR de -40°C?



Figuras 4.1: marcha de la temperatura del aire y el punto de rocío, en la estación Salta Aero, el día 18 de septiembre de 2012

4.2.2 **Viento**

a. Con los valores medios de velocidad y frecuencia del viento de San Salvador de Jujuy y La Quiaca de las Estadísticas Climáticas SMN (2001-2010) (cuadros 4.2 y 4.3), indique cuáles son las frecuencias mensuales y anuales predominantes para cada localidad.

Cuadro 4.2: Velocidad media (Km/h) por dirección y frecuencia de direcciones en escala de 1000 para San Salvador de Jujuy (estación Augusto Romain).

DIR		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	Frecuencia	9	15	8	10	3	9	6	12	21	36	38	23	16
	Velocidad Media	4,4	3,7	3,7	3,7	3,7	4,4	4,6	3,7	4,3	5,0	3,9	3,7	4,1
NE	Frecuencia	57	52	39	26	29	28	42	26	46	67	88	44	45
	Velocidad Media	5,3	4,5	4,8	4,4	5,6	5,3	6,3	5,1	4,8	4,7	4,3	4,6	4,9
E	Frecuencia	112	122	107	126	153	182	177	226	201	137	126	110	148
	Velocidad Media	6,4	5,8	5,6	4,9	6,0	7,3	7,3	7,3	7,4	6,3	5,6	5,3	6,5
SE	Frecuencia	242	243	327	399	332	269	219	228	263	338	349	372	298
	Velocidad Media	6,9	6,7	6,4	6,3	6,1	6,2	6,9	6,4	6,9	6,8	6,6	6,4	6,5
S	Frecuencia	47	32	42	43	41	27	25	25	23	30	19	28	32
	Velocidad Media	6,1	6,4	5,7	4,1	4,0	4,6	5,9	4,7	4,2	4,5	4,7	5,4	5,1
SW	Frecuencia	47	53	60	41	41	24	39	39	32	33	22	47	40
	Velocidad Media	4,7	4,1	4,3	4,0	3,8	3,9	4,8	4,5	5,4	5,7	4,3	4,1	4,4
W	Frecuencia	65	63	46	27	36	42	67	43	27	18	22	34	41
	Velocidad Media	4,5	4,7	4,0	3,9	4,1	3,8	4,5	5,2	4,4	4,4	5,1	3,9	4,4
NW	Frecuencia	335	336	281	234	259	288	329	323	311	247	260	250	288
	Velocidad Media	4,4	4,3	4,0	4,2	4,4	4,6	4,4	4,7	4,4	4,2	4,2	4,2	4,3
Calma	Frecuencia	86	84	91	94	107	131	96	80	76	95	77	91	92

Agroclimatología - Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Jujuy  
Cuadro 4.3: Velocidad media (Km/h) por dirección y frecuencia de direcciones en escala de 1000 para La Quiaca (estación La Quiaca Aero).

DIR		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
N	Frecuencia	52	53	51	34	29	23	37	23	30	36	33	49	37
	Velocidad Media	7,4	8,0	8,4	7,3	7,5	8,7	8,0	9,2	10,1	9,5	7,6	9,4	8,4
NE	Frecuencia	387	431	380	315	116	74	73	115	167	304	365	405	260
	Velocidad Media	9,5	9,9	9,3	9,2	7,6	7,5	7,6	7,7	9,6	11,5	11,5	11,0	9,9
E	Frecuencia	73	59	55	32	22	6	15	19	31	58	91	88	46
	Velocidad Media	10,0	9,4	8,7	8,2	6,2	5,8	6,5	8,2	8,6	10,7	12,0	10,5	9,8
SE	Frecuencia	61	58	61	88	105	118	90	99	70	73	83	69	81
	Velocidad Media	8,3	7,7	7,9	5,7	5,5	5,3	6,0	5,7	6,5	7,0	8,2	9,3	6,7
S	Frecuencia	28	50	43	55	73	79	60	60	75	54	66	36	56
	Velocidad Media	10,6	8,3	8,7	7,1	6,8	6,8	6,4	7,5	7,0	7,9	10,2	11,3	7,9
SW	Frecuencia	50	51	55	81	102	92	87	104	106	105	72	63	81
	Velocidad Media	9,1	7,5	8,8	8,7	8,3	7,2	8,6	9,8	9,9	9,8	10,5	8,6	9,0
W	Frecuencia	19	18	19	23	31	39	54	43	53	27	20	14	30
	Velocidad Media	7,6	9,7	8,4	8,3	10,4	11,5	13,9	11,1	11,8	14,8	10,4	9,8	11,2
NW	Frecuencia	97	74	93	107	167	148	192	184	209	130	94	93	133
	Velocidad Media	7,2	6,9	7,4	11,7	15,0	12,6	17,2	15,4	17,9	14,7	10,3	8,8	13,3
Calma	Frecuencia	234	207	244	266	355	422	393	352	258	214	176	184	276

b. Para algunas aplicaciones fitosanitarias es necesario que exista cierta velocidad de viento. Velocidades inferiores a 3 km/h no generan condiciones para que las gotas penetren adecuadamente en el cultivo; mientras que velocidades mayores a 10 km/h generan efecto deriva (llevando las gotas de pulverización fuera del blanco de aplicación).

Para la localidad de la Tilcara (Jujuy), un productor desea saber si es conveniente realizar una aplicación de un plaguicida en vides, el día sábado 13 de septiembre del 2022, a las 9 a.m. ¿Qué le recomendaría Ud. al productor teniendo en cuenta la información de la aplicación Windy? (Figura 4.2 y cuadro 4.4)

Cuadro 4.4: Recomendaciones límites de viento para la aplicación de pulverizaciones. Hardi, 2005.

TIPO DE VIENTO	VELOCIDAD (km/hr)	SIGNOS VISIBLES	RECOMENDACIÓN
Calmado	<2	El humo sube verticalmente	No asperje.
Aire liviano	2 - 3	Dirección indicada por la deriva de humo.	No asperje.
Brisa ligera	3 - 7	Las hojas sueñan y el viento se siente en la cara.	Condiciones ideales.
Brisa suave	7 - 10	Hojas en constante movimiento.	Buena.
Moderado	10 - 15	Se mueven las ramas pequeñas y se levanta polvo.	Evite aplicar herbicidas.



Figura 4.2: Datos de velocidad de viento para la localidad de Tilcara (Jujuy) el día sábado 13 de septiembre del 2022, extraídos de la aplicación Windy. <https://www.windy.com/-23.618/-65.274?23.905,-65.275,9,i:pressure,m:cZNaemn>

**PRECIPITACIÓN**

- Compare y analice los valores de la media y mediana de la serie de precipitación de la localidad del cuadro 4.4. ¿Qué estadístico resulta más representativo como medida de tendencia central? ¿Cuándo se observan los mayores coeficientes de variabilidad (C.V.) y porque?
- Un productor desea asumir un riesgo de pérdida de un año de cada cuatro para sembrar una nueva variedad de tabaco resistente a sequía. que necesita en el mes de diciembre precipitaciones mayores o iguales a 54 mm. ¿Qué aconsejaría al productor y cada cuanto año es probable que fracase el cultivo?
- Calcule el valor anual de las precipitaciones de las siguientes localidades (Cuadro 4.5) y determine el régimen de las mismas. ¿Cuál es la importancia de conocer la estacionalidad de las precipitaciones en una localidad? ¿Qué índice climático determina el régimen?

Cuadro 4.5: Precipitación media mensual de cuatro localidades Argentinas.

Localidad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anua l
Buenos Aires	103	86	97	126	102	66	52	52	55	98	97	134	
Jujuy	202	181	150	50	16	9	7	8	11	41	82	147	
Resistencia	177	116	178	121	97	56	54	60	43	108	151	167	
Bariloche	33	24	29	38	159	173	161	132	49	40	34	35	

- Analice si en las localidades del punto c, se cumplen las exigencias de los siguientes cultivos, indicando en cada caso las variables utilizadas en su análisis.
  - Variedad de maíz de amplia difusión geográfica que requiere, como mínimo: 550 mm de precipitación durante su ciclo (octubre a marzo) y no menos de 100 mm en el mes de la floración (enero).
  - Variedad de trigo que requiere como mínimo 300 mm de precipitación durante su ciclo (junio a diciembre) y no más de 125 en el mes de la maduración y cosecha (noviembre a diciembre).

Cuadro 4.4: Precipitaciones mensuales de Jujuy Aero (24° 23´S y 65° 05´W)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año
1968	176	87	28	62	0	5	0	14	9	25	80	99	585
1969	138	153	71	8	15	8	0	0	1	12	37	69	512
1970	251	54	146	54	29	7	0	0	15	13	17	107	693
1971	251	128	100	19	29	2	0	0	1	89	62	52	733
1972	99	41	154	61	1	2	0	0	0	23	23	153	557
1973	94	74	341	57	10	6	3	0	3	2	60	54	704
1974	204	444	181	43	17	3	10	4	14	21	20	88	1049
1975	148	168	98	29	18	1	3	2	37	26	19	85	634
1976	282	120	236	41	17	0	2	9	5	3	6	54	775
1977	91	414	165	118	19	1	0	24	5	21	61	163	1082
1978	136	77	201	29	7	0	0	0	1	20	107	153	731
1979	218	111	214	19	0	10	1	0	5	20	189	76	863
1980	136	146	182	29	12	16	0	3	0	6	35	35	600
1981	196	229	53	90	1	0	2	5	2	22	42	109	751
1982	172	169	161	82	12	0	3	7	8	14	46	68	742
1983	187	43	122	39	14	0	9	7	0	26	67	42	556
1984	125	252	331	22	3	0	4	9	1	31	67	181	1026
1985	108	243	60	107	6	0	16	8	12	14	76	161	811
1986	142	127	77	41	1	5	4	16	0	66	132	186	797
1987	287	47	80	50	21	0	4	0	1	3	84	118	695

Agroclimatología - Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Jujuy

1988	242	74	127	12	9	0	14	1	1	2	20	170	672
1989	13	55	174	82	1	12	4	0	4	23	22	96	486
1990	257	168	173	67	19	2	1	0	2	33	36	189	947
1991	321	225	170	41	7	1	2	6	1	6	163	49	992
1992	115	183	53	89	4	0	3	20	5	38	70	158	738
1993	292	130	163	33	0	2	3	2	0	42	46	64	777
1994	189	199	25	57	23	0	1	3	14	44	98	106	759
1995	246	154	193	4	17	0	1	0	2	11	78	43	749
1996	103	89	89	32	28	11	0	0	17	19	91	122	601
1997	102	106	108	34	14	4	2	2	7	0	23	54	456
1998	194	31	147	27	3	3	1	2	1	117	65	100	691
1999	179	115	335	44	56	2	4	0	4	18	34	75	866
2000	65	200	188	65	1	2	7	0	0	25	42	56	651
2001	89	243	127	69	8	14	0	2	10	9	98	112	781
2002	67	118	74	25	11	9	1	1	0	90	19	211	626
2003	140	124	189	24	20	5	1	0	9	73	36	172	793
2004	132	128	121	73	20	5	0	0	36	20	38	231	804
2005	23	140	97	14	0	2	6	0	17	6	80	219	604
2006	75	118	113	109	14	0	0	0	0	32	64	156	681
2007	194	253	173	33	8	0	0	0	7	36	55	120	879
2008	231	218	187	18	0	2	0	1	1	18	61	210	947
2009	79	167	124	80	24	1	0	0	0	0	38	212	725
2010	162	251	81	46	88	42	40	2	115	64	9	49	949
2011	193	160	88	98	60	31	29	10	42	100	132	1	944

Media	162	154	144	49	15	5	4	4	9	29	60	114	750
Desv St	74	87	74	29	17	8	8	6	19	28	40	60	152
C.V.	46	57	51	59	114	167	188	156	202	96	67	52	20
Mínimo	13	31	25	4	0	0	0	0	0	0	6	1	456
Máximo	321	444	341	118	88	42	40	24	115	117	189	231	1082
Quintil 20	97	83	81	25	1	0	0	0	1	8	23	54	617
Quintil 40	136	125	121	35	8	1	1	0	1	19	42	90	708
Mediana	155	135	137	42	12	2	2	1	4	21	58	107	740
Quintil 60	185	159	163	53	15	3	3	2	5	25	64	120	772
Quintil 80	235	221	187	76	20	7	4	7	13	40	82	171	871

Realice la lectura **complementaria** del próximo Trabajo Práctico (punto e), referida a la obtención de la Evapotranspiración Real a partir del Índice Verde Normalizado, para la realización del mismo.

#### **REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

- Ahrens, C. D. 2000. Meteorology today. Sixth Edition. Brooks/Cole Thomson Learning. USA. En: [http://www.dca.iag.usp.br/www/material/adwgandu/DESATIVADOS/9300001\\_2012/Ahrens-Meteorology Today Ninth Edition .pdf](http://www.dca.iag.usp.br/www/material/adwgandu/DESATIVADOS/9300001_2012/Ahrens-Meteorology Today Ninth Edition .pdf)
- Barry, R. J. y R. J. Chorley. 1972. Atmósfera, tiempo y clima. Ed. Omega. Barcelona. 395 págs.
- Buitrago, L. G. 2000. El Clima de la Provincia de Jujuy. EDIUNJu. En [http://www.dipec.jujuy.gov.ar/ag\\_datosclimaticos/el\\_clima\\_de\\_la\\_provincia\\_de\\_jujuy.pdf](http://www.dipec.jujuy.gov.ar/ag_datosclimaticos/el_clima_de_la_provincia_de_jujuy.pdf)
- Buitrago, L. G. 2001. Potencial Eólico de la Quebrada y Puna Jujeña. EJESA. UNJU. Jujuy. Argentina.
- Cuadrat, J. M., y M. F. Pita. 1997. Climatología. Ediciones. Cátedra S.A. Madrid, España. 496 pp.
- Damario E. Climatología y Fenología Agrícola. 1975. Centro de Estudiantes de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 280 pag.
- García, N. O. Elementos de Climatología. Colección Científica Técnica N° 6. Universidad Nacional del Litoral. Santa Fé. Argentina. 280 pag.
- Hardi. 2003. Técnicas de atomización. Publicación Hardi 673705-E/4. Santiago de Chile, 40 p.
- Longley, R. W. 1973. Tratado ilustrado de Meteorología. Editorial Bell. Buenos Aires. Argentina. 332 pag.
- Lutgens F. y Tarbuck E. J. 2010. The atmosphere an introduction to Meteorology. 11 Edition. Pearson. Prentice Hall. 508 Pag.
- Murphy, G y Hurtado, R. 2016. Agrometeorología. Ed. Ampliada. Editorial Facultad de Agronomía. U.B.A. 542 Págs. ISBN 978-987-29338-5-2.
- Principios de Conversión de la Energía Eólica. 1995. Ciemat. Madrid. España. ISBN 9788478344925.

#### **REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA EN INTERNET:**

<https://www.windy.com/-23.618/-65.274?-23.905,-65.275,9,i:pressure,m:cZNaemn>

**TRABAJO PRÁCTICO 5**

**EVAPOTRANSPIRACIÓN**

**5.0 Objetivos**

Desarrollar en los alumnos la capacidad para:

- Diferenciar los conceptos de Evapotranspiración potencial y real y sus respectivas formas de medición y estimación.
- Comprender la importancia agronómica de la estimación en el uso y economía del agua para los cultivos.
- Analizar, comparar y seleccionar los métodos de estimación de la evapotranspiración potencial (Thornthwaite, Penman, Hargreaves, Blaney – Criddle, Turk, etc). en función de los datos disponibles.

**5.1 Contenidos**

Evapotranspiración potencial y real, Superficie de evaporación, Factores y causas que determinan la variación en la estimación de cada una de ellas, Medidas y estimaciones de gabinete y sensores remotos, Criterios para la utilización del método más adecuado.

**5.2 Actividades**

- a. Explique las probables causas de las diferencias que se observan en la marcha anual de las temperaturas (Figura 5.1) de las siguientes localidades (Cuadro 5.1):

Cuadro 5.1: Latitud, Longitud y altura sobre el nivel del mar de 5 localidades del NOA.

Localidad	Latitud	Longitud	A,S,M, (m)
Jujuy Aero	24°23´S	65°05´W	905
Jujuy UNJu	24°10´S	65°11´W	1302
La Quiaca	22°06´S	65°36´W	3459
Orán Aero	23°09´S	64°19´W	357
Salta Aero	24°47´S	65°29´W	1221

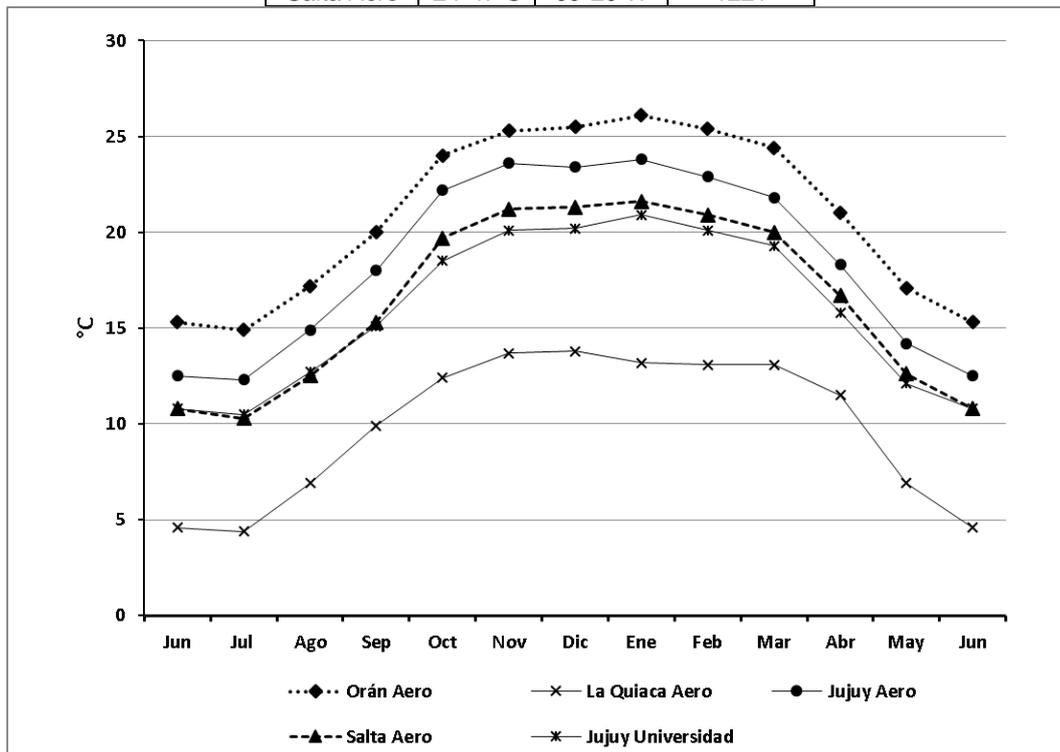


Figura 5.1: Marcha de las temperaturas medias mensuales de 5 localidades del NOA. Periodo 2001-2010. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

- b. De acuerdo a la marcha anual de ETP según Thornthwaite (TH) (Figura 5.2) del cuadro 5.1, discuta las diferencias encontradas para las localidades. ¿A qué supone que se debe dicho comportamiento?

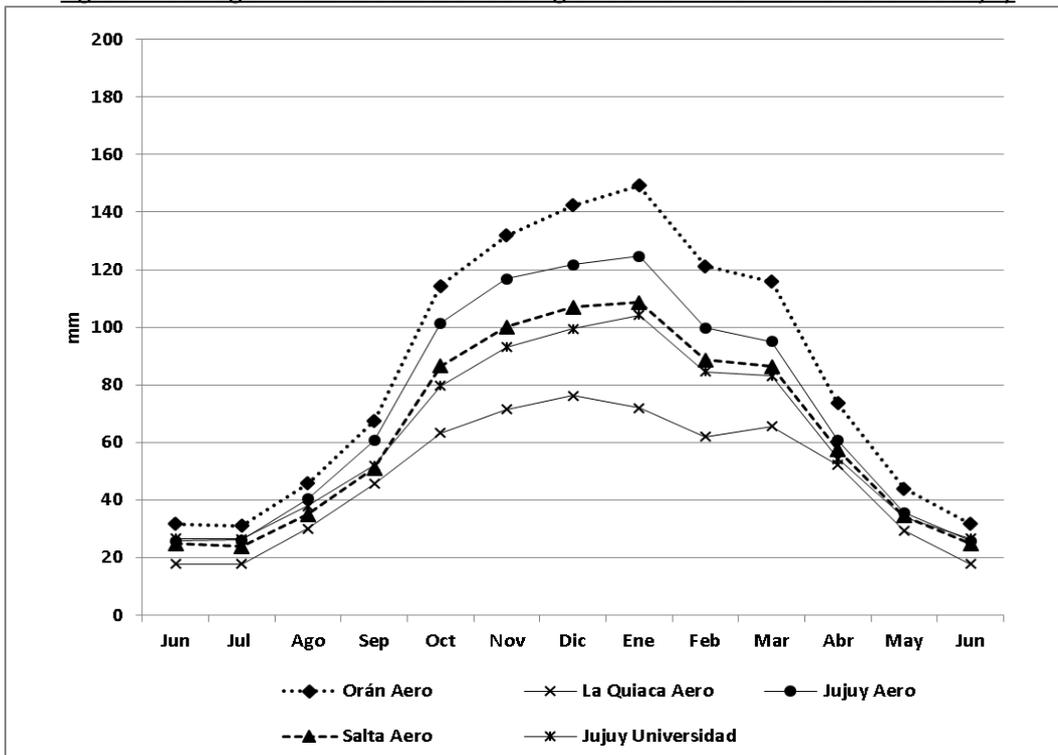


Figura 5.2: Marcha de las ETP según Thornthwaite de 5 localidades del NOA. Periodo 2001-2010. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

c. De acuerdo a la marcha anual de ETP según Hargreaves y Samani (HS) (Figura 5.3), discuta las diferencias encontradas para las localidades, respecto los milímetros estimados respecto a TH. ¿A qué supone que se debe dicho comportamiento?

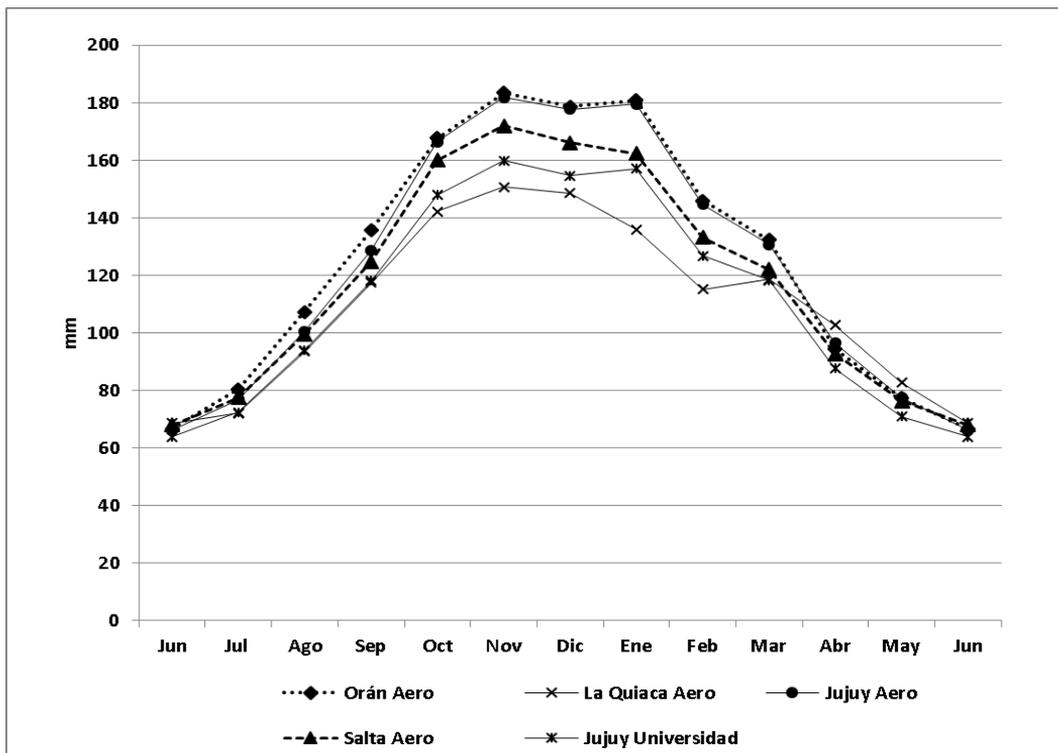


Figura 5.3: Marcha de las ETP según Hargreaves y Samani (HS) de 5 localidades del NOA. Periodo 2001-2010. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

d. De acuerdo a la marcha anual de ETP según Penman (PE) para las localidades del cuadro 5.1 (Figura 5.4)

1. Discuta las diferencias encontradas para las localidades,
2. ¿A qué supone que se debe dicho comportamiento?
3. Compárelas con las diferencias analizadas en la pregunta 5.1.b.

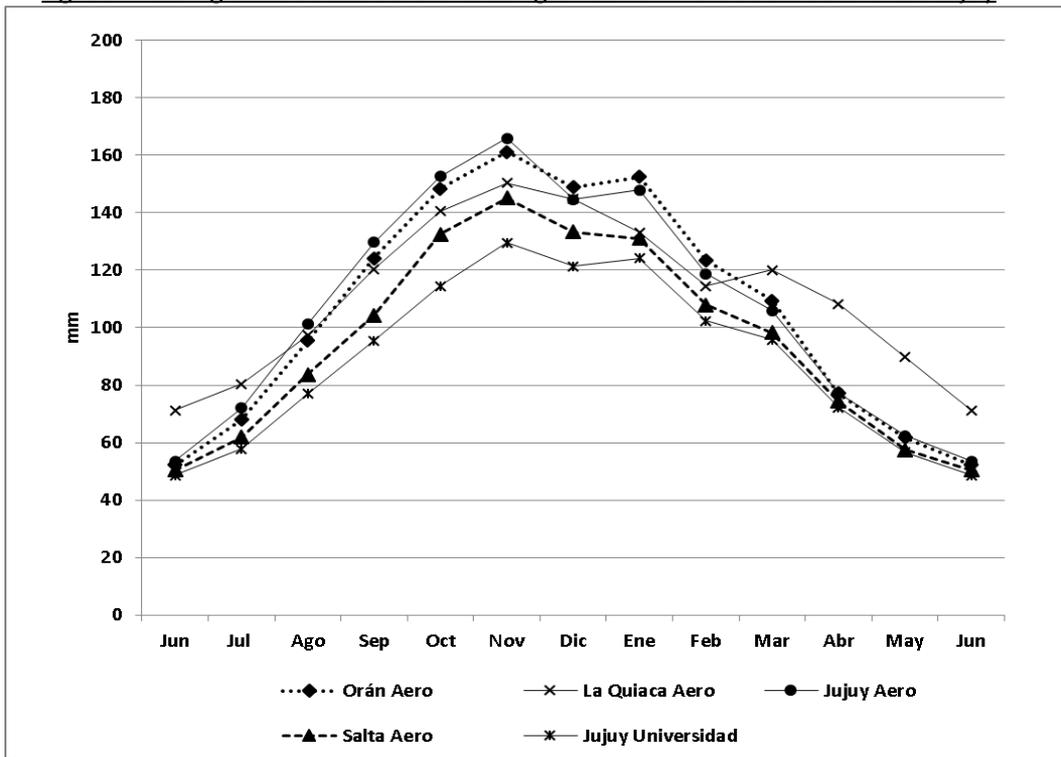
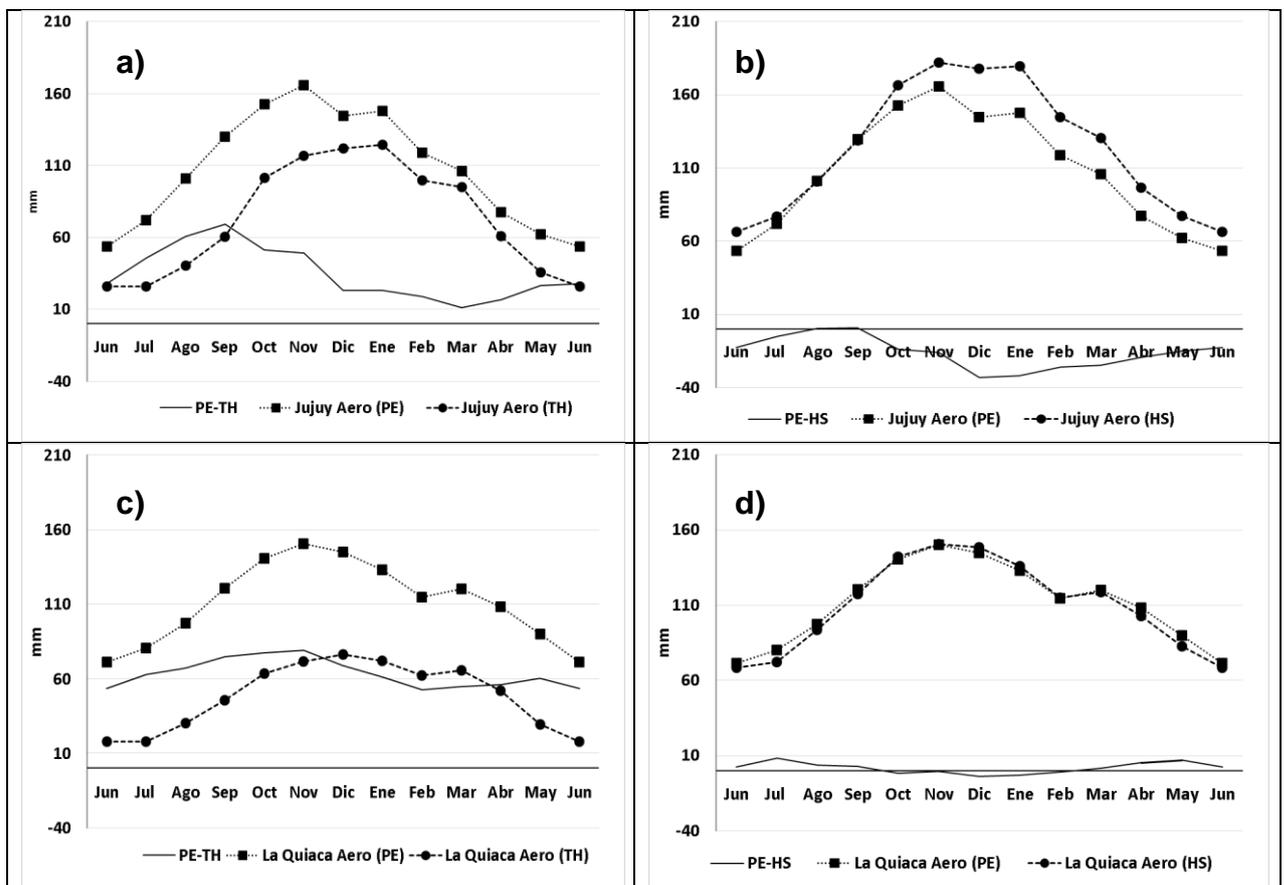


Figura 5.4: Marcha de las ETP según Penman de 5 localidades del NOA, Periodo 2001-2010. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional

e. De acuerdo a la marcha de la ETP según PE y TH; PE y HS para cada localidad (Figura 5.5 a, b, c, d, e, f, g, h, i y j)

1. Discuta las diferencias encontradas para las localidades.
2. ¿Qué localidad presenta las mayores diferencias? ¿Por qué?



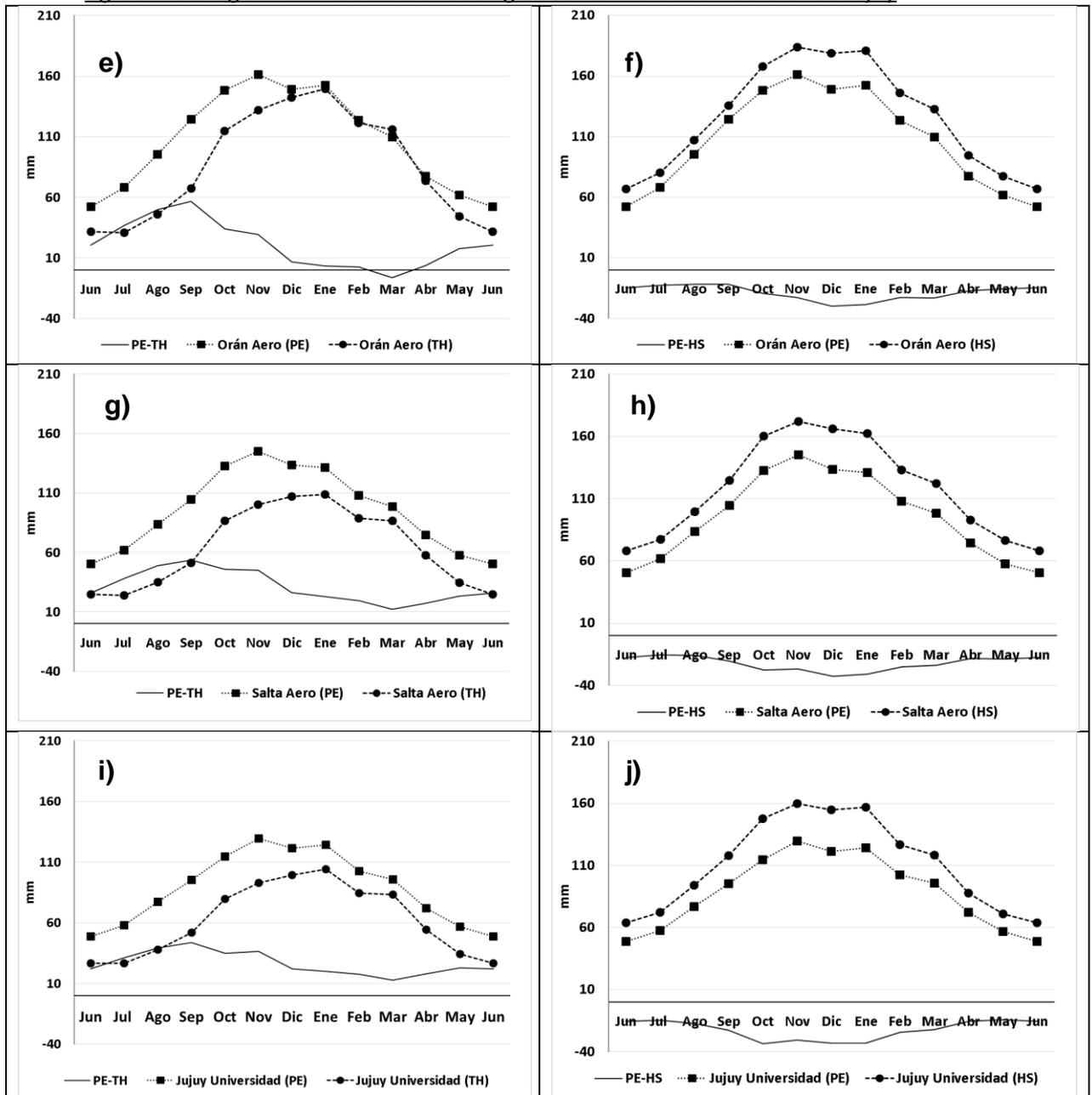


Figura 5.4: Marcha de las ETP según Thornthwaite, Hargreaves y Samani; y Penman, y las diferencias entre PE y TH, para 5 localidades del NOA.

f. A partir de los datos de Pergamino (Provincia Buenos Aires) y Batavia (Provincia de San Luis), que se adjuntan, estime para ambas localidades la Evapotranspiración Real utilizando la metodología del Índice Verde Normalizado (NDVI). Complete la tabla y discuta las diferencias encontradas.

Cuadro 5.2: PERGAMINO (Latitud: 33°51' S, Longitud: 60°56' W)

	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Ts	16,3	19,4	22,7	23,4	26,8	32,2
INV	0,3	0,38	0,5	0,57	0,59	0,70
ER						

Cuadro 5.3: BATAVIA (Latitud: 34° 47' S, Longitud: 65° 42' W)

	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Ts	18,5	22,6	25,9	26,5	29,7	34,7
INV	0,35	0,38	0,42	0,42	0,50	0,52
ER						

## **Lectura adjunta necesaria para la realización del punto y del Trabajo Práctico 6**

### **Cálculo de Evapotranspiración Real a partir del Índice Verde Normalizado**

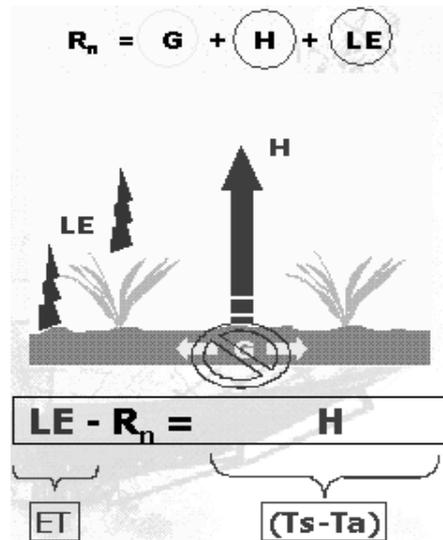
La evapotranspiración (ET), es un parámetro clave en el balance de energía del sistema Tierra-Atmósfera, en la detección de estrés hídrico, en la predicción del rendimiento de los cultivos, en el cálculo del balance hídrico y en la caracterización climática de distintas zonas, por nombrar algunos aspectos. Por ello es de interés para múltiples disciplinas. Sin embargo, dada la complejidad del proceso y la diversidad de factores de los que depende, la magnitud e intensidad del fenómeno es difícil de determinar. Esto se demuestra en la gran cantidad de métodos o modelos que se han elaborado, y se continúa investigando en la actualidad, para su determinación.

Los más utilizados para estimar la ET, pueden dividirse en los que utilizan información meteorológica obtenida en superficie y aquellos que emplean información cuya fuente son los sistemas de percepción remota. Los primeros son los más utilizados en estudios geográficos, agronómicos y medioambientales, derivan de fórmulas empíricas para estimar la capacidad evaporativa de un ambiente determinado, por ello también se denominan métodos climatológicos. Las metodologías vistas (Thornthwaite y Penman) son ejemplos de éstos. Dentro de los métodos que utilizan datos satelitales se pueden distinguir dos tipos de modelos diferentes; aquellos, a partir de los cuales es posible obtener todos los parámetros necesarios para estimar la ET, y otros que requieren el uso de datos satelitales en combinación con datos recolectados en superficie a través de estaciones meteorológicas.

Nos ocuparemos de aquellos modelos basados en las relaciones entre ET y algunas características de la vegetación como las expresadas a través de ciertos índices, especialmente el NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), aunque en la actualidad, con la incorporación de nuevas plataformas y sensores, se están generando otros índices de vegetación o mejorando los existentes (Nagler et al, 2005). La relación entre ET y la vegetación se produce debido a que ambos parámetros son afectados por elementos meteorológicos, entre ellos, la temperatura, la radiación solar y el déficit de presión de vapor. Hay gran cantidad de estudios donde se han establecido muy buenas correlaciones entre datos de NDVI y de ET, tanto la potencial (ETP) como la real (ETR). Estos modelos, normalmente ajustan datos satelitales y medidas de algunos parámetros tomados en superficie.

A modo de ejemplo para este trabajo práctico se ha tomado el trabajo de Di Bella et al, (2000) en la Región Pampeana, que ha conseguido aceptables estimaciones de ETR a partir de medidas conjuntas de NDVI y la temperatura de superficie ( $T_s$ ). La relación más ampliamente utilizada para obtener ET es aquella que vincula la diferencia de temperatura de superficie y del aire ( $T_a$ ) obtenida en abrigo meteorológico: ( $T_s - T_a$ ), índices de vegetación y ETP. Esta relación se basa en el hecho de que normalmente en un punto cualquiera la  $T_s$  es mayor a la  $T_a$ , no obstante, esta diferencia tiende a reducirse si en la cubierta se produce flujo de calor latente y el consecuente efecto refrigerante, dependiente a su vez del contenido de agua de la cubierta. Según esto, se puede asociar con el estrés hídrico vegetal, lo que ha favorecido la generación de métodos para la estimación del estrés a partir de información satelital.

La imagen que sigue ilustra el proceso en el cual se basa esta metodología.



Donde  $R_n$  es la radiación diaria neta,  $G$  es el flujo de calor dentro del suelo,  $H$  es el flujo de calor sensible desde la superficie hacia la atmósfera ( $T_s - T_a$ ) y  $LE$  es el flujo de calor latente que corresponde a la cantidad de agua evaporada expresada en unidades de energía. Por lo tanto la expresión de cálculo es:

$$ETR = - 88,34 + 1,77 * T_s + 286,4 * IVN$$

Es importante tener en cuenta que la ETR, es un parámetro muy difícil de determinar con precisión en regiones extensas con los métodos convencionales. Esto último constituye un gran aporte de la teledetección a su estudio.

Definición de **Índice Verde Normalizado (IVN)**: Es un estimador de la productividad de la vegetación que se obtiene a partir de la información de los canales 1 y 2 de los satélites NOAA-AVHRR. Estos canales cuantifican la cantidad de radiación que reciben en las longitudes de onda que van desde 0,58 hasta 0,68  $\mu m$  el canal 1 y desde 0,72 hasta 1,10  $\mu m$  el canal 2, Tanto los pigmentos que componen la clorofila como la estructura del mesófilo de las hojas, determinan que los vegetales tengan propiedades físicas espectrales que permiten, mediante la composición de la información de los canales 1 y 2, estimar su productividad.

#### REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Murphy, G y Hurtado, R. 2016. Agrometeorología. Ed. Ampliada. Editorial Facultad de Agronomía. U.B.A. 542 Págs. ISBN 978-987-29338-5-2.
- Allen R. G.; Pereira L. S.; Raes D. and M. Smith. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO. Estudio FAO Riego y drenaje. 300 págs. <http://ftp.fao.org/agl/aglw/docs/idp56s.pdf>.
- FAO. 1977. "Crop water requirements". Irrigation and drainage paper 24. Roma, 144 págs.
- Monteith J. L. and M. H. Unsworth. 1990. "Principles of environmental physics". Edward Arnold. 2<sup>nd</sup> ed. London. 287 págs.
- Penman, H. L. 1948. "Natural evaporation from open water, bares, soil and grass". Royal Soc., London Proc. Ser. A. 193: 120-146.
- Pruitt, W. O. and J. Doorembos. 1977. "Background and development of methods to predict reference crop evapotranspiration". In FAO irrigation and drainage paper 24, Guidelines for predicting crop water requirements. Roma, Italia.
- Moreno, C.; Portal, M.; Alabar, F y Mayo, H. 2014. Comparación de métodos de evapotranspiración para ajustar a la metodología de Penman-Monteith (FAO, 56) en localidades del Noroeste Argentino. Pág: 71-72. Acta de Reunión Binacional Uruguay - Argentina de Agrometeorología y XV Reunión Argentina de Agrometeorología. 1 al 3 de octubre de 2014. Piriápolis, Uruguay. ISBN 978-987-688-082-4.
- Damario E. 1975. Climatología y Fenología Agrícola. Centro de Estudiantes de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 280 pag.
- Lutgens F. y Tarbuck E. J. 2007. The atmosphere an introduction to Meteorology. 10 Edition. Pearson. Prentice Hall. Pag: 520

## TRABAJO PRÁCTICO 6

### BALANCE HIDROLÓGICO CLIMÁTICO

#### 6.0 Objetivos

Desarrollar en los alumnos la capacidad para:

- Comprender la importancia agronómica de las variaciones temporales y regionales del agua contenida en el suelo.
- Explicar cada uno de los componentes que intervienen en la estimación del Balance Hidrológico Climático (BHC) según la metodología de Thornthwaite.
- Explicar las suposiciones postuladas en el Método de Thornthwaite en cuanto a la incorporación de la precipitación (PP) al suelo y a la extracción del agua del mismo.
- Diferenciar y justificar el uso de las escalas espaciales de aplicación de los balances hidrológicos climáticos, mensuales y diarios.
- Utilizar sus resultados (situación hídrica media o normal de un lugar determinado) como una primera aproximación para caracterizar climáticamente grandes regiones geográficas o suelos regionales y delimitar áreas de implantación de cultivos para la planificación agrícola.

#### 6.1 Contenidos

El ciclo del agua. Constantes hídricas del suelo: Capacidad de Campo, Punto de marchitez, Agua Útil. Cálculo del BHC según la metodología de Thornthwaite.

#### 6.2 Actividades

- Calcule los BHC para las localidades que se presentan a continuación.
- Grafique la precipitación (PP), evapotranspiración potencial (ETP) y evapotranspiración real (ETR) en función de los meses del año, para la localidad de Dolores en la Figura 6.1, incluido a tal efecto e interprete las áreas delimitadas por estas variables.
- Represente la suma del Exceso (EXC) y el almacenaje de agua en el suelo (ALM) en función de los meses del año (para la misma localidad del punto b) en el figura 6.2, incluido a tal efecto, e interprete los resultados.

Cuadro 6.1: Balance Hidrológico Climático de la Localidad de Dolores  
200 mm

C.C.:

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	123	101	85	61	52	55	58	51	53	87	83	95	
ETP	135	95	83	52	33	20	21	26	39	61	80	128	
P-ETP													
ALM													
Δ Alm													
ETR													
DEF													
EXC													
SH													

Cuadro 6.2: Balance Hidrológico Climático de la Localidad de Jujuy Aero  
200 mm

C.C.:

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	201	164	186	39	19	8	11	8	10	47	101	131	
ETP	101	79	77	54	40	28	23	39	54	75	83	107	
P-ETP													
ALM													
Δ Alm													
ETR													
DEF													
EXC													
SH													

Cuadro 6.3: Balance Hidrológico Climático de la Localidad de Malargüe (Mendoza)  
200 mm

C.C.:

Agroclimatología - Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Jujuy

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	31	28	30	16	19	38	45	22	31	14	22	39	
ETP	113	90	74	43	22	12	9	17	29	57	83	109	
P-ETP													
ALM													
Δ Alm													
ETR													
DEF													
EXC													
SH													

Cuadro 6.4: Balance Hidrológico Climático de la Localidad de Chamental (La Rioja) C.C.: 200 mm

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	107	92	72	20	8	1	8	2	13	24	44	69	
ETP	162	122	104	63	37	19	19	34	51	100	127	161	
P-ETP													
ALM													
Δ Alm													
ETR													
DEF													
EXC													
SH													

Cuadro 6.5: Balance Hidrológico Climático de la Localidad de Iguazú (Misiones) C.C.: 200 mm

Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP	173	174	115	200	184	154	131	124	137	182	209	135	
ETP	140	111	110	76	49	32	35	48	59	90	112	133	
P-ETP													
ALM													
Δ Alm													
ETR													
DEF													
EXC													
SH													

- d. Con el Programa: "Balance Hidrológico Climático", contenido en la Plataforma "virtual.unju.edu.al", correspondiente al Trabajo Practico 6, realice la estimación del **BHC** para las estaciones de: Jujuy Universidad y La Quiaca, con la información de las Estadísticas Climáticas cargadas en el aula virtual (estadísticas\_jujuy\_universidad\_laquiaca.xlsx). Utilice como C.C.: 200 mm, P.M.: 100 mm, Albedo de 20% e introduzca la información meteorológica en la pestaña "BHC". Posteriormente, observe y diga cuales son las épocas de deficiencias y excesos, si las hubiera.
- e. Para la realización del TP 7, baje los programas "Balance Hidrológico Mensual consecutivo con ETP" y "Balance Hidrológico Mensual consecutivo con Temperatura".

### Balance de Agua en el suelo

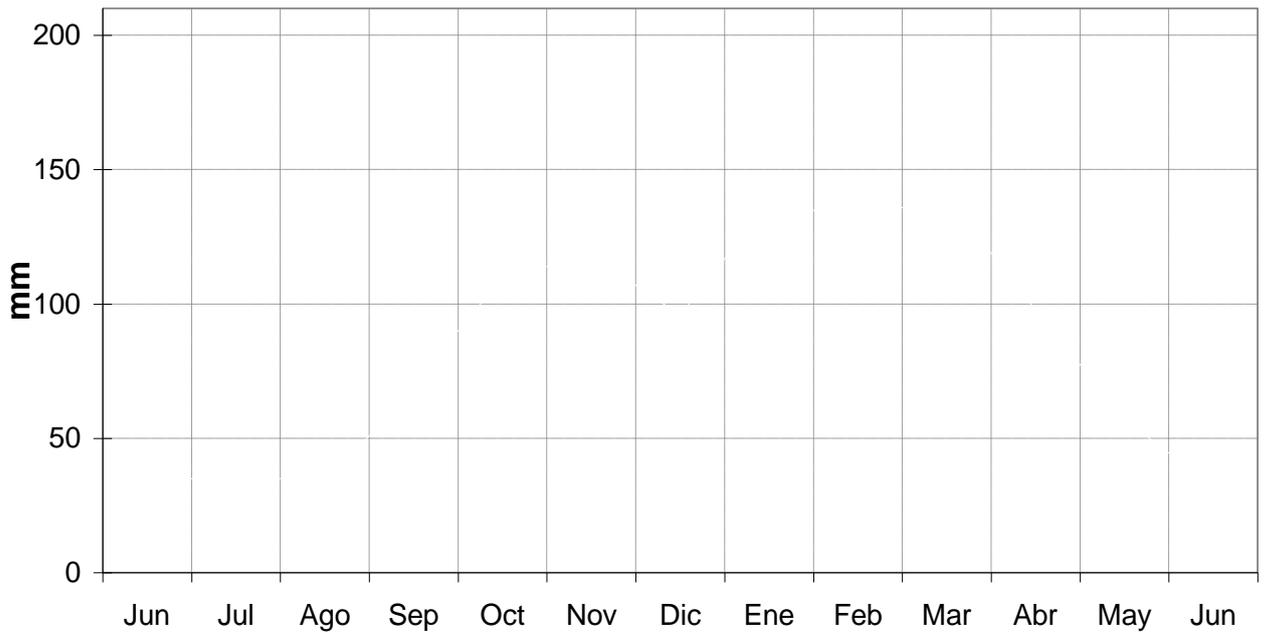


Figura 6.1: Balance de agua en el suelo para Dolores, provincia de Buenos Aires

### Variación del Agua en el suelo



Figura 6.2: Variación del agua en el suelo para Dolores, provincia de Buenos Aires.

#### LUEGO DE REALIZAR EL TRABAJO PRÁCTICO, RESPONDA:

- ¿Cuál es la utilidad de este balance y su escala de trabajo?
- ¿Qué valor asume el almacenaje al final del periodo húmedo en una localidad húmeda; y en una seca?
- ¿En qué unidades se expresan los resultados del balance hidrológico climático?
- ¿Cómo se calcula la ETR en un mes húmedo; y en uno seco?
- ¿Qué significa una secuencia de meses con P-EP positivos; y una secuencia con P-EP negativos?
- ¿Qué es la reserva de agua en el suelo y entre que valores se encuentra?
- ¿Qué significa: variación de almacenaje igual a 0, igual a -50 e igual a 100.

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

- Alabar, F.; Hurtado, R.; Arias, P; Valdiviezo Corte, M.; Moreno, C.; Mayo, H.; Portal, M.; Riquelme A. 2014. Determinación de las constantes hídricas de los suelos de los valles templados y cálidos de Jujuy. Pág: 103-104. Acta de Reunión Binacional Uruguay - Argentina de Agrometeorología y XV Reunión Argentina de Agrometeorología. 1 al 3 de octubre de 2014. Piriápolis, Uruguay. ISBN 978-987-688-082-4.
- Damario E. 1975. Climatología y Fenología Agrícola. Centro de Estudiantes de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 280 pag.
- Lutgens F. y Tarbuck E. J. 2007. The atmosphere an introduction to Meteorology. 10 Edition. Pearson. Prentice Hall. Pag: 520.
- Murphy, G y Hurtado, R. 2016. Agrometeorología. Ed. Ampliada. Editorial Facultad de Agronomía. U.B.A. 542 Págs. ISBN 978-987-29338-5-2.
- Pascale, A. J. y Damario. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 550 págs.

**BALANCE HIDROLOGICO SERIADO**

**7.0 Objetivos**

Desarrollar en los alumnos la capacidad para:

- Identificar los componentes que intervienen en la estimación del Balance Hidrológico Seriado de Thornthwaite modificado por Damario y Pascale.
- Analizar las diferencias con el Balance Hidrológico Climático.
- Interpretar y aplicar sus resultados (probabilidades mensuales de ocurrencia de distintas situaciones hídricas) en la planificación y resolución de distintos aspectos de las labores culturales.
- Interpretar los gráficos correspondientes.

**7.1 Contenidos**

Balance Hidrológico Seriado: Diario y Mensual. Distintos métodos.

**7.2 Actividades**

- a. Compare los resultados de los equilibrios, excesos y deficiencias calculadas en el BHC (TP 6) de la localidad de Jujuy Aero, con la probabilidad del 50% del BHS que se detalla en la cuadro 7.1.

Cuadro 7.1. Probabilidades de SH de Jujuy Aero

C.C.: 200 mm

Probabilidades de las Situaciones Hídricas													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
<b>0,02</b>	-39	-21	-4	-15	-15	-14	-16	-29	-38	-56	-51	-51	-246
<b>0,05</b>	-25	-16	-1	-13	-14	-12	-14	-26	-36	-50	-49	-50	-210
<b>0,1</b>	-18	-6	-1	-8	-11	-12	-12	-23	-34	-49	-46	-42	-192
<b>0,2</b>	-6	0	0	-4	-9	-10	-9	-20	-32	-46	-32	-27	-137
<b>0,3</b>	0	0	0	-3	-8	-9	-8	-18	-31	-40	-29	-8	-95
<b>0,4</b>	0	1	8	-1	-6	-8	-8	-17	-29	-36	-26	0	-40
<b>0,5</b>	0	11	44	-1	-5	-8	-7	-17	-28	-33	-15	0	-27
<b>0,6</b>	0	21	55	0	-4	-6	-6	-15	-26	-29	-11	0	-2
<b>0,7</b>	0	32	86	9	-3	-6	-6	-14	-24	-25	-5	0	56
<b>0,8</b>	2	65	96	14	-2	-5	-6	-13	-22	-22	-1	0	95
<b>0,9</b>	52	111	113	27	-1	-4	-5	-11	-21	-4	0	0	147
<b>0,95</b>	143	143	206	34	-1	-3	-3	-10	-20	0	0	0	168
<b>0,98</b>	171	159	256	45	3	-2	-3	-8	-14	0	0	4	216
<b>1</b>	186	174	258	55	6	-2	-2	-7	-8	0	0	9	268

- b. ¿Cuál es la probabilidad de tener deficiencias iguales o inferiores a 8 mm en diciembre y cual de no tenerlas? Utilice el cuadro 7.1.
- c. ¿Cuál es la probabilidad de tener SH mayores de 11 mm en noviembre?
- d. ¿Cuál es la situación hídrica probable de ocurrir 1 de cada 10 años en el mes de octubre?
- e. ¿Cuál es la probabilidad de que en el mes de mayo se produzcan excesos superiores o iguales a 3 mm?
- f. ¿Cuál es la probabilidad de que se produzcan deficiencias mayores o iguales a 6 mm en el mes de enero? ¿Y situaciones hídricas inferiores a -6 mm?
- g. En la localidad del cuadro 7.1, se desea implantar un cultivo que tolera deficiencias hídricas durante enero de hasta 18 mm. Sabiendo que el resto de sus requerimientos termofotoperiódicos son satisfechos ampliamente, ¿cada cuantos años es probable que fracase si se lo realiza en condiciones de secano?
- h. En la localidad del cuadro 7.1, se desea implantar un cultivo que no soporta excesos superiores o iguales a 4 mm ni deficiencias mayores o iguales a 27 mm durante la floración que se produce en el mes de diciembre. ¿Cuál es la probabilidad de que esa fase se produzca en las condiciones apropiadas?
- i. En la Figura 7.1 a y b, se muestra la probabilidad en función de la SH para diferentes meses del año, diga para cada mes cuales son las probabilidades de tener equilibrio, deficiencias y excesos.



**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

- Cuadrat, J. M., y M. F. Pita. 1997. Climatología. Ediciones. Cátedra S.A. Madrid, España. 496 pp.
- Damario E. 1975. Climatología y Fenología Agrícola. Centro de Estudiantes de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 280 pag.
- Longley, R. W. 1973. Tratado ilustrado de Meteorología. Editorial Bell. Buenos Aires. Argentina.
- Lutgens F. y Tarbuck E. J. 2007. The atmosphere an introduction to Meteorology. 10 Edition. Pearson. Prentice Hall. Pag: 520.
- Murphy G. y Hurtado R. 2016. Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía. U.B.A. Pag. 424.
- Pascale, A. J. y Damario. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 550 págs.

**TRABAJO PRÁCTICO 8  
FENOLOGÍA**

**8.0 Objetivos:**

Desarrollar en los alumnos la capacidad para:

- Comprender la importancia de la Fenología, relacionando la periodicidad de elementos climáticos con la ocurrencia de fenómenos biológicos.
- Seleccionar el método más apropiado para realizar observaciones fenológicas en función de los cultivos perennes o anuales, densos o ralos.
- Detectar anomalías en los registros fenológicos, posibles causas y soluciones.

**8.1 Contenidos:**

Fenología. Concepto. Divisiones. Utilidad y Aplicaciones. Información Fenológica. Observaciones fitofenológicas agrícolas en cultivos anuales y perennes. Observaciones fenológicas detalladas. Registro fitofenológico integral. Fenometría.

**8.2 Actividades**

- a. Determine los momentos representativos (comienzo, plenitud y fin) de la Fase floración sobre la base de las observaciones realizadas en el cultivo de Sorgo, Variedad Cargill 246

Cuadro 8.1: Fechas de ocurrencia de la fase de floración en sorgo. Siembra: 13/12/2011. Nacimiento: 16/12/2011. Fase observada: floración.

Meses	Enero											Febrero
Fechas	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1
Observados	1		7			24		38		49		53
Aparecidos	1		6			17		14		11		4
Calculados	1	2	4	5	6	6	8	6	6	5	3	1
% diario												
%acumulado												

**Observados:** Número total de órganos

**Aparecidas:** Número Absoluto de órganos (es la observación de un día menos el número de órganos de la observación anterior).

**Calculados:** Se estima el número que podría haber aparecido los días sin observación. Tener en cuenta que primero el mismo irá en aumento y luego de plenitud decrecerá.

**% diario:** total de órganos, respecto al que existe en porcentajes.

**% acumulado:** Suma del porcentaje calculado.

- b. Utilizando la notación del Método Fitofenológico Integral de Ledesma escriba en los esquemas 1 y 2 las siguientes sentencias en símbolos:

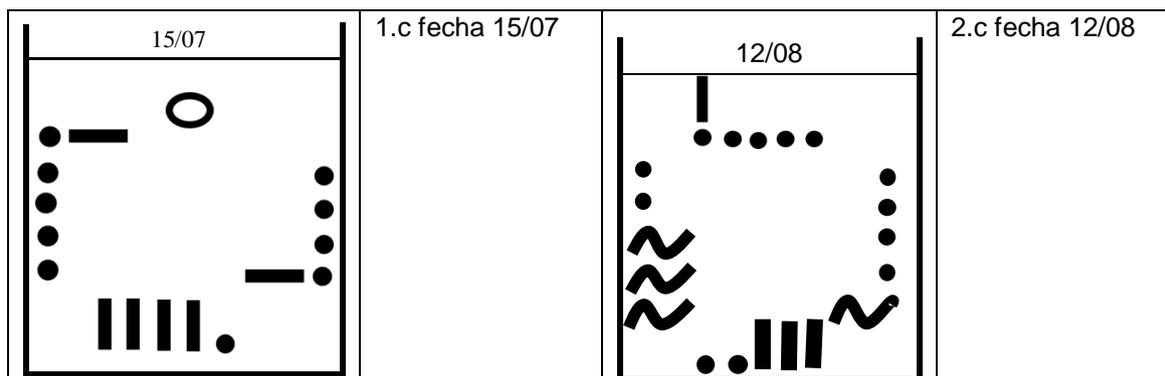
1. fecha: 18/10/2011

- va hacia fin de fase floración en presencia de frutos verdes
- plenitud de fase brotación
- comienzo de fase cambio de color de hojas
- va hacia plenitud de cambio de color de frutos
- primeros órganos aislados en caída de hojas

2. fecha: 12/09/00

- próximo a fin de fase floración y presencia de frutos maduros
- pasó comienzo de fase de cambio de color de hojas
- primeros órganos aislados en fase cambio de color de frutos
- plenitud de fase caída de hojas
- va hacia fin de fase de caída de frutos

c. En los siguientes esquemas de observaciones fenológicas de las fechas 15/07 y 12/08 de duraznero variedad "Flor daking", realizado en finca perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias, "Dr. Emilio Navea", (longitud; 24°21,063' Latitud S; 65° 11,489'); a través del Método Fitofenológico Integral de Ledesma describa lo que significa cada notación.



d. Dado los datos fenológicos del siguiente cuadro, correspondientes a 3 cultivares de durazneros de la localidad de San Pedro (Buenos Aires), determine para cada campaña:

1. Fecha media de comienzo, plenitud y fin de floración de cada cultivar.
2. Energía de fase de cada cultivar por campaña.
3. Cultivares tempranos y tardíos (los que florecen primeros y últimos), respectivamente.
4. La fecha media de primera helada es el 1 de junio y la de última, el 1 de septiembre, con una desviación típica para esta última de 10 días. ¿qué campaña por cultivar se vería más afectada por esta adversidad, para la plenitud de floración?

COMIENZO DE FLORACION	90/91	91/92	92/93	93/94	Fecha med.
EVERTS	24-ago (236)	3-sep (246)	4-sep(247)	8-sep(251)	
TUFTH	17-ago(229)	25-ago(237)	2-sep(245)	31-ago(212)	
RUBIRED	20-ago(232)	28-ago(240)	6-sep(249)	5-sep(248)	
PLENITUD DE FLORACION	90/91	91/92	92/93	93/94	
EVERTS	6-sep(249)	11-sep(254)	11-sep(254)	15-sep(258)	
TUFTH	24-ago(236)	4-sep(247)	9-sep(252)	7-sep(250)	
RUBIRED	30-ago(242)	6-sep(249)	11-sep(254)	10-sep(253)	
FIN DE FLORACION	90/91	91/92	92/93	93/94	
EVERTS	18-sep(261)	19-sep(254)	18-sep(261)	26-sep(269)	
TUFTH	1-sep(244)	13-sep(255)	15-sep(258)	14-sep(257)	
RUBIRED	13-sep(256)	15-sep(258)	18-sep(261)	19-sep(254)	
Energ. Fase					

### REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Curihuinca Becerra J.1993.Manual de Observaciones Meterológicas. Dirección Met. de Chile.
- Damario E. 1975. Climatología y Fenología Agrícola. Centro de Estudiantes de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 280 pag.
- Murphy, G y Hurtado, R. 2016. Agrometeorología. Ed. Ampliada. Editorial Facultad de Agronomía. U.B.A. 542 Págs. ISBN 978-987-29338-5-2.
- Pascale, A. J. y Damario. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 550 págs.

## TRABAJO PRÁCTICO 9 ADVERSIDADES CLIMÁTICAS

### 9.0 Objetivos

Desarrollar en los alumnos la capacidad para:

- Identificar los factores climáticos y meteorológicos adversos que influyen sobre la productividad de los sistemas agropecuarios.
- Analizar y resolver situaciones adversas a la producción relacionadas a los diferentes entornos de riesgos climáticos.
- Discutir los aspectos a considerar para realizar la caracterización agroclimática de heladas y sequías.

### 9.1 Contenidos

Tipo de helada. Origen. Caracterización agroclimática de heladas. Tipos de sequías. Metodologías usadas para la determinación de las sequías.

### 9.2 Actividades

- a. Determine qué tipo de helada se produjo una noche calma y despejada en que la temperatura mínima en el abrigo meteorológico fue de  $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  y en el mismo momento el termómetro húmedo indicaba  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , La presión atmosférica era la normal.

$$e = e_{s(T_w)} - 6,6 \cdot 10^{-4} \times p \times (T - T_w)$$

- b. Determine la probabilidad de que ocurran heladas en la fecha media de plena floración de los cultivares de manzano Glengyle Red (24 de octubre), Jonathan (10 de octubre) y Red Delicious (5 de octubre) en la localidad cuyos datos se transcriben a continuación.

#### Datos climáticos de la localidad:

Fecha media de primera helada: 21 de mayo, Desviación estándar: 19,8 días.

Fecha media de última helada: 4 de setiembre, Desviación estándar: 21,1 días.

Temperatura mínima anual media:  $-3,4^{\circ}\text{C}$ , Desviación estándar:  $1,1^{\circ}\text{C}$ .

Con los datos fenológicos y climáticos que se transcriben más abajo determinar:

1. Que probabilidad de daños por heladas en la espigazón tiene los trigos de siembra primaveral e invernal en las tres localidades.
2. Que probabilidad de muerte por bajas temperaturas tienen los trigos de siembra invernal en las tres localidades.

Cuadro 9.1: Datos Fenológicos: Fecha media de espigazón.

	Tres Arroyos	Guatraché	Pergamino
<b>Siembra primaveral</b>	3/11	1/11	15/10
<b>Siembra invernal</b>	5/11	20/10	5/10

Resistencia del trigo a bajas temperaturas:  $-9^{\circ}\text{C}$

Cuadro 9.2: Datos climáticos:

	Med. Última helada	Desv. estándar	Med. primera Helada	Desv. estándar	Mínima anual media	Desv. estándar
<b>Tres Arroyos</b>	15/10	28,8	12/5	24,9	-4,8	2,3
<b>Guatraché</b>	12/10	17,0	19/4	18,0	-8,0	1,8
<b>Pergamino</b>	9/9	26,4	21/5	28,0	-4,9	2,0

- c. Con los datos del ejercicio anterior determine:

1. Un productor puede correr un riesgo de pérdida por heladas de un año de cada cinco, ¿cuál sería la fecha más temprana para la siembra de cultivo de ciclo primavero - estival?
2. La fecha después de la cual la floración de un cultivo de ciclo invierno - primaveral podrá ser afectada por las heladas en 1 año de cada cinco.

## SEQUIAS

d. Uno de los tantos criterios que existen para definir una condición de sequía, es utilizar la situación hídrica obtenida, a partir del Balance Hidrológico Seriado (BHS). A partir de los resultados del BHS de Jujuy Aero del TP 7 y los del cuadro 9.3, usted deberá:

1. Identificar las sequías, según el siguiente criterio:

**Tres o más meses consecutivos en los que la situación hídrica (SH) estuvo en el primer quintil ( $p \leq 0,2$ ) de la distribución estadística correspondiente,**

Pasos a seguir:

- Señalar, para cada mes, los casos en que la SH fue menor o igual al valor cuya probabilidad es de 0,2.
- Identificar los casos en que esa condición se repite en tres o más meses consecutivos.

2. Caracterizar los primeros **cuatro años**, identificado en 1 según su duración, intensidad y tiempo de recurrencia, Complete el siguiente cuadro con los resultados.

Casos de Sequía		Duración <sup>1</sup> (meses)	Intensidad <sup>2</sup>			Recurrencia <sup>3</sup> (años)
Inicio	Fin		SH (mm)	p	Mes	

<sup>1</sup> Cantidad de meses transcurridos desde el inicio hasta el fin de la sequía.

<sup>2</sup> SH alcanzada en el mes en que el nivel de probabilidad (p) tuvo el mínimo valor.

<sup>3</sup> Tiempo de recurrencia:  $t_R = 1/p$

Cuadro 9.3: Datos de situaciones hídricas de Jujuy Aero

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
1982	0	15	84	28	-2	-5	-6	-12	-22	-37	-26	-29	-10
1983	0	-14	0	-4	-8	-11	-7	-17	-33	-34	-12	-52	-192
1984	0	32	254	-2	-8	-9	-8	-14	-31	-30	-11	0	172
1985	0	101	-1	37	-3	-6	-2	-11	-19	-35	-5	0	57
1986	0	14	0	0	-6	-6	-7	-9	-28	-5	0	9	-40
1987	186	-2	0	-1	-4	-8	-7	-17	-30	-49	0	0	68
1988	5	0	45	-4	-8	-10	-4	-18	-31	-51	-49	0	-125
1989	-53	-17	0	0	-7	-5	-7	-17	-27	-34	-45	-9	-219
1990	0	88	96	13	-1	-4	-6	-14	-25	-25	-32	0	89
1991	159	146	93	0	-5	-7	-7	-14	-28	-45	0	-23	268
1992	0	21	-1	13	-3	-6	-6	-7	-23	-21	-8	0	-42
1993	115	51	86	-1	-7	-8	-8	-17	-31	-22	-26	-33	99
1994	0	50	-6	0	-4	-9	-9	-18	-23	-20	0	-1	-40
1995	25	75	116	-6	-6	-10	-9	-20	-32	-45	-4	-51	33
1996	0	0	0	-16	-9	-13	-18	-32	-32	-49	0	0	-169
1997	0	0	0	-10	-14	-15	-14	-26	-36	-61	-53	-48	-277
1998	0	-25	0	-7	-14	-12	-12	-22	-36	0	-9	-4	-141
1999	0	1	258	0	6	-2	-3	-11	-21	-32	-33	-23	141
2000	-28	0	74	11	-4	-6	-5	-15	-28	-31	-29	-39	-101
2001	-10	2	50	15	-2	-2	-6	-13	-21	-39	0	0	-26
2002	-20	0	-1	-14	-16	-11	-14	-27	-41	0	-48	0	-193
2003	0	30	112	-2	-4	-6	-8	-17	-24	-1	-30	0	49
2004	0	8	44	19	-1	-3	-5	-13	-8	-29	-28	0	-18
2005	-17	0	10	-4	-10	-10	-8	-20	-22	-48	-2	0	-130
2006	-6	0	18	55	-2	-5	-6	-15	-28	-27	-13	0	-29
2007	4	174	96	-1	-5	-8	-9	-18	-27	-25	-20	0	160
2008	0	136	110	-3	-10	-9	-10	-20	-32	-40	-17	0	105
2009	-7	21	47	26	-1	-4	-5	-13	-26	-47	-32	0	-41

- e. En el gráfico siguiente están representados, para la localidad de Jujuy Aero (Perico - El Carmen), los umbrales de precipitación acumulada trimestral que delimitan cinco categorías del SPI. Las líneas llenas corresponden a valores de  $\pm 1$  y las punteadas a  $\pm 2$ .

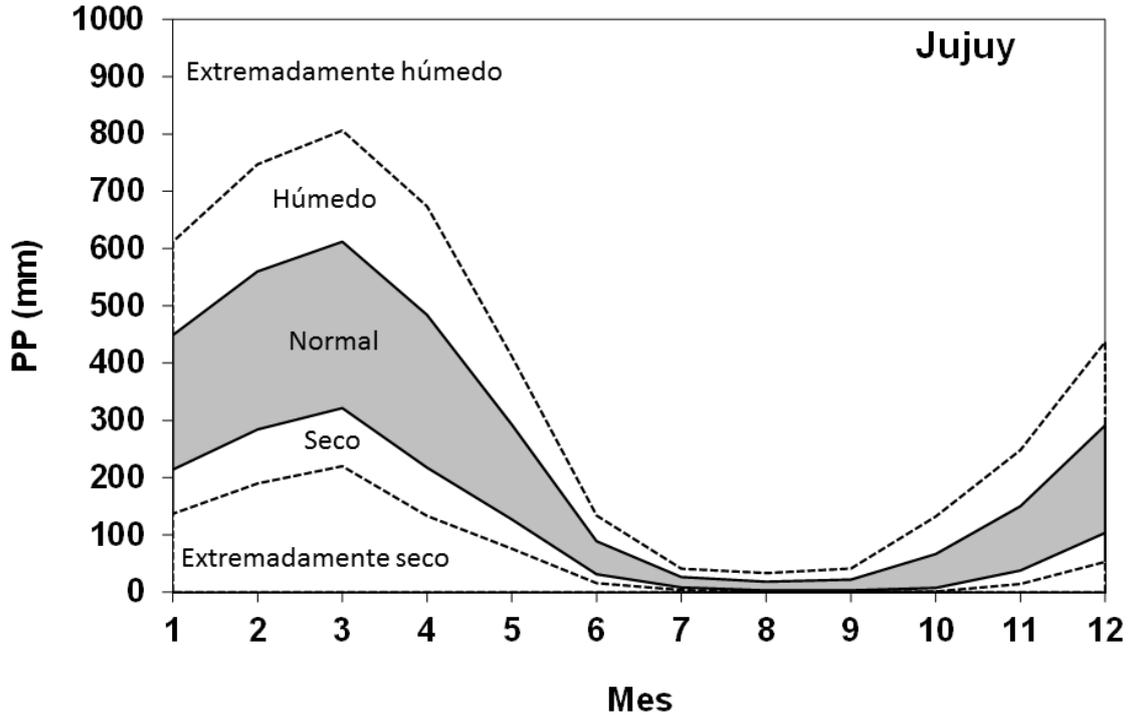


Figura 9.1: Umbral de precipitación acumulada trimestral para Jujuy Aero.

1. Determine la condición hídrica en los siguientes casos:
  - 150 mm acumulados entre abril y junio.
  - 100 mm acumulados entre julio a septiembre.
  - 250 mm acumulados entre octubre y diciembre.
  
- f. A partir de los datos de precipitación mensual del año 2012, determine la condición hídrica del mes de febrero y la del mes de abril.

Cuadro 9.4: Precipitación mensual – Jujuy Aero, Año 2012

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PP (mm)	198	161	130	173	0	30	0	5	3	69	114	205

1. ¿Cuánto debería llover en enero de 2013 para alcanzar una condición extremadamente húmeda?
2. ¿Es posible que en enero de 2013 ocurra una condición de sequía? ¿Qué condición se alcanzaría si durante ese mes no se registrasen precipitaciones?

Cuadro 9.6: Días Julianos, donde el día 1 es el 1<sup>o</sup> de enero y el día 31 de diciembre es el 365

<b>Dia/Mes</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29		88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30		89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31		90		151		212	243		304		365

Cuadro 9.7: Distribución Normal de probabilidad (o distribución Z)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
-3	0.0013	0.0010	0.0007	0.0005	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
-2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0126	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0238	0.0233
-1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0300	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0517	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0570	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0722	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2297	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3383
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3839
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4164	0.4325	0.4286	0.4247
0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7703	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9278	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9430	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9648	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9700	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9762	0.9767
2	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9874	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9960	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3	0.9987	0.9990	0.9993	0.9995	0.9997	0.9998	0.9998	0.9999	0.9999	1.0000

**Anexo: Adversidades Climáticas**

**En grupo de tres integrantes, complete sobre la línea de puntos para cada una de las sentencias abajo descriptas, que involucran a las adversidades y procesos meteorológicos.**

1. Fenómeno meteorológico que se mide con el barómetro , produce convergencia en la superficie y divergencia en altura.....
2. En la Región Pampeana, se produce un aumento de la presión en pocas horas, produciendo entre otras cosas chaparrones y/o granizo, como consecuencia de:.....
3. Fenómeno atmosférico, se forman estructuras sólidas de agua congelada que se precipitan violentamente sobre el suelo, desde las nubes de tipo Cumulonimbos.....
4. Depende de las características de insolación de la zona para que se produzca convección y puede durar desde minutos a varias horas.....
5. Descenso térmico intenso, con un punto de rocío (PR) < a 0°C, según época del año y tipo.....
6. Disminución temporal de disponibilidad de agua/humedad según procesos dinámicos, teniendo en cuenta el tiempo de duración.....
7. La velocidad se mide en Km/hr, la duración se mide en minutos y la frecuencia es el número de veces que se ha dado el fenómeno en un lugar en un tiempo dado.....
8. La duración se mide en horas (a veces en minutos), se puede clasificar de acuerdo a su efecto visual y la frecuencia (número de veces que se ha dado el fenómeno en un lugar en un tiempo dado).  
.....
9. Cantidad de agua caída en un determinado tiempo  
.....
10. Las pérdidas totales en cultivos de verano superarían las 350.000 hectáreas, como consecuencia del prolongado déficit hídrico.....
11. Luego de las altas temperaturas registradas en Jujuy Capital y por un proceso de convección  
.....
12. Masas de aire provenientes del oeste de elevada intensidad y PR -13°C para la zona de Volcán aceleran el proceso de floración en duraznero.....
13. Si el granizo presenta círculos concéntricos en su estructura, es más probable que el origen de su formación sea:  
.....

14. Se usan distintos índices para su determinación, algunos relacionados a la precipitación y otros basados en el agua del suelo.....
15. Pueden ser: Advectivas, Radiativas, y Mixtas.....
16. Depende de la escala temporal (estacional o permanente), y de la escala espacial (regionales o locales) y de la intensidad (varía entre suave a fuerte).....
17. Subió el precio del tomate por la disminución de la temperatura y por el PR < a -10°C, en el NOA.....

#### **REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

- Climatología. 2008. Cátedra de Climatología Agrícolas. Facultad de Agronomía. UBA. Buenos Aires. Argentina.
- Murphy, G y Hurtado, R. 2016. Agrometeorología. Ed. Ampliada. Editorial Facultad de Agronomía. U.B.A. 542 Págs. ISBN 978-987-29338-5-2.
- Pascale, A. J. y Damario. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires. 550 págs.
- Murphy G. M. y J. A. Herrera. 2001. Días útiles para cosecha de cultivos estivales en el centro-oeste de la región pampeana. Revista Argentina de Agrometeorología 1 (1): 75-81.
- Damario E. 1975. Climatología y Fenología Agrícola. Centro de Estudiantes de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina. 280 pag.

## TRABAJO PRÁCTICO 10

### BIOCLIMATOLOGÍA

#### 10.0 Objetivos:

Desarrollar en los alumnos la capacidad para:

- Identificar y analizar los factores que influyen sobre la productividad de los sistemas agropecuarios,
- Explicar y comparar las metodologías de investigación bioclimáticas.
- Analizar la acción de los elementos bioclimáticos sobre los procesos de crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas.
- Estimar los índices que determinan las modalidades bioclimáticas de los cultivos estivales e invernales.

#### 10.1 Contenidos

Aplicación de las metodologías de investigación bioclimáticas en el desarrollo de plagas de la agricultura y en el crecimiento y desarrollo de los cultivos anuales invierno-primaveral y primavera-estival. Estimación de fecha de siembra y cosecha.

#### 10.2 Actividades

- a. La "isoca cogollera" *Spodoptera frugiperda* es un lepidóptero noctuido, cuyas larvas producen severos daños al maíz en estado vegetativo, provocando pérdida de plantas y disminución del rendimiento de aquellas dañadas en ese período. La manera de combatirlo es a través de la aplicación oportuna de insecticidas específicos. El momento del tratamiento depende del desarrollo del insecto que está fuertemente condicionado por el ambiente. La temperatura base de desarrollo del insecto es de 13.8 °C días, En este ejercicio se determinará:
- La suma de temperatura media diaria necesaria para el desarrollo del insecto.
  - El momento en que el gusano llega al tercer estadio larval correspondiente a la fecha en que debería realizarse el primer tratamiento.
- b. Determine la fecha del primer tratamiento a realizar en la localidad cuyos datos se transcriben en el Cuadro 10.1. Para eso debe tener en cuenta que la siembra de maíz se ha efectuado el 16 de octubre, que la acumulación térmica debe comenzar 15 días después de la siembra (es cuando el cultivo tiene aproximadamente 4 hojas) y que la suma de temperaturas para alcanzar el tercer estadio larval (momento oportuno para la aplicación, ya que es el más voraz de la isoca) es de 95°Cd. Complete el Cuadro 10.2

Cuadro 10.1: Datos de temperaturas medias diarias.

N° días	T°C med	N° días	T°C med	N° días	T°C med
01-oct	15,2	01-nov	22,3	01-dic	17,6
02-oct	16,0	02-nov	21,0	02-dic	22,9
03-oct	16,7	03-nov	17,3	03-dic	20,7
04-oct	17,2	04-nov	17,4	04-dic	19,6
05-oct	18,1	05-nov	16,7	05-dic	20,3
06-oct	18,9	06-nov	15,8	06-dic	7,4
07-oct	18,1	07-nov	15,8	07-dic	20,7
08-oct	16,8	08-nov	19,5	08-dic	20,4
09-oct	18,2	09-nov	17,8	09-dic	19,0
10-oct	12,9	10-nov	20,0	10-dic	18,3
11-oct	16,1	11-nov	19,4	11-dic	21,5
12-oct	16,5	12-nov	17,5	12-dic	23,7
13-oct	19,2	13-nov	19,3	13-dic	22,2
14-oct	16,8	14-nov	20,8	14-dic	21,3
15-oct	15,6	15-nov	22,6	15-dic	20,5
16-oct	16,8	16-nov	19,9	16-dic	22,7
17-oct	20,1	17-nov	19,1	17-dic	16,5
18-oct	20,2	18-nov	14,5	18-dic	26,1

**Agroclimatología - Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Jujuy**

19-oct	21,3	19-nov	15,5	19-dic	26,4
20-oct	15,0	20-nov	17,9	20-dic	17,3
21-oct	15,8	21-nov	15,8	21-dic	26,9
22-oct	20,7	22-nov	16,3	22-dic	24,8
23-oct	22,8	23-nov	17,0	23-dic	18,6
24-oct	23,7	24-nov	14,5	24-dic	20,6
25-oct	21,0	25-nov	19,2	25-dic	19,5
26-oct	21,2	26-nov	20,7	26-dic	24,5
27-oct	19,8	27-nov	19,9	27-dic	28,3
28-oct	19,9	28-nov	19,2	28-dic	27,5
29-oct	16,5	29-nov	21,2	29-dic	23,2
30-oct	18,3	30-nov	22,1	30-dic	26,3
31-oct	21,5				

**Cuadro 10.2: Temperatura media diaria, grados días diarios y acumulados**

Fecha	Temperatura media diaria	Grados días diarios	Grados días acumulados
01-Nov			
02-Nov			
03-Nov			
04-Nov			
05-Nov			
06-Nov			
07-Nov			
08-Nov			
09-Nov			
10-Nov			
11-Nov			
12-Nov			
13-Nov			
14-Nov			
15-Nov			
16-Nov			
17-Nov			
18-Nov			
19-Nov			
20-Nov			
21-Nov			
22-Nov			
23-Nov			

c. En este ejercicio se analizarán y discutirán las condiciones de desarrollo de los cultivos de trigo y maíz para la localidad 1 y el cultivo de pimiento para la localidad 2. Se pretende determinar la correcta satisfacción de sus exigencias bioclimáticas y así inferir la posibilidad de cultivarlos en condiciones económicamente rentables. Para ello se deberá:

1. Establecer una fecha probable de siembra adecuada para cada cultivo en cada una de las localidades.
2. Analizar el cumplimiento de las exigencias bioclimáticas en subperíodos críticos.
3. Deberá enumerar los criterios utilizados para la elección de la fecha de siembra en cada una de las localidades, en el orden de prioridad utilizado y los requerimientos bioclimáticos analizados.

Para la realización de este ejercicio utilice los datos climáticos de las dos localidades que se encuentran en los Cuadros 10.3 y 10.4, y la información bioclimática de los cultivos resumida en los Cuadros 10.5, 10.6 Y 10.7.

**Cuadro 10.3: Datos climáticos de la localidad 1.**

**C.C.:**

**200 mm**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T. Max. Med.(°C)	29,5	27,8	25,1	19,3	15,8	12,4	12,2	14,1	16,3	20	24,3	26,4
T. Med. (°C)	20,7	19,7	18	13,3	10,5	7,8	7,5	8,4	10,3	13,2	16,5	18,4
T. mín. Med. (°C)	16,3	15,3	12,7	9,3	5,4	2,6	2,1	3,5	5,6	9	12,2	15,2
Hum. Rel.(%)	68	71	76	81	83	86	86	79	76	75	71	68
Precipitación(mm)	82	71	111	56	85	48	64	47	68	55	81	78
Heliofanía (hs)	15,5	14,8	13,5	12,5	11,5	10,9	11	12	13,3	14,1	15,1	15,7
Frec.Heladas (días)	0	0	0	0	2	3	8	6	3	0,8	0,1	0
Deficiencias (mm)	12	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Excesos (mm)	0	0	0	0	0	12	18	21	26	13	0	0

Fecha media de primera helada: 15/4 ±12 días.

Fecha media de última heladas: 18/10±12 días.

**Cuadro 10.4: Datos climáticos de la localidad 2.**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAYO	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura .(°C)	25,6	24,6	23,2	20,1	17,4	14,2	14,1	16	18,8	22,3	24	25,3
Precipitación(mm)	151	146	138	60	16	5	4	4	5	22	51	98
Evapotransp. potencial	145	115	105	69	49	29	30	42	62	100	120	143
Evapotransp. Real	145	115	105	63	26	11	10	12	16	34	59	102
Deficiencias (mm)	0	0	0	-6	-23	-18	-20	-30	-46	-66	-60	-40
Excesos (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fecha media de última heladas: 20/08 ±18 días.

**Cuadro 10.5: Principales exigencias bioclimáticas del trigo.**

TRIGO	Temperatura base ( t b )	Tiempo térmico (° día)	Resistencia a heladas
Siembra-emergencia	2,6	102	Resistente
Emergencia-espiguilla terminal	3,3	434,8	Resistente
Espiguilla terminal-antesis	5,1	204,1	Mod. resistente
Antesis-Maduración fisiológica	8,9	344	No resistente

Necesidad de vernalización durante el período vegetativo: 480 horas

**Cuadro 10.6: Principales exigencias bioclimáticas del maíz.**

MAÍZ	Temperatura base ( t b )	Tiempo térmico (° día)	Resistencia Heladas
Siembra-emergencia	9,8 °C	60,8° días	Mod, Resit
Emergencia –Floración	8,0 °C	720°días (ciclo corto)	No resist
Antesis-Maduración fisiológica	8,0 °C	905 °días(ciclo corto)	No resist
Emergencia –Floración	8,0 °C	831 °días(ciclo largo)	No resist
Antesis-Maduración fisiológica	8,0°C	900°días(ciclo largo)	No resist
Maduración fisiológica-cosecha	(aproximadamente) 45 días		

**Cuadro 10.7: Principales exigencias biológicas del pimiento.**

PIMIENTO	Tiempo térmico (° día)	Resistencia a heladas
Siembra-transplante (ST)	40°C DÍA	Moderadamente resistente
Transplante-aparición de flor (TF)	250 °C DÍA	No resistente
Aparición de flor- aparición de fruto (FFr)	1100°C DÍA	Moderadamente resistente.
Cosecha	30 días después de la aparición del fruto.	Resistente

**La temperatura base (tb) para todos los subperíodos, 10°C.**

**Instrucciones para determinar las horas de frío por la metodología de Damario. (1969):**

- Con los datos de la temperatura mínimas medias de las estadísticas climáticas, se calcula el promedio de los cinco meses más fríos (May-Sep).
- Este valor se asigna a la división destacada en el centro de la escala, y a partir del mismo se da valor a las restantes divisiones, las cuales se han trazado con la separación de 1°C.
- Se estima las horas de frío, entrando por abcisas con el valor de la temperatura mínima media de cada mes, ascendiendo hasta cortar la curva correspondiente a la temperatura mínima media anual, de la localidad, y se leen en ordenadas las horas de frío estimadas.

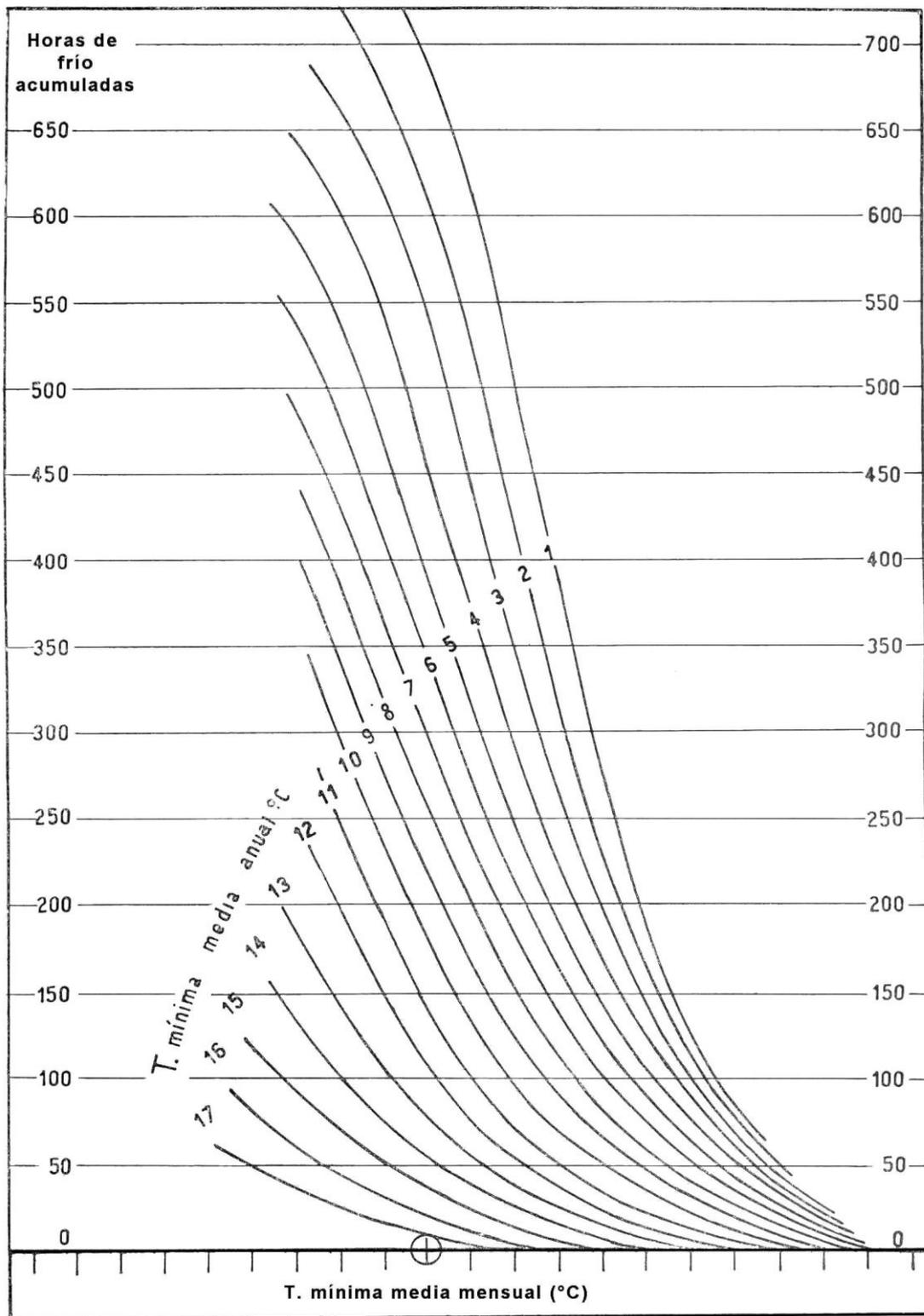


Figura 10.1: Diagrama para estimar las horas de frío (HF)

#### REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Climatología. 2008. Cátedra de Climatología Agrícolas. Facultad de Agronomía. UBA. Buenos Aires. Argentina.
- Damario E. Climatología y Fenología Agrícola. 1975. Centro de Estudiantes de Agronomía. Universidad Nacional de La Plata. Argentina.
- Murphy, G y Hurtado, R. 2016. Agrometeorología. Ed. Ampliada. Editorial Facultad de Agronomía. U.B.A. 542 Págs. ISBN 978-987-29338-5-2.

## **TRABAJO PRÁCTICO 11**

### **AGROCLIMATOLOGÍA**

#### **11.0 Objetivos**

Desarrollar en los alumnos la capacidad para:

- Utilizar los índices agroclimáticos mediante la información correspondiente.
- Evaluar la distribución geográfica de las diferentes especies cultivadas en Argentina, acorde con las disponibilidades agroclimáticas regionales y clasificarla según sus posibilidades bioclimáticas.
- Definir la aptitud agrícola de una región, para distintos cultivos de interés nacional y regional, determinando áreas agroclimáticamente aptas, marginales y no aptas.

#### **11.1 Contenidos**

Mapas de índices agroclimáticos de temperaturas medias mensuales, precipitación, evapotranspiración potencial y real, y excesos y deficiencias medias anuales de la República Argentina.

#### **11.2 Actividades**

a. Determinación de áreas de aptitud, marginalidad e ineptitud:

1. Para la actividad agrícola.
2. Para la actividad forestal.
3. Para la actividad ganadera.
4. Para cultivos de cereales y oleaginosos de ciclo invierno-primaveral.
5. Para cultivos de cereales y oleaginosos de ciclo primavero-estival.

#### **Instrucciones:**

- Las áreas se trazarán sobre los mapas en blanco que forman parte de esta Guía.
- Para la delimitación de las distintas regiones se utilizarán los requerimientos de cada actividad señalados en la lectura obligatoria.
- La información agroclimática a utilizar se encuentra en el "Atlas Agroclimático de la Argentina".
- La presente Guía incluye un mapa de Índice Hídrico de Thornthwaite (Figura 12.6) que no se encuentra en dicha publicación.
- Una vez que se hayan diferenciado prolijamente las diferentes regiones se deberán señalar los factores limitantes que determinan las áreas marginales e ineptas.
- Se deberá concurrir al Trabajo Práctico con un mínimo de elementos de dibujo (lápiz, goma, regla, etc) para una correcta delimitación de las áreas.

### **LECTURA OBLIGATORIA:**

La agroclimatología enfoca situaciones en que el ecosistema natural (selva, sabana, bosque, etc) ha sido suplantado por un sistema productivo agrario que puede diferir del natural en mayor o menor grado y del cual se extrae un producto que brinda un beneficio económico.

La mayor parte de los cereales y oleaginosos del mundo, por ejemplo, se producen sobre áreas cuya vegetación original eran bosques o pastizales, lo cual representa un cambio sustancial respecto a la situación original. En cambio, la producción ganadera que se realiza en las áreas de sabana o pastizal puede no modificar significativamente la vegetación natural, reduciéndose la intervención humana a un manejo (exitoso o no) del ecosistema.

El planeamiento de cualquier medida destinada a mejorar, recuperar o posibilitar el uso de recursos naturales de un país o una región debe estar basado en el conocimiento de las consecuencias ambientales y socioeconómicas de la acción emprendida y de las características físicas y geográficas del territorio incluyendo el clima.

Los registros meteorológicos en nuestro país han permitido realizar una adecuada evaluación del clima argentino y existen estadísticas climatológicas que brindan información para diversos estudios de climatología pura y aplicada a diferentes actividades humanas. Sin embargo, a pesar de su indiscutible valor, la información estadística que brinda la climatología clásica o general resulta, muchas veces, insuficiente o poco adecuada para su aplicación en áreas específicas como las relacionadas a las ciencias ambientales en general o la producción agropecuaria en particular, que necesitan frecuentemente información especial.

Por ejemplo, cada cultivo vive en un tiempo y reacciona de diferentes maneras al complejo climático a lo largo de su ciclo vital, Por ello, el análisis detallado de su influencia sólo será posible si se dispone de datos agroclimáticos suficientes en cantidad y calidad que permitan interpretar las reacciones de los cultivos a los cambios ambientales.

La **Agroclimatología** considera a los climas como el grupo de factores ambientales que ejercen una influencia sustancial sobre la productividad de los cultivos y animales, Surgen así los conceptos de **Unidad Agroclimática** (o distrito agroclimático) (De Fina 1950) "el área de máxima extensión donde las condiciones climáticas son suficientemente uniformes como para asegurar que en toda ella pueden realizarse los mismos cultivos con muy semejantes probabilidades de éxito" o el de **Agroclima** (Burgos, 1958) para identificar "el conjunto de diferentes combinaciones climáticas que a través de sus valores de intensidad, duración, frecuencia y época de ocurrencia hacen posible la explotación económica de una determinada especie".

Los objetivos más inmediatos de la Agroclimatología pueden resumirse así:

- a) Desarrollar métodos para expresar las disponibilidades climáticas regionales en términos compatibles con la forma de expresión de las necesidades bioclimáticas de las especies.
- b) Determinación de áreas agroclimáticamente óptimas y marginales surgidas de la comparación entre requerimientos bioclimáticos y disponibilidades regionales.
- c) Proveer bases agroclimáticas para la introducción y mejoramiento de las técnicas de producción.
- d) Estudiar de climas zonales y locales para evaluar sus posibilidades de mejoramiento.
- e) Determinar y evaluar los cambios producidos por la alteración del ambiente natural o el empleo de cortinas forestales, modificaciones hidrológicas, drenajes, etc.
- f) Proveer información agroclimática en forma de estadísticas, descripciones, cartas y manuales.

Estos objetivos pueden lograrse si se cumplen dos requisitos básicos:

- 1) Disponer de índices que expresen cuantitativamente las relaciones entre los requerimientos bioclimáticos y la oferta ambiental y,
- 2) Contar con información meteorológica y fenológica simultánea para interpretar las reacciones de los cultivos en diferentes ambientes.

Para la determinación de los primeros pueden usarse métodos de campo o de laboratorio, cuidando en este último caso introducir las consiguientes correcciones al extenderlos al ambiente natural.

El conocimiento de las exigencias y tolerancias bioclimáticas permite realizar en forma simple la cartografía agroclimática, es decir, determinar las áreas y distribución geográfica de un cultivo,

ganado, plaga, enfermedad etc, en función de las disponibilidades climáticas jerarquizadas mediante Índices Agroclimáticos.

Según el objetivo, podríamos diferenciar entre agroclimatología general y especial. La primera se refiere a parámetros agroclimáticos generales para caracterizar y clasificar los climas de acuerdo a sus posibilidades agrícolas, ganaderas, forestales etc, y la segunda se refiere a cultivos, ganado, técnicas etc, específicas.

## **DETERMINACIÓN DE LAS REGIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y GANADERAS POR MEDIO DE PARÁMETROS CLIMÁTICOS.**

La delimitación de regiones de un país que tienen aptitud para la utilización humana destinada a diferentes fines, puede realizarse por medio de parámetros climáticos que separen las distintas condiciones del clima con relación a diferentes explotaciones.

### **I) Regiones forestales**

Hay dos formas de explotación de los árboles: una es en su estado natural y otra es por la plantación donde naturalmente no existen, ya que el árbol tiene exigencias climáticas determinadas que es necesario proveérselas si el clima del lugar no las dispone, Puede hacerse la siguiente división:

- a) Forestales higrófilos naturales: Estas regiones están caracterizadas por milímetros de evapotranspiración potencial, milímetros de evapotranspiración real y milímetros de excesos de agua determinados. No pueden existir árboles con menos de 500 mm anuales de evapotranspiración potencial, pues por debajo de ese límite se encuentra la taiga o la tundra. Entonces, este valor es uno de los límites del bosque natural. En segundo lugar, la evapotranspiración real anual debe ser superior a 400 mm, pues por debajo de ese valor los árboles toman aspecto de arbustos; y finalmente debe existir un exceso superior a los 200 mm anuales, pues todas las regiones con bosque natural tienen como mínimo esa cantidad de milímetros de excesos anuales.
- b) Forestales higrófilos con riego o xerófilos sin riego: En estas regiones se cumplen las condiciones enunciadas en a) para evapotranspiración potencial y real, pero el exceso es menor de 200 mm.
- c) Forestales higrófilos y xerófilos con riego. En estas regiones se cumple que la evapotranspiración potencial es mayor que 500 mm pero la segunda y tercera condiciones, es decir evapotranspiración real y exceso de agua, no alcanzan los límites de 400 y 200 mm, respectivamente, siendo necesaria la suplementación con riego para alcanzar esos niveles mínimos.

### **II) Regiones agrícolas**

En este caso, el problema es algo más complicado porque la agricultura es más variada que la silvicultura, ya que existen agricultura tropical, agricultura templada, la que se adapta a escasas posibilidades térmicas, etc. Sin embargo, las regiones agrícolas pueden dividirse en dos grandes grupos: de secano y de regadío.

- a) Agricultura de secano: El límite básico para la agricultura, sea de secano o con riego, está dado por las condiciones térmicas, es decir, se precisa un período del año suficientemente largo para hacer agricultura, siendo como mínimo de 4 a 5 meses. El parámetro utilizado por muchos autores es el período libre de heladas con un mínimo de 150 días de duración.

Para la agricultura en general, la evapotranspiración potencial debe ser por lo menos de 500 mm y la deficiencia de agua inferior a los 200 mm; caso contrario debe recurrirse al riego.

- b) Agricultura con riego:
  - Período libre de heladas superior a 150 días;
  - evapotranspiración potencial mayor de 500 mm;
  - deficiencia de agua superior a los 200 mm.

### **III) Regiones ganaderas**

Hay dos cuestiones fundamentales que juegan en la aptitud climática para la ganadería: los elementos que actúan en forma directa sobre el animal y los que lo hacen en forma indirecta sobre su alimentación.

De los elementos que actúan en forma directa, el principal es la temperatura, pues si bien la ganadería es explotada en todo el mundo, hay condiciones térmicas que permiten delimitar

regiones ganaderas. Estos límites son de distinto orden según el tipo de ganado que se considere. Existe un valor de temperatura límite muy fijo, sobre el cual todas las razas de clima templado comienzan a sentir los efectos del calor, aumentando el ritmo respiratorio, el ritmo cardíaco y la temperatura rectal. Este límite es el de 21° C. Al superar este valor, el animal comienza su autodefensa, dejando de alimentarse y en consecuencia, bajando su rendimiento. Por lo tanto, el ganado de clima templado puede prosperar en regiones donde las temperaturas medias mensuales para los meses más calientes (hasta 3 meses) no superen la temperatura media de 21-23° C. Por ejemplo, en nuestro país el umbral de 26° C para el mes más caliente (enero), equivalente al señalado anteriormente, define la región apta para ganado de clima templado.

Otro límite importante es el correspondiente a las bajas temperaturas, pues por debajo de cierto nivel, el ganado no puede permanecer a la intemperie, habiéndose establecido la temperatura media del mes más frío de 5° C como la medida más adecuada para esta variable.

La zonificación de regiones ganaderas puede subdividirse con variables que tengan una acción indirecta sobre el ganado, siendo utilizables en este caso los elementos del balance hidrológico, con los que pueden delimitarse las condiciones de pastoreo de los animales. Si utilizamos el índice hídrico de Thornthwaite, para nuestro país y para regiones de la misma latitud, los límites podrían ser los siguientes: las regiones ideales son aquellas en las que el índice hídrico va de 0 a 20; en cambio, de 20 a 40 o más se observan deficiencias. En efecto, el pasto será abundante en todas ellas, pero malo en calidad entre 20 y 40, pues en estos casos se dispondría de pastoreos hipocalcémicos. Si analizamos las regiones con índices inferiores a cero, se observa que con índices entre 0 y -20 hay pastoreos normales, pero que deberán complementarse con henificación y si el límite va entre -20 y -40 o más, se trata de regiones de escasa disponibilidad de pasto donde casi todo el año deberá darse alimento suplementario al ganado.

## **ZONIFICACION DE LOS CULTIVOS DE GRANOS EN LA ARGENTINA**

Los cereales y oleaginosas constituyen la base de la alimentación de la humanidad. La producción argentina, del orden de los 90 millones de toneladas, no parece demasiado importante si se la compara con la producción mundial, pero dado que el consumo interno se satisface con una fracción de ese total, nuestro país dispone de un saldo exportable que representa uno de los mayores componentes de su economía.

Con excepción del arroz, cuyo cultivo bajo inundación le permite extenderse en áreas intertropicales, la mayor parte del resto de los granos se cultiva en condiciones de secano en una franja latitudinal que va desde los trópicos, hasta casi los 60° de latitud en el hemisferio norte y hasta los 40° en el hemisferio sur, dentro de un rango de condiciones hídricas y térmicas moderadas.

Los límites que se discuten a continuación son entonces válidos para el cultivo de granos en secano en latitudes medias, o en áreas elevadas en la zona intertropical donde la altura causa una disminución de la temperatura.

**Límites hídricos.** La producción de granos en secano está concentrada entre las isoyetas anuales de 500 y 1000 mm, dentro de cuyo rango no son demasiado frecuentes los problemas de exceso ni deficiencias hídricas.

**Límites térmicos.** En este caso debe distinguirse entre granos de ciclo invierno/ primaveral (trigo, cebada, centeno, avena, lino, colza, etc) y los de ciclo primavera/estival (maíz, sorgo, soja, girasol, etc).

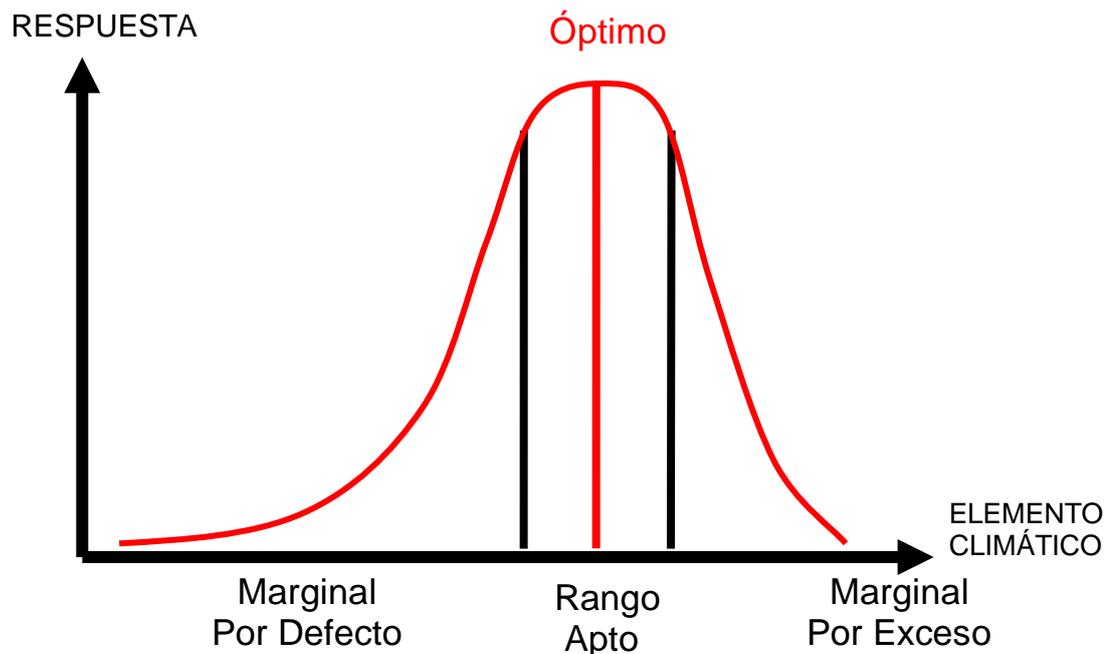
-- Los correspondientes al primer grupo necesitan un período medio libre de heladas de al menos 120 días, son capaces de madurar con temperaturas estivales más bajas cuyo mínimo está representado por la temperatura media del mes más cálido de 15°C, y su requerimiento de vernalización no puede ser satisfecho si la temperatura media del mes más frío supera los 15°C.

-- En cambio, los denominados cultivos de verano precisan un período libre de heladas mínimo de 150 días y requieren una temperatura de maduración más elevada, cuyo mínimo está dado por la temperatura media del mes más cálido de 20°C.

## **APTITUD Y MARGINALIDAD**

La acción de un elemento del clima sobre una actividad productiva agraria, engloba sus efectos sobre las componentes biológica, edáfica, técnica, etc, de la misma. En la siguiente figura se esquematiza la acción de la disponibilidad de un elemento climático sobre la respuesta productiva de un cultivo. Se pueden distinguir distintos rangos:

### Variación de la aptitud en función de la disponibilidad climática de un elemento



#### Rango apto:

Dentro de este rango la rentabilidad varía muy poco en función de la disponibilidad, si bien se distingue un óptimo donde es máxima. Por lo tanto en este rango la rentabilidad puede depender de otros elementos o de otros factores no climáticos. Debe notarse que el óptimo está más cerca del límite por exceso que del por defecto.

#### Rangos marginales:

En ambos rangos marginales la rentabilidad varía acentuadamente en función de la disponibilidad del elemento. Debe notarse que el rango marginal por defecto es más amplio y con menos pendiente que el marginal por exceso que es más estrecho y abrupto.

#### CRITERIOS DE APTITUD, MARGINALIDAD E INEPTITUD AGROCLIMÁTICA

AREA APTA: es la región que presenta condiciones agroclimáticas que no son significativamente limitantes para la producción aunque la variabilidad del clima genera variaciones en los rendimientos y la calidad. Todos los requerimientos son satisfechos.

AREA MARGINAL: El clima es limitante por exceso o por defecto de uno o más de los requerimientos del cultivo, por lo que la producción, en rendimiento y/o calidad, varía en función del clima.

AREA INEPTA: No cumple con varios o ningún requerimiento agroclimático. Está fuertemente asociada con aspectos económicos ya que, por ejemplo, un área desértica podría transformarse en apta mediante riego si las condiciones económicas lo justificasen.

#### REFERENCIA BIBLIOGRAFICA:

- Burgos, J.J. 1963. Las Heladas en la Argentina, INTA, Buenos Aires.

Agroclimatología - Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Jujuy

- De Fina, A. L. 1945. Los elementos climáticos y los cultivos. Ed. Sudamericana (Enc, Agronómica Argentina, N° 28).
- Parodi, L. 1964. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. ACMÉ. Buenos Aires.

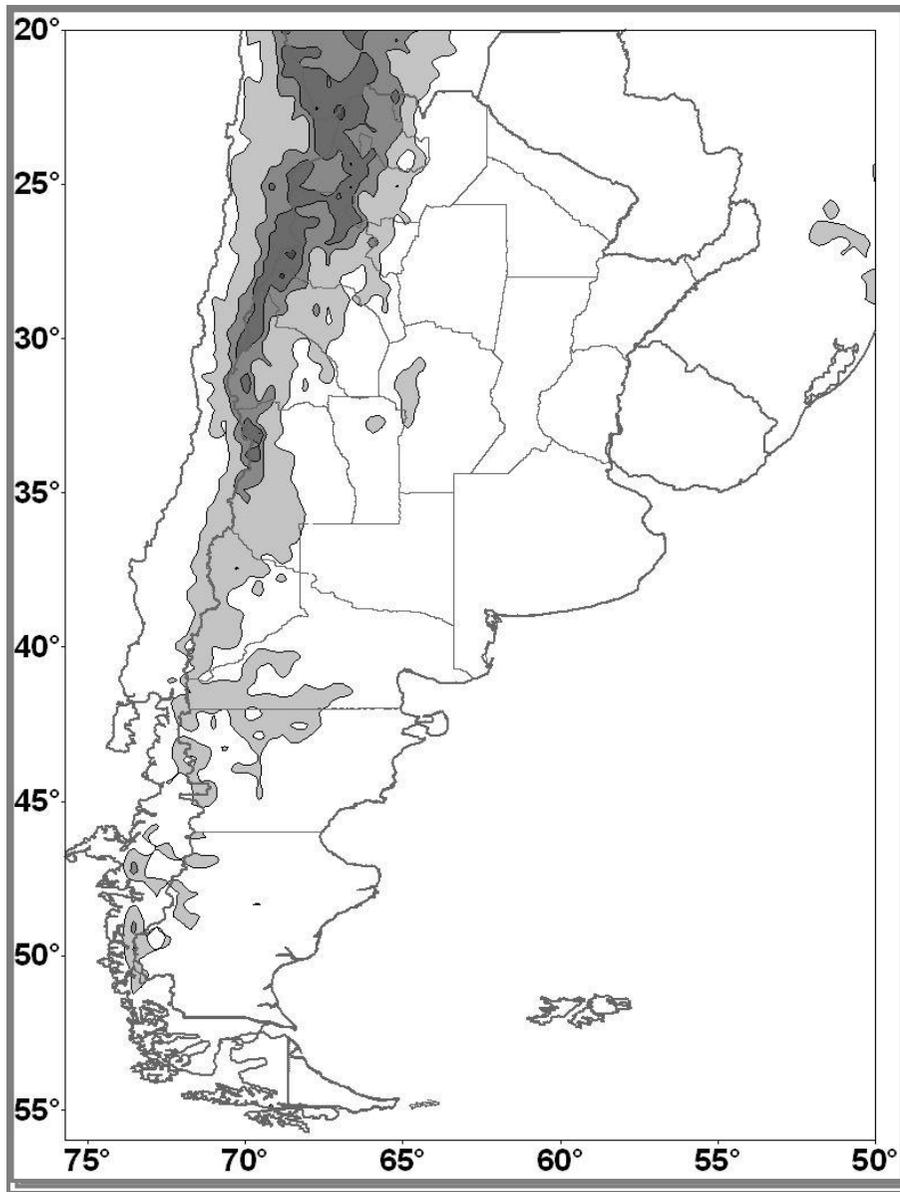


Figura 11.1: Regiones Agrícolas

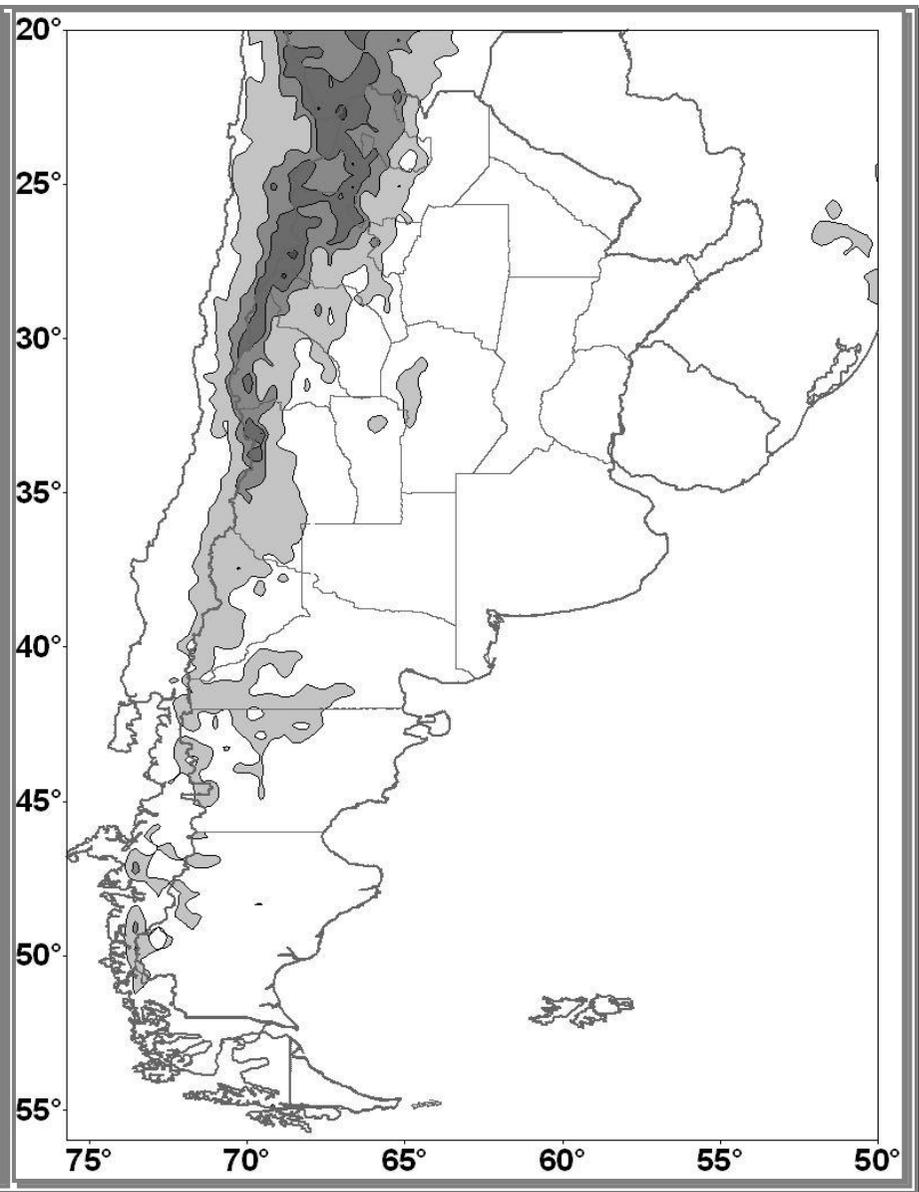


Figura 11.2: Regiones Forestales

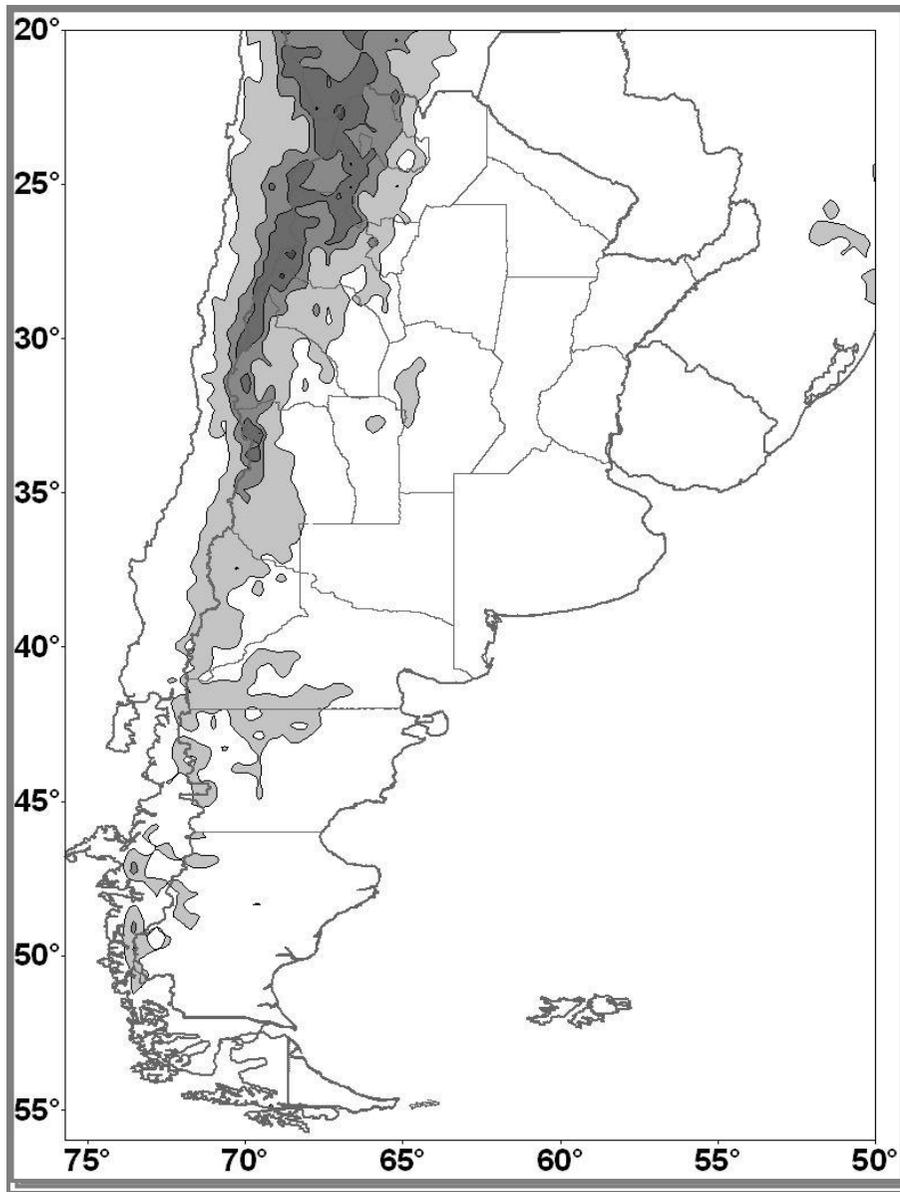


Figura 11.3: Regiones Ganaderas

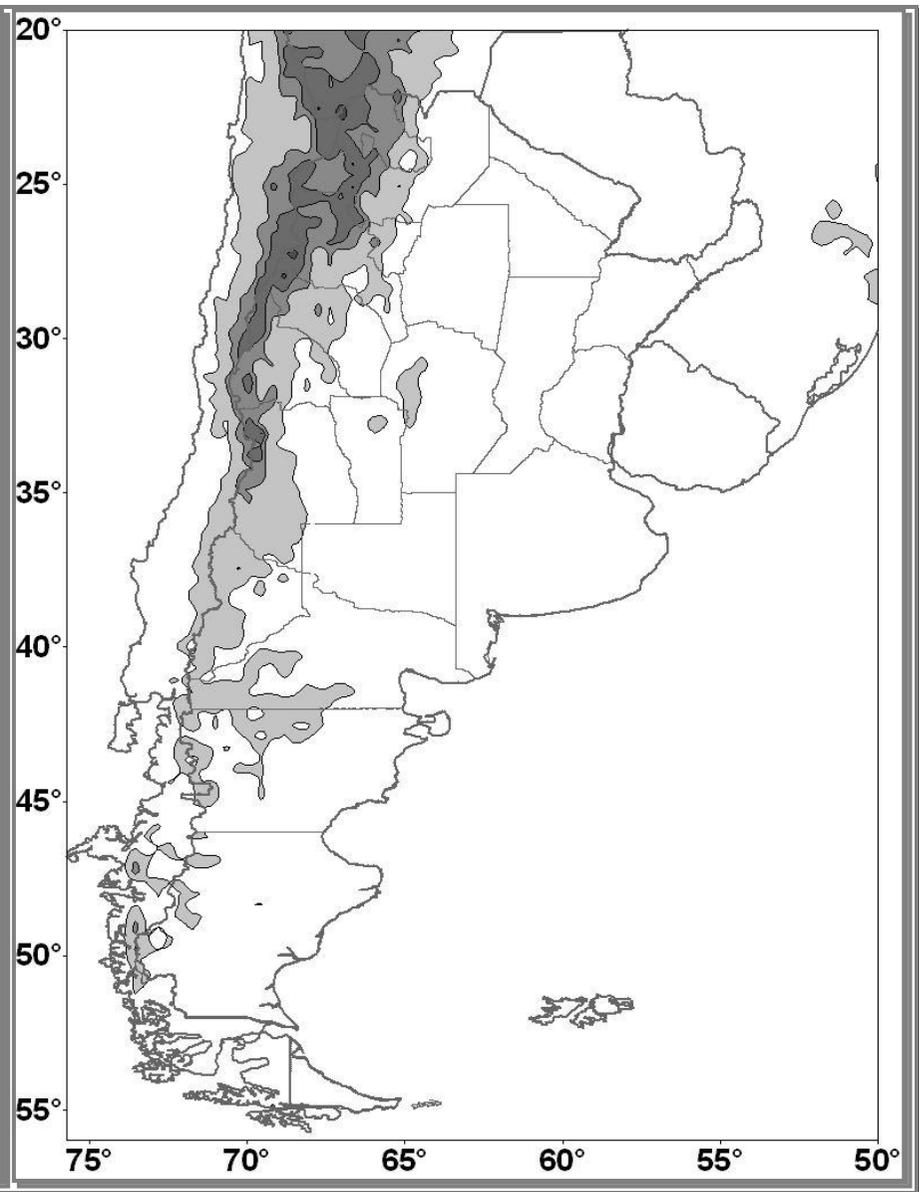


Figura 11.4: Cereales y oleaginosas de ciclo invierno-primaveral

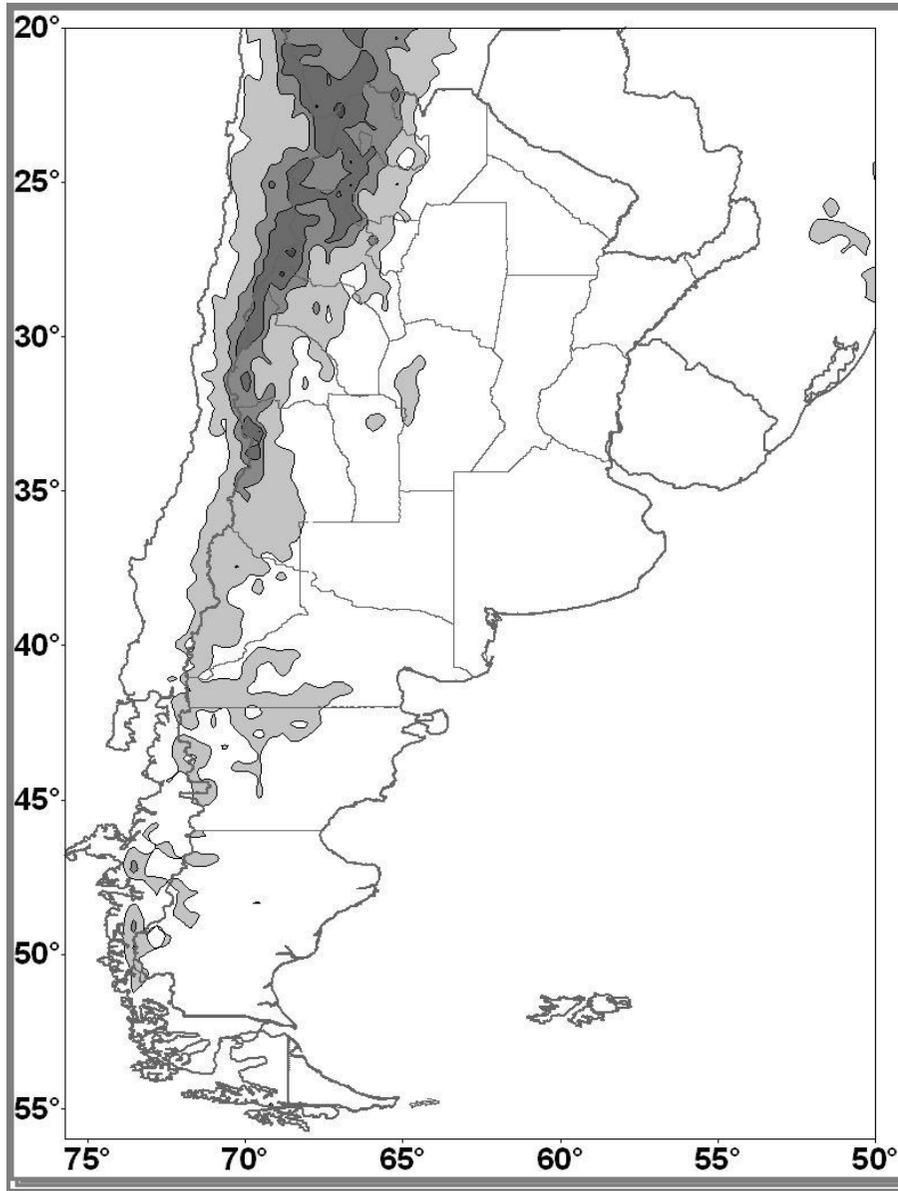


Figura 11.5: Cereales y oleaginosas de ciclo primavero-estival

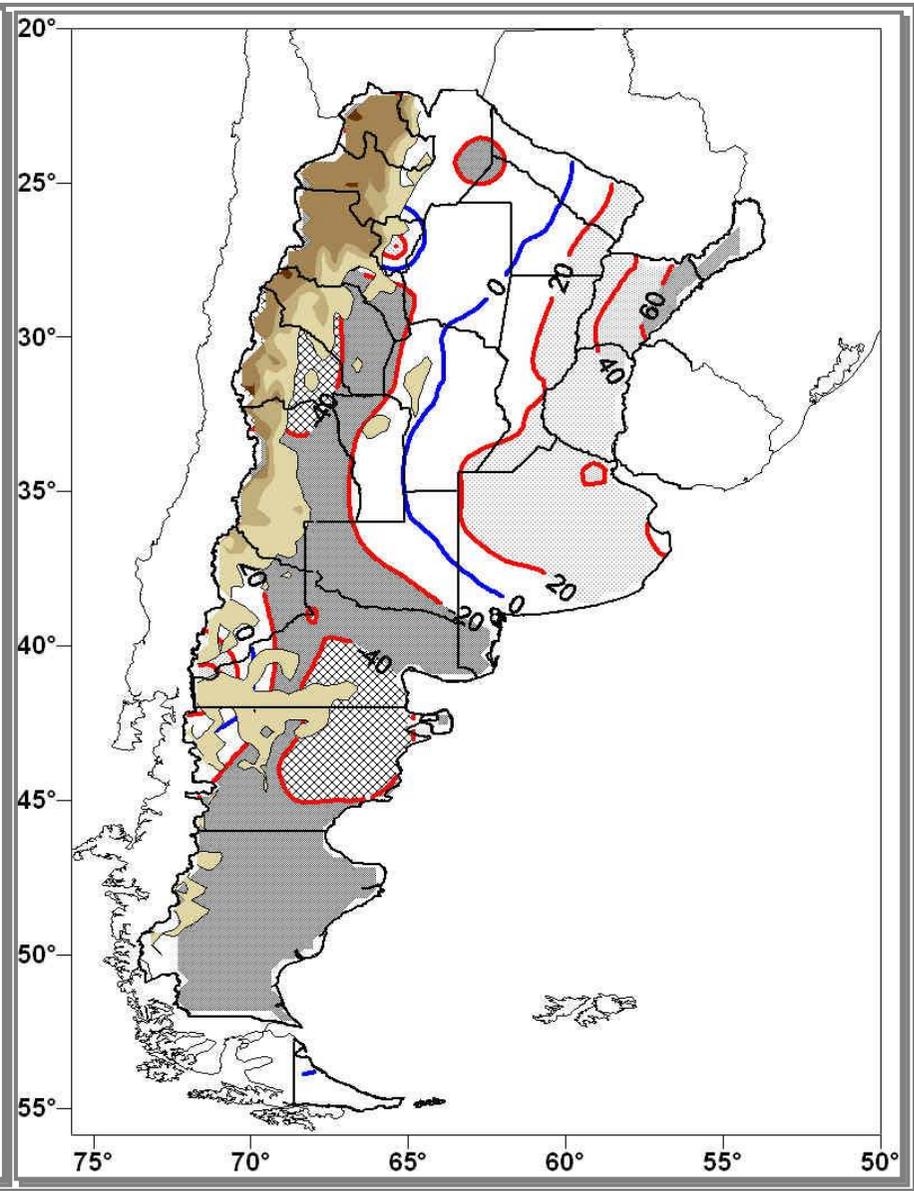


Figura 11.6: Índice hídrico de Thornthwaite