

El uso de AgroTICs para generar las cartas agroclimáticas de la provincia de La Pampa.

**Bellini Saibene, Yanina¹; Ramos, Lucas¹; Casagrande, Guillermo¹;
Vergara Graciela²**

1 Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Anguil, Argentina

2 Facultad de Agronomía de la Universidad de La Pampa, Santa Rosa, Argentina

Resumen

La producción agropecuaria requiere del manejo de un conjunto de sistemas físicos, biológicos y económicos. La incertidumbre asociada a estos sistemas contribuye a la complejidad en el proceso de la toma de decisiones y reduce la eficiencia del manejo agrícola. El conocimiento del ambiente climático en el que se desarrollan las plantas y los animales, permite obtener aumentos progresivos de los niveles de producción agropecuaria y mayor eficiencia en el proceso productivo.

La cartografía constituye una herramienta necesaria para la toma de decisiones ante los múltiples problemas ambientales que se relacionan con la planificación agropecuaria y es en este caso particular, una representación gráfica de la información agrometeorológica de una zona.

En el presente trabajo se actualizó el trazado de isolíneas de los parámetros temperatura media anual y del mes más caliente y más frío, momento de ocurrencia de las heladas y lluvia media anual en la provincia de La Pampa a fin de contribuir al conocimiento de la marcha de los mismos. Las AgroTICs realizan un aporte fundamental para la ejecución de este tipo de trabajos, permitiendo sistematizar e integrar los registros termopluviométricos de diferentes puntos de la provincia por medio de bases de datos y sistemas de información, realizar los análisis espaciales necesarios para generar la cartografía y compartir esta información por medio de sitios web y sistemas de información geográficos on-line.

Abstract

Agricultural production implies the management of a set of physical, biological and economic systems. The uncertainties of these systems contribute to the complexity of decision making and reduce the efficiency of agricultural management. Knowledge about the climatic environment in which plants and animals develop can produce progressive increases of production levels and more efficient productive processes. Mapping is one of the tools required for decision making in the multiple environmental problems related to agricultural planning, and in this particular case a representation of regional agrometeorological information. The present study is the actualization of iso-lines for average annual temperature, and for the coldest and warmest month, frost occurrence and annual rainfall in La Pampa, in order to contribute to the knowledge about their behavior.

AgroTICs made a great contribution to this work allowing integration and systematization of rain and temperature records from different point of measure in the province. AgroTICs also are helpfully in spatial analysis for create the maps and for communication using web sites and geographic information systems on line.

Palabras Clave: Cartas agroclimáticas, agrometeorología, cartografía, SIG, Sistemas de Información

Introducción

La producción agropecuaria requiere del manejo de un conjunto de sistemas físicos, biológicos y económicos. La incertidumbre asociada a estos sistemas contribuye a la complejidad en el proceso de la toma de decisiones y reduce la eficiencia del manejo agrícola. Las fluctuaciones del clima, representan una porción importante de la incertidumbre dentro de un ecosistema agropecuario.

El conocimiento del ambiente climático en el que se desarrollan las plantas y los animales, permite obtener aumentos progresivos de los niveles de producción agropecuaria y mayor eficiencia en el proceso productivo.

La cartografía constituye una herramienta necesaria para la toma de decisiones ante los múltiples problemas ambientales que se relacionan con la planificación agropecuaria y es en este caso particular, una representación gráfica de la información agrometeorológica de una zona.

Varios autores se han ocupado del trazado de las isolíneas de diferentes variables agrometeorológica específicamente para La Pampa o considerando a la misma dentro del mapa de Argentina. El Atlas Climático de la República Argentina del Servicio Meteorológico Nacional (1960) fue una de las primeras cartografías relacionada con variables meteorológicas. Galmarini (1961) representó las isohietas correspondientes a los valores promedios de lluvias anuales de la provincia de La Pampa (serie 1921-1950). Hoffmann (1987) trazó las isoyetas de 1400 mm, 1000 mm, 800 mm y 600 mm, considerando los períodos 1921-1950 y 1971-1980. Roberto et al (1994) señalaron que los patrones de precipitaciones de la provincia de La Pampa se habían modificado sustancialmente y retrazaron nuevas líneas anuales y estacionales para el período 1956-1990. Sierra et al (1994) demostraron el corrimiento de las isohietas decenales medias de 500, 750 y 1000 mm anuales durante el período 1941-1990 en la región Pampeana. Minetti et al. (1995) analizaron el régimen de variabilidad de las precipitaciones anuales para dos transectas arbitrariamente ubicadas en direcciones geográficas que atraviesan la Región Pampeana. La variable temperatura fue analizada por Galmarini (1961) que trazó isotermas para la provincia de La Pampa de las variables temperatura media anual y la de los meses enero y julio. Pascale y Damario (1993/94) analizaron y representaron cartográficamente la tendencia de la amplitud térmica diaria en la Argentina desde 1901 a 1990. El primer antecedente cartográfico referido al régimen de heladas fue el Atlas Agroclimático Argentino del Servicio Meteorológico Nacional (1958). Burgos (1963) presentó mapas con las fechas medias de primeras y últimas heladas. Damario y Pascale (1984) trazaron isolíneas relacionados al régimen de heladas y temperatura extremas del aire. En 1996 Damario et al. realizaron las cartas agroclimáticas de fechas medias estimadas de primeras heladas. Casagrande et al (2001) representaron isolíneas relacionadas con heladas a 1,50m y 0.05 m para la provincia de La Pampa.

Damario et al (2002) presentaron las cartas agroclimáticas de las temperaturas extremas anuales en la República Argentina para el período 1965-2000.

El objetivo del presente trabajo es presentar las AgroTICs utilizadas para actualizar el trazado de isolíneas de los parámetros temperaturas media anual, del mes más caliente y del mes más frío, momento de ocurrencia de las heladas y lluvia anual en la provincia de La Pampa y presentar las cartas agroclimáticas obtenidas a fin de contribuir al conocimiento de la marcha

de los mismos. Si bien existen otras formas de precipitación como nieve y granizo, no se consideran en forma directa por su escasa frecuencia y/o falta de datos disponibles.

Elementos del Trabajo y Metodología

Las AgroTICs se utilizaron durante todo el desarrollo de este trabajo, como se presenta en la figura 1, el esquema de tratamiento de la información y aquellos pasos donde las tecnologías de la información fueron utilizadas.

Se analizó información de temperatura del aire de estaciones meteorológicas pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional, INTA, Facultad de Agronomía (UNLPam) y Ente Provincial del Río Colorado (1971-2000). Se obtuvieron datos correspondientes a temperaturas medias mensuales y media anual. Se seleccionaron los meses de las estaciones extremas. La temperatura media del mes más caliente correspondió a Enero, mientras que el mes más frío fue Julio.

El estudio del régimen térmico de heladas se realizó con información de 10 estaciones meteorológicas pertenecientes a: INTA, Facultad de Agronomía (UNLPam), Facultad de Ciencias Humanas (UNLPam) y Ente provincial del Río Colorado. Se tomó en cuenta la fecha de ocurrencia de primera y última helada en cada estación y año de la serie analizada (1964-2000). Se consideró helada a todo descenso térmico igual o menor de 0.0°C.

El elemento precipitación se trabajó con registros de 80 estaciones pluviométricas siendo la fuente de información la Dirección de Estadística y Censo de la provincia de La Pampa, Administración Provincial del Agua (La Pampa), el Servicio Meteorológico Nacional, Facultad de Agronomía (UNLPam) e INTA. El período analizado fue 1961-2000.

Se hizo un análisis descriptivo de los datos para calcular medidas de posición y dispersión con el fin de detectar valores extraños, con excepción de la información provista por el SMN que ya se encuentra validada por el propio organismo bajo estándares internacionales.

A partir de datos mensuales, se obtuvo el valor medio anual para cada estación. En este procesamiento se utilizó **Microsoft Excel** y los siguientes sistemas de información:

- **AgroMet Visual:** el sistema permite capturar los datos ingresados en el sistema AgroMet para DOS y los exporta a una base de datos de Microsoft Access. Una vez exportados los datos, el usuario tiene la posibilidad de acceder a la ventana de Exportar datos. Una vez exportados los datos, el usuario tiene la posibilidad de acceder a la ventana de Exportar datos (figura 2) para realizar las consultas deseadas. Puede seleccionar los que datos desea listar, filtrar por un rango de fechas o por valores ingresados y calcular subtotales como promedios, máximos, mínimos, sumas y contar. De esta manera, se realiza el listado de acuerdo a los parámetros ingresados y luego, presionando un botón puede exportarlo a MS Excel.
- **Estaciones Meteorológicas Automáticas:** El sistema permite ir agregando estaciones a automáticas e importar los datos de las mismas para luego almacenarlos en una base de datos poder realizar consultas predeterminadas. El sistema lleva registro horarios y diarios. Las consultas se pueden personalizar pudiendo obtener resultados

como las precipitaciones diarias para un periodo determinado, totales acumulados ya sean mensuales o anuales y temperaturas semanales con totales absolutos. Tiene opciones de generación de diferentes informes meteorológicos y todos pueden ser exportados automáticamente en una planilla electrónica de Microsoft Excel. (Bellini Saibene, Y., et al, 2008)

Los mapas fueron generados utilizando un software de Sistemas de Información Geográfico (SIG), específicamente ArcView 3.1 de ESRI.

El trazado de las isolineas de los mapas se realizó con el algoritmo Kriging (método geoestadístico) que provee el software Surfer 7.0.

Se seleccionaron aquellas isolineas representativas y se exportaron a Formato ESRI Shape File que permite su uso en otros SIG y a Corel Draw (software de edición gráfica), para su tratamiento en formato de imagen.

Finalmente se publicaron las cartas en los sitios web de INTA, de la Facultad de Agronomía de La Pampa y en GEOINTA, plataforma SIG de INTA.

Resultados

Las isotermas correspondientes a la temperatura media del mes más caliente (Enero), del mes más frío (Julio) y a la temperatura media anual (sin corregir por altitud) muestran variabilidad en su comportamiento en el ámbito provincial (figura 3). La temperatura media de Enero presenta el mayor valor en la zona central de la provincia, producto de la onda térmica aportada por factores de la circulación estacional, combinados con la continentalidad y el ambiente más seco. Hacia el este los registros térmicos decrecen por efecto de ambiente más húmedo. En tanto, los valores del extremo oeste son inferiores debido a la mayor elevación del terreno. El mes de Julio presenta isotermas que decrecen en sentido noreste-sudoeste en correlación con el movimiento de masas de aire. La isoterma media anual también muestra un gradiente decreciente en sentido nor-noreste a sud-sudoeste.

Las isolíneas correspondientes a la fecha media de primera helada (figura 4) y fecha media de última helada (figura 5) muestran en la zona central de la provincia un desvío hacia el este-noreste. Este fenómeno se explica por la entrada en la provincia de La Pampa de aire frío proveniente del sudsudoeste sin impedimentos, lo que se acentúa por la presencia en esta región de los llamados “Valles Transversales” que se disponen en sentido sudoeste- noreste influyendo en la dirección e intensidad del flujo del aire frío.

El trazado de las isohietas (figura 6) correspondientes al promedio anual muestra un gradiente decreciente de noreste a sudoeste generado por el origen frontal de las precipitaciones en esta provincia. Este gradiente implica el pasaje de un ambiente subhúmedo en el noreste a ambientes semiáridos y áridos a medida que nos desplazamos al sudoeste. La región noreste de La Pampa registra el mayor aporte de agua por parte de la atmósfera.

El uso de AgroTICs en el armado de las cartas agroclimáticas permitió generar un proceso repetible para futuras actualizaciones. El uso de diversas tecnologías de difusión del material permitió ampliar el espectro de medios por los cuales los usuarios de la información

acceden a este material, especialmente los relacionados con las páginas web y los servicios de mapas en Internet. Como resultado final la sistematización de la información agrometeorológica permite un acceso mas sencillo a los datos para otros tipos de análisis y trabajos de investigación y desarrollo.

Discusión

La carta de temperatura media anual muestra escasa variación espacial en toda la provincia de La Pampa. No presenta diferencias marcadas entre el norte y el sur, pero si en el sentido este-oeste vinculada con el calentamiento continental y los accidentes geográficos. La característica estacional del clima templado de La Pampa se pone de manifiesto en el trazado de las isotermas del mes más caliente y el más frío, evidenciando veranos e inviernos bien marcados. Enero presenta temperaturas máximas importantes, propias de zonas continentales. La temperatura mínima de julio indica el registro de valores rigurosos, ya que al no existir obstáculos orográficos ubicados de oeste a este existe plena libertad para la entrada de masas de aire frío del sur que provocan importantes descensos térmicos. La amplitud térmica absoluta anual, definida como la diferencia entre la temperatura del mes más caliente y el más frío denuncia el clima templado continental en que se encuentra inmersa La Pampa.

Al comparar los mapas obtenidos con trazados anteriores de isohietas se observa un desplazamiento de las mismas hacia el oeste, lo que demuestra un relevante incremento de las lluvias para el período analizado. Este comportamiento influye en los diversos sistemas agropecuarios de la provincia donde coexisten áreas bien acotadas para la agricultura de cosecha, la producción de leche, la ganadería bovina de invernada, la ganadería bovina de cría, la cría ovina y caprina.

Conocer las fechas medias de primera y última helada a 1,5 m, así como la duración del período con heladas y libre de heladas es de fundamental importancia al momento de tomar decisiones respecto de los calendarios agrícolas de una región. Las fechas medias de primera y última helada oscilan entre el 5 de mayo al noreste y el 5 de abril al sudoeste con un desvío de 20 días. La cartografía de fechas medias de primera y última helada muestra que el período medio con heladas aumenta de noreste a sudoeste.

El uso de las TICs en la generación de este tipo de productos acelera el proceso y lo hace repetible. Se podría llegar a automatizar todo el proceso hasta la generación de mapas, dejando a los expertos el trabajo de la interpretación de los mismos; logrando una eficiencia en el uso del tiempo del profesional que se dedica más a “pensar” y menos a “procesar”.

Otra línea de trabajo a futuro es la realización de la cartografía con otros algoritmos geoestadísticos para la representación de cada variable de las cartas agroclimáticas y su comparación con el método Kriging utilizado.

Figuras

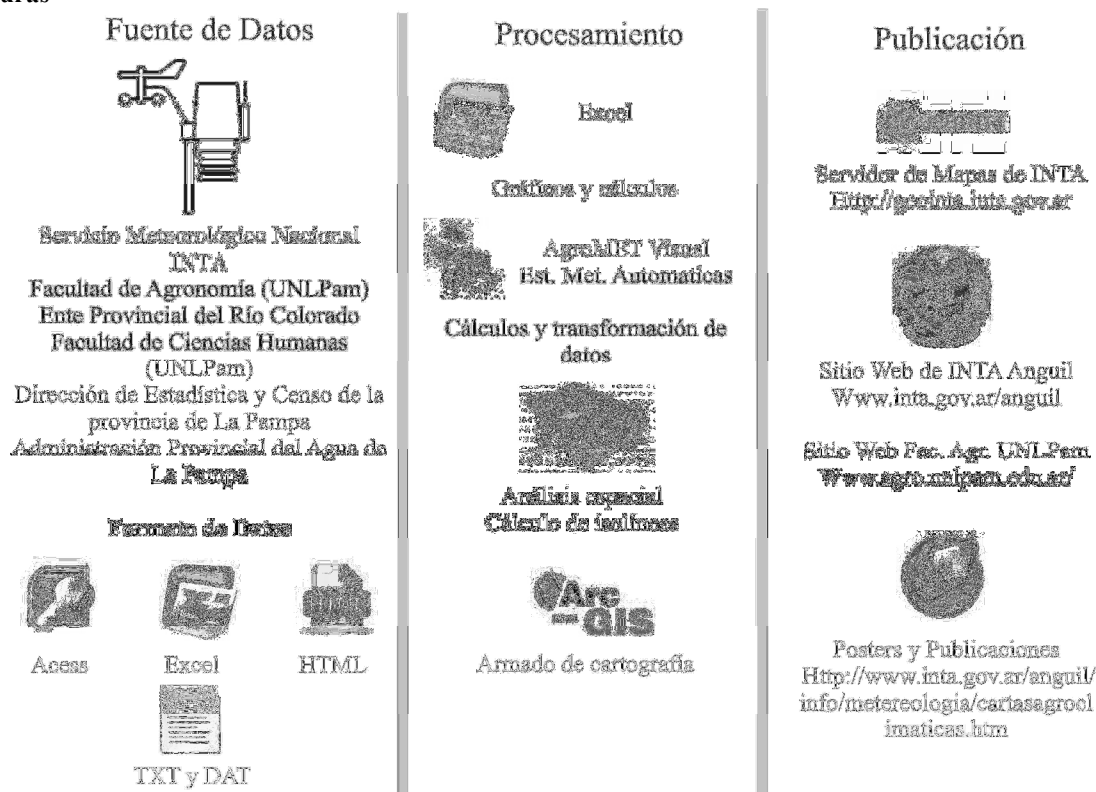


Figura 1. Esquema de uso de AgroTICs en la generación de las Cartas Agroclimáticas

Exportar los datos

Temperatura | Precipitaciones | Humedad | Evapotranspiración | Viento | Heliofania | Nubosidad

Fecha	Temperatura máxima horaria	Temperatura mínima a 0,50 m
31/12/1991	23,5	13
30/12/1991	21,4	15
29/12/1991	25,8	15,5
28/12/1991	27	14,4
27/12/1991	28,2	10,6
26/12/1991	25	8,6
25/12/1991	21,7	11,7
24/12/1991	21,5	14,5
23/12/1991	27,9	13,6
22/12/1991	31,8	15,7
21/12/1991	27,6	16,5
20/12/1991	31,5	8,7
19/12/1991	32,8	9,1
18/12/1991	23,7	8,6
17/12/1991	23,7	8,3
16/12/1991	26,2	11,7
15/12/1991	28	11,2
14/12/1991	25,8	11,6
13/12/1991	27,6	9,5
12/12/1991	25,8	5,6
11/12/1991	22,5	5,2
10/12/1991	21,6	13,1
09/12/1991	25	12,2
08/12/1991	25,8	15

Opciones:
Datos a mostrar:

Filtro de fecha:
De: a:

Filtro de valores:

Subtotales: ☒ De variables ☐ De subtotales

Listar:
Fecha
Temperatura máxima horaria
Temperatura mínima a 0,50 m
Temperatura mínima aire 0,05 m
Temperatura mínima aire 1,50 m

☐ Exportar este listado

PdT = Promedio diario de temperatura

Figura 2. Ejemplo de interfaz de exportación de datos de AgroMET Visual

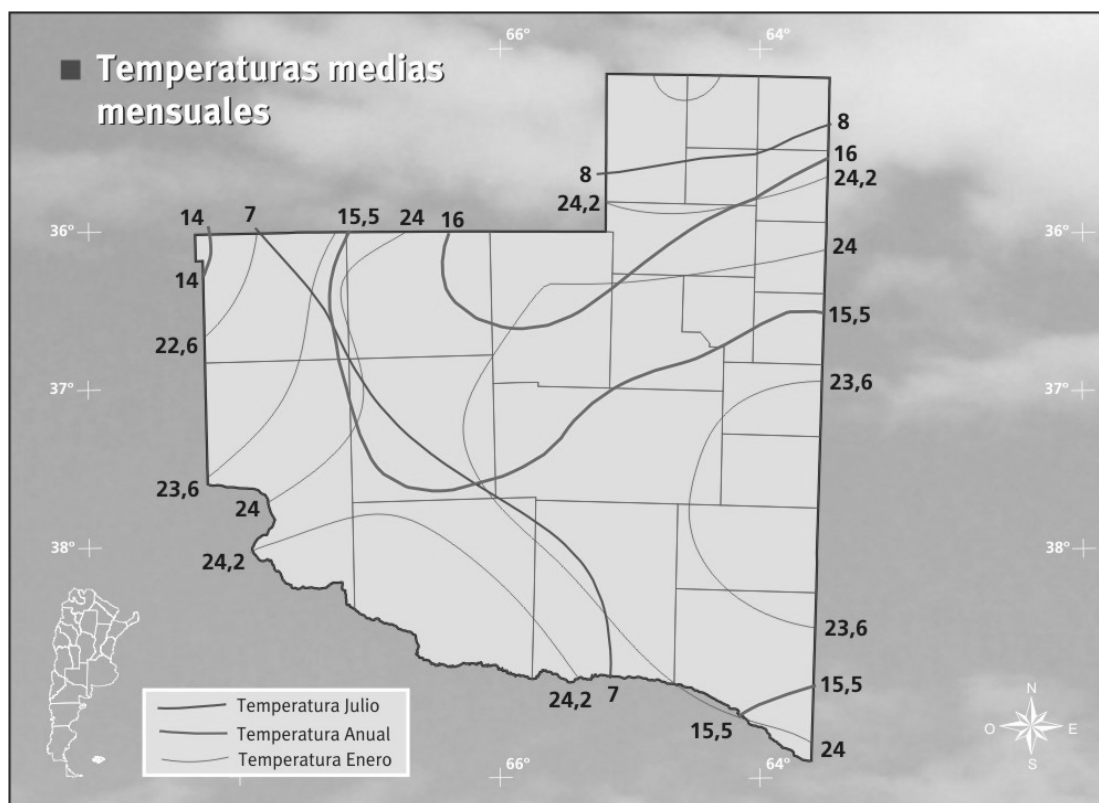


Figura 3. Temperatura medias del aire

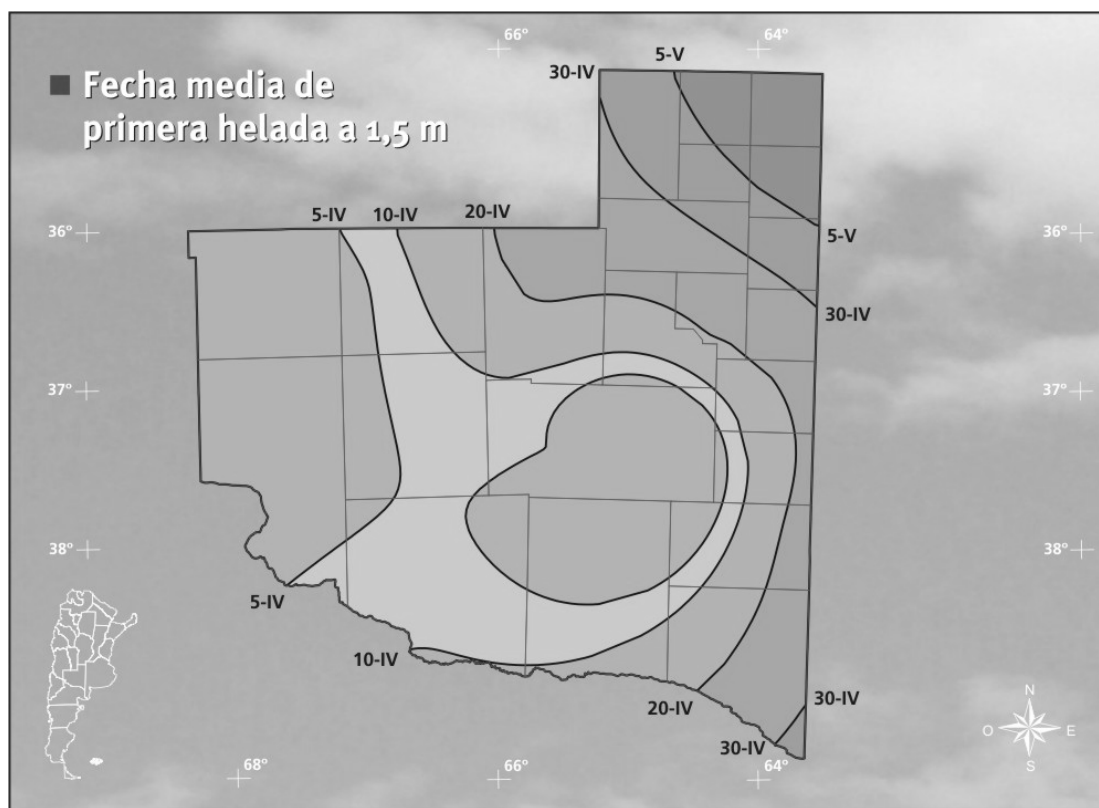


Figura 4. Fecha media de primera helada

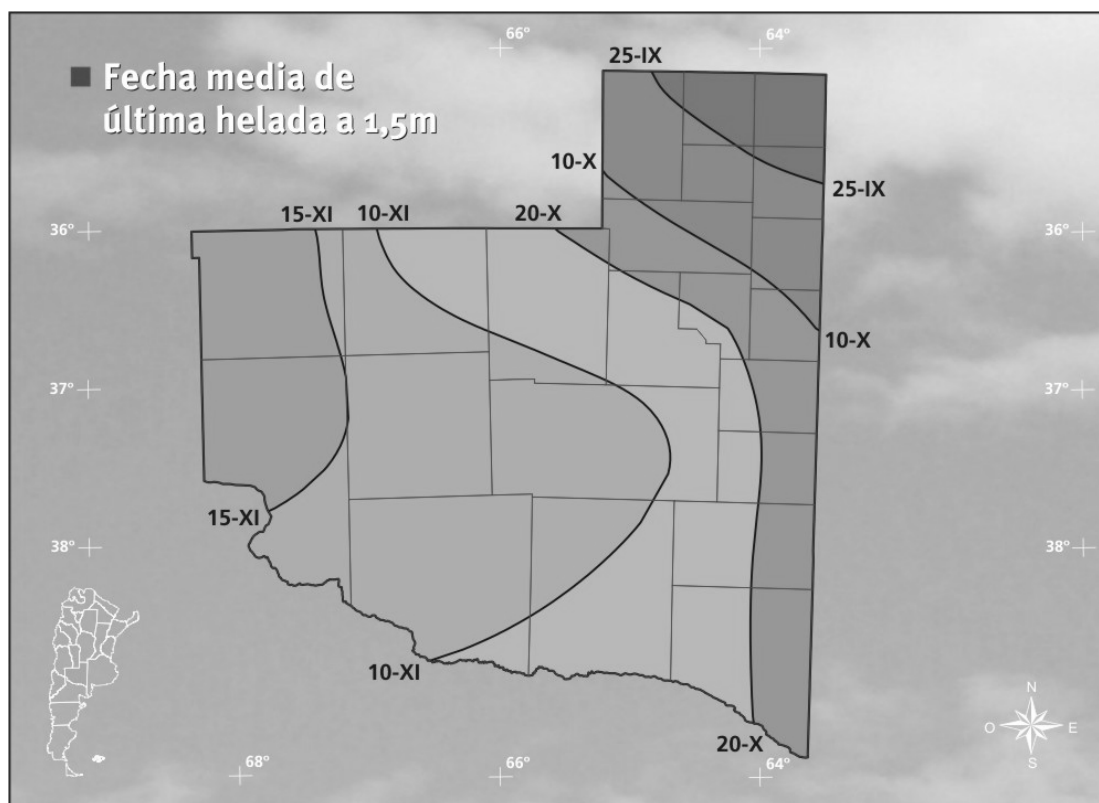


Figura 5. Fecha media de última helada

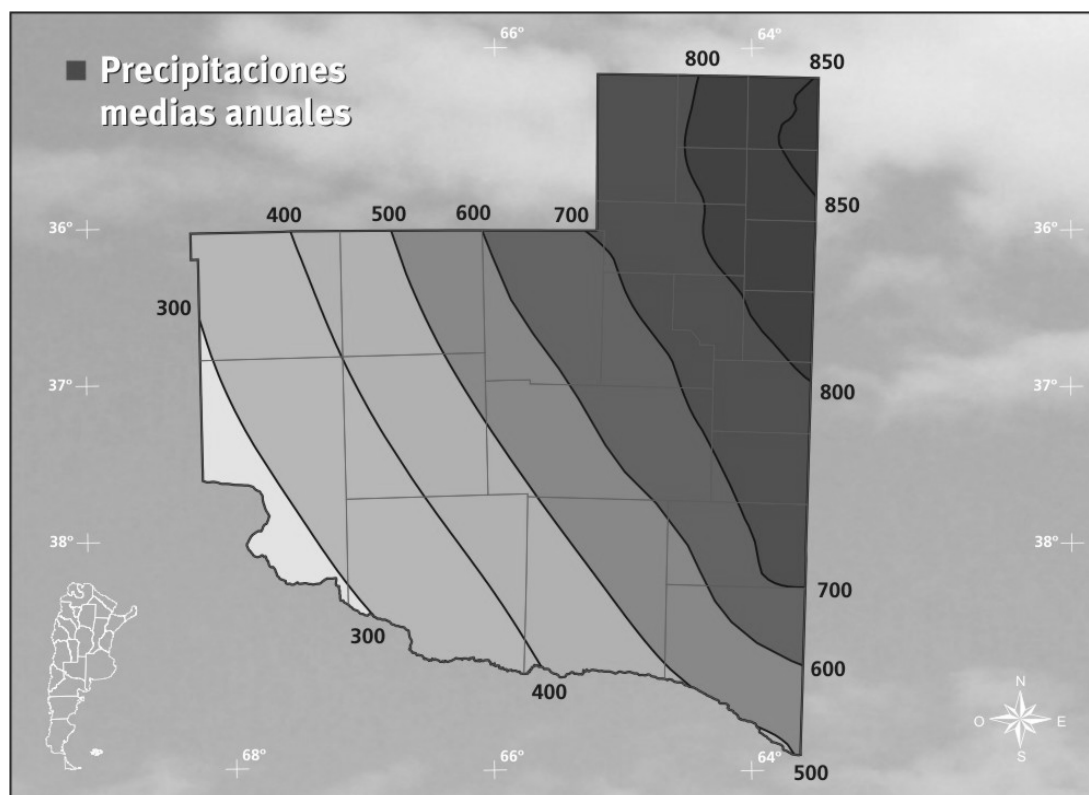


Figura 6. Precipitaciones medias anuales

Referencias

BURGOS, J.J. 1963. Las heladas en la Argentina. Colección Científica del INTA. Buenos Aires, 388pp.

CASAGRANDE, G.; G. VERGARA; A. SUAREZ; S. PEREZ; E. SIERRA Y P. CONY. 2001. Caracterización agroclimática de las heladas en el este de la provincia de La Pampa (Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa 12 (1):31-39

DAMARIO, E.A. y A.J. PASCALE 1984. Fechas medias estimadas de primeras y últimas temperaturas mínimas perjudiciales para los cultivos en la Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, UBA 5(3):193-211

DAMARIO, E.A.; A.J. PASCALE; S. PEREZ Y S. MAIO. 1996. Cartas agroclimáticas actuales (1961/-1990) de fechas medias estimadas de primeras heladas. Revista de la Facultad de Agronomía, UBA 16(3):253-263

DAMARIO, E.A., A.J. PASCALE Y R.O. RODRIGUEZ 2002. Cartas agroclimáticas de las temperaturas extremas anuales en la Argentina para el período 1965-2000. Revista Argentina de Agrometeorología 2(1):39-50

GALMARINI, A.G. 1961. Caracterización climática de la provincia de La Pampa. Operación Carnes (CAFAD) Publicación técnica N°13, 59pp

HOFFMANN, J.A.J., S. NUÑEZ y A.GÓMEZ 1987. Fluctuaciones de la precipitación en la Argentina, en lo que va del siglo. II Congreso Interamericano de Meteorología. V Congreso Argentino de Meteorología. Anales 12.1.1-12.1.5.

PASCALE, A.J. y DAMARIO, E.A. 1993-94. Tendencia de la amplitud térmica diaria en la Argentina desde 1901 a 1990. Revista de la Facultad de Agronomía, UBA, 14(2):127-138

MINETTI, J.L.; W.M.VARGAS y A.G. POBLETE. 1995. Régimen de variabilidad de la precipitación anual en dos transectas de Argentina. Revista Geofísica 42: 103-117.

ROBERTO, Z.E.; G.CASAGRANDE y E.F.VIGLIZZO 1994. Lluvias en la Pampa Central. Tendencias y Variaciones del Siglo. Publicación N°2. INTA, Centro Regional La Pampa-San Luis. 25 pp.

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL 1960. Atlas climático de la República Argentina. SMN Buenos Aires.

SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL 1958. Atlas Agroclimático Argentino. SMN Buenos Aires.

SIERRA, E.M., R.H. HURTADO Y L. SPESCHA. 1994. Corrimiento de las isoyetas anuales medias decenales en la Región Pampeana 1941-1990. Revista Facultad de Agronomía UBA 14(2):139-144

BELLINI SAIBENE, Y.; FERNANDEZ, D.; CASAGRANDE G.; LUCCHETTI, P. 2008. Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de la Estación Experimental Agropecuaria Anguil, La Pampa. Actas 38 JAIIO.

Datos de Contacto: *Guillermo Casagrande. INTA Anguil. Ruta Nacional N° 5. Km 580.*
gcasagrande@anguil.inta.gov.ar