Índice de peligrosidad anual de heladas 2026: heladas otoñales

Annual Frost Hazard Index 2026: Autumn Frosts

Serritella D.A.[1,2], Mollá Kralj A.[1], Blasón A.D.[1]

serritella.dante@inta.gob.ar, amollakralj@agrarias.unlz.edu.ar, ablason@agrarias.unlz.edu.ar

[1] Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Instituto de Investigación sobre Producción Agropecuaria, Ambiente y Salud (IIPAAS). Av. Juan XXIII y Ruta provincial n° 4, (1832) Lomas de Zamora, Buenos Aires, Argentina.

[2] Instituto de Clima y Agua, CIRN, CNI, INTA, Nicolás Repeto 2751, Hurlingham, (1686), Buenos Aires, Argentina.

Recibido 21/08/2026; Aceptado: 25/09/2026

La producción agropecuaria se encuentra fuertemente condicionada por diversos factores climáticos, entre los cuales las heladas constituyen una de las principales amenazas debido a las pérdidas económicas que se generan tanto a escala local como regional. La gran variabilidad espacio temporal de las condiciones meteorológicas en Argentina dificulta la planificación de las actividades productivas y la implementación de estrategias destinadas a reducir los daños ocasionados por estas adversidades.

Las heladas representan un riesgo relevante en gran parte del territorio nacional, aun en aquellas regiones donde el período libre de heladas resulta suficientemente amplio para el desarrollo de la agricultura. Sus efectos suelen cobrar especial relevancia en los momentos iniciales y finales de los ciclos de cultivo, cuando la sensibilidad de las plantas a las bajas temperaturas alcanza sus niveles máximos; situación agravada por la dispersión temporal en las fechas de ocurrencia de las primeras y últimas heladas asociadas a la influencia oceánica y a la frecuente circulación de masas de aire en sentido norte-sur. En consecuencia, las desviaciones estándares respecto de las fechas medias de ocurrencia pueden alcanzar hasta 20-30 días, valores muy superiores a los observados en regiones continentales del hemisferio norte (Burgos, 1963; Murphy y Hurtado, 2011).

Desde una perspectiva agrometeorológica, resulta importante diferenciar entre la helada meteorológica, definida por temperaturas del aire iguales o inferiores a 0 °C, y la helada agrometeorológica, la cual es aquella capaz de provocar daños sobre los cultivos. En numerosas ocasiones, los tejidos vegetales pueden alcanzar temperaturas inferiores a las del aire debido a pérdidas radiativas, sufriendo daños aun cuando la temperatura ambiente permanezca por encima de 0 °C. Asimismo, la

susceptibilidad de las plantas varía de acuerdo con su estado fenológico, el cual depende en gran medida de las condiciones térmicas transcurridas durante cada campaña agrícola.

Estas particularidades evidencian que la peligrosidad de las heladas no puede evaluarse únicamente mediante la probabilidad de ocurrencia del propio fenómeno. Por esta razón, a partir del Índice Crio Kindinoscópico (ICK) propuesto por Burgos (1947), se desarrolló el Índice de Peligrosidad Anual de Heladas (IPAH) (Blasón et al., 2018) que fue propuesto como una herramienta que amplía la capacidad de estimar el potencial de daño ocasionado por las heladas y contribuye a mejorar la toma de decisiones en los sistemas productivos.

El objetivo del presente trabajo fue presentar los valores del IPAH de primeras heladas u otoñales del año 2026, tanto para heladas meteorológicas como para las agrometeorológicas en la República Argentina.

Se analizaron datos diarios de 54 estaciones meteorológicas convencionales distribuidas en todo el país, pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). La información fue suministrada por el Instituto de Clima y Agua (CIRN, CNIA, INTA).

Una vez validadas las series correspondientes se calculó el IPAH para: primera helada agrometeorológica (IPAH PHA), primera helada meteorológica (IPAH PHM) según la metodología propuesta por Blasón et al. (2018), para cada localidad.

$$\text{IPAH PH} = \frac{\sum_{i=1}^{n} nFP20_{HO}Tmd_i}{\text{IPCH PH}} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

donde:

IPAH PH: índice de peligrosidad anual de primeras heladas.

$nFP20_{HO}$: día del año para el nivel de probabilidad de ocurrencia de helada otoñal escogido (20 % en este caso).

Tmd_i: temperatura media diaria del día i.

$IPCH_{PH}$: índice de peligrosidad climático de primeras heladas (1991-2020).

Para calcular el IPCH PH (1991 – 2020) se procedió a realizar, para cada localidad y año de la serie, el promedio de las sumas térmica anuales desde el primero de enero (día del año (DDA) = 1), hasta la fecha en la cual existe un 20% de probabilidad de ocurrencia de heladas ($FP20_{HO}$) tanto meteorológicas como agrometeorológicas. La suma térmica se obtuvo a partir de la integración de las temperaturas medias diarias por encima de 0 °C. Posteriormente se calculó la suma térmica desde DDA = 1 a $FP20_{HO}$ para el año 2026 en cada localidad. Finalmente, aplicando el modelo (Ecuación 1) se obtuvo el IPAH para heladas meteorológicas y agrometeorológicas.

Para representar geográficamente la disponibilidad territorial del índice de peligrosidad climático de heladas de primera helada agrometeorológica (IPCH PHA) y de primera helada meteorológica (IPCH PHM), así como la suma térmica hasta la fecha en que la probabilidad de ocurrencia de la primera helada agrometeorológica del año 2026 es del 20 % (ST PHA20% (2026)) y la primera helada meteorológica del año 2026 es del 20 % (ST PHM20% (2026)), se georreferenciaron sus valores para luego realizar una interpolación espacial mediante Kriging Universal, implementado en lenguaje de programación R v4.5.1 (R Core Team, 2024) a partir del paquete Gstat (Pebesma, 2018). La misma se realizó sobre una grilla de 3 km de resolución.

En el caso de la representación geográfica de la disponibilidad territorial de IPAH PHA e IPAH PHM, la interpolación espacial se realizó mediante Kriging Ordinario, implementado en entorno de programación y características de grilla de igual forma que para los IPCH y las STPH.

Las imágenes ráster resultantes de la interpolación de cada variable fueron importadas en QGIS (v3.40.6 – Bratislava) (QGIS Development Team, 2024) para la confección de los mapas finales, adaptando escalas y paletas de colores convenientemente a las magnitudes que se quisieron representar.

La tabla 1 muestra los valores del IPCH para la serie 1991-2020, tanto para heladas agrometeorológicas como meteorológicas (columnas IPCH PHA (91-20) e IPCH PHM (91-20)). También se observan los valores de las sumas térmicas para el año 2026 desde el 1 de enero hasta la fecha, en la que existe una probabilidad del 20 % de que ocurran heladas agrometeorológicas y meteorológicas (columnas ST PHA20% (2026) y ST PHM20% (2026)). Finalmente, se muestran los valores del IPAH para el año 2026 para heladas agrometeorológicas y meteorológicas (columnas IPAH PHA (2026) e IPAH PHM (2026)).

Tabla 1.

Valores de los Índices de peligrosidad anual de primeras heladas calculados por localidad.

Localidad	IPCH PHA (91-20)	IPCH PHM (91-20)	ST PHA20% (2026)	ST PHM20% (2026)	IPAH PHA (2026)	IPAH PHM (2026)
Las Lomitas	3502,22	3981,17	3584,00	3868,10	1,02	0,97
Salta	2255,45	2709,91	2333,30	2749,70	1,03	1,01
Catamarca	3355,83	3541,23	3303,10	3466,80	0,98	0,98
Sgo. del Estero	2854,99	3243,80	2898,40	3234,30	1,02	1,00
Bella Vista	3687,85	4091,09	3527,70	3527,70	0,96	0,86
La Rioja	3180,56	3425,42	3165,00	3360,60	1,00	0,98
Ceres AERO	2823,17	3275,14	2939,40	3342,90	1,04	1,02
Monte Caseros	3261,21	3839,71	3206,10	3355,80	0,98	0,87
Córdoba	2359,92	2802,64	2441,50	2837,10	1,03	1,01
Mendoza	2240,66	2648,29	2331,30	2740,10	1,04	1,03
Rosario	2409,70	2856,71	2498,90	2927,60	1,04	1,02
Gualeguaychú	2599,65	3030,10	2706,20	3049,80	1,04	1,01

Localidad	IPCH PHA (91-20)	IPCH PHM (91-20)	ST PHA20% (2026)	ST PHM20% (2026)	IPAH PHA (2026)	IPAH PHM (2026)
San Luis	2383,47	2771,64	2463,20	2827,40	1,03	1,02
Laboulaye	2169,97	2551,39	2204,00	2591,50	1,02	1,02
9 de Julio	2251,08	2568,86	2281,40	2602,60	1,01	1,01
Malargüe	989,95	1618,96	1017,00	1637,70	1,03	1,01
Las Flores	1840,18	2356,10	1890,80	2463,70	1,03	1,05
Bolívar	1964,46	2389,55	1983,00	2404,40	1,01	1,01
Santa Rosa	1712,88	2225,37	1741,80	2264,90	1,02	1,02
Azul	1216,86	1902,73	1233,50	1951,60	1,01	1,03
Pigüé	1203,43	1879,21	1232,90	1929,50	1,02	1,03
Mar del Plata	1585,86	2184,79	1608,10	2270,90	1,01	1,04
Bahía Blanca	1760,69	2253,93	1757,50	2267,70	1,00	1,01
Neuquén	1715,85	2161,56	1813,80	2260,30	1,06	1,05
Maquinchao	90,11	983,68	101,60	1037,70	1,13	1,05
Trelew	1485,34	1906,64	1548,60	1952,80	1,04	1,02
Cdro. Rivadavia	1608,83	2105,91	1614,60	2139,80	1,00	1,02
San Julián	532,02	1262,97	564,20	1283,40	1,06	1,02
Esquel	46,02	634,30	59,40	733,10	1,29	1,16
Tandil	1257,30	2006,14	1299,10	2119,60	1,03	1,06
Bariloche	15,22	59,40	18,40	81,29	1,21	1,37
San Rafael	1988,25	2337,66	2066,40	2425,40	1,04	1,04
General Pico	1963,92	2323,51	1951,20	2341,30	0,99	1,01
Villa Reynolds	1597,71	2100,01	1649,10	2166,50	1,03	1,03
Paso de los Libres	3247,92	3692,70	3266,90	3427,20	1,01	0,93
Iguazú	3291,88	4005,53	3373,20	3642,20	1,02	0,91
Castelar	2275,26	2678,04	2371,90	2798,20	1,04	1,04
Posadas	3638,79	4271,35	3728,50	3780,50	1,02	0,89
San Martin (Mza.)	2343,81	2593,19	2429,50	2690,10	1,04	1,04
Las Breñas	3312,11	3624,31	3354,90	3613,60	1,01	1,00
H, Ascasubi	1612,02	2192,83	1644,60	2249,80	1,02	1,03
Reconquista	3136,00	3656,55	3169,00	3413,90	1,01	0,93
La Consulta	1790,51	2155,57	1823,40	2239,40	1,02	1,04
Famaillá	3087,05	3506,93	3175,60	3400,00	1,03	0,97
La Plata	2297,55	2769,68	2341,50	2769,70	1,02	1,00
Sauce Viejo	2762,97	3150,22	2784,80	3099,30	1,01	0,98

Localidad	IPCH PHA (91-20)	IPCH PHM (91-20)	ST PHA20% (2026)	ST PHM20% (2026)	IPAH PHA (2026)	IPAH PHM (2026)
Pehuajó	2391,87	2318,13	2480,10	2413,00	1,04	1,04
Junín	2107,08	2482,91	2120,50	2509,10	1,01	1,01
Corrientes	3710,37	4126,80	3654,20	3654,20	0,98	0,89
Formosa	4079,72	4306,11	3820,80	3820,80	0,94	0,89
San Pedro	2396,87	2850,57	2496,00	2900,70	1,04	1,02
Jujuy	2925,34	3330,25	2979,50	3191,70	1,02	0,96
Viedma	1530,08	2108,66	1614,00	2218,10	1,05	1,05

Nota. IPCH PHA (91-20): índice de peligrosidad climático de primera helada agrometeorológica (1991-2020); IPCH PHM: índice de peligrosidad climático de primera helada meteorológica (1991-2020); ST PHA20% (2026): suma térmica hasta la fecha en que la probabilidad de ocurrencia de la primera helada agrometeorológica del año 2026 es del 20 %; ST PHM20% (2026): suma térmica hasta la fecha en que la probabilidad de ocurrencia de la primera helada meteorológica del año 2026 es del 20 %; IPAH PHA (2026): índice de peligrosidad anual de heladas del año de primera helada agrometeorológica de 2026; IPAH PHM (2026): índice de peligrosidad anual de heladas del año de primera helada meteorológica de 2026.

La Figura 1 presenta la distribución geográfica de los índices IPCH PHA y IPCH PHM para la serie 1991-2020. Los índices presentan un gradiente homogéneo que disminuye desde el noreste al suroeste, que responde al efecto de los factores formadores tales como radiación global y temperatura y que avanza estacionalmente de verano a invierno. En la Patagonia el gradiente se hace transversal a causa de los vientos S y SO que atraviesan esa región. Este patrón responde a la mayor suma térmica en el norte debido a la intensidad de la radiación global que provoca mayores temperaturas medias diarias y un período más extendido entre el inicio y el fin de la sumatoria (desde el 1 enero hasta la fecha con probabilidad de helada igual al 20%).

La Figura 2 muestra la correspondiente distribución geográfica de la ST PHA20% y ST PHM20% para el año 2026. Las mismas presentan el mismo patrón y variación que su respectivo índice climático (IPCH PHA e IPCH PHM), pero con magnitudes propias del presente año 2026.

Las Figuras 3 y 4 presentan los valores del IPAH del año 2026, de primera helada agrometeorológica y meteorológica respectivamente. Sus magnitudes se visualizan mediante un gráfico de barras, ordenadas de mayor a menor (izquierda a derecha). El IPAH PHA muestra que, para heladas agrometeorológicas, seis localidades tuvieron valores del índice inferiores a 1 (barras azules); tres localidades presentaron valores iguales a 1 (barras blancas); mientras que el resto de las localidades (45) presentaron valores superiores a 1 (barras rosas).

El IPAH PHM, en cambio, presentó 14 localidades con valores inferiores a 1 (barras azules); tres localidades presentaron valores iguales a 1 (barras blancas); mientras que el resto (37), presentaron valores superiores a 1 (barras rosas).

Figura 1.
Distribución geográfica de los índices IPCH PHA e IPCH PHM para las series 1991 – 2020.

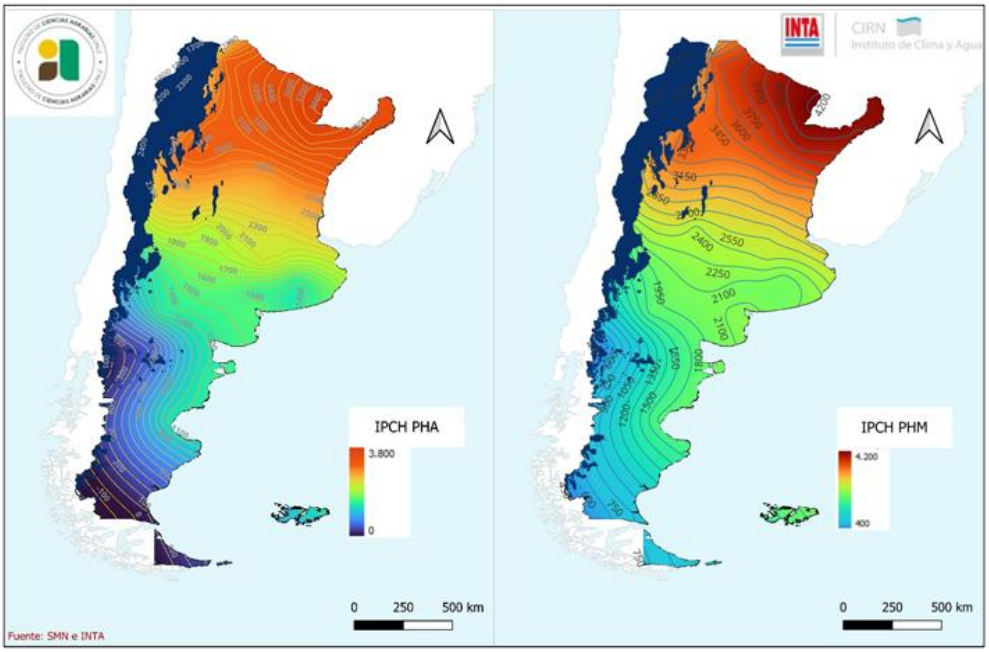


Figura 2.

Disponibilidad geográfica de las ST PHA20% y ST PHM20% para el año 2026.

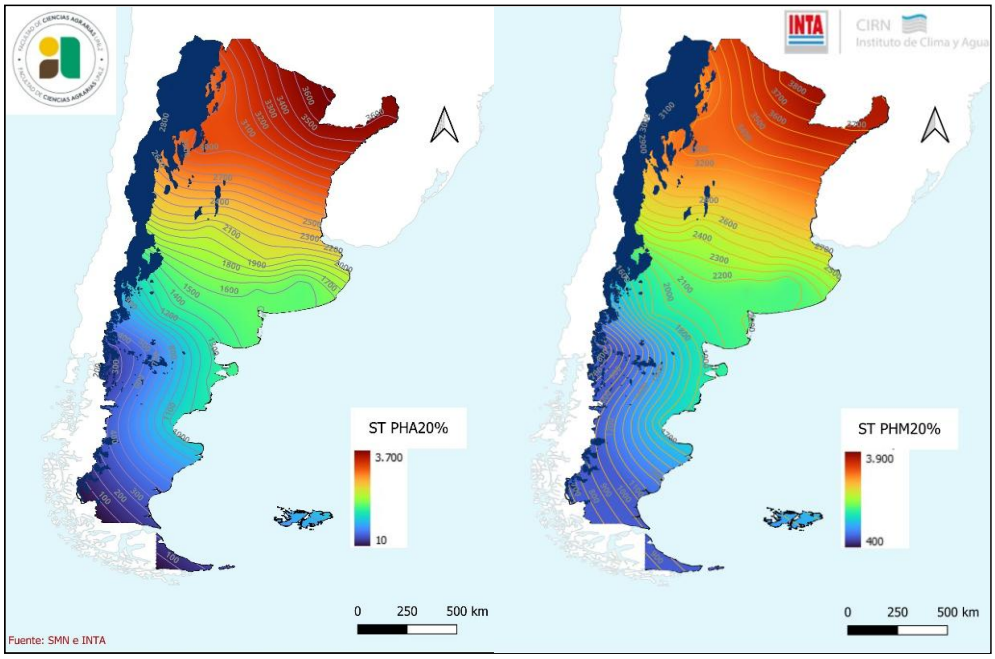


Figura 3.

Valores del IPAH PHA del año 2026.

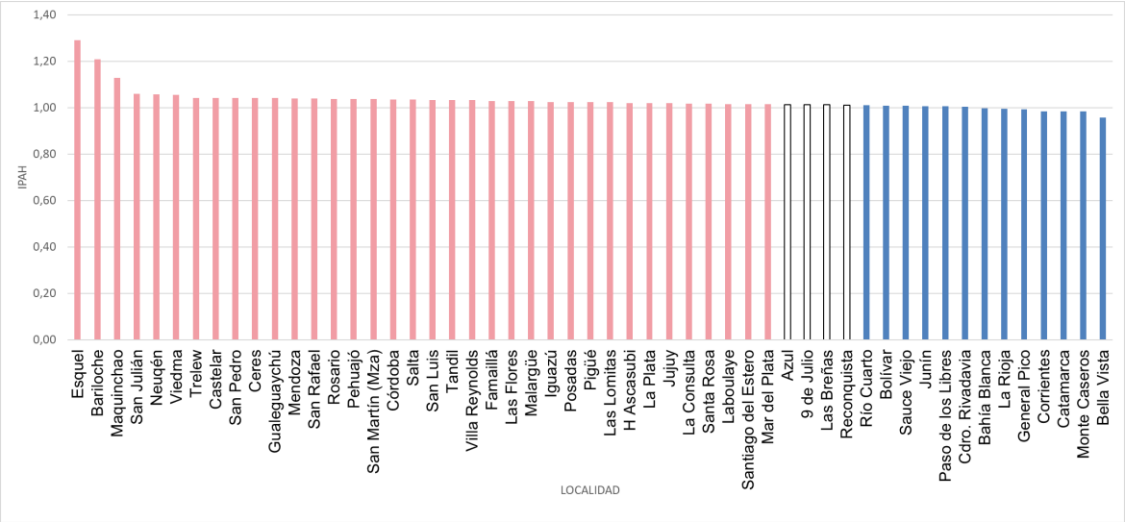
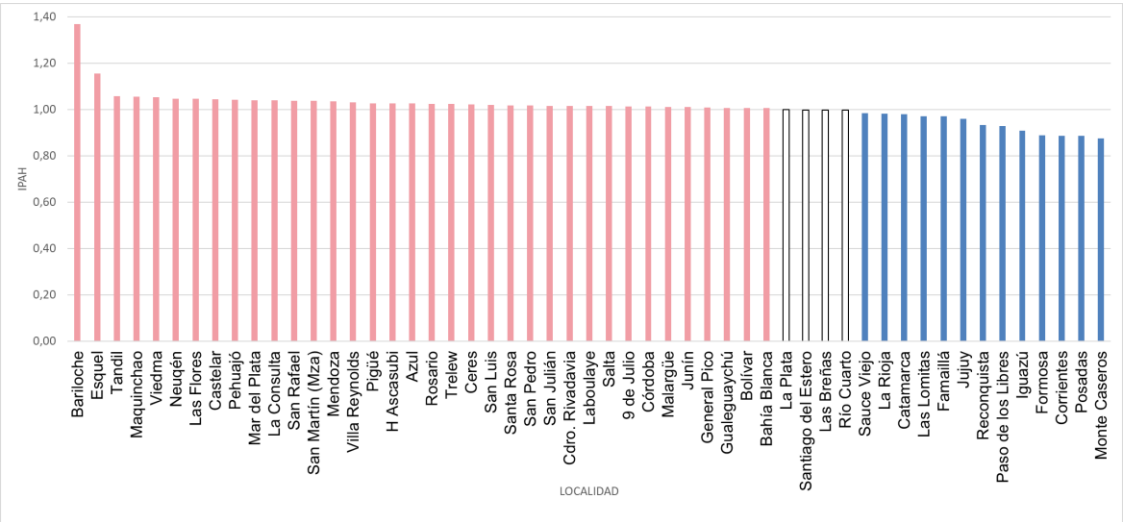


Figura 4.

Valores del IPAH PHM del año 2026.



En la Figura 5 se puede observar la disponibilidad geográfica del IPAH PHA y PHM para el año 2026. Los mapas muestran zonas en tonos color rosa, correspondiente a aquellas localidades en donde el IPAH fue superior a 1. Esta situación corresponde a una ST PH20% para el año 2026 superior al IPCH, lo

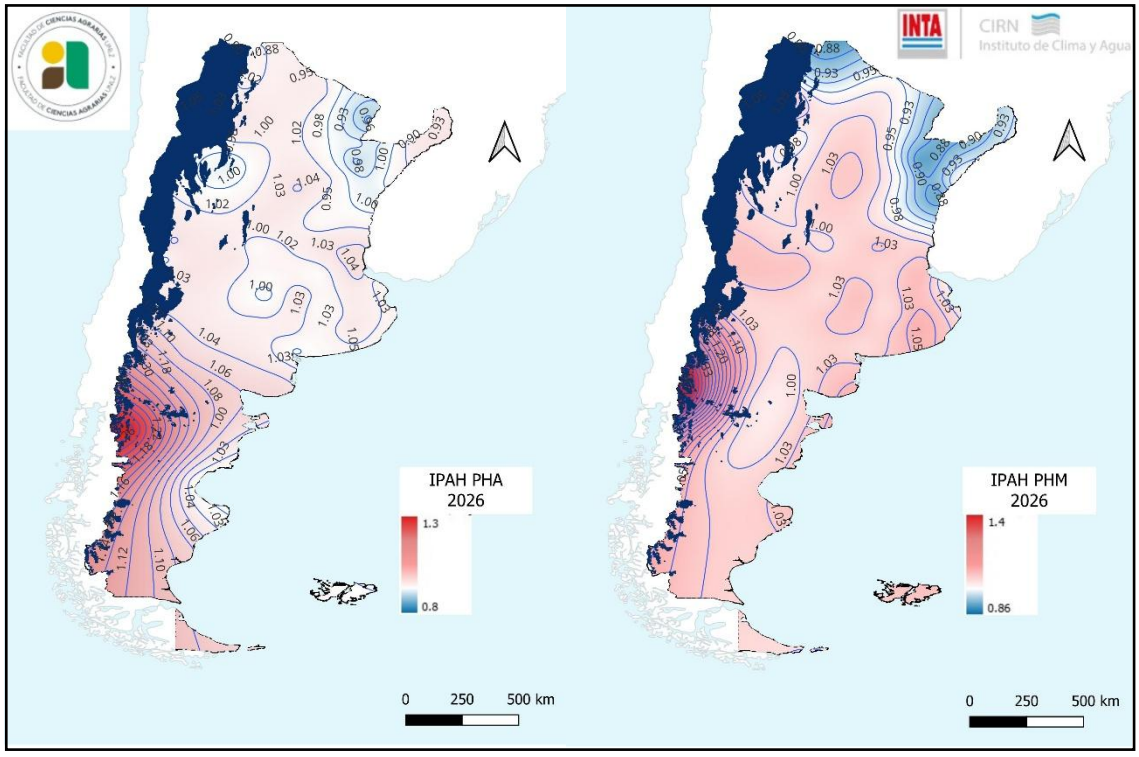
que indica que, en dichas zonas, la ocurrencia de heladas significó una mayor peligrosidad para la vegetación presente que lo climáticamente esperado.

Por el contrario, las zonas representadas en tonos azules corresponden a aquellas localidades en donde el IPAH fue inferior a 1. Esta situación corresponde a una ST PH20% para el año 2026 inferior al IPCH, lo que indica que en dichas zonas, la ocurrencia de heladas significó menor peligrosidad para la vegetación presente.

Las zonas representadas en blanco conciernen a aquellas localidades en donde el IPAH fue igual a 1. Dicha situación corresponde a una ST PH20% para el año 2026 igual al IPCH, lo que indica que en dichas zonas, la ocurrencia de heladas presentó una peligrosidad similar a la esperada para la época y la localidad climáticamente determinada.

Figura 5.

Disponibilidad geográfica del IPAH PHA e IPAH PHM para el año 2026.



Como conclusión, para el año 2026 la peligrosidad de las heladas, tanto agrometeorológicas como meteorológicas fue en gran parte del territorio, mayor a los valores esperados según el período de

referencia (1991-2020). La información brindada por este índice incide en forma directa y positiva, en la toma de decisiones para la prevención y mitigación de daño por bajas temperaturas en los cultivos.

Referencias bibliográficas

Blasón, A. D., Mollá Kralj, A., y Rodríguez, A. (2018). *Índice de Peligrosidad Anual de Heladas (IPAH):* Concepto y utilidad. Revista Argentina de Agrometeorología, 9: 21-30. https://www.siteaada.org/_files/ugd/cf1a17_e00ce2c453644bb3888c9076a8f23068.pdf

Burgos, J. J. 1947. *A Cryokindynoscopie index useful in agroclimatic researches* (Doc. 30, CIR/IMO/T, 305 CAgM). Com. Meteorol. Agr.

Burgos, J. J. (1963). Las heladas en la Argentina. Colección Científica del I.N.T.A.

Murphy, G., y Hurtado, H. (2011). *Agrometeorología*. FAUBA.

Pebesma, E. (2004). Simple Features for R: Standardized Support for Spatial Vector Data. *The R Journal, 10(1), 439–446*. https://doi.org/10.32614/RJ-2018-009

QGIS Development Team. (2024). *QGIS Geographic Information System*. Open Source Geospatial Foundation Project. https://qgis.org

R Core Team (2024). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. https://www.R-project.org/