

DETECCIÓN DE HELADAS Y SU RELACIÓN CON EL RELIEVE EN UN VIÑEDO DE VALLE DE UCO, MENDOZA

Grethel García Bu Bucogen¹, Maximiliano Viale¹, Facundo Impagliazzo²
grgarcia@mendoza-conicet.gob.ar.

¹ Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA)

² Viticultor independiente (Proyecto RAQUIS)

Palabras clave: heladas, clima local, topografía.

1) INTRODUCCIÓN

Las heladas meteorológicas —definidas como aquellas en las que la temperatura (T) en el abrigo meteorológico desciende por debajo de 0 °C— constituyen uno de los principales riesgos para la agricultura, especialmente en regiones subtropicales o con marcada influencia topográfica (Fernández Long et al., 2013). En zonas agrícolas específicas, como los viñedos de altura, la topografía configura el clima local y genera microclimas que afectan el crecimiento vegetal (Ferretti, 2020), por lo que para mitigar los efectos adversos de las heladas se requiere información meteorológica precisa que permita seleccionar las parcelas menos expuestas. En este marco, el proyecto Raquis cuenta con un viñedo de altura (finca Monasterio) situado en el piedemonte andino a ~1500 m. s. n. m, al pie de la cordillera de Los Andes, en Mendoza (Argentina). El agrónomo responsable de la finca ha identificado variaciones micro-climáticas entre parcelas, especialmente en relación con las heladas. El objetivo de este estudio es analizar la ocurrencia espacio - temporal de heladas en el terreno corrugado de la finca Monasterio de 30 ha, evaluando su relación con la topografía, con el fin de identificar zonas vulnerables y generar información climática de alta resolución para una gestión agronómica más eficiente.

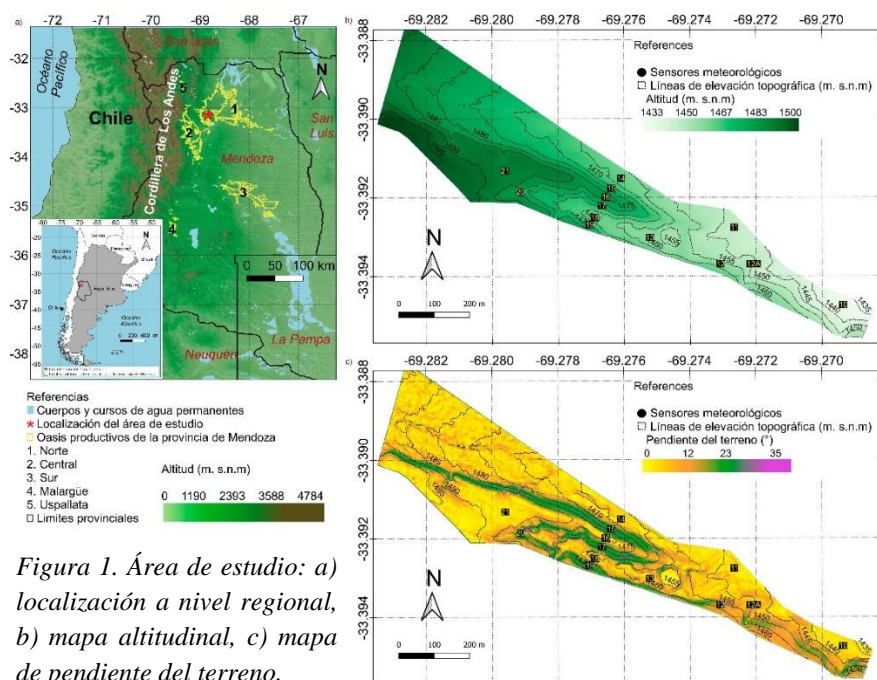


Figura 1. Área de estudio: a) localización a nivel regional, b) mapa altitudinal, c) mapa de pendiente del terreno.

2) ÁREA DE ESTUDIO

La finca Monasterio está ubicada en el oasis productivo central de la provincia de Mendoza, conocido como Valle de Uco (Fig. 1a). El área a cultivar de la finca se extiende pendiente abajo en el piedemonte al este de los Andes, desde los 1433 m hasta los 1499 m con un área de 30.4 ha (Figura 1b). El 99,8 % del área de estudio presenta pendientes inferiores a 35° (Figura

1c). En el noroeste de la finca Monasterio se localiza una loma, sobre cuya cresta se encuentra instalado el sensor 16 (Figuras 1b y 1c).

3) DATOS Y MÉTODOS

La finca Monasterio cuenta con una red de 13 sensores de temperatura distribuidas a lo largo de su superficie (Figura 1b y Tabla 1). Los sensores

Sensores	Altitud (m. s.n.m)	Pendiente (°)
10	1436.9	3.94
11	1448	6.67
12A	1450.3	7.97
12	1457	16.62
13	1456.7	2.55
14	1462.8	5.41
15	1472.2	25.41
16	1481	4.44
17	1473.1	23.71
18	1463.1	7.11
19	1470	24.77
20	1479	15.77
21	1486.9	15.57

fueron instalados en abrigos meteorológicos a 1.5 m de altura, mientras 12A es μ METOS, el resto de sensores son marca HOBO modelo Pendant MX2201. Las mediciones son de alta resolución temporal (cada 5 minutos y 12A cada 15 minutos). Actualmente se cuenta con información de las temporadas de crecimiento 2022-2023 y 2023-2024. Se identificó la hora promedio de ocurrencia de las temperaturas mínimas absolutas ($T_{min_{abs}}$) durante los eventos de helada, y se estimaron las áreas más afectadas mediante la detección de cantidad de eventos y acumulación de minutos con $T < 0^{\circ}C$ por temporada de crecimiento. Para ilustrar el peor escenario registrado, se elaboró un Mapa de Cobertura de Helada Máxima (MCHM) correspondiente al evento del 31 de octubre de 2022. El mapa se generó mediante regresión múltiple en SAGA-QGIS, vinculando $T_{min_{abs}}$ con variables topográficas (altitud y pendiente). La interpolación resultante muestra las zonas más críticas, mientras que un mapa de calor permitió evaluar el efecto del drenaje de aire frío en el área.

Tabla 1. Características topográficas del emplazamiento de cada sensor de temperatura.

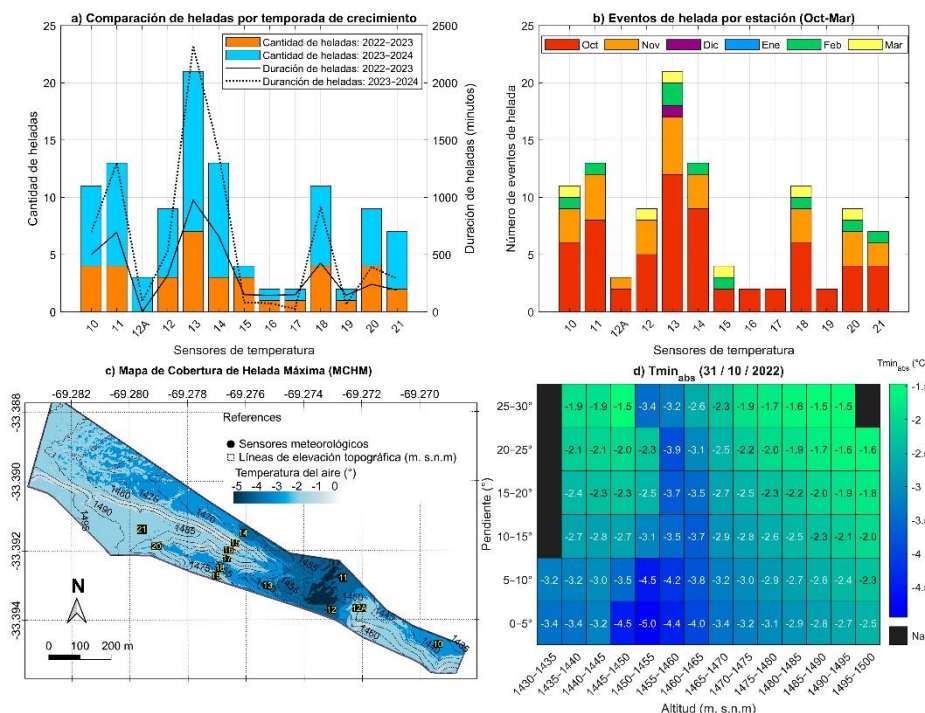


Figura 2. Caracterización espacio – temporal sobre la ocurrencia de heladas (2022-2024: a) cantidad y duración de heladas por temporada de crecimiento, b) recurrencia mensual, c) capa de extensión máxima de heladas, d) mapa de calor relacionándola ocurrencia de heladas con la topografía.

4) RESULTADOS

Excepto para los sensores 15, 16 y 17, la temporada 2023 - 2024 presentó una mayor cantidad de eventos de heladas que la 2022 - 2023 (Figura 1a). Los sensores 10, 11, 13, 14 y 18 se ubican en las zonas más afectadas por la ocurrencia de heladas (Figuras 2a y b). El sensor 13, el cual se ubica en una

depresión topográfica (1457 m) con una pendiente inferior a 3° (Tabla 1), registró la mayor cantidad (14 eventos) y duración de heladas (2325 minutos: 38 h 45 min). En todos los meses de la temporada de crecimiento (octubre – marzo) se reportaron la ocurrencia de heladas, siendo los meses con mayor frecuencia octubre y noviembre (Figura 2b). El enfriamiento más intenso ($T_{min_{abs}}$) durante la ocurrencia de heladas fue registrado antes del amanecer (7 horas). Las heladas más intensas ocurrieron el 31/10/2022, 01/11/2022, 18/02/2023, 07/10/2023 y 12/10/2023, alcanzando valores mínimos de -4.7°C en la zona del sensor 13 durante la helada del 31/10/2022.

El análisis del MCHM permitió identificar que las áreas ubicadas en sectores elevados o con pendientes $> 20^{\circ}$, correspondientes a las zonas donde se encuentran los sensores 15, 16 y 17 (Figuras 1b y c), presentan menor susceptibilidad a la ocurrencia de heladas (Figura 2c). En contraste, la zona aledaña a los sensores 13, 14 y 18 mostró una alta susceptibilidad a estos eventos. La Figura 2d evidencia un gradiente térmico asociado a la topografía, donde la acumulación de aire frío se concentra en sectores con altitudes < 1465 m y pendientes $< 10^{\circ}$, alcanzando temperaturas mínimas inferiores a -4°C . Esta distribución espacial se explica por la dinámica del aire frío en terrenos complejos: al ser más denso, el aire frío fluye hacia las zonas más bajas y planas, donde se acumula durante la noche, especialmente en condiciones de estabilidad atmosférica. Este fenómeno, conocido como “*cold-air pools*” en inglés, favorece la formación de heladas más intensas y duraderas en estas áreas. Por el contrario, las zonas más elevadas y con mayor pendiente favorecen el drenaje del aire frío y dificultan su estancamiento, reduciendo así la duración e intensidad de las heladas. Este comportamiento evidencia el control topográfico sobre el microclima y su influencia directa en la distribución térmica y el riesgo de heladas a escala local.

5) CONCLUSIONES

La corrugación del terreno de un viñedo influye significativamente en el microclima del mismo, incluyendo la ocurrencia de heladas. En el Valle de Uco, los viñedos se ubican ladera abajo del piedemonte al pie de los Andes, y corrugaciones internas en el viñedo modulan el clima dentro del mismo. En el viñedo Monasterio estudiado aquí, hemos cuantificado dichas diferencias microclimáticas dentro del mismo, donde naturalmente las zonas ubicadas en depresiones relativas y pendientes $< 10^{\circ}$, son más propensas a registrar temperaturas bajo cero debido a la acumulación de aire frío drenando ladera debajo de Los Andes por el piedemonte. En contraste, las áreas elevadas o con pendientes $> 20^{\circ}$ presentan menor vulnerabilidad a este fenómeno. Se identificaron los meses de octubre y noviembre como en los que acontecieron mayor cantidad de heladas. La obtención de este tipo de resultados resalta la importancia de considerar la interacción entre relieve – temperatura en el diseño de estrategias de manejo y mitigación del riesgo por heladas.

6) REFERENCIAS

- Fernández-Long, M. E., Müller, G. V., Beltrán-Przekurat, A. y Scarpati, O. E., 2013:** Long-term and recent changes in temperature-based agroclimatic indices in Argentina. *International Journal of Climatology*, 33 (7), 1673-1686. <https://doi.org/10.1002/joc.3541>
- Ferretti, C.G., 2020:** A new geographical classification of vineyards tested in the South Tyrol wine region, northern Italy, on Pinot Noir and Sauvignon Blanc wines. *Ecological Indicators*, 108, 105737. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105737>