

HERNANDEZ, AGUAS Y CAÑIBANO. 2026. La Función de Regresión para el Análisis del Concepto de Horas Frío utilizado en Agronomía. Revista Sigma, 23 (2). Páginas 50–63.

REVISTA SIGMA

Departamento de Matemáticas y Estadística

Volumen XXIII N^o 2 (2026), páginas 50–63

Universidad de Nariño

La Función de Regresión para el Análisis del Concepto de Horas Frío utilizado en Agronomía

The Regression Function for the Analysis of the Concept of Cold Hours used in Agronomy

Gabriela Hernandez ¹

Laura Aguas Jojoa ²

Alejandra Cañibano ³

Abstract: This work analyzes linear regression applied to the concept of cold hours, relevant concepts in agronomy and statistics. An interdisciplinary didactic activity is proposed for students of Agricultural Engineering that integrates these areas of knowledge, seeking to promote meaningful learning through contextualized data analysis. The methodology includes the comparison of indirect methods to estimate cold hours in two meteorological stations in the center of the province of Buenos Aires. The results highlight the strengths and limitations of each method, evaluating their accuracy through statistical analyses. This approach aims to contribute to the development of analytical and critical skills in students, preparing them to face real problems in their field of study.

Keywords. Linear regression, cold hours, indirect models, interdisciplinary learning, agronomy.

Resumen: El presente trabajo analiza la regresión lineal aplicada al concepto de horas frío, conceptos relevantes en la agronomía y la estadística. Se propone una actividad didáctica interdisciplinaria para estudiantes de Ingeniería Agronómica que integra estas áreas del conocimiento, buscando promover un aprendizaje significativo mediante el análisis contextualizado de datos. La metodología

¹Mg.en Meteorología Agrícola, Facultad de Agronomía, UNCPBA, Argentina. Correo electrónico: gabrielahernandez@azul.faa.unicen.edu.ar, Código orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7956-2118>.

²Mag. en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica, Facultad de Agronomía, UNCPBA, Argentina. Correo electrónico: laguas@azul.faa.unicen.edu.ar, Código orcid: <https://orcid.org/0009-0009-2269-9944>.

³Ms. Sc. en Investigación Biológica Aplicada en Cs. Agropecuarias, Facultad de Agronomía, UNCPBA, Argentina. Correo electrónico: mac@azul.faa.unicen.edu.ar, Código orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5880-3821>.

incluye la comparación de métodos indirectos para estimar horas frío en dos estaciones meteorológicas del centro de la provincia de Buenos Aires. Los resultados destacan las fortalezas y limitaciones de cada método, evaluando su precisión mediante análisis estadísticos. Este enfoque pretende contribuir al desarrollo de competencias analíticas y críticas en los estudiantes, preparándolos para enfrentar problemas reales de su campo de estudio.

Palabras Clave. Regresión lineal, horas frío, modelos indirectos, aprendizaje interdisciplinario, agronomía.

1. Introducción

La enseñanza de la estadística en carreras universitarias relacionadas con las ciencias agropecuarias enfrenta el desafío de conectar conceptos teóricos con aplicaciones prácticas. Una herramienta clave en esta integración es el uso de metodologías interdisciplinarias, donde los estudiantes puedan construir conocimientos significativos, tal como lo plantea Ausubel, et al. (1983). El aprendizaje significativo implica que los nuevos conocimientos se relacionen con los previos, adquiriendo ambos un mayor valor cognitivo (Ausubel et al., 1983). Este tipo de aprendizaje se enriquece cuando se aborda desde la interdisciplinariedad, al permitir que los estudiantes amplíen sus marcos de referencia para comprender fenómenos complejos en contextos reales.

En este escenario, el pensamiento crítico juega un rol central, definido como la capacidad de analizar situaciones y tomar decisiones fundamentadas. Según Rico (1997), durante la adquisición de conceptos estadísticos, los errores cometidos por los estudiantes pueden servir como una oportunidad pedagógica para reorganizar y enriquecer sus conocimientos. Righetti (2015) sostiene que estos errores también son herramientas valiosas para mejorar los procesos de enseñanza, ya que revelan los puntos críticos que deben ser abordados en las estrategias didácticas. Por lo tanto, un enfoque pedagógico efectivo debe incluir tanto la identificación de las dificultades conceptuales como la implementación de actividades diseñadas para superarlas.

En la enseñanza de la estadística, el análisis de regresión lineal es una técnica fundamental para estudiar la relación entre variables continuas. Sin embargo, como señalan Batanero (2001) y Terán y Ciminari (2019), es frecuente que los estudiantes cometan errores al aplicar este método, incluyendo la confusión entre las variables dependiente e independiente, la incorrecta interpretación de los coeficientes, y el uso de datos sin verificar el cumplimiento de los supuestos teóricos del modelo. Estos supuestos incluyen la independencia de las variables explicativas, su distribución normal y la homogeneidad de varianzas, elementos que son esenciales para garantizar la validez del análisis.

En agronomía, el concepto de horas frío resulta fundamental para el análisis agrometeorológico, ya que permite determinar la adaptación de especies vegetales a distintas regiones climáticas. Este indicador mide el tiempo acumulado en que las temperaturas se encuentran dentro de un rango específico, crucial para procesos fisiológicos como la brotación y la floración. Diversos métodos indirectos de cálculo, como los de Coville, Richardson y Da Mota, han sido utilizados para estimar este indicador, cada uno con sus fortalezas y limitaciones (Asborno et al., 2001). Comprender y aplicar estos métodos requiere no solo habilidades estadísticas, sino también un entendimiento profundo de las variables climáticas y biológicas involucradas.

Este trabajo presenta una propuesta didáctica que integra la estadística y la agrometeorología.

logía mediante el uso de regresión lineal para analizar métodos de estimación de horas frío en dos localidades del centro de la provincia de Buenos Aires. Este enfoque interdisciplinario permite superar los modelos de aprendizaje fragmentado al conectar conceptos matemáticos con contextos reales, fomentando en los estudiantes competencias analíticas y críticas. Como señala Righetti (2015), esta integración no solo facilita la comprensión de temas complejos, sino que también contribuye al desarrollo de habilidades prácticas necesarias en el ámbito profesional.

2. Horas frío. Concepto

El concepto de horas frío es ampliamente utilizado en la agronomía para evaluar las necesidades climáticas de los cultivos en regiones de clima templado y mediterráneo. Este indicador mide el tiempo acumulado en el que las temperaturas se encuentran dentro de un rango específico, generalmente entre $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, necesario para procesos fisiológicos como la brotación y la floración de las plantas (Nightingale y Blake, 1934). Es importante destacar que las temperaturas por debajo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ no se consideran en este cálculo, ya que se asume que el crecimiento de las plantas se detiene en esas condiciones. Este rango de temperaturas, aunque limitado, resulta clave para la planificación agrícola, permitiendo determinar la viabilidad de ciertos cultivos en una región y su posible adaptación a cambios climáticos.

El análisis de las horas frío es esencial para la toma de decisiones agrícolas, ya que influye en la selección de especies y variedades adecuadas para cada región. Una insuficiencia de horas frío puede provocar un retraso en la apertura de yemas, prolongar el período de floración y causar desfases entre la floración de variedades principales y sus polinizantes, lo que afecta directamente el rendimiento productivo (Mendoza García, 2020; Razeto, 2006). Por otro lado, conocer la cantidad de horas-frío acumuladas permite prever el éxito de la introducción de nuevas especies o la optimización del manejo agrícola en regiones con cambios en sus patrones climáticos (Pascale y Damario, 2004).

A lo largo del tiempo, se han desarrollado diversos métodos para estimar las horas frío, cada uno basado en diferentes enfoques y criterios. Coville (1920), uno de los pioneros en este tema, propuso un método que considera temperaturas entre $1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que Richardson et al. desarrollaron un modelo que acumula unidades de enfriamiento a partir de la temperatura media diaria (Beltrán et al., 1997). En Argentina, Damario y Pascale (1995) han realizado importantes contribuciones, incluyendo la elaboración de cartas agroclimáticas que representan la distribución de horas frío en el país, proporcionando herramientas clave para la planificación agrícola.

En este trabajo, las horas frío se abordan no solo como un concepto agrometeorológico, sino también como un tema interdisciplinario que permite integrar la estadística y la agronomía. La identificación de patrones y tendencias a través de datos históricos facilita el uso de herramientas estadísticas, como la regresión lineal, para modelar y predecir la acumulación de horas frío. Esto no solo mejora la comprensión de los estudiantes sobre la aplicabilidad práctica de conceptos estadísticos, sino que también les brinda la oportunidad de enfrentar desafíos técnicos reales en el análisis y manejo de datos climáticos.

3. Modelos utilizados en el trabajo

En este trabajo se utilizaron métodos indirectos para estimar las horas frío, dado que los métodos directos, como el uso de termógrafos o estaciones automáticas, no siempre están

disponibles debido a su costo o limitada accesibilidad. Los métodos indirectos se basan en cálculos derivados de variables climáticas, principalmente temperaturas máximas y mínimas, y han sido ampliamente validados para distintas regiones y cultivos.

A continuación, se describen los modelos seleccionados para este análisis, los cuales son representativos de distintos enfoques utilizados en la estimación de horas frío:

3.1. Método o Fórmula de Weinberger

El método de Weinberger (1954) se fundamenta en la relación entre la temperatura media diaria durante los meses de dormancia y las horas-frío acumuladas. Este modelo utiliza una fórmula empírica derivada de observaciones en climas templados:

$$HF = 2139.39 - 129.91 * T_m \quad (1)$$

donde T_m representa la temperatura media de los meses de junio y julio. Este modelo es sencillo de aplicar, aunque puede no capturar variaciones diarias de temperatura que influyen en el cálculo de horas frío.

3.2. Método de Crossa-Reynaud

Este método (Crossa-Reynaud, 1956) considera las temperaturas medias diarias por debajo de 7°C como horas de frío efectivas. Parte de la consideración de que las temperaturas máximas diarias consecutivas del invierno varían muy poco y pueden tomarse por iguales de esta manera las temperaturas a lo largo de un día formarían aproximadamente una onda senoide entre los valores máximo y mínimo.

$$hf = 24 \cdot \frac{t - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \quad (2)$$

Para calcular la cantidad de HF acumulada se hace: $HF = \sum hf$

$$\text{Si } T_{max} < t \implies HF = 24$$

$$\text{Si } T_{min} \geq t \implies HF = 0$$

Donde: T_{max} y T_{min} es la temperatura máxima y mínima diaria y t la temperatura umbral que en general se le atribuye el valor de 7°C .

3.3. Método de R.H. Sharpe

Este modelo (Sharpe, 1970) utiliza tablas preestablecidas para relacionar temperaturas medias mensuales con las horas-frío acumuladas.

$$hf = 638 - 33,007 TM \quad (3)$$

donde TM es la temperatura media mensual de un determinado mes. Al igual que en expresiones anteriores $HF = \sum hf$.

3.4. Método de Sánchez-Capuchino

El modelo (Sánchez-Capuchino, 1967) se basa en la acumulación de horas con temperaturas medias diarias por debajo de 10°C durante el período de dormancia de la planta.

$$hf = 36 \cdot \frac{t - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \quad (4)$$

Idénticamente $HF = \sum hf$

3.5. Método o Fórmula de Da Mota

El modelo de Da Mota (1957) utiliza una regresión lineal para estimar las horas-frío acumuladas en función de la temperatura media mensual:

$$hf = 485.1 - 28.52 TM \quad (5)$$

donde TM es la temperatura media mensual del mes considerado. Siempre se considera que $HF = \sum hf$.

Este modelo, al igual que el de Sharpe, busca simplificar el cálculo con base en promedios mensuales, pero asume relaciones lineales entre las variables, lo que puede limitar su aplicabilidad en escenarios con comportamientos no lineales.

4. Materiales y métodos

El partido de Azul se halla ubicado en el centro de la provincia de Buenos Aires, siendo su localización geográfica las coordenadas $59^{\circ}51'30.74''$ O $36^{\circ}46'37.13''$ S. Su ubicación se muestra en la figura 1:



Figura 1: Ubicación del Partido de Azul. Fuente: Autor

Para el presente estudio, cuyo objetivo es comparar diferentes métodos analíticos de estimación de horas frío con las horas efectivamente registradas, se utilizaron datos proporcionados por el Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA). Este análisis comparativo busca identificar el modelo que mejor se ajuste a las condiciones climáticas de la región y proporcione

estimaciones más precisas. El IHLLA cuenta con estaciones automáticas en la zona que proporcionan registros meteorológicos para el periodo 2005-2021. De las estaciones disponibles se seleccionaron dos, Chillar y Cerro del Águila, debido a que contaban con los registros más extensos y menos de 10% de datos faltantes. Para el análisis de horas de frío se escogieron los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre ya que son los que cumplen con el criterio establecido por Damario *et al.*, (1998). Según este criterio, para contabilizar horas de frío, se consideran los meses en los que las temperaturas medias sean iguales o inferiores a 14°C y las máximas medias sean menores a 21°C.

A partir de los datos recolectados por las estaciones automáticas, se contabilizó la cantidad real de horas durante las cuales la temperatura se mantuvo por debajo de 7°C y por encima de 0°C. Posteriormente, con la información de estas estaciones, se calcularon los valores medios diarios y mensuales, así como las temperaturas máximas y mínimas diarias. Estos datos se utilizaron para realizar la estimación de horas de frío mediante los métodos indirectos mencionados anteriormente. Para evaluar la relación entre las horas de frío estimadas y las horas de frío reales, se empleó un análisis estadístico que incluyó un análisis de regresión simple. El coeficiente de determinación (R^2) se utilizó como indicador principal para medir la capacidad explicativa de los modelos, complementado con métricas adicionales como la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y el sesgo promedio (Bias). Estas métricas permitieron evaluar tanto la precisión como la tendencia sistemática de los modelos hacia la sobreestimación o subestimación, proporcionando una comparación que facilitó la identificación del método de estimación más adecuado.

5. Resultados

El análisis comparativo de los métodos de estimación de horas frío se realizó utilizando datos de las estaciones meteorológicas automáticas de Cerro del Águila y Chillar para el periodo 2005-2021. Los modelos fueron evaluados en términos de su ajuste a los datos observados, considerando las ecuaciones de regresión y los coeficientes de determinación (R^2). A continuación, se presentan los principales resultados organizados por modelo y estación.

5.1. Comparación de métodos en Cerro del Águila

Para la estación de Cerro del Águila, se calcularon las horas-frío estimadas mediante los cinco métodos seleccionados. En las Figuras 2 a 6, se muestran los ajustes de regresión entre las horas-frío reales y las calculadas para cada modelo, destacando las ecuaciones obtenidas y sus respectivos coeficientes.

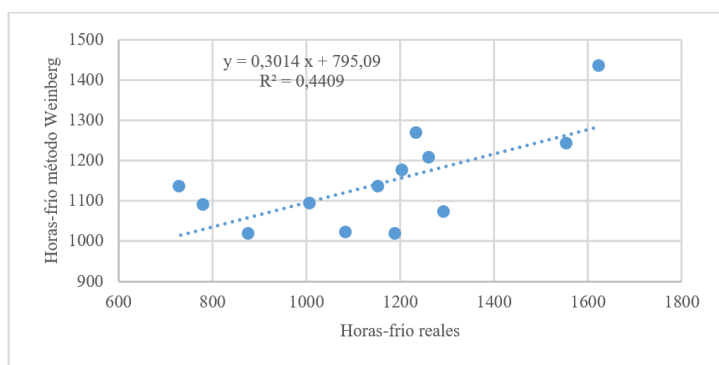


Figura 2: Cerro del Águila. Dispersión y regresión para el método de Weinberger. Fuente: Autor

La Función de Regresión para el Análisis del Concepto de Horas Frío utilizado en Agronomía/The Regression Function for the Analysis of the Concept of Cold Hours used in Agronomy

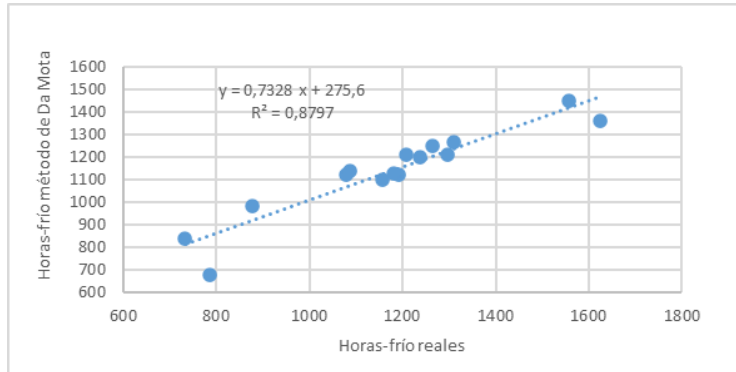


Figura 3: Cerro del Águila. Dispersión y regresión para el método de Da Mota. Fuente: Autor

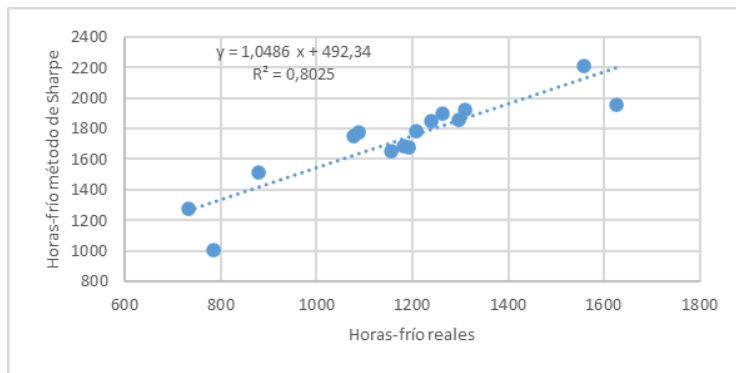


Figura 4: Cerro del Águila. Dispersión y regresión para el método de R.H. Sharpe. Fuente: Autor

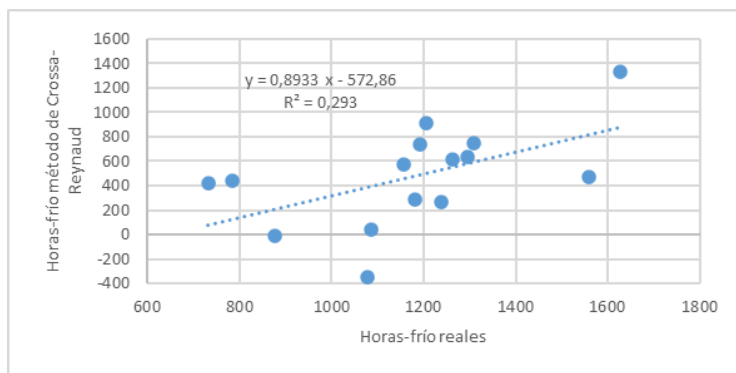


Figura 5: Cerro del Águila. Dispersión y regresión para el método de Crossa-Reynaud. Fuente: Autor

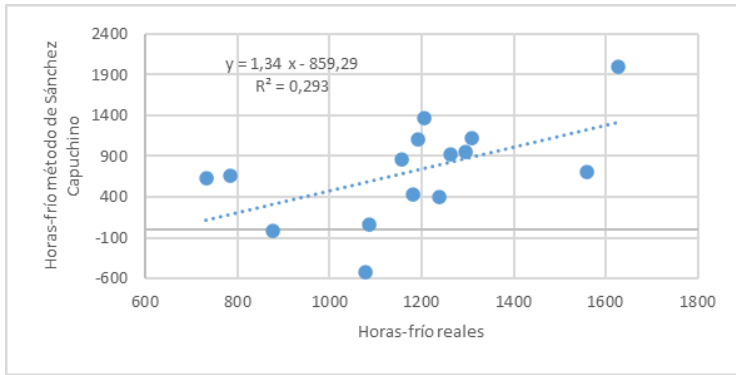


Figura 6: Cerro del Águila. Dispersión y regresión para el método de Sánchez Capuchino. Fuente: Autor

El método de Da Mota presentó el mejor ajuste ($R^2 = 0.8797$), seguido del método de Sharpe ($R^2 = 0.8025$). Estos resultados sugieren que ambos métodos son adecuados para representar las horas frío en Cerro del Águila.

5.2. Comparación de métodos en Chillar

A continuación, en las Figuras 7 a 11, se muestran los resultados de los cinco métodos evaluados para la estación Chillar. Se observaron resultados similares a los encontrados en Cerro del Águila en términos de ajuste. Los valores de R^2 indican que el método de Da Mota ($R^2 = 0.8628$) fue el más preciso, seguido nuevamente por el método de Sharpe ($R^2 = 0.8628$).

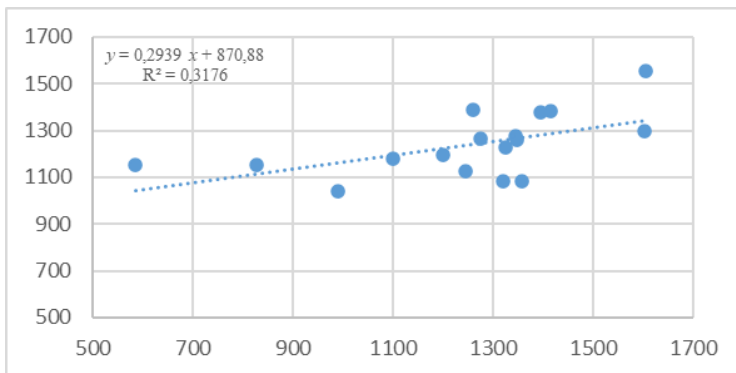


Figura 7: Dispersión y regresión para el método de Weinberger. Fuente: Autor

La Función de Regresión para el Análisis del Concepto de Horas Frío utilizado en Agronomía/
The Regression Function for the Analysis of the Concept of Cold Hours used in Agronomy

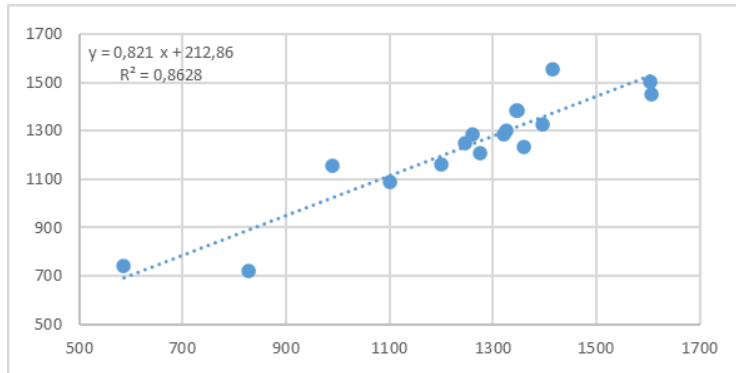


Figura 8: Dispersión y regresión para el método de Da Mota. Fuente: Autor

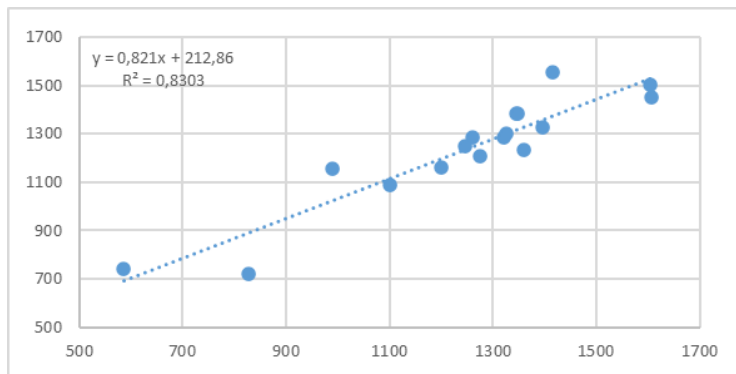


Figura 9: Dispersión y regresión para el método de R.H. Sharpe. Fuente: Autor

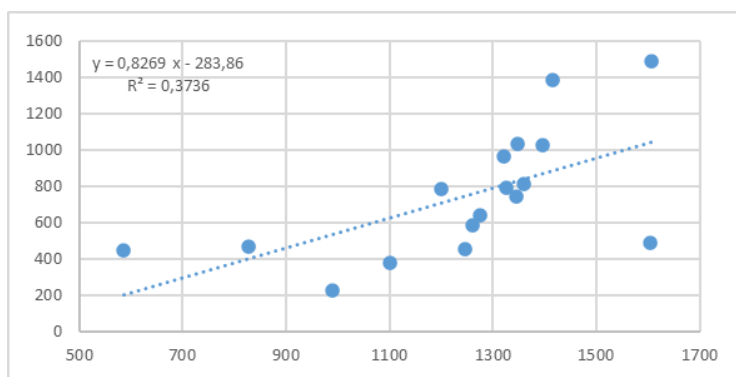


Figura 10: Dispersión y regresión para el método de Crossa-Reynaud. Fuente: Autor

Los métodos de Weinberger, Crossa-Reynaud y Sánchez-Capuchino mostraron los coeficientes de ajuste más bajos en ambas estaciones ($R^2 < 0.4$), lo que limita su aplicabilidad en el contexto estudiado.

En la Tabla I, se presentan los coeficientes de determinación (R^2) para cada método en ambas

estaciones, la raíz del error cuadrático medio (RMSE) y el Bias, facilitando la comparación de su desempeño.

Tabla I: ECUACIONES DE REGRESIÓN Y COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE HORAS-FRÍO REALES VS. HORAS-FRÍO OBTENIDAS CON MÉTODOS EMPÍRICOS. ESTACIONES CERRO DEL ÁGUILA Y CHILLAR. PERIODO 2003 - 2021

Método	Cerro del Águila			Chillar		
	R^2	RMSE	Bias	R^2	RMSE	Bias
Weinberger	0.4409	184,7	12,4	0.3176	206,3	10,1
Da Mota	0.8797	99,9	30,6	0.8628	93,5	10,5
Sharpe	0.8025	530,6	-552,9	0.8303	629,3	-612,1
Crossa-Reynaud	0.293	654,6	644	0.3736	568,2	499,8
Sánchez Capuchino	0.293	531,2	387,6	0.3736	423,7	125,9

Fuente: Autor

El modelo de Weinberger presentó un desempeño intermedio en ambas localidades. En Cerro del Águila, alcanzó un R^2 de 0.4409, indicando una moderada capacidad explicativa. Sin embargo, el RMSE de 184.7 sugiere una precisión limitada, mientras que un Bias de 12.4 refleja una ligera sobreestimación. En Chillar, el desempeño fue menor ($R^2 = 0.3176$), con un RMSE más alto (206.3) y un Bias similar (10.1). Aunque el modelo no exhibe un sesgo marcado, su baja capacidad predictiva limita su aplicabilidad.

Por su parte, el modelo de Da Mota mostró el mejor desempeño entre todos los métodos evaluados. En Cerro del Águila, alcanzó un R^2 de 0.8797, lo que indica una excelente capacidad explicativa. Además, su RMSE de 99.9 fue el más bajo, reflejando alta precisión, aunque con un Bias de 30.6 que indica una moderada sobreestimación. En Chillar, el modelo mantuvo un rendimiento elevado ($R^2 = 0.8628$), con un RMSE de 93.5 y un Bias de 10.5. Estos resultados destacan a Da Mota como el modelo más preciso y confiable para la estimación de horas de frío en ambas localidades, aunque la ligera sobreestimación podría ajustarse en aplicaciones específicas.

El modelo de Sharpe, aunque presentó buenos valores de R^2 (0.8025 en Cerro del Águila y 0.8303 en Chillar), fue severamente limitado por su RMSE extremadamente alto (530.6 y 629.3, respectivamente) y su Bias negativo (-552.9 y -612.1). Esto evidencia una tendencia sistemática a subestimar las horas de frío, lo que compromete su utilidad para aplicaciones prácticas a pesar de su alta capacidad explicativa.

Los modelos de Crossa-Reynaud y Sánchez-Capuchino mostraron un desempeño deficiente en ambas localidades. En Cerro del Águila, el modelo de Crossa-Reynaud presentó un R^2 de 0.293, el RMSE más alto (654.6) y un Bias de 644, lo que refleja una gran sobreestimación. En Chillar, aunque R^2 mejoró ligeramente a 0.3736, los errores (RMSE de 568.2 y Bias de 499.8) continuaron siendo significativos. De manera similar, el modelo de Sánchez-Capuchino presentó valores bajos de R^2 (0.293 en Cerro del Águila y 0.3736 en Chillar) y altos RMSE (531.2 y 423.7), con una sobreestimación significativa en ambas localidades.

En resumen, el modelo de Da Mota se destaca como el más adecuado para la estimación de horas de frío en Cerro del Águila y Chillar, gracias a su alta capacidad explicativa y bajos errores. Sin embargo, la leve tendencia a la sobreestimación podría ser ajustada en futuros desarrollos. Los modelos de Crossa-Reynaud y Sánchez-Capuchino, por otro lado,

mostraron un desempeño insuficiente debido a su baja precisión y marcada sobreestimación, mientras que Sharpe destacó por su alta capacidad explicativa, pero con errores demasiado elevados para ser considerado confiable. Finalmente, el modelo de Weinberger mostró un desempeño intermedio, aunque con limitaciones en su capacidad predictiva, especialmente en Chillar. Este análisis destaca la importancia de evaluar múltiples métricas estadísticas para seleccionar modelos apropiados en estudios agrometeorológicos.

6. Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo permiten evaluar la capacidad explicativa de distintos modelos de estimación de horas frío en la región central de la provincia de Buenos Aires, específicamente en las estaciones de Cerro del Águila y Chillar, partido de Azul. El análisis comparativo evidenció que el modelo de Da Mota presentó los mejores ajustes en ambas localidades, con coeficientes de determinación (R^2) superiores a 0.85, lo que lo posiciona como el método más confiable para estimar horas frío en las condiciones climáticas de esta región. Estos hallazgos están en línea con lo reportado por varios autores en otras regiones, aunque también destacan ciertas diferencias que vale la pena discutir.

Al considerar las horas de frío reales, se observaron valores medios de 1167 horas en Cerro del Águila y 1244 horas en Chillar. Estos resultados difieren de los obtenidos en el estudio de Damario et al. (2007), quienes reportaron que las horas de frío para el Partido de Azul variaban entre 1300 y 1400 horas durante el período 1961-1990. Esta discrepancia en los resultados sugiere una posible variación en las condiciones climáticas entre ambos periodos y resalta la necesidad de un estudio más detallado para confirmar si esta tendencia persiste en periodos más extensos.

En el caso de Córdoba, Rodríguez et al. (1983) destacaron la importancia de seleccionar modelos adecuados para evitar errores significativos al estimar horas frío en zonas templado-cálidas. Sus conclusiones subrayaron que aplicar un mismo método a localidades vecinas puede llevar a discrepancias considerables, un aspecto también mencionado por Gil-Albert (1989), quien cuestionó la confiabilidad de los métodos de Da Mota y Weinberger en regiones de alta insolación. En contraste, los resultados de este trabajo indican que, en áreas de clima templado como la provincia de Buenos Aires, el modelo de Da Mota mantiene una robustez destacable, posiblemente debido a las características térmicas propias de la región.

En Sauce Viejo, Santa Fe, García et al. (2011) concluyeron que los modelos de Crossa-Reynaud y Sánchez-Capuchino eran los más adecuados, con errores estándar bajos y buen ajuste a los datos observados. Estos hallazgos difieren de los obtenidos en este trabajo, donde ambos modelos mostraron ajustes más débiles ($R^2 < 0.4$). Esta discrepancia puede atribuirse a la variabilidad térmica interanual de Sauce Viejo, como lo señalaron los mismos autores, o a diferencias metodológicas en la recolección y procesamiento de datos. Por otro lado, en un estudio realizado en la ciudad de La Plata, Pardi y Asbornó (2004) determinaron que el mejor método de estimación, durante un análisis de 10 años interrumpidos (1990, 1991, 1993 y de 1997 a 2003), fue el de Crossa-Reynaud.

Gariglio et al. (2006) observaron que los modelos de Da Mota y Sánchez-Capuchino eran adecuados para Rafaela, Santa Fe, pero también advirtieron que su aplicación debía ser específica para climas similares. Estos resultados refuerzan la idea de que el modelo de Da Mota es altamente adaptable en climas templados, aunque su uso en regiones más cálidas o con mayor variabilidad térmica podría requerir ajustes.

En resumen, los resultados obtenidos confirman la efectividad del modelo de Da Mota para

estimar horas frío en las condiciones actuales de la provincia de Buenos Aires. Sin embargo, la discusión en la literatura sugiere que su aplicabilidad debe evaluarse cuidadosamente en función de las características térmicas de cada región. Este trabajo, además, reafirma la importancia de seleccionar modelos específicos para las condiciones locales, considerando tanto la precisión estadística como la relevancia agroclimática de las estimaciones. Esto permitirá una mejor planificación de cultivos y una respuesta adaptativa más efectiva frente a escenarios de cambio climático.

7. Conclusiones

Un aprendizaje significativo busca que los estudiantes comprendan no solo *qué* aprenden, sino también *para qué* y *por qué*. Este enfoque permite que el conocimiento se convierta en una herramienta práctica y relevante para su desarrollo profesional. Los temas presentados deben motivar a los estudiantes, fomentando la interacción y el debate activo, donde puedan participar como protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje.

En este trabajo, se propuso una actividad didáctica basada en un caso real que combina conceptos estadísticos y agroclimáticos. A través de la aplicación de modelos de regresión lineal simple para la estimación de horas de frío, los estudiantes pudieron integrar conocimientos de distintas asignaturas, reflexionar sobre los resultados obtenidos y desarrollar una visión crítica. Este enfoque interdisciplinario permitió a los estudiantes elaborar conclusiones fundamentadas y analizar gráficos y datos de manera autónoma.

Además, el trabajo destacó la importancia de la comunicación de resultados de forma detallada y estructurada, aspecto esencial en la formación profesional de los estudiantes. Este tipo de actividad no solo facilita la comprensión de conceptos complejos, sino que también fomenta habilidades analíticas y comunicativas necesarias en escenarios técnicos y profesionales reales.

En síntesis, este enfoque didáctico refuerza la importancia de integrar disciplinas y de contextualizar los contenidos académicos en problemas reales. Esto no solo mejora el aprendizaje de conceptos clave, como la regresión lineal, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos técnicos y agroclimáticos, promoviendo una formación integral y adaptativa frente a las exigencias de su futura práctica profesional.

Referencias

- [1] Asborn, M. D., Somoza, J. A., & Pardi, M. H. (2001). Elección de un método de cálculo de horas de frío efectivas. En *XIII Congreso Brasileiro de Agrometeorología y III Reunión Latinoamericana de Agrometeorología* (pp. 821-822). Fortaleza, Brasil.
- [2] Ausubel, D., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- [3] Batanero, C. (2001). *Didáctica de la Estadística*. Universidad de Granada.
- [4] Beltran, A., Damario, E. A., & Pascale, A. J. (1997). Comprobación de un método para la estimación de las unidades de enfriamiento de Richardson para estudios agroclimáticos. En *7ª Reunión Argentina y 1ª Latinoamericana de Agrometeorología* (p. 69). Buenos Aires, Argentina.[cite: 1]
- [5] Coville, F. W. (1920). The influence of cold in stimulating the growth of plants. *Journal Agricultural Research*, 20(2), 151-160.[cite: 1]
- [6] Crossa-Reynaud, P. (1956). Effects des hivers doux sur le comportement des arbres fruitiers à feuilles caduques. *Annales du Service Botanique et Agronomique*, 29, 1-22.[cite: 1]
- [7] Da Mota, F. S. (1957). Os invernos de Pelotas, RS, em relação às exigências das árvores frutíferas de folhas caducas. *Boletim Técnico n.º 18 do Instituto Agrônomo do Sul*. [cite: 1]
- [8] Damario, E. A., & Pascale, A. J. (1995). Nueva carta agroclimática de “Horas de Frío” en la Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires*, 15(2-3), 219-225.[cite: 1]
- [9] Damario, E. A., Pascale, A. J., & Bustos, C. A. (1998). Método simplificado para la estimación agroclimática de “horas de frío” anuales. *Revista Facultad de Agronomía*, 18(1-2), 93-98.[cite: 1]
- [10] Damario, E. A., Pascale, A. J., & Hurtado, R. (2007). Horas de frío disponibles para frutales criófilos en la región serrana de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*, 27(3), 201-208.[cite: 1]
- [11] García, M. S., Leva, P. E., Valtorta, S. E., Gariglio, N. F., & Toffoli, O. (2011). Estimación de horas de frío para localidad de Sauce Viejo (Santa Fe, Argentina): diferentes modelos. *FAVE Sección Ciencias Agrarias*, 10(1-2), 69-75. <https://doi.org/10.14409/fa.v10i1/2.4139>[cite:1]
- [12] Gariglio, N. F., Dovis, V. L., Leva, P. E., García, M. S., & Bouzo, C. A. (2006). Acumulación de horas de frío en la zona centro-oeste de Santa Fe [Argentina] para frutales caducifolios. *Horticultura Argentina*, 25(58), 26-32.[cite: 1]
- [13] Gil-Albert Velarde, F. (1989). *Tratado de arboricultura frutal. Vol II: La ecología del árbol frutal* (2.ª ed.). Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Ed. Mundi-Prensa.[cite: 1]
- [14] Mendoza García, E. (2020). Efecto de la acumulación de horas frío en el porcentaje de floración de cultivares de ciruelo manzano y duraznero en zonas de valle alto. *Revista de Investigación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 7(2).[cite: 1]
- [15] Nightingale, G. T., & Blake, M. A. (1934). Effect of temperature on the growth and metabolism of Elberta peach trees with notes on the growth responses of other varieties. *New Jersey Agricultural Experiment Station Bulletin*, 567.[cite: 1]

- [16] Pardi, H. M., & Asborn, M. D. (2004). Métodos de estimación de horas de frío efectivas. Su relación con las horas de frío reales y las temperaturas mínimas medias. En *X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorología*. [cite: 1]
- [17] Pascale, A. J., & Damario, E. A. (2004). *Bioclimatología agrícola y Agroclimatología*. Buenos Aires: Editorial Facultad de Agronomía. [cite: 1]
- [18] Razeto, B. M. (2006). *Para entender la fruticultura*. Santiago, Chile: Ed. Los Cerezos. [cite: 1]
- [19] Rico, L. (1997). Reivindicación del error en el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Épsilon*, 38, 185-198. [cite: 1]
- [20] Righetti, A. (2015). Errores detectados en estudiantes universitarios al desarrollar pruebas de asociación estadística. *Investigación Operativa*, 38(XXIII), 78-98. [cite: 1]
- [21] Rodríguez, A. R., Edreira, G. E., & Blanch de Bongiovanni, N. (1983). Estudio de distintos métodos de estimación de horas de frío, y su comparación con el cómputo real de las mismas obtenidas en Córdoba. *Revista de Ciencias Agropecuarias*, 5(IV), 31-40. [cite: 1]
- [22] Sánchez-Capuchino, J. A. (1967). Contribución al conocimiento de necesidades en frío invernal de variedades frutícolas (I, II y III). *Levante Agrícola*. [cite: 1]
- [23] Sharpe, R. H. (1970). Sub-tropical peaches and nectarines. *Florida State Horticultural Society*, 82, 302-306. [cite: 1]
- [24] Terán, T., & Ciminari, J. (2019). Los errores que cometen los alumnos en la resolución de situaciones problemáticas en temas de inferencia estadística como principal obstáculo en la didáctica de la estadística. En J. M. Contreras et al. (Eds.), *Actas del Tercer Congreso Internacional Virtual de Educación Estadística*. [cite: 1]
- [25] Weinberger, J. H. (1954). Effect of high temperature during the breaking of the rest of 'Sullivan Elberta' peach buds. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 63, 157-164. [cite: 1]