



INFLUENCIA DE HELADAS EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE CEBADA EN LA SIERRA DE PERÚ

Rubén D. Collantes G.¹ y Luz R. Gómez-Pando²

¹Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta, Panamá. rdcg31@hotmail.com   

²Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Programa de Cereales y Granos Nativos. luzgomez@lamolina.edu.pe   

RESUMEN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.), es un cultivo estratégico para las comunidades alto andinas, dado que, es poco exigente en suelo, tolera bien las bajas temperaturas y se le puede aprovechar tanto para la alimentación humana como animal. Las heladas, por otro lado, son fenómenos que suelen presentarse en Los Andes y pueden afectar el desarrollo adecuado de los cultivos. La presente investigación pretende ilustrar la influencia de las heladas en el rendimiento y calidad de la cebada en la sierra central de Perú. Para ello, se escogieron dos localidades: Valle del Mantaro (11°50'33" S 75°22'45" O, 3200 m s.n.m.) y Ñahuimpuquio (12°19'35" S 75°04'00" O, 3630 m s.n.m.). Se registró una helada meteorológica durante el estudio. Se evaluaron cuatro cultivares mejorados, comparando siete variables de rendimiento y tres de calidad. Se empleó un diseño de bloques completos al azar por localidad. Los análisis estadísticos se realizaron mediante el programa SAS. Los resultados obtenidos reflejaron que, la ocurrencia de dicha helada durante la floración comprometió el desarrollo adecuado de los cultivares en Ñahuimpuquio; mientras que, en el Valle del Mantaro, no hubo afectaciones al ocurrir durante el crecimiento vegetativo. En conclusión, las heladas ocurridas en etapas sensibles del cultivo pueden comprometer el rendimiento, la calidad y, por consiguiente, la soberanía alimentaria.

PALABRAS CLAVES

Calidad, Cebada, helada, rendimiento, soberanía alimentaria.

FROST INFLUENCE ON YIELD AND QUALITY OF BARLEY IN THE SIERRA DE PERU

ABSTRACT

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is a strategic crop for the Andean communities because it is not very demanding on soil conditions, tolerates low temperatures and can be used for both human and animal consumption. Frosts, on the other hand, are phenomena that usually occur in the Andes and can affect the proper development of crops. This research aims to illustrate the influence of frost on the yield and quality of barley in the central highlands of Peru. For this, two locations were chosen: Valle del Mantaro (11°50'33" S 75°22'45" W, 3200 m asl) and Ñahuimpuquio (12°19'35" S 75°04'00" W, 3630 m asl). A meteorological frost was recorded during the study. Four cultivars were evaluated, comparing seven yield variables and three quality variables. A randomized complete block design by locality was used. Statistical analyses were performed using the SAS program. The results obtained reflected that the occurrence of said frost during flowering compromised the adequate development of cultivars in Ñahuimpuquio; while, in Valle del Mantaro, there were no effects when it occurred during vegetative growth. Frosts that occur in sensitive stages of the crop can compromise yield and quality, as well as food sovereignty.

KEY WORDS

Barley, food sovereignty, frost, quality, yield.

INTRODUCCIÓN

Para alimentar a la población mundial (6,8 billones de personas), se requiere una superficie dedicada a agricultura y ganadería del tamaño de Suramérica; proyectándose para el 2050 la necesidad de un área adicional equivalente a Brasil. Por ello, existe una demanda creciente de prácticas de cultivo más sostenibles, que optimicen el aprovechamiento de los recursos naturales para alimentación humana y animal (cebada de doble propósito), en áreas con suelos deficitarios en nutrientes, representen oportunidades de empleo locales incorporando nuevas zonas productivas y que contribuyan a mitigar el cambio climático (Windes *et al.*, 2019; Despommier, 2020).

Los cereales y los granos andinos son de gran importancia económica, social y cultural en Perú; país en el cual, cerca del 95% de la superficie cultivada con trigo y cebada corresponde a la sierra, que forma parte de la cordillera de Los Andes. La cebada destaca por ser un cultivo rústico, de ciclo vegetativo corto, con capacidad de adaptación y buen rendimiento (1,1 t/ha en promedio), ser parte de los sistemas productivos y servir como alimento tanto para consumo humano como animal. Entre

los factores que afectan la producción, el clima es de suma importancia (Quispe, 2007; MINAG, 2011; Llacsá et al., 2020).

El daño que pueden producir las bajas temperaturas extremas en los cereales, depende del estado de desarrollo del cultivo en el momento en que se presentan. Los cultivos de trigo y cebada tienen una buena adaptación a las bajas temperaturas durante gran parte de su ciclo de desarrollo, pero los cambios bruscos de temperatura pueden afectar los tejidos en crecimiento activo, como es el caso de los órganos florales (Agropal, 2021).

Por todo lo expuesto, el objetivo del presente estudio es ilustrar la influencia de las heladas meteorológicas (temperatura $\leq 0^{\circ}$ C), en el rendimiento y calidad de la cebada cultivada en la sierra central de Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en dos localidades de la sierra central, Perú (Figura 1):

Instituto Rural de Desarrollo de Sierra (IRD-Sierra, UNALM). Ubicado en el Fundo San Juan de Yanamucllo, Valle del Mantaro, Distrito de San Lorenzo, Provincia de Jauja, Departamento de Junín ($11^{\circ}50'33''$ S $75^{\circ}22'45''$ O, 3200 m s.n.m.).

Campo de productor. En el Distrito de Ñahuimpuquio, Provincia de Tayacaja, Departamento de Huancavelica ($12^{\circ}19'35''$ S $75^{\circ}04'00''$ O, 3630 m s.n.m.).



Figura 1. Localidades de estudio. Fuente: Google Earth Pro (2021).

De acuerdo con el método de Clasificación Climática de Warren Thornthwaite aplicado por SENAMHI (2020), de los 38 tipos de clima presentes en el Perú, el área de estudio presenta un clima semiseco con humedad abundante todas las estaciones del año. Templado. C (r) B'. Esta región presenta durante el año, en promedio temperaturas máximas de 21°C a 25°C y temperaturas mínimas de 7°C a 11°C. Los acumulados anuales de lluvias en estas zonas pueden alcanzar valores desde los 700 mm hasta los 2000 mm aproximadamente.

Los datos meteorológicos se obtuvieron de la Estación Meteorológica "La Victoria", Huancayo-Junín (3231 m s.n.m.), del Centro Internacional de la Papa, para el periodo de estudio comprendido entre diciembre de 2006 y julio de 2007. El 17 de febrero de 2007, se registró una helada meteorológica de -0,3° C en Huancayo, estimada en -3° C en Nahuimpuquio.

Siguiendo la metodología de Collantes (2007), se estableció diseño de bloques completos al azar por localidad, considerando cuatro tratamientos y tres repeticiones (bloques). Los tratamientos correspondieron a cuatro cultivares mejorados de cebada: 'Centenario', 'UNA La Molina 96', 'Moronera-INIA' y 'UNA 80'. Estos materiales fueron seleccionados por su resistencia a enfermedades, el rango de adaptabilidad a la altitud y rendimiento potencial. Para la instalación del ensayo, se contó con el apoyo del Programa de Cereales y Granos Nativos y del IRD-Sierra de la UNALM. Se tomó datos periódicamente

(Figura 2). Se evaluó rendimiento y calidad de cuatro cultivares de cebada que sufrieron la influencia de heladas meteorológicas en dos localidades de la sierra central de Perú; siendo las variables de estudio el rendimiento (kg/ha), peso de mil granos (g), número de espigas por metro cuadrado, número de granos por espiga, altura de planta (cm), días a la floración, días a la madurez, peso hectolítrico (kg/hl), tamaño de grano, contenido de proteína. Los análisis estadísticos (ANOVA, Prueba de Duncan al 5% y análisis de correlación), se realizaron mediante el programa SAS.



Figura 2. Toma de datos, Valle del Mantaro, Junín, Perú. Foto: J. Falconí.

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados, no se encontraron diferencias significativas entre los cultivares evaluados a nivel de localidad, en cuanto al rendimiento y la altura de planta. Sin embargo, al comparar el rendimiento y la altura promedio entre el Valle del Mantaro (5177,78 kg/ha; 122,92 cm) y Ñahuimpuquio (459,78 kg/ha; 80,17 cm), lo obtenido en esta última representa el 8,88% de lo cosechado en la primera y el 65,22% de altura. Tampoco se encontró diferencias significativas entre los tratamientos por localidad, en el número de espigas por metro cuadrado (612 en el Valle del Mantaro y 558 en Ñahuimpuquio) ni en el contenido de proteína (10,91% en el Valle del Mantaro y 12,29% en Ñahuimpuquio); pero, al comparar los valores

promedio, se observa que en Ñahuimpuquio hubo un 8,82% menos espigas por área. En ambos casos, el contenido de proteína es adecuado para la industrialización.

En cuanto a los días a la floración, sólo se encontró diferencias significativas en Ñahuimpuquio, siendo su valor promedio de 72,5 días. La prueba de Duncan formó dos grupos de datos: A) 'Moronera' (75,67 días) y 'Centenario' (74,33 días); B) 'UNA LM 96' (70 días) y 'UNA 80' (70 días). Por otro lado, en los días a la madurez, se encontró diferencias altamente significativas en ambas localidades, con valores promedio de 148 días en el Valle del Mantaro y 152,5 días en Ñahuimpuquio. Destaca el hecho de que 'UNA 80', maduró antes de lo previsto en ambos lugares, siendo un cultivar tardío y en ambos casos, la prueba de Duncan lo situó en el grupo B (140 días y 146,7 días).

Respecto al número de granos por espiga y al peso de 1000 granos, se encontró diferencias altamente significativas entre los cultivares evaluados en el Valle del Mantaro, destacando 'UNA 80' con 27,33 granos por espiga, pero 'Centenario' fue superior con 60,50 g por 1000 granos; y en ambos casos, la prueba de Duncan conformó dos grupos. En Ñahuimpuquio, no se encontró diferencias significativas, siendo el número promedio de granos por espiga de 2,5 (14,4% de lo obtenido en el Valle del Mantaro) y el peso de 1000 granos de 34,55 g (67% de lo obtenido en el Valle del Mantaro).

Del peso hectolítrico y granos de primera, se encontró diferencias significativas entre los cultivares evaluados en el Valle del Mantaro, con un valor promedio de 64,12 kg/hl y un 96,02% de granos de primera; destacando en ambos casos 'Moronera', con 66,22 kg/hl y 98,80%, respectivamente (cuadro 1). En Ñahuimpuquio, no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, obteniéndose promedios de 45,22 kg/hl y 67,62% (alrededor del 70% de lo obtenido en el Valle del Mantaro para ambas variables evaluadas).

Del análisis de correlación desarrollado entre el rendimiento y las demás variables de estudio, no se encontró significancia en el Valle del Mantaro. Sin embargo, en Ñahuimpuquio sólo se encontró significación estadística entre el rendimiento y días a la madurez (Cuadro 2), con un coeficiente de correlación (r) de $-0,9578$.

Cuadro 1. Prueba de Duncan (al 5%) de granos de primera (%) y peso hectolítrico (kg/hl) de cebada evaluada en el Valle del Mantaro.

Cultivar	Granos de Primera (%)	Grupo	Peso (kg/hl)	Grupo
Moronera	98,80	A	66,22	A
Centenario	98,54	A	65,53	A
UNA 80	90,43	B	63,48	AB
UNA LM 96	93,50	B	61,23	B

Cuadro 2. Análisis de correlación (r) entre el rendimiento (kg/ha) y las demás variables evaluadas en Ñahuimpuquio

Rendimiento (kg/ha)	Altura (cm)	Días a la floración	Días a la madurez	Espigas/m ²	Granos/espiga
r	-0.6795	-0.6795	-0.9578*	-0.5664	0.8560
Rendimiento (kg/ha)	Peso 1000 granos (g)	Proteína (%)	Peso hectolítrico (kg/hl)	Granos de Primera (%)	
r	0.5510	-0.6135	0.4890	0.8959	

*Significación al 0,05 de probabilidad.

DISCUSIÓN

Considerando lo señalado por Agropal (2021), respecto a que cambios bruscos en la temperatura pueden ocasionar daños en los tejidos en crecimiento; esto concuerda con los datos generados durante la investigación; dado que, el rendimiento promedio obtenido en Ñahuimpuquio es menos del 10% de lo obtenido en el Valle del Mantaro; lo cual a su vez refleja que, los cultivares evaluados no lograron expresar todo su potencial. Todo ello puede guardar relación con factores como:

Periodo del cultivo. Desde la siembra hasta la cosecha, la cebada en el Valle del Mantaro permaneció cinco meses y medio, de los cuales tres correspondieron a crecimiento vegetativo; mientras que en Ñahuimpuquio, de los siete meses que duró el ciclo del cultivo, la fase vegetativa duró dos. Esto concuerda con Dofing (1997), quien indicó que un mayor periodo de pre-espigado, junto con una tasa de llenado de grano rápida mejoran el rendimiento, al desarrollar un número adecuado

de granos por espiga y número de hojas para proveer fotosintatos durante el llenado de grano.

Suelo. Los suelos arcillosos y compactos de Ñahuimpuquio, no son favorables para el cultivo de cebada, dado que dificultan la germinación, limitan el desarrollo de la fase vegetativa, son susceptibles al anegamiento y al poseer contenido de materia orgánica bajo, esto explicará el hecho de que la duración de esta etapa fuese menor, en comparación con el Valle del Mantaro, que posee suelos francos y contenido de materia orgánica medio (Collantes, 2007).

Temperatura. De acuerdo con la información meteorológica obtenida durante el estudio, las temperaturas promedio en el Valle del Mantaro, durante el periodo de estudio fueron: Promedio = 12° C, Máxima = 20° C y Mínima = 6° C; mientras que, para Ñahuimpuquio se estimó: Promedio = 9,3° C, Máxima = 17,3° C y Mínima = 3,1° C. Las condiciones del Valle del Mantaro son más favorables, dado que Briggs (1978), señaló que la temperatura mínima que requiere la cebada para germinar es justamente 6° C, la mínima para que ocurra floración es de 16° C y la mínima para madurar 20° C.

Heladas. La helada registrada durante el mes de febrero, ocurrió cuando el cultivo en Ñahuimpuquio se encontraba en floración; mientras que, en el Valle del Mantaro, aún estaba en fase vegetativa. Adicionalmente, se registraron dos heladas en los meses de junio y julio, cuando en Ñahuimpuquio aún se encontraba el cultivo establecido en campo y en el Valle del Mantaro ya había sido cosechado.

Radiación solar. A mayor altitud, la radiación solar se incrementa. Al ser una planta C3, según Lira (1994), la cebada alcanza fácilmente la saturación lumínica a una concentración constante de CO₂ (0,03%) Por ello, incrementos en la radiación solar lejos de ser benéficos, pueden provocar estrés en la planta, sumado a afectaciones durante la polinización.

Todo lo expuesto anteriormente sugiere que, al presentarse una helada durante una etapa tan sensible, como es la floración, en conjugación con otros factores limitantes, pueden llegar a comprometer hasta en más de un 90% el rendimiento esperado; además de limitar la expresión de atributos propios de cada cultivar. Al respecto, Corró *et al.* (2016),

señalaron que, el efecto de las bajas temperaturas puede reducirse si las plantas pasan por un proceso de aclimatación; mientras que, cuando la helada es precedida por altas temperaturas, los daños serían mayores.

Si bien uno de los usos más conocidos de la cebada es para elaborar licores como la cerveza y el whiskey, en las regiones alto andinas representa un cultivo estratégico; sobre lo cual Llacsa *et al.* (2020), han hecho énfasis mediante la evaluación de cultivares promisorios también en la sierra central de Perú.

Por otro lado, en Ecuador, el trabajo de Coronel y Jiménez (2011), destaca la importancia estratégica de este cultivo para la sostenibilidad de los medios de vida, así como la seguridad y soberanía alimentaria.

Desarrollar una agricultura climáticamente inteligente, puede contribuir a favorecer transiciones hacia sistemas productivos sostenibles y el establecimiento de un sector agrícola resiliente (Banco Mundial, CIAT y CATIE, 2014).

CONCLUSIONES

Del presente trabajo, se concluye que, las heladas ocurridas en etapas sensibles del cultivo como la floración, en conjugación con otros factores restrictivos, pueden comprometer el rendimiento esperado hasta en más de un 90%; además de limitar la expresión de los caracteres de interés en cultivares mejorados. Se requiere continuar con estas investigaciones, a fin de contribuir con la seguridad y soberanía alimentaria del Perú y otros países andinos; en aras de una intensificación productiva sostenible en estos agroecosistemas.

AGRADECIMIENTOS

A los compañeros del Programa de Cereales y Granos Nativos y del IRD-Sierra de la UNALM, por todo el apoyo brindado durante la ejecución de los ensayos en campo. Al Ingeniero José Falconí y a la Ingeniera Martha Ibáñez, por las recomendaciones dadas durante la ejecución de la investigación. Al Ingeniero Vicente Rojas, por su asesoramiento durante los análisis estadísticos. A la Fundación Backus, por financiar el presente trabajo.

REFERENCIAS.

Agropal. (2021). Los efectos de la baja temperatura en el cultivo de cereal. http://www.agropalsc.com/servicios_noticias_d.shtml?Idboletin=891&idarticulo=145116&idseccion=4430. Consulta:17–noviembre–2021.

Banco Mundial; CIAT; CATIE. (2014). Agricultura climáticamente inteligente en el Perú. Serie de Perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para América Latina. Washington D.C. 12 p. <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/52994/CSA-en-Peru.pdf?sequence=8&isAllowed=y>.

Briggs, D. E. (1978). Barley. Fletcher and Son, Ltd., Norwich. 612 p.
Collantes, R. (2007). Comparativo del rendimiento y calidad de cultivares mejorados de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en dos localidades de la Sierra Central de Perú. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 107 p. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3970.7281>.

Coronel, J.; y Jiménez, C. (2011). Guía práctica para los productores de cebada de la Sierra Sur. INIAP, Estación Experimental del Austro, Boletín Divulgativo N° 404, Cuenca, Ecuador. 12 p. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1106/1/404.PDF>.

Corró, A.; Pérez, J.; Figueruelo, A.; Funaro, D.; Cabo, S.; y Olguin, R. (2016). Daño por frío en cereales de invierno. Informe Técnico, INTA, Argentina. <https://inta.gob.ar/documentos/dano-por-frio-en-cereales-de-invierno>, 9p

Despommier, D. (2020). The Vertical Farm: Feeding the World in the 21st Century. Picador, A Thomas Dunne Book. St. Martin's Press, New York. 346 p.

Dofing, S. (1997). Ontogenetic Evaluation of Grain Yield and Time Maturity in Barley. Agronomy Journal, Vol. 89, N° 4: 685-690. <https://doi.org/10.2134/agronj1997.00021962008900040023x>.

Lira, R. (1994). Fisiología Vegetal, Capítulo 11: El proceso fotosintético en las plantas, p. 159-177. Editorial Trillas, México D. F., México.

Llacsá, J.; Gamarra, J. A.; Gómez, C. A.; Martínez, A.; Gómez, L. R.; Viera, M. A. (2020). Evaluación de genotipos promisorios de cebada (*Hordeum vulgare L.*) en los Andes centrales de Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(2): e17856. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17856>.

MINAG (Ministerio de Agricultura, PE). (2011). Manejo y Fertilidad de Suelos: Cereales y Granos Nativos. Manual Técnico. 47 p. <https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/MIDAGRI/395/1/Cereales%20y%20granos%20Minagri.pdf>. Consulta: 17 – noviembre – 2021.

Quispe, G. (2007). Evaluación del Sistema del Cultivo de Papa (*Solanum tuberosum L.*) en la Comunidad Campesina de Aramachay (Sincos, Jauja, Junín). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 97 p.

SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú). (2020). Mapa climático del Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>. Consulta: 18 – noviembre – 2021.

Windes, S.; Carrijo, D.; Curwen-McAdams, C.; Hayes, P. (2019). Improving the Sustainability of Malting Barley Production: Prospects for Perennial and Annual Growth Habit Varieties. *Crop Science*, 59:2289–2296. <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2018.12.0747>.

Recibido 15 julio 2021 y aceptado 20 octubre 2021

Editor Responsable: Dr. Eduardo Camacho