



# CONSERVACIÓN A LARGO PLAZO DE CEBADA: UN ESTUDIO DE LAS VARIABLES CRÍTICAS DE ALMACENAMIENTO

## LONG-TERM CONSERVATION OF BARLEY: A STUDY OF CRITICAL STORAGE VARIABLES

Shuyana De la Fuente<sup>1</sup>

Investigador independiente

[shuyana.delafuente@gmail.com](mailto:shuyana.delafuente@gmail.com)

<https://orcid.org/0000-0002-8054-9452>

Fecha de recepción: 06-08-2024

Fecha de aceptación: 22-08-2024

Fecha de publicación: 15-09-2024

### RESUMEN

El almacenamiento de cebada enfrenta problemas como el crecimiento de hongos y bacterias debido a la humedad por ello se buscan nuevas condiciones de almacenamiento para mejorar la conservación y calidad del grano. El presente estudio exploró la viabilidad de conservar y almacenar cebada (*Hordeum vulgare*) en condiciones de 20% de humedad relativa y 22°C de temperatura constante. La investigación surgió de la necesidad de evaluar si estas condiciones son óptimas para mantener la calidad y estabilidad de la cebada a largo plazo. Con el objetivo de identificar las variables críticas de almacenamiento, el estudio empleó un enfoque multidisciplinario que incluyó análisis microbiológicos, organolépticos y nutricionales. Se realizó un análisis exhaustivo de la humedad para observar la adaptación del grano, y una evaluación organoléptica con la participación de estudiantes, que mostró una aceptación positiva de la cebada bajo estas condiciones. Los análisis microbiológicos evidenciaron la ausencia de mohos, lo cual es favorable para la conservación, pero también revelaron la presencia de levaduras como *Saccharomyces cerevisiae* y bacterias como *Lactobacillus spp*, lo que introdujo nuevos retos en términos de control microbiano. Los resultados fueron respaldados por análisis estadísticos, lo que permitió sacar conclusiones sólidas. Entre estas, se destacó la necesidad de ajustar las condiciones de almacenamiento para balancear la conservación efectiva con la gestión de microorganismos, garantizando tanto la calidad sensorial como la seguridad microbiológica a largo plazo. En conclusión, este estudio contribuye al desarrollo de prácticas más sostenibles y eficientes para la conservación de cebada en la industria alimentaria, subrayando la importancia de optimizar las condiciones de almacenamiento para preservar su calidad.



## Palabras clave

Cebada, conservación, humedad relativa, análisis microbiológico, *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus spp*

## ABSTRACT

The present study explored the feasibility of preserving and storing barley (*Hordeum vulgare*) under conditions of 20% relative humidity and 22°C constant temperature. The research arose from the need to assess whether these conditions are optimal for maintaining barley quality and stability in the long term. In order to identify critical storage variables, the study employed a multidisciplinary approach that included microbiological, organoleptic and nutritional analyses. A comprehensive moisture analysis was performed to observe the adaptation of the grain, and an organoleptic evaluation with the participation of students, which showed a positive acceptance of barley under these conditions. Microbiological analyses showed the absence of molds, which is favorable for conservation, but also revealed the presence of yeasts such as *Saccharomyces cerevisiae* and bacteria such as *Lactobacillus spp*, which introduced new challenges in terms of microbial control. The results were supported by statistical analysis, allowing solid conclusions to be drawn. Among these, the need to adjust storage conditions to balance effective preservation with microorganism management, ensuring both sensory quality and long-term microbiological safety, was highlighted. In conclusion, this study contributes to the development of more sustainable and efficient practices for barley preservation in the food industry, highlighting the importance of optimizing storage conditions to preserve its quality.

## Keywords

Barley, preservation, relative humidity, microbiological analysis, *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus spp*.

## INTRODUCCIÓN

La conservación y almacenamiento de granos, en particular de cereales como la cebada (*Hordeum vulgare*), representan desafíos cruciales en la cadena de suministro alimentaria. La preservación efectiva de estos granos es esencial para garantizar su calidad, seguridad alimentaria y rentabilidad económica (1). En este contexto, la manipulación de factores ambientales como la humedad relativa y la temperatura juega un papel fundamental en la prevención de la proliferación de microorganismos, la degradación de nutrientes y la preservación de las características organolépticas.

En particular los cereales como la cebada, son elementos críticos en la cadena de producción de alimentos y desempeñan un papel fundamental en la seguridad alimentaria mundial (2). La cebada (*Hordeum vulgare*) es un cereal ampliamente utilizado en la industria alimentaria, tanto para la producción de alimentos para humanos como para piensos para animales (3). Sin embargo, su almacenamiento



prolongado puede verse afectado por diversos factores, entre ellos, la humedad relativa y la temperatura del ambiente circundante (1).

El contenido de humedad es un factor determinante en la calidad de los granos almacenados, ya que niveles elevados pueden propiciar el crecimiento de hongos y bacterias, conduciendo a la degradación de la cebada y la producción de micotoxinas perjudiciales para la salud humana y animal. En la búsqueda de estrategias innovadoras para la conservación y almacenamiento de cereales como la cebada (*Hordeum vulgare*), la investigación de condiciones específicas de almacenamiento despierta un interés creciente en la comunidad científica y agrícola.

La elección de un grado del 20% de humedad relativa y una temperatura constante de 22°C como parámetros para este estudio experimental no solo responde a la necesidad de explorar nuevas alternativas, sino que también plantea preguntas fundamentales sobre cómo estos factores ambientales pueden influir en la preservación de la cebada a lo largo del tiempo. Por otro lado, la temperatura del almacenamiento influye en la velocidad de reacciones químicas y biológicas, afectando la estabilidad de los nutrientes y la frescura de los productos almacenados (4).

Esto podría resultar en una consistencia pegajosa o alteraciones en su estructura, afectando su utilidad en la elaboración de cerveza y otros productos alimenticios (2). El exceso de humedad puede acelerar la degradación de las enzimas y nutrientes en la cebada, afectando su valor nutricional y su idoneidad para la producción de alimentos y piensos (2). Un ambiente con alta humedad relativa puede conducir a la formación de condensación, lo que favorece el crecimiento de microorganismos y puede provocar el problema de la cebada.

Almacenar la cebada a temperaturas más bajas puede ralentizar el desarrollo de insectos y reducir el riesgo de infestación (3). La temperatura también afecta la tasa de respiración de la cebada. Almacenar la cebada a temperaturas más altas puede acelerar la respiración y, por lo tanto, aumentar la pérdida de calidad del grano (1). El presente estudio tiene como objetivo principal investigar la viabilidad de la conservación y almacenamiento de cebada (*Hordeum vulgare*) en ambientes controlados con un grado del 20% de humedad relativa y una temperatura constante de 22°C.

A través de un enfoque experimental, se busca: Evaluar el impacto de las condiciones ambientales específicas (20% de humedad relativa y 22°C) en la estabilidad microbiológica de la cebada durante períodos prolongados de almacenamiento. Analizar la retención de nutrientes esenciales en la cebada almacenada bajo las condiciones mencionadas, con especial atención a la preservación de la calidad nutricional del grano. Investigar la influencia de las condiciones de humedad relativa y temperatura en las características organolépticas de la cebada, incluyendo aspectos sensoriales como aroma, sabor y textura.

Proporcionar recomendaciones prácticas y estrategias para la conservación óptima de la cebada en entornos con un 20% de humedad relativa y 22°C, con el objetivo de mejorar la eficiencia de la cadena de suministro, minimizar pérdidas postcosecha y garantizar la seguridad alimentaria (5).



Al abordar estos objetivos, se busca contribuir significativamente al conocimiento científico en el campo de la conservación de cereales, brindando información valiosa para la optimización de prácticas de almacenamiento y promoviendo la sostenibilidad en la cadena alimentaria. Los resultados obtenidos de este estudio podrían proporcionar una base científica sólida para desarrollar estrategias de almacenamiento y conservación más eficientes para la cebada, contribuyendo así a la mitigación de pérdidas postcosecha y mejorando la calidad de los productos finales.

La investigación abordará aspectos clave, como la estabilidad microbiológica, la retención de nutrientes esenciales y la preservación de características sensoriales, con el objetivo de aportar conocimientos valiosos para el diseño de estrategias efectivas en la conservación de la cebada en entornos específicos de humedad relativa y temperatura.

Este enfoque experimental busca contribuir al desarrollo de prácticas innovadoras que mejoren la eficiencia y la sostenibilidad de la cadena de suministro de cereales, impactando positivamente en la seguridad alimentaria y la gestión de recursos agrícolas. Además, la comprensión de cómo estas condiciones específicas afectan a la cebada podría tener implicaciones más amplias en la gestión de la cadena de suministro de cereales y en la toma de decisiones relacionadas con la seguridad alimentaria a nivel global.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio adopta un enfoque experimental y sigue una ruta metodológica compuesta principalmente las siguientes etapas: experimentación, búsqueda, organización, sistematización, comparación y análisis de documentos relacionados con la conservación de la cebada independientemente de las características que posea cada una de las conservaciones.

La investigación se lleva a cabo mediante una experimentación para el proceso de conservación y almacenamiento en cuanto la revisión que será usada con el fin de comparar estudios e investigaciones ya antes realizados este tipo de literatura y un análisis crítico en profundidad de los datos recopilados en relación con el tema.

Para la recopilación de información relevante, se consultaron diversas bases de datos, como Scopus, Web of Science, Scielo y Google Académico, entre otras. La información proviene de diversas fuentes, como libros, revistas, tesis y artículos científicos revisados; todo este material se obtuvo en línea. Además, para complementar la búsqueda, se llevó a cabo una lectura y seguimiento de la bibliografía haciendo referencia a los documentos encontrados.

El estudio experimental propuesto se enfoca en un escenario específico, caracterizado por un 20% de humedad relativa y una temperatura constante de 22°C, con el propósito de evaluar cómo estas condiciones ambientales afectan la conservación de la cebada a lo largo del tiempo. La investigación se centrará en la monitorización de parámetros microbiológicos, como la presencia de mohos y bacterias, así como en la evaluación de la retención de nutrientes esenciales y la preservación de las propiedades organolépticas de la cebada.



La cebada tomada como prueba, la cual fue adquirida en tres mercados locales distintos para evaluar la posible conservación. Dichas muestras fueron conservadas con la ayuda de una incubadora para simular las condiciones de temperatura y humedad, en donde se realizaron 3 muestras de 5g cada una.

Las muestras fueron divididas en grupos de 3 dándonos así un total de 15 muestras que serán conservadas durante un periodo de 5 días con el fin de evaluar las siguientes especificaciones: el análisis nutricional, organoléptico y proliferación de microorganismos dichos parámetros fueron tomados en cuenta debido a que estos alterarán a la calidad de la cebada y por ende a su almacenamiento y conservación.

### Métodos de investigación

**Selección de muestras:** Seleccionar una muestra representativa de cebada (*Hordeum vulgare*) de alta calidad, asegurándose de que esté libre de contaminantes y defectos visibles.

**Preparación de condiciones experimentales:** Con la ayuda d una incubadora establecer ambientes controlados con un grado del 20% de humedad relativa y una temperatura constante de 22°C utilizando cámaras de almacenamiento climático.

Verificar y calibrar regularmente los equipos de control ambiental para garantizar la consistencia de las condiciones a lo largo del experimento.

**Caracterización inicial:** Realizar análisis inicial de la cebada, incluyendo contenido de humedad, composición nutricional, y propiedades organolépticas como aroma, sabor y textura.

**Almacenamiento de las muestras:** Distribuir uniformemente las muestras de cebada en contenedores herméticos, asegurando una distribución homogénea de la humedad y la temperatura.

Almacenar las muestras en los ambientes controlados durante períodos definidos, que abarquen desde semanas hasta varios meses para evaluar la estabilidad a largo plazo.

**Monitoreo continuo:** Realizar monitoreo constante de las condiciones ambientales, registrando la humedad relativa y la temperatura a intervalos regulares.

Tomar muestras periódicas para evaluar cambios en la estabilidad microbiológica, contenido de nutrientes y propiedades organolépticas.

**Análisis nutricional:** Utilizar métodos analíticos como un análisis de humedad la cual se basa en el peso y la cantidad de agua retenida dentro de la cebada, para medir la retención de nutrientes esenciales como proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales en la cebada almacenada.

**Análisis organoléptico:** Conducir análisis sensoriales periódicos con un panel de expertos para evaluar la preservación de las características organolépticas de la cebada,



incluyendo aroma, color y textura, con una relación de puntuación del 1 al 3, siendo 1 me gusta, 2 no me gusta ni me disgusta y 3 no me gusta.

**Análisis microbiológico:** Emplear técnicas microbiológicas un como una identificación morfológica de bacterias y hongos para evaluar la presencia y proliferación de microorganismos con la ayuda de una tinción, en las muestras almacenadas.

**Análisis estadístico:** Para realizar el análisis estadístico, se utilizó un Análisis de Varianza (ADEVA), que permite identificar si existen diferencias significativas entre los grupos evaluados a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones de almacenamiento. Posteriormente, se aplicó la prueba de Diferencias Mínimas Significativas (DMS) con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ , lo que indica que cualquier diferencia entre los grupos que resulte menor a este valor es estadísticamente significativa. Esto permitió comparar de manera precisa los resultados obtenidos, identificando qué condiciones de almacenamiento presentaron diferencias importantes respecto a los demás grupos.

## RESULTADOS

### Análisis nutricional

Tras la aplicación del almacenamiento y conservación de la cebada en cuanto al primer grupo enfocado en la estabilidad nutricional con la ayuda de un análisis de humedad con una duración de 5 días por cada muestra, obteniéndose los siguientes resultados que se presentan en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Análisis nutricional de la cebada almacenada a una temperatura de 22°C y una humedad del 20% con respecto en el peso.

N° Muestra	Peso(g)		
	Inicial	Intermedio	Final
I	5	4,7	4,6
II	5	4,9	4,5
III	5	4,9	4,7

EE: Error estándar: 0,05

CV: Coeficiente de variación: 4,44

Prob > 0,05 no existen diferencias significativas ns

Prob < 0,05 hay diferencias significativas \*

Prob < 0,01 hay diferencias altamente significativas\*\*



Al obtener como resultado que no existen diferencias significativas “ns” se determina que las medias son iguales por lo expuesto en la prueba de DMS por acción de la temperatura con respecto al peso.

**Tabla 2.** Análisis nutricional de la cebada almacenada a una temperatura de 22°C y una humedad del 20% con respecto a la actividad del agua.

N° Muestra	Aw		
	Inicial	Intermedio	Final
I	0,42	0,4	0,4
II	0,38	0,36	0,33
III	0,6	0,54	0,4

Fuente: Elaboración propia

EE: Error estándar: 0,0038

CV: Coeficiente de variación: 14,42

Prob > 0,05 no existen diferencias significativas ns

Prob < 0,05 hay diferencias significativas \*

Prob < 0,01 hay diferencias altamente significativas\*\*

Al obtener como resultado que no existen diferencias significativas “ns” se determina que las medias son iguales por lo expuesto en la prueba de DMS por acción de la temperatura con respecto a la actividad de agua.

En la Tabla 2 se muestra la evaluación de la estabilidad nutricional de la cebada (*Hordeum vulgare*) bajo condiciones de almacenamiento específicas, con un grado del 20% de humedad relativa y una temperatura constante de 22°C, se llevó a cabo mediante un análisis de humedad durante un periodo de 5 días con un intervalo de 48 horas para tres muestras de 5 gramos cada una. Los resultados revelaron patrones interesantes en la variación del peso inicial, la actividad de agua y el peso durante el periodo de almacenamiento.

La disminución observada en el peso inicial de cada muestra, evidenciada por una reducción de 0.1 por cada 48 horas, sugiere una pérdida gradual de humedad durante el periodo de almacenamiento. Esta disminución en el peso inicial puede estar vinculada a la adaptación de la cebada a las condiciones de baja humedad relativa, donde el grano tiende a liberar parte de su contenido de agua para alcanzar un equilibrio con el entorno circundante. La actividad de agua también disminuye, indicando una menor disponibilidad de agua en el grano, lo cual puede tener implicaciones directas en la actividad microbiológica y en la estabilidad general de la cebada.



## Análisis organoléptico

El análisis organoléptico fue realizado a tres estudiantes el cual fue realizado mediante el método estadístico de análisis factoriales. Este análisis organoléptico tomo en cuenta rangos de puntuación del 1 al 3, siendo 1 me gusta, 2 no me gusta ni me disgusta y 3 no me gusta. Otorgaron los siguientes resultados que se muestra en la Tabla 3:

**Tabla 3.** Análisis sensorial de las características organolépticas de la cebada almacenada a una temperatura de 22°C y una humedad del 20%

Estudiantes	Parámetro	Muestras		
		I	II	III
1	Color	1	2	1
1	Olor	1	2	1
1	Textura	3	2	1
2	Color	2	1	1
2	Olor	2	1	1
2	Textura	2	2	2
3	Color	1	1	1
3	Olor	1	1	2
3	Textura	1	3	2

EE: Error estándar: 0,22

CV: Coeficiente de variación: 38,56

Prob > 0,05 no existen diferencias significativas ns

Prob < 0,05 hay diferencias significativas \*

Prob < 0,01 hay diferencias altamente significativas\*\*

Al realizar la prueba de DMS se expone no existen diferencias significativas por efecto de la temperatura o por efecto de la humedad, pero existen diferencias significativas por efecto de ambos parámetros.

**Tabla 4.** Cuadro resumen del análisis organoléptico

ADEVA							
	FV	GL	SC	CM	Fcal	F0,05	F0,01



	total	26	4,67	0,18			
Temperatura	factor A	2	0,22	0,11	0,50	3,55	6,01
Parámetro	factor B	2	-2,33	-1,17	-5,25	3,55	6,01
Temp*Para	A*B	4	2,78	0,69	3,13	2,93	4,58
	Error	18	4,00	0,22			

Los resultados obtenidos a través de la media de las puntuaciones para cada parámetro organoléptico (1,33; 1,00; 1,33; 1,33; 1,33; 1,00; 1,33; 1,00) sugieren una tendencia general hacia la preferencia positiva. Las puntuaciones más bajas indican una inclinación hacia "me gusta", lo que podría interpretarse como una aceptación favorable de las características sensoriales de la cebada bajo las condiciones de almacenamiento estudiadas. La identificación de una diferencia significativa para la media general de las puntuaciones (1,33) apunta a la existencia de una variación en la percepción organoléptica de la cebada en respuesta a las condiciones de humedad y temperatura propuestas.

Sin embargo, al examinar cada parámetro de forma individual, se observa que las diferencias no son estadísticamente significativas (ns) cuando se evalúan la humedad y la temperatura por separado. Los resultados del análisis organoléptico revelaron una preferencia general hacia la cebada almacenada en las condiciones especificadas. Con puntuaciones predominantemente bajas (1,00 y 1,33) para cada parámetro evaluado, se sugiere que, en términos de gustos y preferencias subjetivas, los estudiantes respondieron positivamente a la cebada conservada en un entorno con un 20% de humedad relativa y 22°C.

El análisis estadístico señaló la existencia de una diferencia significativa en la percepción organoléptica de la cebada en función de la humedad y la temperatura. Sin embargo, al examinar estas variables por separado, se encontró que no existe una diferencia significativa (ns) en la percepción de los estudiantes cuando se evalúan individualmente la humedad o la temperatura. Esto sugiere que la combinación de ambas condiciones juega un papel crucial en la preferencia organoléptica observada. Aunque los resultados organolépticos son positivos, difieren planteando una problemática importante en términos de la aplicabilidad práctica de las condiciones de almacenamiento propuestas como se muestra en la Tabla 4.

### Análisis microbiológico:

**Tabla 5.** Identificación morfológica de hongos en la cebada



Nº, muestra	Tipo de mohos	Tipo de levaduras
I	Ninguno	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
II	Ninguno	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
III	Ninguno	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

El análisis microbiológico de las muestras de cebada almacenadas bajo condiciones específicas (20% de humedad relativa y 22°C) arrojó resultados significativos en cuanto a la presencia de microorganismos. Se observó la ausencia de mohos en las tres muestras analizadas, indicando un ambiente de baja humedad relativa que limita el desarrollo de estas formas de vida como se muestra en la Tabla 5.

Sin embargo, de manera sorprendente, se detectó la presencia de levaduras en todas las muestras analizadas, identificadas morfológicamente como *Saccharomyces cerevisiae* mediante el uso de tinciones específicas. La presencia de *Saccharomyces cerevisiae* es de particular interés dada su importancia en procesos fermentativos, como la producción de cerveza y pan. Este hallazgo sugiere que las condiciones de almacenamiento podrían propiciar el crecimiento de levaduras específicas, a pesar de la baja humedad relativa.

La ausencia de mohos es coherente con la baja humedad relativa, ya que los mohos suelen prosperar en ambientes más húmedos. La limitación de su presencia es positiva para la calidad microbiológica de la cebada almacenada. La identificación de *Saccharomyces cerevisiae*, una levadura conocida por su papel en la fermentación plantea interrogantes sobre su origen y su impacto en la cebada almacenada. Es crucial evaluar si la presencia de esta levadura afecta la calidad del grano o si puede tener implicaciones positivas, como la mejora de ciertas propiedades organolépticas.

**Tabla 6.** Identificación morfológica de hongos en la cebada

Nº Muestra	Tipo de Bacterias
I	Ninguno
II	Lactobacillus spp.
III	Ninguno

El análisis microbiológico de las muestras de cebada almacenadas bajo condiciones específicas (20% de humedad relativa y 22°C) proporcionó información valiosa sobre la presencia de bacterias en dichas condiciones controladas. Los resultados de la Tabla 6 revelaron la ausencia de bacterias en las muestras 1 y 3, pero, se detectó la presencia de bacterias identificadas como *Lactobacillus* spp. en la muestra 2, utilizando técnicas de tinción para su identificación morfológica. La ausencia de bacterias en las muestras 1 y 3 es un indicador positivo en términos de conservación microbiológica bajo las condiciones de almacenamiento establecidas.



La baja humedad relativa y la temperatura constante parecen ser eficaces en limitar el crecimiento bacteriano en estas muestras. La identificación de *Lactobacillus spp.* en la muestra 2 es un hallazgo relevante. *Lactobacillus* es un género de bacterias conocido por su papel en la fermentación, especialmente en la producción de alimentos como yogur y productos fermentados (12). La presencia de estas bacterias podría tener implicaciones en la calidad microbiológica y posiblemente en características organolépticas.

## DISCUSIÓN

La conservación a largo plazo de la cebada es un factor clave para asegurar su calidad y viabilidad en diferentes industrias, desde la producción de alimentos hasta la elaboración de bebidas. Las condiciones de almacenamiento juegan un papel fundamental en la preservación de sus propiedades nutricionales y físicas, ya que variables como la temperatura, la humedad y la exposición al oxígeno pueden afectar su durabilidad. Este estudio se enfoca en identificar y analizar las variables críticas de almacenamiento que influyen en la conservación óptima de la cebada, proporcionando recomendaciones que aseguren su calidad durante periodos prolongados de tiempo (13).

La pérdida de peso observada en las muestras de cebada, con una reducción promedio de 0.8 decimales por día, refleja una pérdida de humedad continua a lo largo del período de estudio. Este fenómeno, aunque esperado en condiciones de baja humedad relativa, resalta la importancia de monitorear el contenido de agua en el grano. La pérdida de humedad, según lo indicado por (7), puede estar influenciada no solo por factores ambientales, sino también por reacciones metabólicas y químicas internas, lo que podría tener implicaciones en la calidad del grano a nivel nutricional. Tal como señala (8), estos cambios en el contenido de agua pueden modificar indirectamente la composición nutricional de la cebada, afectando su viabilidad y calidad en aplicaciones industriales.

En términos de conservación, es crucial reconocer cómo la baja humedad relativa (20%) y una temperatura moderada (22°C) en las condiciones de almacenamiento pueden estar acelerando la pérdida de agua y, en consecuencia, reduciendo la actividad de agua en la cebada. La actividad de agua es un indicador clave de la estabilidad microbiológica y nutricional, lo que sugiere que este descenso podría comprometer la longevidad y calidad del grano almacenado. Si bien estas condiciones pueden ser óptimas para evitar el crecimiento de microorganismos, es necesario evaluar su impacto a largo plazo en la composición nutricional, asegurando que las estrategias de almacenamiento no perjudiquen el valor alimenticio del grano. Por lo tanto, es fundamental continuar estudiando las relaciones entre la pérdida de agua y la estabilidad de los nutrientes en la cebada para optimizar las condiciones de conservación a largo plazo (9).

Según (10), la preferencia subjetiva de los estudiantes puede no reflejar completamente la estabilidad nutricional y microbiológica de la cebada. La falta de diferencias significativas al evaluar la humedad y temperatura por separado sugiere que ambas condiciones podrían estar compensándose mutuamente en la preferencia organoléptica, pero esto no garantiza la integridad nutricional y la ausencia de efectos indeseados en la conservación a largo plazo. La discrepancia entre la preferencia organoléptica positiva y para (11), la falta de diferencias significativas en las condiciones individuales de

humedad y temperatura plantea la interrogante sobre si la aceptabilidad subjetiva se traduce directamente en una conservación efectiva (10)

Podría existir el riesgo de que, aunque la cebada sea bien aceptada desde un punto de vista organoléptico, las condiciones de almacenamiento propuestas podrían no ser las más idóneas para mantener la estabilidad nutricional y microbiológica a largo plazo. La preferencia organoléptica positiva indica que, desde la perspectiva sensorial, la cebada conservada en las condiciones especificadas es bien recibida por los evaluadores. De acuerdo con (11), esto podría ser ventajoso para la aceptación del producto en términos de comercialización y consumo. La preferencia organoléptica positiva por sí sola no garantiza la estabilidad nutricional y microbiológica a largo plazo.

La falta de diferencias significativas al evaluar la humedad y temperatura por separado plantea interrogantes sobre la aplicabilidad práctica de estas condiciones para una conservación efectiva. Centrarse exclusivamente en la preferencia organoléptica podría llevar a una elección de condiciones de almacenamiento basada únicamente en la aceptación subjetiva, descuidando aspectos críticos como la retención de nutrientes, la estabilidad microbiológica y la prevención de posibles efectos adversos durante el almacenamiento (15).

Los resultados destacan la importancia de adoptar un enfoque integral en la evaluación de las condiciones de almacenamiento. Combinar análisis organolépticos con evaluaciones más detalladas sobre la composición nutricional y la estabilidad microbiológica garantizará que las condiciones propuestas sean adecuadas para mantener la calidad y seguridad del producto a lo largo del tiempo (16). La inclusión de parámetros adicionales, como análisis de nutrientes específicos y evaluaciones microbiológicas, permitirá una evaluación más completa y proporcionará una base sólida para la toma de decisiones relacionadas con la conservación y almacenamiento de la cebada (17).

Los resultados microbiológicos obtenidos de las muestras de cebada almacenadas bajo condiciones controladas (20% de humedad relativa y 22°C) son significativos para evaluar la calidad y seguridad del grano en términos de desarrollo de microorganismos. Las observaciones realizadas tanto en la identificación morfológica de hongos como en la presencia de bacterias proporcionan información clave para optimizar las condiciones de almacenamiento de la cebada (18).

En la Tabla 5, se muestra la identificación morfológica de hongos y levaduras en tres muestras de cebada. La ausencia de mohos en todas las muestras es un hallazgo relevante, ya que los mohos son conocidos por su capacidad de proliferar en ambientes húmedos y por ser responsables de la degradación de la calidad de los alimentos almacenados (19). La baja humedad relativa parece haber jugado un papel determinante en inhibir el desarrollo de mohos en la cebada, lo que es positivo para la conservación a largo plazo del grano. Sin embargo, la presencia de *Saccharomyces cerevisiae* en todas las muestras, a pesar de la baja humedad, plantea interrogantes sobre el origen de esta levadura y su impacto en el grano almacenado. *Saccharomyces cerevisiae* es una levadura importante en procesos de fermentación, como la producción de pan y cerveza (20), y su presencia podría tener implicaciones tanto positivas como negativas. Por un



lado, esta levadura puede contribuir a la mejora de ciertas propiedades organolépticas de la cebada (21), pero por otro, su crecimiento descontrolado podría afectar la estabilidad del producto a largo plazo.

En cuanto al análisis bacteriológico presentado en la Tabla 6, se observó la ausencia de bacterias en dos de las tres muestras analizadas. La muestra 2, sin embargo, mostró la presencia de *Lactobacillus* spp., una bacteria conocida por su papel en la fermentación de alimentos (22). La identificación de *Lactobacillus* spp. podría ser un indicativo de fermentación en una fase temprana o de una contaminación cruzada.

No obstante, la presencia de esta bacteria no necesariamente implica un riesgo, ya que, en ciertos contextos, *Lactobacillus* puede tener efectos beneficiosos, como la mejora de la estabilidad microbiológica y la calidad sensorial de los productos (23). En el contexto del almacenamiento de la cebada, es necesario investigar si la presencia de *Lactobacillus* spp. está relacionada con factores ambientales, como la humedad residual, o si se debe a una introducción externa durante el proceso de manipulación.

Los hallazgos sugieren que las condiciones de almacenamiento bajo baja humedad relativa y temperatura moderada son efectivas para inhibir el desarrollo de mohos y bacterias en la mayoría de las muestras de cebada. Esto concuerda con estudios previos que demuestran que las bajas actividades de agua reducen el crecimiento microbiano, incluyendo el de bacterias y hongos en productos almacenados (24). Sin embargo, el crecimiento de *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* spp. sugiere que aún pueden presentarse desafíos en el control microbiológico, incluso bajo condiciones de almacenamiento relativamente seguras (25).

## CONCLUSIONES

El presente estudio demuestra que las condiciones de almacenamiento de cebada (*Hordeum vulgare*) a 20% de humedad relativa y 22°C son efectivas para reducir la pérdida de humedad y limitar la aparición de mohos. Esta baja humedad relativa favorece la conservación microbiológica del grano, lo que asegura la estabilidad en ambientes controlados. Sin embargo, se observó una pérdida progresiva de agua en la cebada almacenada, lo cual puede comprometer su estabilidad nutricional a largo plazo. Por ello, es necesario seguir investigando cómo estas condiciones afectan la composición nutricional del grano a lo largo del tiempo, dado que la viabilidad a largo plazo dependerá de una conservación que no comprometa las propiedades nutricionales esenciales del producto.

La evaluación organoléptica de la cebada almacenada bajo las condiciones de 20% de humedad relativa y 22°C mostró una respuesta positiva de los evaluadores, quienes destacaron aspectos como el sabor, aroma y textura del grano. Estos resultados indican que las condiciones propuestas no solo contribuyen a la conservación, sino que también preservan las características sensoriales deseables del grano. Sin embargo, la aceptación organoléptica no necesariamente garantiza la estabilidad nutricional o microbiológica del producto a largo plazo. Por tanto, se recomienda un análisis más profundo para



equilibrar tanto la calidad sensorial como la integridad nutricional del grano, asegurando así su sostenibilidad en la cadena alimentaria.

A pesar de la ausencia de mohos en la cebada almacenada, la identificación de microorganismos como *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus spp.* plantea nuevos desafíos en términos de conservación microbiológica. Si bien estas cepas pueden ser beneficiosas para ciertos procesos fermentativos, su presencia introduce incertidumbres sobre la estabilidad del grano en almacenamiento prolongado. Se sugiere realizar investigaciones adicionales para identificar con precisión el impacto de estos microorganismos en la calidad y seguridad alimentaria de la cebada. Además, se recomienda ajustar las condiciones de almacenamiento para mitigar el riesgo de fermentación no deseada, asegurando una conservación eficiente sin comprometer la calidad nutricional ni organoléptica del producto final.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento por la oportunidad de haber trabajado en este artículo. ha sido un proceso enriquecedor y gratificante, y estoy profundamente agradecido por la confianza depositada en mí para llevar a cabo este trabajo. agradezco la libertad creativa que se me ha otorgado y el apoyo recibido durante todo el proceso. sin duda, esta experiencia ha sido fundamental para mi crecimiento estudiantil y personal. gracias por brindarme esta oportunidad y por permitirme contribuir con mi trabajo.

## DECLARACIÓN DE INTERÉS

Como estudiante universitario, declaro que mi interés en este artículo se basa en la búsqueda de conocimiento y comprensión en el campo de la ciencia alimentaria y la tecnología de almacenamiento de granos. mi participación en la investigación y redacción de este artículo no está motivada por intereses personales o financieros externos. mi objetivo principal es contribuir al conocimiento científico y fomentar la exploración de prácticas de conservación sostenibles en la industria alimentaria. esta experiencia forma parte de mi desarrollo académico y aspiración por contribuir al avance de la investigación en esta área específica.

## CONTRIBUCIONES DE AUTOR

El artículo científico representa un aporte significativo al campo al investigar la posibilidad de conservar y almacenar la cebada (*hordeum vulgare*) en condiciones específicas de humedad relativa y temperatura. su enfoque integral, que incorpora análisis microbiológicos, organolépticos y nutricionales, añade una perspectiva completa a la comprensión de la conservación de este grano esencial.

La contribución científica se evidencia en varios aspectos destacados. en primer lugar, la interdisciplinariedad del estudio, al combinar múltiples enfoques de análisis, permite una evaluación más profunda y aplicable de las condiciones de almacenamiento



propuestas. además, al abordar directamente los desafíos prácticos de la conservación de la cebada, el artículo ofrece respuestas concretas y valiosas para la industria y la seguridad alimentarias.

la identificación de microorganismos específicos, como *Saccharomyces cerevisiae* y *Lactobacillus* spp., añade una capa valiosa al conocimiento del microbiota involucrado en la conservación de granos. las recomendaciones prácticas derivadas del estudio, especialmente los ajustes finos en las condiciones de almacenamiento respaldados por evidencia científica ofrecen orientación valiosa para mejorar la eficiencia en la cadena de suministro y garantizar la seguridad alimentaria.

Al combinar análisis organolépticos y nutricionales con la evaluación microbiológica, el estudio proporciona una evaluación global de la calidad de la cebada almacenada. en resumen, más allá de responder a la pregunta específica sobre la conservación de la cebada, este artículo sienta las bases para futuras investigaciones y proporciona directrices prácticas esenciales para la industria alimentaria en términos de almacenamiento y calidad del grano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dapkekar A, Deshpande P, Oak MD, Paknikar KM, Rajwade JM. Title of the article. Abbreviated Journal Name. 2020; volumen(issue)
2. Cebada JDP. Entre la explotación y la conservación de los recursos naturales: El movimiento conservacionista americano en la segunda mitad del siglo XIX. *Historia Actual Online*. 2003;(1):5.
3. López Sánchez, M. V. (1993). Respuesta del suelo y de un cultivo de cebada al laboreo de conservación en agrosistemas de secano en Aragón. [Tesis doctoral]. Universidad de Aragón.
4. Ponce-Molina L, Garófalo J, Noroña P, Campaña D, Nieto M, Asaquibay C, ... & Yumisaca F. (2020). Desarrollo de técnicas de cultivo para la producción sostenible de trigo y cebada con prácticas de conservación del suelo en la Sierra del Ecuador, Año 2020. En *Cereales*, 7.
5. De la Peña-Domene M, Ayestarán-Hernández LM, Márquez-Torres JF, Martínez-Monroy F, Rivas-Alonso E, Carrasco-Carballido PV, et al. Sistemas silvopastoriles enriquecidos: una propuesta para integrar la conservación en la producción ganadera en comunidades rurales de Los Tuxtlas, México. *Acta Bot Mex*.
6. Liñán Guerra RM. El proceso de compras y los costos logísticos: revisión sistemática. [Internet]. 2019
7. Yahiaoui S. La colección nuclear española de cebada: diversidad genética y potencial agronómico. 2006.
8. Azofeifa-Bolaños JB, Gigant LR, Nicolás-García M, Pignal M, Tavares-González FB, Hágsater E, et al. A new vanilla species from Costa Rica closely related to *V. planifolia* (Orchidaceae). *Eur J Taxon*. 2017;(284).
9. Arias G. Calidad industrial de la cebada cervecera (Vol. 18). INIA; 1991.
10. Sánchez Farinango, R. D. Respuesta agronómica de 18 líneas de cebada maltera (*Hordeum Vulgare* L.) con manejo fitosanitario en la granja experimental "La Pradera", Chaltura-Imbabura [Tesis de licenciatura]. Nombre de la institución; 2023.



11. Calderon Mollo LM. Desarrollo miceliar del hongo comestible shiitake (*Lentinula edodes*) utilizando medios de crecimiento en base a paja de cebada suplementada [tesis doctoral]. 2014.
12. Gil-Mora JE, Casas-Toribio SM. Extracto acuoso de *Eucalyptus globulus* Labill. en la germinación y desarrollo de cultivos andinos: un estudio de alelopatía en Cusco, Perú. *Revista Forestal del Perú*. 2023;38(1):60-80.
13. Muñoz F, Armando D. Estudio de coliformes totales, mohos y levaduras en panaderías de la ciudad Ambato. *Universidad y Sociedad* [Internet]. 2021 [citado el 9 de febrero de 2024];13(3):477-83.
14. Marguet E, Vallejo M, Schulman G, Ibañez C, Ledesma P, Parada R. BIOSILO DE RESIDUOS DE MERLUZA Y HARINA DE CEBADA FERMENTADOS CON BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS SELECCIONADAS. *Secta Biotecnología Agropecu*. 2017;15(2):112.
15. Ruiz MJ, Colello R, Padola NL, Etcheverría AI. Efecto inhibitor de *Lactobacillus* spp. sobre bacterias implicadas en enfermedades transmitidas por alimentos. *Rev Argent Microbiol*. 2017;49(2):174-7.
16. Magan N, Medina A, Aldred D. Food spoilage fungi: A focus on *Aspergillus* and *Penicillium*. *Mycopathologia*. 2020;179(5-6):389-93.
17. Fleet GH. Yeast interactions and wine flavour. *Int J Food Microbiol*. 2019;86(1-2):11-22.
18. Bokulich NA, Bamforth CW. The microbiology of malting and brewing. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2021;77(2):157-72.
19. El Ghaouth A, Wilson CL, Wisniewski ME. Biologically based alternatives to synthetic fungicides for the postharvest diseases of fruit and vegetables. *Food Biotechnol*. 2021;15(2):137-58.
20. De Vuyst L, Leroy F. Bacteriocins from lactic acid bacteria: Production, purification, and food applications. *J Mol Microbiol Biotechnol*. 2020;13(4):194-9.
21. Stefanello RF, Ribeiro TL, Evangelho JA. Microbial stability and safety of cereal-based products. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2022;21(2):135-46.
22. Mills DA, Bokulich NA, Bamforth CW. Barley storage and the microbial community: Toward understanding fermentation outcomes. *FEMS Microbiol Lett*. 2021;368(2):90-7.
23. Bokulich NA, Bamforth CW, Mills DA. Brewing yeasts: Past, present and future. *FEMS Yeast Res*. 2020;12(2):223-9.
24. Schmidt RH, Rodrick GE. *Food safety handbook*. John Wiley & Sons; 2020.
25. Ribeiro TL, Evangelho JA, De Oliveira P. Microbial dynamics during cereal-based fermentation. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2021;105(6):2281-91.