

CALIDAD NUTRITIVA DE SEIS ECOTIPOS DE TRIGO (*Triticum aestivum* L.) EN EL MUNICIPIO CHARAZANI, VALLE INTERANDINO DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ

Evaluation of the nutritional quality of the different wheat ecotypes (*Triticum aestivum* L.) in inter-andean valleys of the department of La Paz

Hector Ticona Quispe¹, Rolando Céspedes Paredes², Gladys J. Chipana Mendoza³

RESUMEN

En los valles interandinos del municipio de Charazani se cultivan diferentes ecotipos de trigo, donde los productores generalmente destinan el producto para el consumo familiar debido a los bajos precios de oferta en el mercado; se identificaron cinco ecotipos locales con muy buenas cualidades nutritivas y rendimientos superiores a los nacionales que tienen el riesgo de desaparecer, por el bajo fortalecimiento en la producción del cultivo. Por lo tanto, el trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la calidad nutritiva de seis ecotipos de trigo en el municipio Charazani. Los ecotipos evaluados provienen de las comunidades Niño Corín, Caata, Jatichulaya, Chipuipo y Quiabaya, municipio de Charazani. El material vegetal constituyó en seis ecotipos de trigo, denominados localmente como; Chujchayuj, Azul Muru, Yuraj Muru, Ichilo, Arrocillo y Motacú; los parámetros evaluados fueron humedad, ceniza, proteínas, gluten húmedo y seco, acidez, grasa, fibra, zinc, hierro; de acuerdo a la norma boliviana, venezolana y ecuatoriana. El porcentaje de humedad varía de 11.54 a 12.57 %, en ceniza de 1.37 a 2.73 %, en proteína de 7.66 a 9.52 %, en glúten húmedo de 7.99 a 18.14 %, en glúten seco de 3.37 a 7.89 %, en acidez de 0.09 a 0.12 %, en grasa de 0.17 a 0.31 %, en fibra de 1.86 a 5.19, en zinc de 3.67 a 4.76 mg L⁻¹ y en hierro de 0.87 a 1.53 mg L⁻¹. Los ecotipos Motacú, Ichilo, Chujchayuj y Arrocillo presentaron mayores cantidades de las variables evaluadas, siendo que estos rangos se encuentran en el marco de la norma boliviana IBNORCA. El municipio de Charazani tiene alto potencial de producción de trigo que es parte de su alimentación y como fuente de ingresos económicos.

Palabras clave: ecotipo, *Triticum aestivum*, proteína, gluten, alimentación.

ABSTRACT

In the inter-Andean valleys of the municipality of Charazani, different wheat ecotypes are grown, where producers generally use the product for family consumption due to low market prices; five local ecotypes were identified with very good nutritional qualities and higher yields than the national ones that are at risk of disappearing, due to the low strengthening in the production of the crop. Therefore, the research work aims to evaluate the nutritional quality of six wheat ecotypes in the Charazani municipality. The ecotypes evaluated come from the Niño Corín, Caata, Jatichulaya, Chipuipo and Quiabaya communities in the municipality of Charazani. The plant material consisted of six wheat ecotypes, locally called Chujchayuj, Azul Muru, Yuraj Muru, Ichilo, Arrocillo and Motacú; the parameters evaluated were moisture, ash, protein, wet and dry gluten, acidity, fat, fiber, zinc and iron, according to Bolivian, Venezuelan and Ecuadorian standards. The percentage of humidity varies from 11.54 to 12.57 %, in ash from 1.37 to 2.73 %, in protein from 7.66 to 9.52 %, in wet gluten from 7.99 to 18.14 %, in dry gluten from 3.37 to 7.89 %, in acidity from 0.09 to 0.12 %, in fat from 0.17 to 0.31 %, in fiber from 1.86 to 5.19, in zinc from 3.67 to 4.76 mg L⁻¹ and in iron from 0.87 to 1.53 mg L⁻¹. The Motacú, Ichilo, Chujchayuj and Arrocillo ecotypes presented higher amounts of the evaluated variables, and these ranges are within the Bolivian IBNORCA standard. The municipality of Charazani has a high potential for wheat production, which is part of its diet and a source of economic income.

Keywords: ecotype, *Triticum aestivum*, protein, gluten, feed.

¹ Ingeniero en Producción y Comercialización Agropecuaria, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1446-7536>. ticonaquispehector@gmail.com

² Docente y Docente Investigador, Ingeniería en Producción y Comercialización Agropecuaria, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3855-110X>. rcespedes@umsa.bo

³ Docente y Docente Investigadora, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8014-0385>. gchipana@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El pronóstico de la FAO (2022) sobre la producción mundial de trigo (*Triticum aestivum*) en 2022 ha bajado en 4.9 millones de toneladas desde el mes de octubre y se cifra para el mes de noviembre en 2 764 millones de toneladas, lo que representa una disminución interanual del 1.8 % (50.8 millones de toneladas). De acuerdo al Censo Agropecuario 2013 Bolivia (INE, 2015), la superficie sembrada de trigo a nivel Bolivia es 128 860.3 hectáreas cuya producción es de 147 195.7 toneladas métricas. De acuerdo a Li et al. (2020), el trigo harinero, es el cereal más cultivado en el mundo, por su adaptación a diferentes condiciones agroecológicas, este tiene dos hábitos de crecimiento, según sus patrones de floración bajo diversos rangos de temperatura ambiental (Zhang et al., 2008).

En los valles interandinos del municipio de Charazani se cultivan diferentes ecotipos de trigo, donde los productores generalmente destinan el producto para el consumo familiar debido a los bajos precios de oferta en el mercado. El municipio tiene un potencial de 150 ha para la producción del cultivo (PTDI Charazani, 2016). Asimismo, con el proyecto “Fortalecimiento de la producción de trigo biofortificado en los valles interandinos del departamento de La Paz”, ejecutado por la Universidad Mayor de San Andrés, se identificaron

cinco ecotipos locales con muy buenas cualidades nutritivas y rendimientos superiores a los nacionales que tienen el riesgo de desaparecer, por el bajo fortalecimiento en la producción del cultivo.

El trigo es el segundo cereal en importancia por su producción en el ámbito mundial, como también lo es en la región de Charazani, donde este producto es de mucha importancia en al ámbito socioeconómico de las familias, debido a que como subproducto se obtiene el “pan” (Céspedes et al. 2018). Por lo tanto, el trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la calidad nutritiva de seis ecotipos de trigo en el municipio Charazani.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la zona de estudio

Los ecotipos evaluados provienen de las comunidades Niño Corín, Caata, Jatichulaya, Chipuipo y Quiabaya (Figura 1), municipio de Charazani, primera sección de la provincia Bautista Saavedra del departamento de La Paz, Bolivia. Está a una distancia de 272 km de la ciudad de La Paz, se encuentra entre los 68°20' y 69°12' de longitud oeste y 14°47' y 15°13' de latitud sur, a una altitud de 3 250 m s.n.m, tiene una precipitación media anual de 524 mm, la temperatura media es 15 °C.

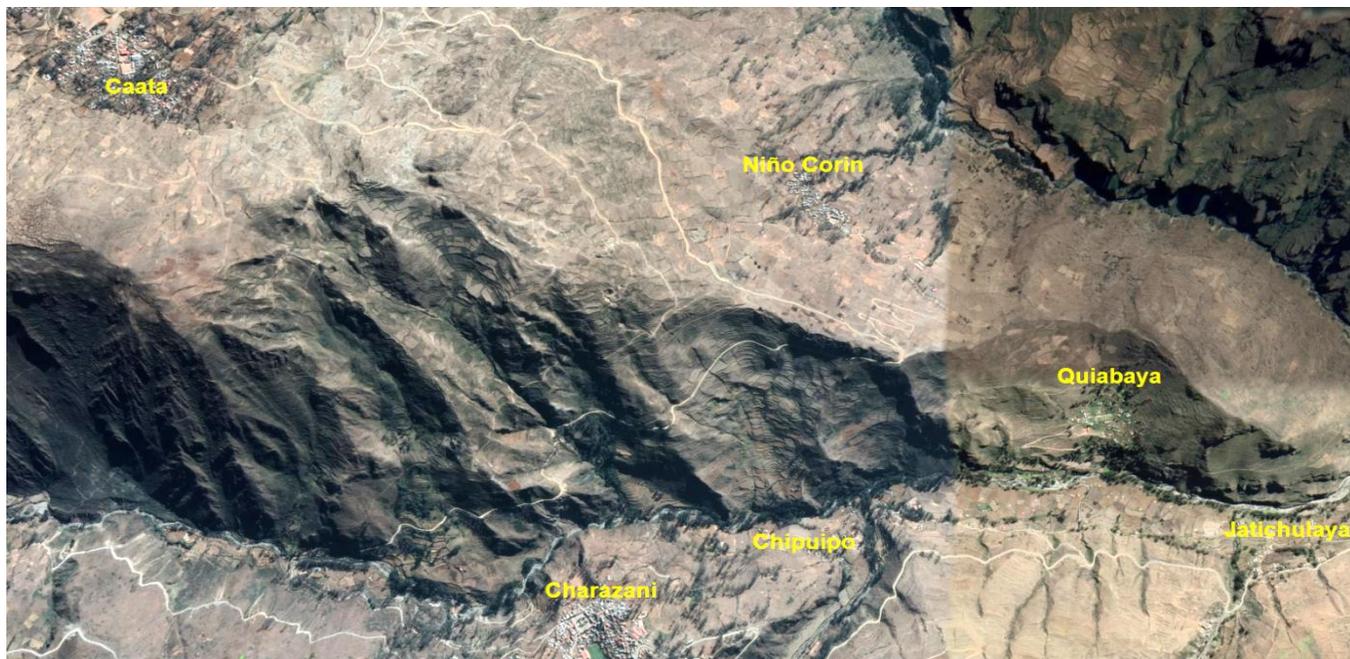


Imagen satelital de Google Earth 2022, WGS 84, zona 19 S

Figura 1. Comunidades Niño Corín, Caata, Jatichulaya, Chipuipo y Quiabaya, origen de procedencia de los ecotipos de trigo evaluados.

Metodología

El material vegetal constituyó en seis ecotipos de trigo, denominados localmente como; Chujchayuj, Azul Muru, Yuraj Muru, Ichilo, Arrocillo y Motacú.

Inicialmente se hizo la molienda de los granos de trigo y pesado para su posterior análisis bromatológico en el laboratorio del Instituto de Investigación y Desarrollos de Procesos Químicos de la Universidad Mayor de San Andrés, se analizaron los siguientes parámetros: humedad, ceniza, proteínas, gluten húmedo y seco, acidez, grasa, fibra, zinc, hierro; de acuerdo a las normas boliviana (IBNORCA, 2016), norma venezolana (COVENIN, 1981) y norma ecuatoriana (INEN, 2013), a fin de determinar el valor nutricional y conocer la calidad de dicho producto.

Humedad

Fue de acuerdo a la norma boliviana NB-312026 (IBNORCA, 2016), se realizó simultáneamente por duplicado, al inicio se hace el lavado y secado de los materiales (capsulas) en una estufa a 100 °C durante 30 minutos, seguidamente se enfría a temperatura ambiente en el desecador. En los recipientes se pesaron 5 g de muestra molida, posteriormente a la estufa a 105 °C durante tres horas; se transfiere al desecador y se pesan tan pronto como hayan alcanzado la temperatura ambiente.

Cenizas

La determinación de ceniza fue según la norma boliviana NB-312026 (IBNORCA, 2016). Se realizó por duplicado, empleando 5 g de muestra en los crisoles preparados, seguido la pre-calcinación en la hornilla hasta la eliminación de humos. Posterior se llevaron a la mufla preparada a 600 °C, durante cuatro horas hasta que el residuo quede blanco grisáceo. Una vez pasado el tiempo se dejó enfriar los crisoles en la mufla hasta que descienda la temperatura a 200 °C, las muestras fueron retiradas y puestas a temperatura ambiente hasta su enfriamiento para finalmente hacer el pesado.

Proteína

Para la determinación de proteína se siguió el método *SMWW 4500 – N_{org}B* (Kjeldahl) que consta de tres etapas; digestión, destilación y titulación. Se aplicó las Ecuaciones 1 y 2. En el proceso se incluyó la

la destilación (Figura 2) y titulación de las muestras (Figura 3).

$$\text{Nitrógeno (\%)} = \frac{1.4 \cdot (V_1 - V_0) \cdot N}{P} \quad [1]$$

$$\text{Proteína (\%)} = \text{Nitrógeno(\%)} \cdot F \quad [2]$$

Donde: P = peso de la muestra (g); V₁ = volumen de HCl consumido en la valoración (ml); N = normalidad del HCl; V₀ = volumen de HCl consumido en la valoración de un blanco (ml); F = factor de conversión para pasar de contenido en nitrógeno a contenido en proteínas (6.40).



Figura 2. Destilación de las muestras de los ecotipos de trigo.



Figura 3. Titulación de las muestras de los ecotipos de trigo.

Gluten húmedo y seco

Se aplicó la norma venezolana COVENIN-1786 (COVENIN, 1981), en el vaso precipitado se mezclaron 25 g de harina con 15 ml de agua a temperatura ambiente, hasta formar una masa; seguido se deja en reposo una hora a temperatura ambiente, luego se amasa bajo una corriente de agua

de grifo, colocando debajo una pieza de tela, de malla fina, que deje pasar solamente el almidón, este proceso continúa hasta que el agua del lavado que arrastra el almidón sea clara. Posterior, se deja la masa de gluten en agua fría durante una hora, se seca entre las manos y cuando el gluten comienza a pegarse en los dedos, se coloca en un vidrio reloj. Esta masa, corresponde al gluten húmedo, el vidrio reloj con su contenido de gluten se coloca en una estufa a 100 °C durante 24 horas, luego se enfría en el desecador, cuando alcanza la temperatura ambiente se pesa el gluten seco.

Acidez

Se siguió el procedimiento de la Norma Ecuatoriana INEN-521 (INEN, 2013), se preparó la muestra que, para el ensayo, deben estar acondicionados en recipientes herméticos, limpios, secos, por otro lado, se homogenizo la muestra con alcohol etílico y agua destilada; la determinación se hizo por duplicado, se pesó 5 g de harina de trigo, se introdujo al Matraz Erlenmeyer con dos gotas de fenolftaleína, titulado en hidróxido de sodio hasta el cambio a color rosa amaranto, luego se puso al agitador magnético durante tres horas con su magneto dentro del Matraz Erlenmeyer. Posteriormente se filtró en vasos precipitados de 50 ml, se introdujo 10 ml al Matraz Erlenmeyer, se agregó lentamente y con agitación la solución 0.02 N de hidróxido de sodio, hasta conseguir un color rosa que desaparece poco a poco, se continuó agregando la solución hasta que el color rosa persista. Finalmente se realizó la lectura en la bureta del volumen de solución empleada, con aproximación a 0.05 ml. Se utilizó la [Ecuación 3](#).

$$A = \frac{490 \cdot N \cdot V}{m(100-H)} \cdot \frac{V_1}{V_2} \quad [3]$$

Donde: A = contenido de acidez en la harina de origen vegetal; N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio; V = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación (ml); V_1 = volumen del alcohol empleado (ml); V_2 = volumen de la alícuota tomada para la titulación (ml); m = masa de la muestra (g); H = porcentaje de humedad en la muestra.

Grasa

Se empleó la norma boliviana NB 312027 (IBNORCA, 2016), se utilizó el equipo de extracción Soxhlet ([Figura 4](#)), que es un método de extracción

liquido-sólido, basado en una extracción cíclica continua, empleando un solvente orgánico que, al evaporarse, asciende hasta el refrigerante donde condensa y cae por goteo al compartimento que contiene la muestra. Se pesó 10 g de muestra de harina de trigo en pequeños sobres hechos de papel filtro, seguidamente se colocó los sobres con muestra en el extractor Soxhlet. Por otro lado, se pesaron los balones de 250 ml y se introdujo éter de petróleo y se ensambló el equipo Soxhlet, posteriormente se pusieron a los mantos calefactores para el proceso de extracción por el lapso de dos horas, teniendo así 12-14 ciclos. Una vez finalizado la extracción, se eliminó el solvente en un rota vapor, para luego secar los balones en la estufa a 100 °C durante 30 minutos. Fue considerado como peso final, cuando se alcanzó la temperatura ambiente y su peso constante.

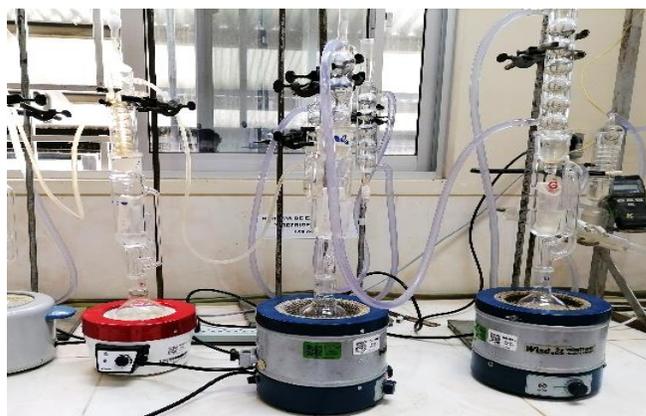


Figura 4. Extractor Soxhlet.

Fibra

La determinación de la fibra se realizó aplicando la norma boliviana NB- 312028 (IBNORCA, 2016), se pesan 3 g de muestra y se introduce al tubo digestor, se añade H₂SO₄ 0.55N 100 ml con 1 ml de antiespumante, el proceso dura 30 minutos a 100 °C; seguido, con papel filtro en un Matraz Erlenmeyer se lava hasta que la solución sea neutra, se añade NaOH 0.313N 100 ml y se deja hervir 30 minutos a 100 °C; se filtra en papel para seguir con su lavado hasta que sea neutra la solución, se extrae los residuos con 20 ml de acetona en un crisol que es a la estufa durante 1 hora a 100 °C; se enfría y se registra el peso, seguido es llevado a la mufla durante 1 hora a 600 °C, se enfría y se pesa.

Zinc

Para la determinación de Zinc se usó el método SMWW-EPA 289.2 consistente en a) pesado de 5 g de

muestra y posteriormente se transfirió a un vaso de 400 ml; b) se adicionó 20 ml HCl (1:1) + 150 ml agua, luego se calentó a fin de disolver el zinc metálico; c) filtro de la solución en un vaso de 250 ml; d) ajuste del pH usando una solución tampón ácido acético/acetato de potasio hasta un pH ligeramente ácido pH: 5- 5.25; e) adición de 3-4 gotas de solución de Naranja de xilenol (2 % en agua destilada); f) titulación con EDTA 0.05 M.

Hierro

Se aplicó el método SMWW – 3500 Fe.B., se hizo el pesado de las muestras de 5 g para su análisis, siguiendo las siguientes etapas: a) verificación de espectrofotómetro (Figura 5), mediante la estabilización, calibración y verificación con estándares dentro del intervalo de trabajo; b) elaboración de la curva de calibración, se preparó la serie de estándares tomando exactamente volúmenes de las soluciones patrón de hierro, en el rango de 0.001 a 0.010 mg, en frascos Erlenmeyer de 125 ml, dilución a 50 ml, se continuó con el cálculo del hierro total, se mezcló la muestra y se puso 50 ml en un frasco Erlenmeyer de 125 cm³, se añadió 2 ml de HCl concentrado y 1 ml de solución de hidroxilamina NH₂OH.HCl; para que todo el hierro se disuelva se continuó con la ebullición hasta que el volumen se reduzca a 15-20 ml; se enfrió a temperatura ambiente y se transfirió a un matraz volumétrico de 50 o 100 ml, se adicionó 10 ml de solución tampón de acetato de amonio NH₄C₂H₃O₂ y 4 ml de solución de fenantrolina y dilución, se mezcló con agitación y dejó en reposo por 10-15 min, para que el color máximo se desarrolle; c) medición del color, al tratarse de medición fotométrica se usó el cuadro de celda 1 cm; d) lectura de patrones ajustando el cero de absorbancia con agua destilada, se trazó una curva de calibración incluyendo un blanco; e) manejo de interferencias, para muestras turbias o coloreadas, se efectuó un segundo juego con alícuotas de muestra iguales, siguiendo a todos los pasos del procedimiento, sin añadir la solución de fenantrolina. Estos patrones se utilizan en vez de agua destilada, para ajustar el instrumento a cero Delaware absorción, y se lee cada muestra desarrollada con fenantrolina con el testigo correspondiente sin fenantrolina; f) cálculos, las lecturas registradas se configuraron a valores de hierro por medio de la curva de calibración.



Figura 5. Verificación del análisis en el espectrofotómetro.

Análisis estadístico

El utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA), realizando un análisis de varianza, utilizando el programa InfoStat. El modelo lineal aditivo se plantea en la Ecuación 4.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad [4]$$

Dónde: Y_{ij} = valor observado de la variable de respuesta en la j -ésima unidad experimental que recibe el i -ésimo tratamiento; μ = media general; α_i = efecto del i -ésimo tratamiento; ε_{ij} = efecto aleatorio de residuales o error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Humedad

Esta variable no presenta diferencias significativas comparativas ($p > 0.05$) entre los ecotipos procedentes de las comunidades, los promedios de humedad se detallan en la Tabla 1, donde el mayor porcentaje de humedad es 12.57 % para el ecotipo Motacú, y mínimo de 11.54 % para el ecotipo Ichilo, valores menores al registrado por Dendy y Dobraszczyk (2004) de 13.04 %, sin embargo, la norma boliviana NB-39021 establece que el máximo porcentaje de humedad debe ser 15 %, en ese sentido, se puede afirmar que los ecotipos evaluados se encuentran en el rango de una conservación adecuada, debido al carácter higroscópico de la harina. Asimismo, Hossain (2016) establece un máximo de 14.25 % de humedad en la harina de trigo.

Tabla 1. Comparación de medias para ecotipos en humedad.

Ecotipos	Media de humedad (%)	Grupo
Motacú	12.57	A
Yuraj Muru	12.53	A
Arrocillo	12.33	A
Azul Muru	12.21	A
Chujchayuj	11.84	A
Ichilo	11.54	A

Duncan (0.05), letras similares significa que no hay diferencia estadística.

Ceniza

Esta variable tiene diferencias significativas comparativas ($p < 0.05$) entre los ecotipos procedentes de las comunidades. Los promedios generales de ceniza se muestran en la [Tabla 2](#), de acuerdo a estos resultados, se obtuvo como máximo 2.73 % para el ecotipo Ichilo y el mínimo fue para el ecotipo Yuraj Muru con 1.37 %, siendo que los valores hallados por la investigación se encuentran dentro del rango establecido.

Tabla 2. Comparación de medias para ecotipos en ceniza.

Ecotipos	Media de ceniza (%)	Grupos
Ichilo	2.73	A
Azul Muru	1.96	B
Arrocillo	1.63	B
Motacú	1.55	B
Chujchayuj	1.48	B
Yuraj Muru	1.37	B

Duncan (0.05), letras similares significa que no hay diferencia estadística, letra distinta indica diferencia entre ecotipos ($p \leq 5\%$).

Proteína

Esta variable tiene diferencias significativas comparativas ($p < 0.05$) entre los ecotipos procedentes de las comunidades. Los promedios generales se muestran en la [Tabla 3](#), el ecotipo Chujchayuj tuvo 9.52 % de proteína, mientras que Azul Muru registró 7.66 %, INIA (2016) y Hossain (2016) obtuvieron 12.94 y 12.50 % de proteína respectivamente. Céspedes et al. (2018) en el municipio Charazani, para el ecotipo Wasquilla, presentó un contenido de proteína de 12.98 % mayor a los registrados en la presente investigación. El rango sugerido por la norma boliviana NB-076 es 11 % aproximadamente. Esto significa que los datos obtenidos están en los rangos mínimos.

Tabla 3. Comparación de medias para ecotipos en proteína.

Ecotipos	Media de proteína (%)	Grupo
Chujchayuj	9.52	A
Motacú	9.50	A
Arrocillo	8.45	A
Yuraj Muru	8.38	A
Ichilo	8.03	A B
Azul Muru	7.66	B

Duncan (0.05), letras similares significa que no hay diferencia estadística, letra distinta indica diferencia entre comunidades ($p \leq 5\%$).

Gluten húmedo

Esta variable tiene diferencias significativas comparativas ($p < 0.05$) entre los ecotipos procedentes de las comunidades. Los promedios generales de gluten húmedo se detallan en la [Tabla 4](#), donde Chujchayuj obtuvo el valor máximo con 18.14 % en comparación al ecotipo Azul Muru con 7.99 % mínimo de gluten húmedo. La norma boliviana NB-106 recomienda gluten húmedo por debajo de 24 %, en ese sentido, se afirma que en la región del municipio de Charazani el trigo es bajo en gluten.

Tabla 4. Comparación de medias para ecotipos en gluten húmedo.

Ecotipos	Media de gluten húmedo (%)	Grupos
Chujchayuj	18.14	A
Arrocillo	16.82	A B
Motacú	16.55	A B
Ichilo	12.60	A B
Yuraj Muru	12.42	A B
Azul Muru	7.99	B

Duncan (0.05), letras similares significa que no hay diferencia estadística, letra distinta indica diferencia entre ecotipos ($p \leq 5\%$).

Gluten seco

Esta variable tiene diferencias significativas comparativas ($p < 0.05$) entre los ecotipos procedentes de las comunidades. Los promedios generales de gluten seco se muestran en la [Tabla 5](#), donde el ecotipo Motacú tuvo el valor máximo en gluten seco con 7.89 %, mientras que el ecotipo Azul Muru obtuvo 3.37 % en gluten seco. INIA (2016) obtuvo 10.92 %. SELADIS indica que si el contenido de gluten es menor a 17 %, la harina es muy buena, por lo tanto, la harina proveniente de las comunidades evaluadas es muy buena.

Tabla 5. Comparación de medias para ecotipos en gluten seco.

Ecotipos	Media de gluten seco (%)	Grupos	
Motacú	7.89	A	
Chujchayuj	7.86	A	
Arrocillo	7.10	A	B
Yuraj Muru	6.30	A	B
Ichilo	5.59	A	B
Azul Muru	3.37	B	

Duncan (0.05), letras similares significa que no hay diferencia estadística, letra distinta indica diferencia entre ecotipos ($p \leq 5\%$).

Acidez

Esta variable no tiene diferencias significativas comparativas ($p > 0.05$) entre los ecotipos procedentes de las comunidades. El ecotipo Arrocillo tiene 0.12 % de acidez en comparación al ecotipo Ichilo con acidez del 0.09 % (Tabla 6). De acuerdo a la norma boliviana NB-075 el óptimo de acidez es del 0.85 %, por tanto, los resultados obtenidos se encuentran dentro de la norma.

Tabla 6. Comparación de medias para ecotipos en acidez.

Ecotipos	Media de acidez (%)	Grupo
Arrocillo	0.12	A
Azul Muru	0.11	A
Chujchayuj	0.10	A
Yuraj Muru	0.09	A
Motacú	0.09	A
Ichilo	0.09	A

Duncan (0.05), letras similares significa que no hay diferencia estadística.

Grasa

Esta variable no tiene diferencias significativas comparativas ($p > 0.05$) entre los ecotipos procedentes de las comunidades. El valor máximo fue para el ecotipo Motacú con 0.31 % mientras que el valor mínimo fue para el ecotipo Ichilo con 0.17 % de grasa (Tabla 7). INIA (2016) reportó 1.25 % de grasa.

El hecho de contener bajo porcentaje de grasa en la harina de trigo tiene como resultado mayor tiempo de conservación, siendo que a mayor contenido de grasa la harina se enrancia fácilmente, disminuyendo la capacidad de conservación, sufriendo alteraciones, dando malos resultados en panificación y presentando un sabor amargo.

Tabla 7. Comparación de medias para ecotipos en grasa.

Ecotipos	Media de grasa (%)	Grupo
Motacú	0.31	A
Azul Muru	0.24	A
Yuraj Muru	0.24	A
Arrocillo	0.23	A
Chujchayuj	0.21	A
Ichilo	0.17	A

Duncan (0.05), letras similares significa que no hay diferencia estadística.

Fibra

Esta variable no tiene diferencias significativas comparativas ($p > 0.05$) entre los ecotipos procedentes de las comunidades. De acuerdo a los resultados obtenidos, el contenido de fibra varía entre 1.86 a 5.19 % (Tabla 8), INIA (2016), Hossain (2016) obtuvieron 2.32 y 1.70 % de fibra. Por lo tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación, se encuentran dentro de los estándares.

Tabla 8. Comparación de medias para ecotipos en fibra.

Ecotipos	Media de fibra (%)	Grupo
Motacú	5.19	A
Arrocillo	3.59	A
Chujchayuj	2.66	A
Ichilo	1.99	A
Azul Muru	1.97	A
Yuraj Muru	1.86	A

Duncan (0.05), letras similares significa que no hay diferencia estadística.

Zinc

La variable no tiene diferencias significativas comparativas ($p > 0.05$) entre los ecotipos procedentes de las comunidades. El promedio de zinc en los ecotipos evaluados fue de 3.67 a 4.76 mg L⁻¹ (Tabla 9). La norma boliviana IBNORCA (2016) menciona que por cada 100 g de harina se debe tener 0.061 a 0.18 mg de zinc. Por lo tanto, en la harina de trigo, procedente de los valles interandinos del municipio de Charazani, se tienen valores altos de contenido de zinc, lo cual indica que es apto para su respectiva comercialización o ingreso al mercado nacional.

Tabla 9. Comparación de medias para ecotipos en zinc.

Ecotipos	Media de zinc (mg L ⁻¹)	Grupo
Motacú	4.76	A
Arrocillo	4.43	A
Yuraj Muru	4.18	A
Ichilo	4.12	A
Chujchayuj	4.09	A
Azul Muru	3.67	A

Duncan (0.05), letras similares significa que no hay diferencia estadística.

Hierro

La variable no tiene diferencias significativas comparativas ($p > 0.05$) entre los ecotipos procedentes de las comunidades. Los resultados muestran que el ecotipo que obtuvo mayor cantidad de hierro fue Motacú con 1.53 mg L^{-1} y la menor cantidad fue para Ichilo con 0.87 mg L^{-1} (Tabla 10). Céspedes et al. (2018) en el municipio de Charazani, en los ecotipos Wasquilla, Yuraj Muru y Puca Muru, registró un contenido de hierro del 2.32, 1.93 y $2.34 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ de hierro. Para la norma boliviana IBNORCA (2016) el valor de hierro debe ser de $3 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$, en tal sentido, si el manejo del cultivo se diera adecuadamente como en otras comunidades, se supondría que el contenido de hierro en todos los ecotipos sería próximo al rango indicado por IBNORCA.

Tabla 10. Comparación de medias para ecotipos en hierro.

Ecotipos	Media de hierro (mg L^{-1})	Grupo
Motacú	1.53	A
Chujchayuj	1.41	A
Azul Muru	1.24	A
Arrocillo	1.13	A
Yuraj Muru	0.94	A
Ichilo	0.87	A

Duncan (0.05), letras similares significa que no hay diferencia estadística.

CONCLUSIONES

En la evaluación de la calidad nutritiva de seis ecotipos de trigo provenientes de comunidades del valle interandino del municipio de Charazani; los ecotipos, el porcentaje de humedad varía de 11.54 a 12.57 %, en ceniza de 1.37 a 2.73 %, en proteína de 7.66 a 9.52 %, en glúten húmedo de 7.99 a 18.14 %, en glúten seco de 3.37 a 7.89 %, en acidez de 0.09 a 0.12 %, en grasa de 0.17 a 0.31 %, en fibra de 1.86 a 5.19, en zinc de 3.67 a 4.76 mg L^{-1} y en hierro de 0.87 a 1.53 mg L^{-1} .

El ecotipo Motacú resalta en mayor porcentaje de humedad (12.57 %), en gluten (7.89 %), grasa (0.31 %), hierro (1.53 mg L^{-1}), fibra (5.19 %) y zinc (4.76 mg L^{-1}); el ecotipo Ichilo posee mayor contenido de ceniza (2.73 %); el ecotipo Chujchayuj tiene mayor cantidad de proteína (9.52 %) y glúten húmedo (18.14 %); mientras que el ecotipo Arrocillo tiene mayor contenido de acidez (0.12 %). Estos rangos se encuentran en el marco de la norma boliviana IBNORCA. El municipio de Charazani tiene alto

potencial de producción de trigo que es parte de su alimentación y como fuente de ingresos económicos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo para la ejecución de la presente investigación, al proyecto “Fortalecimiento de la producción de trigo biofortificado en los valles interandinos del departamento de La Paz, como medida de mitigación y adaptación al cambio climático” financiado con recursos de la Embajada de Suiza en Bolivia (COSUDE), ejecutado a través de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés.

BIBLIOGRAFÍA

- Céspedes, R; Laura, G; Ramírez, DE; Timiri, E; Ticona, F. 2018. Ruta del trigo. Primera edición. La Paz, Bolivia. DL: 4-2-357-18 P.O.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1981. Harina de trigo, determinación de gluten. Consultado 11 mar. 2022. Disponible en <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/1786-81.pdf>
- Dendy, D; Dobraszczyk, B. 2004. Cereales y productos derivados. Zaragoza, España. ISBN: 8420010227. 537 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2022. Rebaja de los pronósticos relativos a la producción, la utilización y las reservas mundiales de cereales respecto del mes pasado. Consultado 22 mar. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- Hossain, B. 2016. Effect of Taro Flour Addition on the Functional and Physicochemical Properties of Wheat Flour and Dough for the Processing of Bread. Nutrition Food Science 1(2):3-6. Consultado 24 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.19080/nfsij.2016.01.555556>
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2015. Censo Agropecuario 2013 Bolivia. Consultado 13 abr. 2022. Disponible en https://ipdrs.org/images/en_papel/archivos/CENSO-AGROPECUARIO-BOLIVIA_final.pdf
- INIA (Instituto Nacional de Investigación Agraria). 2016. Trigo INIA 418-El Nazareno. Consultado 22 abr. 2022. Disponible en <https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/646/1/Trip-Trigo-INIA418.pdf>
- IBNORCA (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad). 2016. Harina y derivados, harina de trigo, requisitos. La Paz, Bolivia.
- INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización). 2013. Harinas de origen vegetal, determinación de la acidez titulable. Consultado 04 feb. 2022. Disponible en <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/521-1R.pdf>

- Li, Y; Xiong, H; Guo, H; Zhou, C; Xie, Y; Zhao, L; Gu, J; Zhao, S; Ding, Y; Liu, L. 2020 Identification of the vernalization gene VRN-B1 responsible for heading date variation by QTL mapping using a RIL population in wheat. BMC Plant Biology 20(331):2-15. Consultado 22 abr. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1186/s12870-020-02539-5>
- PTDI Charazani. 2016. Plan territorial de desarrollo integral, Charazani 2016-2020. Consultado 25 oct. 2022. Disponible en <http://autonomias.gobernacionlapaz.com/sim/municipioptdi.php?mn=20>
- Zhang, XK; Xiao, YG; Zhang, Y; Xia, XC; Dubcovsky, J; He, ZH. 2008. Allelic variation at the vernalization genes Vrn-A1, Vrn-B1, Vrn-D1, and Vrn-B3 in Chinese wheat cultivars and their association with growth habit. Crop Science 48:458-470. Consultado 15 may., 2022. Disponible en <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.06.0355>

Artículo recibido en: 20 de septiembre 2022

Aceptado en: 27 de noviembre 2022