

RELACIONES ENTRE LOS ELEMENTOS Y COMPUESTOS QUIMICOS DEL TARHUI (Lupinus mutabilis) DEL PERU, CON ENFASIS EN PROTEINAS, ACEITES Y ALCALOIDES

M. Blasco-Lamenca \*, M. Muzquiz \*\*, C. G. Aser \*\*, A.M. Guillén, A.R. Marín \*\*

RESUMEN

El tarhui (Lupinus mutabilis) es una leguminosa nativa de los Andes Altos (entre 2.500 y 4.500 m de altitud) del Perú, con apreciable resistencia a heladas, sequía y suelos pobres. Los resultados obtenidos en este trabajo indican que el tarhui del área de Cuzco, Perú, tiene un alto contenido proteínico (en promedio 43,7%) y es una fuente significativa de aceite (18,2% en promedio). El tarhui es una leguminosa de gusto amargo debido a la presencia de alcaloides (2,11% en promedio) que precisan ser lavados antes que el tarhui pueda servir de alimento. El análisis estadístico ha demostrado que los alcaloides son una variable dependiente del fósforo y del aluminio ( $R^2 : 0,941$ ). La investigación se realizó usando 19 selecciones genéticas de tarhui y 16 variables (compuestos orgánicos y elementos químicos)

ABSTRACT

Tarhui (Lupinus mutabilis) is a legume native to the Highland (2,500 - 4,500 m above sea level) of Peru, with appreciable resistance to frost, drought and poor soils. Results obtained in this work indicate that tarhui seed growing up in Cuzco area, Peru, has a high protein content (43.7% on average) and is a significant oil source (18.2% on average). Tarhui is a bitter tasting legume due to the presence of alkaloids (2.11% on average) which must be leached out before tarhui can be used as food. Statistical analysis showed that alkaloids are a dependent variable on phosphorus and aluminium ( $R^2 : 0,941$ ). Research was conducted using 19 tarhui genetic sections and 16 variables (organic compounds and chemical elements).

INTRODUCCION

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, por medio del Fondo Simón Bolívar, viene realizando con el Ministerio de Agricultura del Perú determinados proyectos dirigidos a incrementar la productividad de algunos cultivos y áreas geográficas dentro de la región altoandina. El tarhui (Lupinus mutabilis) es una de las plantas seleccionadas para ayudar al logro del desarrollo rural, debido a su interés alimenticio y económico para la población que habita en los Andes, por encima de los 2.500 m sobre el nivel del mar. La investigación en tarhui se ha hecho en colaboración con el Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria, contando con los valiosos aportes de la Universidad Nacional San Antonio

Abad del Cuzco y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias de España.

REVISION DE LITERATURA

El tarhui es una leguminosa nativa de la Cordillera Andina, en especial del tramo correspondiente al Perú, si bien su presencia se extiende desde el sur de Colombia hasta Chile. La utilización de sus semillas como alimento se remonta a la época pre-incáica (1) cuando comenzaron a considerarlas como uno de los componentes en la nutrición humana. El tarhui es rico en aceite y proteína (8), pudiendo ser consumido en dietas alimenticias una vez removidos los alcaloides presentes en la semilla. Se estima que el grado de amargor y toxicidad que pueden generar los alcaloides, es

\* Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Apartado 14592, Bogotá, Colombia.

\*\* Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Departamento Bioquímica y Microbiología. Madrid, España.

La causa por la cual el tarhuí no ha alcanzado una mayor difusión (1)

Según Tapia y Vargas (12), los Botánicos Herrera y Carillo, en 1941 y 1956 respectivamente, describieron distintas especies de tarhuí dentro de la flora del Cuzco, mientras Chaquilla, en 1963, hacia lo propio en Puno. Así mismo, León en 1964 describe al lupino entre las plantas alimenticias autóctonas de los Andes (12).

Según Blanco (3) la investigación del tarhuí en el Perú se inició en 1970 por la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco, a partir del material genético recolectado en los Departamentos de Apurímac, Cuzco y Puno. Después, debido a los esfuerzos del Ministerio de Agricultura y del Proyecto Lupino a cargo de los Institutos Nacionales de Salud, con apoyo del gobierno de Alemania Federal, el cultivo del tarhuí fue promocionado en distintas regiones del país. Así, en las campañas 1978/79 y 1979/80 se sembraron alrededor de 6.000 Has en cada una de ellas, lográndose una productividad media de unos 1.000 Kg/Ha (7). Recientemente, el Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria estableció un programa de coordinación para las investigaciones que se realicen en tarhuí (13). La colaboración del Proyecto IICA-Fondo Simón Bolívar (9) se concentró en actividades dirigidas al incremento de germoplasma y manejo agronómico.

Con relación a la composición química del tarhuí, Blasco, Horque y de Cabanyes (6), de acuerdo con los resultados obtenidos, recomendaron dar atención preferente al papel que pueden jugar el aluminio y el calcio en la concentración de los componentes orgánicos del tarhuí.

#### MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron 19 selecciones de tarhuí procedentes del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuzco, sembradas y cosechadas en el Campo Experimental de Andenes de la Estación Experimental del Cuzco. Esas 19

selecciones se efectuaron entre todo el material sembrado, considerando para ello el que reuniesen alguna o varias características agronómicas deseables.

Andenes se encuentra situado a 3.440 m de altitud, con temperatura media anual de 10°C y una precipitación de 725 mm/año. De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge, el área pertenece al bosque húmedo montano subtropical. Los suelos son franco arcillosos, de mediana a buena fertilidad, buen drenaje, y con reacción próxima a la neutralidad.

Cada muestra para los análisis fue sacada de 1 Kg de semillas tomadas al azar en las distintas parcelas experimentales. Los alcaloides se determinaron por cromatografía de capa fina; los otros compuestos mediante el análisis proximal, el nitrógeno por Kjeldahl, y los elementos de absorción atómica. El manejo y análisis matemático se realizó mediante el sistema SAS de computación, descrito por Pomareda (11). En total se utilizaron 16 variables.

#### RESULTADOS Y DISCUSION

Los Cuadros 1 y 2 contienen los datos para cada una de las muestras y variables, así como rangos de valores y las desviaciones estándar. Las selecciones analizadas dan unos promedios de 43,7% en proteínas, 18,2% de extracto etéreo; 23,9% para carbohidratos y 2,1% en alcaloides. En comparación con otros elementos típicos de la población altoandina, el tarhuí es un producto con elevado contenido de proteínas, aceites y grasas, y bajo en carbohidratos (10). Es interesante anotar que el tarhuí tiene cierta complementariedad con la quinua (*Quenopodium quinoa*), cuya composición media según Blasco (5) es de 63% en carbohidratos, 14% en proteínas y 4,5% en extracto etéreo. Posiblemente por ello ambos rubros son componentes importantes en la nutrición humana de las regiones andinas desde hace siglos.

a. Correlaciones múltiples/Prob >  
[R/bajo  $H_0$  :  $RHO = 0$  (n - 19)]

La obvia relación entre proteína y nitrógeno (en este caso 0,999/0,0001) no da margen a otras interpretaciones o influencias. En todos los demás casos la  $r$  obtenida no es significativa, salvo en el caso del manganeso (0,604/0,006), vale decir, que el porcentaje proteínico tiende a disminuir con el incremento de la concentración del manganeso en las semillas.

Con referencia al extracto etéreo la hipótesis de nulidad no es rechazada en ningún caso. Como mucho, puede apreciarse una débil tendencia negativa con el calcio (-0,353/0,137) a nivel no significativo.

En cuanto a los alcaloides, el panorama es distinto. La presencia de alcaloides aumenta de manera altamente significativa\*\* con la concentración del aluminio (0,924/0,0001) y el porcentaje de los carbohidratos (0,940/0,0001). Por otra parte, los alcaloides presentan una correlación negativa\*\* con las concentraciones de fósforo (-0,947/0,0001) y el azufre (-0,78/0,001). Sobre el particular, es importante anotar las interacciones aluminio-fósforo (-0,869/0,0001)\*\*, aluminio-azufre (-0,70/0,0009), aluminio-carbohidrato (0,849/0,0001)\*\*, carbohidrato-fósforo (-0,938/0,0001) y carbohidrato-azufre (-0,750/0,0002)\*\*, todas las cuales podrían ayudar a explicar la presencia, en mayor o menor grado, de los alcaloides en las semillas de tarhuí.

b. Regresión : procedimiento lineal general (GLM)

Como era esperado, cualquiera de los análisis y pruebas matemáticas realizadas dió la preponderancia al nitrógeno para definir el contenido proteínico. Por ejemplo, tomando  $R^2$  (0,999), y aplicando la prueba tipo-I, la explicación de la variable dependiente (proteína) viene determinada de manera casi total por la contribución del nitrógeno (91,77/103,07), ocupando el segundo lugar los carbohidratos (8,10/103,07). En este caso podría hablar

se de una regresión lineal simple del tipo :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1$$

Cabe añadir que el CV es 0,0537. lo cual prueba el comportamiento similar de las 16 selecciones de tarhuí empleadas para el caso de las proteínas.

En el Cuadro 3 se encuentran los análisis de varianza para el extracto etéreo y los alcaloides. Como se aprecia, hay disimilitud de comportamiento entre las dos variables, pues mientras en el extracto etéreo no se detecta diferencia significativa, sí existe en el caso de los alcaloides.

Se comprueba que en extracto etéreo, al igual que ocurre con las proteínas, los tratamientos (compuestos orgánicos y elementos inorgánicos) ocasionan un comportamiento parecido en todas las selecciones de tarhuí estudiadas. Por el contrario, esos tratamientos influyen de manera diferencial en los contenidos de alcaloides en las semillas, propiciado por la incidencia desemejante de alguno o varios de ellos y, que de acuerdo a lo encontrado en el análisis de correlación, serían : carbohidratos, aluminio, azufre y fósforo, entre los más importantes. Tanto en extracto etéreo como en alcaloides  $R^2$  señala que las variables empleadas son adecuadas para demostrar, a nivel bioquímico, las interacciones que concurren en las semillas.

c. Regresión por pasos (Stepwise)

Un número grande de variables, dentro de las cuales pueden existir algunas de impacto intrascendente, significa un mayor grado de dificultad en el manejo de la investigación y experimentación dirigida al logro del aprovechamiento óptimo de un rubro, en este caso el tarhuí. Por tal motivo es recomendable llegar a determinar cuáles son las variables principales que favorecen o restringen el desarrollo de la variable dependiente.

En otras palabras, se trata de buscar el máximo mejoramiento de  $R^2$  con el menor número posible de  $X$ . En función de la significación estadística al nivel de 1% ( $P < 0,01$ ) se presentan a continuación los mejores modelos obtenidos.

Si en las proteínas se descarta el nitrógeno para ver cuál es el efecto relativo de las otras variables, se llega al modelo expresado en el Cuadro 4. En este caso :

$$\text{Proteína } (X_2) = f(X_1, X_4, X_9, X_{13}, X_{14}, X_{16}).$$

Con los valores  $\beta$ , las ecuaciones en este caso, y los siguientes, es del tipo :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots$$

En relación con las proteínas puede dársele atención al calcio. Las leguminosas, como es el tarhuí, absorben más calcio que las gramíneas, y, además, la presencia del catión en suelos ácidos mejora la fijación simbiótica del nitrógeno y su mineralización. Así mismo, el calcio favorece la formación de raíces y tejidos celulares de sostén, todo lo cual induce en la concentración de las proteínas.

Con respecto al extracto etéreo el máximo mejoramiento de  $R^2$  se logró con siete variables, tal como aparece en el Cuadro 5. Su modelo es :

$$\text{Extracto etéreo } (X_3) = f(X_2, X_4, X_5, X_8, X_{10}, X_{12}).$$

Las distintas combinaciones probadas demostraron que el magnesio es importante en la definición de  $(X_3)$ , oscilando  $\beta$  entre -22,3 y -63,4 según el tipo y número de  $X$  introducidas. Otra de las variables trascendentes fue el nitrógeno cuyo parámetro fue de -0,98 en ausencia de  $X_2$ , hasta -107,8 cuando el valor  $\beta$  proteínico fue de 17,0. El efecto es que se encuentra una ligera disminución no significativa del extracto etéreo a medida que

aumenta la concentración del nitrógeno en la semilla. Sobre el particular, Von Baer, Blanco y Gross (2) encontraron una correlación negativa entre proteína y aceite, en el análisis de tarhuí, cosechado en tres regiones peruanas.

Los resultados estadísticos más sugestivos se encontraron para los alcaloides ( $X_5$ ). Con las 16 variables se logró  $R^2 = 0,997$  mientras que con solo dos, fósforo y aluminio se alcanzó  $R^2 = 0,941$ . En el Cuadro 6 se presentan los datos correspondientes. El modelo resultante es :

$$\text{Alcaloides } (X_5) = f(X_7, X_{16})$$

Considerando los distintos modelos matemáticos probados, el fósforo contribuye más que el aluminio a la formación de  $R^2$ . Los alcaloides disminuyen con el incremento de fósforo en las semillas, y aumentan con la concentración de aluminio de las mismas.

#### d. Aplicación práctica de los análisis

El tarhuí ha despertado interés debido a sus posibilidades industriales derivadas de sus concentraciones proteínicas y oléicas. Sin embargo, existe un obstáculo de primera magnitud, los alcaloides, que se requiere resolver para que el tarhuí tenga plena aceptación. En otras palabras, la remoción de los alcaloides debe constituir la primera prioridad de la investigación.

En esta planta, como en tantas otras, el enfoque de la investigación agrícola es de índole genética, asumiéndose que los ecosistemas tendrán que ajustarse a la reestructuración vegetal, menospreciándose el hecho fundamental de su adaptación por centurias a un hábitat definido, tratando de corregirlo mediante insumos o arreglos que escapan a la capacidad económica de la mayoría de los agricultores que habitan el Ande. Probablemente, un enfoque contemplando ambos componentes es más idóneo para intentar alcanzar la solución de un tarhuí dulce.

Como es conocido, la región andina peruana donde crece el tarhuí es mayormente volcánica, con especial dominio de cenizas a partir de 8°30'S hasta la frontera sureña (14). Esta misma condición es aplicable en toda la Cordillera desde el centro de Colombia hasta el sur argentino-chileno. Según Blasco y Guerrero (4), una de las características esenciales de los suelos volcánicos americanos es la interacción aluminio-fósforo. Es llamativo que dicha peculiaridad se refleja también en la semilla de tarhuí.

Sería conveniente que, con los trabajos genéticos, se prestase atención a regular la acción del aluminio y la tasa de liberación fosforada, para comprobar hasta qué punto la actividad iónica ( $a = fc$ ) y la relación capacidad/intensidad ( $Q/I$ ) de los suelos influye en la presencia de alcaloides. Es una investigación conveniente para aclarar una de las posibles vías de apoyo a la solución del problema de la presencia de alcaloides en el tarhuí.

#### LITERATURA CITADA

1. ANONIMO. Tarhuí. In Tropical legumes : sources for the future. Washington, National Academy of Sciences, 1979. pp. 86-92.
2. BAER von, E., BLANCO, O. y GROSS, R. El lupino, un nuevo cultivo en los Andes. I. El cultivo de lupino en los Andes peruanos, generalidades. In Gross, R. y von Baer, E., Ed. Proyecto de Lupino, Informe No. 3. Lima, Institutos Nacionales de Salud, 1978. pp. 12-25.
3. BLANCO, O. Investigaciones agrícolas en tarhuí en la Universidad Nacional de Cuzco. In Gross, R. y von Baer, E., Ed. Proyecto de Lupino, Informe No. 2. Lima, Institutos Nacionales de Salud, 1974. pp. 5-9.
4. BLASCO, M. y GUERRERO, R. ed. II Panel sobre Suelos Volcánicos de América. Pasto, Colombia, IICA, Serie "Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones" No. 82, 1972. 500 p.
5. \_\_\_\_\_. Composición de la quinua cultivada en el Altiplano de Puno, Perú. Turrialba 29 : 219-221. 1979
6. \_\_\_\_\_, HORQUE, D.R. y CABANYES de, J. Características químicas de las semillas de tarhuí (Lupinus mutabilis) cosechadas en Cuzco, Perú. Turrialba 31 : 258 - 260. 1981.
7. CHAVEZ, E. y UNTIED, P. El programa de producción de lupino o chocho en la Sierra del Perú. Perspectivas y limitaciones. In Villa vicencio, F. ed. Proyecto "Cultivo y aprovechamiento de los lupinos". Lima, Instituto Nacional de Investigación Agraria, 1980. pp. 3-18.
8. GROSS, R. y BAER von, E. El lupino, una contribución a la nutrición en los Andes. Milkhuy (Perú) 2 : 18-21. 1976.
9. INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS. (Hoy : Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). Informe Anual 1979. San José, IICA, 1979. 225 p.
10. OFICINA NACIONAL DE ESTADISTICA. Hoja balance de los alimentos. Lima, Ministerio de Agricultura, 1971. 41 p.