

Evaluación forrajera de 18 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Montecillo, México.

Forage evaluation of 18 varieties of quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Montecillo, Mexico.

Oscar Bañuelos Tavárez.¹
Germán David Mendoza Martínez.²
José Luis Rodríguez Ontiveros.¹
Abel Muñoz Orozco.¹

Resumen

Existe poca información sobre el potencial forrajero de la quinua en México a pesar de que se usa en otros países latinoamericanos. El objetivo de este estudio fue evaluar el rendimiento, la composición química y la digestibilidad *in situ* de 18 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), de diferente ciclo vegetativo (6 precoces, 6 intermedias y 6 tardías), en el Campo Experimental del Colegio de Postgraduados en Montecillo, Estado de México. Las plantas fueron cortadas al final de la floración. Los días al corte promedio para las variedades fueron de 93.1 para precoces, 99.8 intermedias y 108 en las tardías. Se encontraron diferencias ($P < .05$) para el rendimiento de materia seca (kg/ha) entre variedades (tardías 11440^c, intermedias 9243^b y precoces 7733^a). No hubo diferencias por precocidad en la concentración de fibra insoluble en detergente neutro (59.06% promedio) proteína cruda (18.69% promedio), proteína soluble (50.51% promedio). La digestibilidad *in situ* fue mayor ($P < .05$) para las variaciones precoces (66.22^a) e intermedias (63.91^a) que en las tardías (58.81^b). Esta menor digestibilidad es compensada por un mayor rendimiento en términos de materia seca digestible (kg/ha, precoces 5171^a, intermedias 5892^b y tardías 6688^c). La quinua tiene potencial de aprovecharse como recurso forrajero para rumiantes, considerando los rendimientos y su alto contenido de proteína.

Palabras claves: Digestibilidad, forraje, quinua, rumiantes

Recibido el 27-06-94 • Aceptado el 27-09-94

1. Colegio de Postgraduados, Programa de Genética, Montecillo, Estado de México, C.P. 56230, México.

2. Colegio de Postgraduados, Programa de Ganadería, Montecillo, Estado de México, C.P. 56230, México.

Abstract

In Mexico the use of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a forage for ruminants is practically unknown despite of its use in other Latinamerican countries. This research was conducted to evaluate the yield, nutrient concentration, and *in situ* dry matter digestibility of 18 varieties of quinoa with different vegetative cycle (6 early, 6 intermediates and 6 late cycle) in the Experimental Station Montecillo, State of Mexico (Colegio de Postgraduados). Plants were cut at the end of flowering. The mean days at cut for varieties were 93.1 for early, 99.8 intermediates and 108 for late cycle). Dry matter yield (kg/ha) was greater ($P<.05$) for late cycle varieties (11440^c) followed by intermediates (9243^b) and early (7733^a). There was no difference among different vegetative cycle in the concentration of neutral detergent fiber (59.06% mean) cured protein (18.69% mean) and soluble protein (50.51% mean). *In situ* dry matter digestibility was lower ($P<.05$) for late cycle varieties (58.81^b) than early (66.22^a) and intermediates (63.91^a). The low digestibility is compensated by the yield in terms of digestible nutrient production (kg/ha, early 5171^a, intermediates 5892^b and late 6688^c). Based on yield and protein content, the quinoa can be used as an alternative forage for ruminants.

Key word: Digestibility, forage, quinoa, ruminants

Introducción

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta que reviste gran importancia en el Altiplano Andino debido a su amplia adaptación y resistencia a factores adversos como heladas, altas temperaturas, salinidad, sequía, suelos pobres y delgados, donde otros cultivos de interés alimenticio no prosperan (11).

El uso de la quinoa no sólo se ha limitado a la alimentación humana sino también se ha usado como forraje para rumiantes. Se ha evaluado la producción de materia seca de la quinoa, reportando rendimien-

tos de 2322 a 4242 kg/ha de materia seca con un contenido promedio de proteína de 15.42% (17).

Existe poca información en México en relación al estudio del potencial forrajero de esta planta y su posible utilización como alternativa para alimentación de rumiantes, por lo que esta investigación tuvo como objetivo evaluar el rendimiento, la composición química y la digestibilidad *in situ* de 18 variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), de diferente ciclo vegetativo, en Montecillo, Estado de México.

Materiales y métodos

Se cultivaron 18 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con diferencias en precocidad (Cuadro 1) en el campo experimental del Colegio de Postgraduados situado en parte de lo que fue el lago de Texcoco en Montecillo, México, a una altitud de 2240 msnm, 19°22' latitud norte y 98°54' longitud oeste. El clima del ex-lago corresponde a un semiseco (BS₁Kw(w)(c)), con verano fresco (10). La zona tiene un período lluvioso de seis meses, que corresponden a los meses de mayo a octubre, y una época seca de noviembre a abril. La precipitación media anual es de 603.5 mm, la temperatura me-

dia anual es de 15.3°C y la evaporación media anual es de 1737 mm. La textura del suelo corresponde a un franco-arcilloso en los primeros 40 cm y a mayor profundidad tiende a ser arcilloso. El suelo donde se cultivó la quinua es medianamente sódico (12).

De las 18 variedades de quinua (Cuadro 1) se incluyó una variedad de color rojo que corresponde a la variedad 13, y el resto son de color verde. El diseño experimental fue un Bloques al Azar con tres repeticiones. La unidad experimental fue una parcela de dos surcos de 0.80 m con una longitud de 4.5 m.

Cuadro 1. Descripción de variedades implicadas en el experimento

Variedad	Identificación	Tipo de precocidad
1	YU-112	Precoz
2	L-43	Precoz
3	L-41	Precoz
4	L-44	Precoz
5	L-45	Precoz
6	L-46	Precoz
7	04-04-0392	Intermedia
8	04-05-0376	Intermedia
9	04-06-1614	Intermedia
10	Sajama	Intermedia
11	Yu-126	Intermedia
12	Tahuaco	Intermedia
13	03-03-1766	Tardía
14	03-07-0758	Tardía
15	06-01-1486	Tardía
16	03-02-535	Tardía
17	03-04-44	Tardía
18	03-03-751	Tardía

Tres meses antes de la siembra se realizó un barbecho profundo seguido por un paso de rastra y previo a la siembra se surcó a una distancia de 0.80 m. La siembra se efectuó el 28 de abril de 1992 y la semilla se depositó en la costilla del surco, a chorrillo.

Al momento de la siembra se dio un riego y 4 días después se aplicó otro riego ligero para prevenir problemas de emergencia a las plántulas. A los 23 y 59 días después de la siembra se dio un riego de auxilio y posteriormente no se volvió a regar debido a que hubo lluvias frecuentes.

Se hicieron prácticas de aclareo, deshierbes y escardas, se fertilizó con la fórmula 80-40-00, aplicándose en dos partes. La primera incluyó la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y la segunda parte del nitrógeno a los 52 días. Para el control de plagas y enfermedades se aplicó insecticida y fungicida a los 20 días post-siembra.

Las muestras de quinua se tomaron al término de la floración o floración completa. Los días promedio al inicio de la floración fueron de 71.71 ± 2.1 para variedades precoces, 76.33 ± 4.6 intermedias y de 82.28 ± 4.1 para tardías. Se tomó una muestra de 3 plantas por parcela, se cortaron en trozos de 10 a 15 cm para meterlas en bolsas de papel, se pesaron y se secaron en estufa a 55°C .

El rendimiento de materia seca (kg/ha) se obtuvo multiplicando el peso fresco de cada parcela por su respectivo porcentaje de materia seca.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición del Programa de Ganadería, del Colegio de Postgraduados. Se determinó la materia seca (MS), materia orgánica (MO), cenizas y proteína cruda (PC) por procedimientos del AOAC (1). El nitrógeno soluble (NS) se cuantificó por el método de buffer bicarbonato-fosfato (13).

La fibra insoluble en detergente neutro (FIDN) se determinó con la metodología de Van Soest (25). Para estimar la digestibilidad ruminal *in vitro* de la MS y de la MO se usó la primera fase de la técnica de Tilley y Terry (23). El inóculo se obtuvo de vacas alimentadas con 4 kg de concentrado y alfalfa a libre acceso. Cada muestra se incubó en tres tubos y en dos periodos.

La digestibilidad *in situ* de la materia seca (DISMS) se midió con la técnica de la bolsa de nylon (15). Se utilizó una muestra compuesta, donde se mezclaron las tres repeticiones de materia seca para extraer dos submuestras. Estas se secaron a una temperatura de 60°C , se tomaron 4 g y se incubaron 4 g por 48 h en el rumen del animal, con bolsas de polyseda (15 x 7.5 cm y tamaño de poro de 20-40 micrones). Se utilizó 1 toro Holstein con cánula ruminal alimentado con alfalfa a voluntad. Al finalizar la incubación se lavaron las bolsas con agua y se secaron para análisis posteriores.

El análisis de varianza correspondió a un diseño de Bloques al azar con tres repeticiones con seis variedades dentro de repeticiones (precoces, intermedias y tardías),

para las variables de rendimiento de materia seca, concentración de proteína cruda (PC), proteína soluble (PS), fibra detergente neutro (FDN), y Cenizas (CEN). Los datos de di-

gestibilidad *in situ* (DIS) se analizaron con un diseño completamente al azar con dos repeticiones. Las medias fueron comparadas ($P < .05$) con la Prueba de Tukey (22).

Resultados y discusión

Se observaron diferencias para los días al corte entre tipos de variedades de quinua, siendo las tardías las que tuvieron el mayor rendimiento de forraje verde y de MS, seguidas por las intermedias y por las precoces (Cuadro 2). La producción de MS fue mayor a otras reportadas para quinua (17) y a otros forrajes (cereales y kochia) cultivados en la misma área de influencia de este estudio (7, 2).

A mayor edad se incrementó el contenido de MS, y no existieron di-

ferencias para la concentración de fibra insoluble en detergente neutro, proteína cruda (PC) y proteína soluble (Cuadros 2 y 3). El contenido de PC en las variedades de quinua fue mayor al reportado por otros investigadores (17, 21).

El contenido de proteína de la quinua puede considerarse adecuado para la actividad de los microorganismos ruminales, y para estimular el consumo y digestión del forraje; pues a pesar de la baja solubilidad (50%) estaría suministrando alrede-

Cuadro 2. Comparaciones entre tipos de precocidad para días al corte, rendimiento y composición de la quinua

	Tipo			EE
	Precoz	Intermedio	Tardía	
Días al corte	93.5 ^a	98.4 ^b	106.3 ^c	.85
Rendimiento:				
Forraje, kg/ha	59994 ^a	67069 ^b	74750 ^c	831
MS, kg/ha	7733 ^a	9243 ^b	11440 ^c	190
MSD, kg/ha	5171 ^a	5892 ^b	6688 ^c	116
Composición:				
MS, %	13.60 ^a	14.60 ^b	16.00 ^c	.20
FIDN, %	59.13	60.53	57.53	.65
PC, %	17.96	17.81	18.98	.32
PS, %	50.14	50.34	51.05	1.12
DISMS, %	66.22 ^a	63.91 ^a	58.81 ^b	.67

MS materia seca; MSD materia seca digestible; FIDN fibra insoluble en detergente neutro; PC proteína cruda; PS proteína soluble; DISMS digestibilidad *in situ* de la MS.

Cuadro 3. Comparación de medias entre variedades dentro de tipos de precocidad para rendimiento y composición de la quinua.

Var. tipo	Ms Kg/ha	FIDN, %	PC, %	PS, %	DISMS
1 Precoz	7243 ^{ghij}	60.19	17.88	56.90	60.57 ^{bcd}
2 Precoz	6624 ^j	59.94	16.15	56.51	65.39 ^{abcd}
3 Precoz	6799 ^{ij}	59.20	18.36	50.91	60.87 ^{bcd}
4 Precoz	6903 ^{hij}	55.10	20.47	48.18	67.22 ^{abc}
5 Precoz	10102 ^{cdef}	54.63	20.00	39.46	74.49 ^a
6 Precoz	8724 ^{efghij}	56.15	21.02	54.36	68.78 ^{ab}
7 Intermedia	9224 ^{defg}	63.88	17.89	59.20	55.20 ^{df}
8 Intermedia	7904 ^{fghij}	63.70	17.22	52.34	66.58 ^{abcd}
9 Intermedia	9564 ^{def}	61.07	17.55	52.60	58.59 ^{bcd}
10 Intermedia	8789 ^{efghij}	56.91	18.79	46.98	68.12 ^{ab}
11 Intermedia	10918 ^{bcd}	60.80	17.24	46.82	65.34 ^{abcd}
12 Intermedia	9063 ^{efgh}	56.79	18.16	44.09	69.25 ^{ab}
13 Tardía	9638 ^{def}	55.20	18.23	46.64	59.32 ^{bcd}
14 Tardía	14000 ^a	59.54	19.10	53.99	58.47 ^{bcd}
15 Tardía	12293 ^{abc}	59.64	18.72	54.88	58.04 ^{bcd}
16 Tardía	11313 ^{bcd}	62.90	16.72	44.66	54.46 ^f
17 Tardía	12360 ^{ab}	62.20	15.96	53.04	55.87 ^{cd}
18 Tardía	9029 ^{efghi}	55.30	19.03	47.64	66.69 ^{abcd}
CV, %	11.90	08.13	13.27	16.31	4.67

MS materia seca; FIDN fibra insoluble en detergente neutro; PC proteína cruda; PS proteína soluble; DISMS digestibilidad *in situ* de la MS; CV coeficiente de variación

dor de 94 g/de PC por kg MS en el rumen, lo cual es mayor al valor considerado como mínimo (70 g PC/kg MS) para la utilización de forrajes en el rumen (8).

La solubilidad de la proteína de la quinua puede considerarse baja en comparación a otros forrajes. Estudios realizados con forrajes de clima templado han mostrado que la

proteína es extensamente degradada en el rumen (4, 20). Las proteínas solubles en amortiguadores son generalmente más susceptibles a la proteólisis que las insolubles (18) y en este estudio se usó la técnica de solubilidad debido a los problemas de adherencia microbial de las técnicas *in situ* (18, 19, 26).

La quinua tiene una fracción que puede ser hasta del 50% de compuestos nitrogenados no proteínicos (21), los cuales son degradados en el rumen. Por otra parte, las principales fracciones de la proteína de la quinua son las globulinas y la albúmina (21), las cuales por su estructura secundaria y terciaria son degradadas lentamente en el rumen (14). La combinación de proteínas de baja solubilidad y de baja degradabilidad ruminal en la quinua, podrían representar una ventaja en la alimentación de los rumiantes debido al valor biológico de la proteína (21) y por el suministro de proteína metabolizable (3), particularmente para rumiantes con elevadas necesidades de proteína (crecimiento y producción de leche).

Los estudios de degradación ruminal de los compuestos nitrogenados y de digestibilidad, proporcionan información para establecer las necesidades de suplementación. Se han realizado los cálculos del potencial de fermentación de urea (5, 6, 9) para las distintas variedades de quinua, reportando valores negativos para todas las variedades, precoces -14.5, intermedias -11.4 y tardías -13.8 (3), lo cual indica que para lograr un aprovechamiento óptimo de la quinua en el rumen es necesario suplementar con ingredientes energéticos que aprovechen el excedente de proteína degradable.

Los valores de digestibilidad *in situ* de la MS de la quinua son comparativos a los de la alfalfa y ballico, y mayores que los de ensilaje y rastrojo de maíz incubados en condiciones semejantes (24).

La digestibilidad *in situ* estuvo negativamente correlacionada ($r = -.53$, $P < .05$) con los días al corte, no obstante, si calculamos el rendimiento de nutrientes digestibles de las variedades, encontramos que a pesar de que las variedades tardías tienen menor digestibilidad (Cuadro 2), estas variedades producirían mayor cantidad de nutrientes digestibles para los rumiantes, al cosecharse entre 13 a 8 días después que las variedades intermedias y precoces.

Con base a los resultados de este estudio, se puede concluir que la quinua tiene potencial de aprovecharse como recurso forrajero para rumiantes, considerando los rendimientos y su alto contenido de proteína. En relación al tipo de variedades, no existieron diferencias entre variedades y tipo de precocidad para la concentración de fibra insoluble en detergente neutro, proteína cruda, proteína soluble. A pesar de que la digestibilidad *in situ* de la materia seca de la quinua tuvo una relación inversa en función de la precocidad, estos cambios son compensados por un mayor rendimiento de nutrientes digestibles en las variedades tardías.

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento al Consejo Nacional de Cien-

cia y Tecnología por el apoyo para la adquisición del equipo que fue utili-

zado para los análisis. Hacemos un reconocimiento especial al Técnico del Laboratorio de Nutrición del Pro-

grama de Ganadería Andrés Lee Hernández, por su valiosa participación en los análisis.

Literatura citada

1. AOAC. 1980. Official Methods of Analysis, 12th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. USA.
2. Baltazar B. O. 1992. Acumulación de oxalatos y nitratos durante el desarrollo de *Kochia scoparia* L. Schrad, Tesis de Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados, pp 3-31.
3. Bañuelos, T.O. 1993. Evaluación forrajera de 18 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo condiciones de riego y temporal en Montecillo, México. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma Chapingo, Zonas Áridas.
4. Beaver, D.E. and R.C. Siddons. 1986. Digestion and metabolism in the grazing ruminant. In: L.P. Milligan, W.L. Grovum and A. Dobson (Ed). Control of Digestion and Metabolism in Ruminants. 479-497. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ.
5. Burroughs, W., Trenkle A. & Vetter, R.L. (1974). A system of protein evaluation for cattle and sheep involving metabolizable protein (amino acids) and urea fermentation potential of feedstuffs. Vet. Med./Small Anim. Clinician. 69: 713-22.
6. Burroughs, W., Nelson, D.K. & Mertens, D.R. (1975). Protein physiology and its applications in the lactating cow: the metabolizable protein feeding standard. J. Anim. Sci. 41: 933-44.
7. Castro A., L. 1976. Rendimiento y calidad forrajera de cinco cereales; evaluados en diferentes estados de desarrollo vegetativo. Tesis de Maestría. Centro de Genética, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp 49-53.
8. Doyle, P.T. 1987. Supplements other than forages. In: J. B. Hacker and J. H. Ternouth (Ed). The Nutrition of Herbivores. pp 429-464. Academic Press, Australia.
9. Fernández-Rivera, S., Lewis, M., Klopfenstein, T. J. & T.L. 1989. A simulation model of forage yield, quality and intake of growing cattle grazing cornstalk. J. Anim. Sci. 67: 581-89.
10. García E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). UNAM, 2a. Ed. México, D.F.
11. Gandarillas, S.H. 1982. El cultivo de la Quinoa. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo La Paz, Bolivia. pp 6-8.
12. Huez L., M.A., 1985. Caracterización de algunas propiedades físico-químicas de los suelos y espesores subyacentes del predio "Montecillo". Tesis de Maestría, Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
13. Krishnamoorthy, V., T. V. Muscato, C.S. Sniffen, and P. J. Van Soest. 1982. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. J. Dairy Sci. 65(2) :217-225.
14. Mahadevan, S., J.D. Erfle and F.D. Sauer. 1980. Degradation of soluble and insoluble proteins by *Bacteroides amylophilus* protease and by rumen microorganisms. J. Anim. Sci., 50: 42:745-753.
15. Mehrez, A.Z. and E. R. Orksov. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. J. Agric. Sci., (Camb.) 88:645-655.
16. Mendoza, M. G., J. A. Ramos J, E. Aranda I., R. Ricalde V., N. Pérez F. y E. Nájera S. 1993. Importancia de la adherencia microbiana en la determinación de la degradabilidad ruminal del nitrógeno *in situ* de forrajes. Agrociencia (Serie Ciencia Animal, 2: en prensa.
17. Montoya C., H. y Roa T., J. 1981. Comportamiento de diecinueve colecciones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en tres localidades de la sabana de Bogotá y el Páramo de Sumapaz. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Nacional

- de Colombia, Facultad de Agronomía, Bogotá, Colombia. pp 132-133.
18. NRC. 1985. Subcommittee on Nitrogen Usage in Ruminants. Ruminant nitrogen usage. National Academy Press, Washington D.C. 138 p.
 19. Ramos, A. J., E. Aranda I., N. Pérez P., R. Ricalde V. y G. Mendoza M. 1993. Importancia de la adherencia microbial en la determinación de la degradabilidad ruminal de nitrógeno *in situ* en forrajes tropicales. *Ciencia e Investigación Agraria* 20:118-119.
 20. Satter, L.D., C. Cadoringa and M.A. Faldet. 1989. Are we overevaluating the protein in the alfalfa? Forage and Grassland Conf. Univ. of Guelph. Guelph, Ontario, Canada. pp 1-9
 21. Scarpati, de B.Z., Briseño P., O. 1980. Evaluación de la composición química de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) del banco de germoplasma de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Andes Científicos UNA. p 127
 22. Steel, R.G.D. and Torrie, J.H., 1980. Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. McGraw-Hill Book Co., New York, 2nd ed.
 23. Tilley, J. M. A. and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grassld Soc.* 18:104.
 24. Tovar, G.M.R. 1990. Sincronización de la degradación ruminal de diferentes fuentes de energía y nitrógeno. Tesis de Maestría, Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
 25. Van Soest, P., J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fibre and lignin. *J. Assoc. off. Anal. Chem.* 46:828.
 26. Varvikko, T. and J. E. Lindberg. 1935. Estimation of microbial nitrogen in nylon-bag residues by feed ¹⁵N dilution. *Brit. J. Nutr.* 54:473-481.