

Efecto de sistemas de preparación de suelo, siembra y cosecha sobre los rendimientos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)¹

Rafael Valiente G.²
Jorge Etchevers B.³
Edmundo Hetz H.²

INTRODUCCION

La quinoa, por tener proteína de gran valor biológico, puede ser un complemento proteico no tradicional para utilizar en la dieta alimenticia de los chilenos (Junge, 1975). Antecedentes para su uso en alimentación humana y animal también han sido publicados en Perú, Bolivia y EE.UU. (Cardozo, 1961; Cardozo, 1976; López, 1973; Narrea, 1976 y Weber, 1978).

Existen pocos estudios acerca de este cultivo en el país (Fuentes, 1972). En la Universidad de Concepción se han realizado investigaciones agronómicas y tecnológicas para medir el comportamiento de diversos ecotipos de esta especie, sembrados en distintas épocas, diferentes distancias entre hileras y profundidades de siembra (Etchevers y Avila, 1978). Aspectos relacionados con el valor nutritivo y la industrialización de la quinoa han sido estudiados por Junge (1975). Sin embargo, parece no existir antecedentes acerca de la mecanización del cultivo de la quinoa. Los estudios realizados al respecto en países andinos,

que utilizan ampliamente este grano, son de carácter general y de escasa aplicabilidad en nuestro medio. La preparación de suelos en dichos países se realiza con arados de discos o de vertederas, de tiro animal o mecanizado, y mediante rastras de discos, de dientes rígidos o flexibles, para dejar una cama de semilla adecuada (Mujica, 1977). La siembra se hace manualmente, a chorro continuo o al voleo, o con maquinaria especializada. Mujica y Narrea (1977) se refieren a las ventajas de las sembradoras abonadoras para las siembras de quinoa. La cosecha se hace manualmente y tiene cinco fases: siega o corte, formación de arcos o parvas, golpeo o garroteo, aventado y limpieza, y secado del grano; sin embargo, últimamente se ha introducido el uso de trilladoras estacionarias, lo que reduce considerablemente el tiempo empleado en esta faena (Mujica, 1977).

El presente trabajo tiene por objeto estudiar la respuesta del cultivo de la quinoa a los distintos sistemas de preparación de suelo, de siembra y de cosecha, bajo las condiciones del Llano Central, en la región centro-sur de Chile.

MATERIALES Y METODOS

Un ensayo con quinoa, ecotipo Faro, se estableció el 29 de septiembre de 1978 sobre un rastrojo quemado de trigo, en suelo Diguillín (Cruzat, 1978), de textura franca, profundidad mayor de 150 cm, pH al agua 5,8, materia orgánica 4,7 por ciento, N-NO₃ 14 ppm, P disponible Olsen 32 ppm y K intercambiable 1,1 meq/100 g suelo.

¹ Recepción de originales: 24 de septiembre de 1979.

Parte de tesis presentada por Rafael Valiente G., para optar al título de Ingeniero Agrónomo, a la Universidad de Concepción. Trabajo financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Concepción (Proyecto 2.01.30).

² Ing. Agr. e Ing. Agr., M.Sc., respectivamente. Instituto de Ingeniería Agrícola, U. de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

³ Ing. Agr., Ph.D., Escuela de Agronomía, U. de Concepción, Casilla 537, Chillán, Chile.

Se empleó un diseño factorial 2x3. Los tratamientos fueron dos métodos de siembra y tres sistemas de preparación de suelo, los cuales se repitieron cinco veces. Las parcelas experimentales tuvieron un tamaño de 10 x 6 m. Los tratamientos utilizados fueron:

- a) Preparación de suelo intensiva. Consistió en una aradura de aproximadamente 20 cm de profundidad, con arado de 4 discos, seguida de dos rastrajes a 8 cm de profundidad, realizados con rastra off-set. En el segundo rastraje se acopló a la rastra un tablón para compactar levemente el suelo.
- b) Preparación de suelo semi-intensiva. Consistió en una aradura y rastraje, idénticos a las dos primeras labores del sistema intensivo, y de una tercera labor con una rastra combinada de clavos y rodillos desterronadores (Rau Kombi).
- c) Preparación de mínima labor. Incluyó una pasada con rastra off-set, seguida de un rodillado con rodillo corrugado provisto de escarificadores (John Deere).
- d) Siembra con máquina sembradora de precisión. Se utilizó una máquina sembradora de precisión (Hassia-Exakta), corrientemente utilizada para la siembra de semilla monogérmica de remolacha.
- e) Siembra con máquina sembradora de cereales. Se realizó con una máquina John Deere, modelo 8250, con aditamento compactador. La quinoa se colocó en el depósito para semillas forrajeras. Los tubos de bajada de este depósito se fijaron a los mecanismos de soporte de las ruedas compactadoras, para asegurar una distancia uniforme entre hileras y la localización de las semillas en el surco abierto por los discos.

Ambas máquinas sembradoras se regularon para depositar la semilla a 2 cm de profundidad, en hileras distanciadas a 50 cm, en una dosis de 6 kg/ha.

El ensayo también se utilizó para evaluar procedimientos de cosecha. Los datos obtenidos fueron analizados como un block al azar. Los sistemas estudiados se detallan a continuación:

- (a) Cosecha manual. Las plantas se segaron con hachona, a una altura de 18 a 20 cm del suelo, el 20 de febrero de 1979; se secaron en el campo durante dos días y se desgranaron con una trilladora estacionaria experimental.
- (b) Cosecha semi-mecanizada. Las plantas se cortaron con una barra segadora en la misma fecha que el tratamiento anterior y se dejaron en el campo por dos días antes de ser trilladas con la máquina descrita anteriormente.
- (c) Cosecha directa. Se utilizó una cosechadora combinada automotriz. La cosecha se efectuó el

26 de febrero de 1979, cuando la madurez de panojas principales era relativamente uniforme. Sin embargo, el grano cosechado tenía una humedad de 22 por ciento, base peso fresco, de modo a la desuniformidad en la madurez de las panojas secundarias y tallos.

En el experimento se incluyó un tratamiento adicional para observar el efecto que tenía mantener una alta densidad poblacional (tratamiento sin raleo). Para ello se estableció quinoa en las condiciones descritas, sobre un suelo preparado de acuerdo al sistema de mínima labor, en la misma fecha anterior, comparándose su rendimiento con el tratamiento similar, pero con raleo.

Se realizaron controles mecanizados de malezas el 10 de octubre, 30 de octubre y 10 de noviembre. Junto con el segundo cultivo se aplicaron 48 kg de N y 10 kg de K₂O por ha, como salitre potásico (14 por ciento K₂O). Durante el tercer control, las plantas aporcaron para darles mayor firmeza. Se hicieron controles químicos de larvas de noctuidos (*Copiticia naemodis* Butler) y larvas minadoras de hojas (*Liriomyza langei* Frick).

Las plantas de quinoa se ralearon a una distancia de 10 cm sobre la hilera, después del segundo control de malezas, dejando una población de 200.000 plantas por hectárea, aproximadamente.

Con el objeto de evaluar el efecto de los diversos tratamientos, se midieron las siguientes variables: densidad aparente del suelo; profundidad de siembra; población de malezas; rendimiento de grano limpio, base materia húmeda (BMH) al 14 por ciento, en dos hileras de 8 m de largo, para los métodos de cosecha manual y semi-mecanizado, y en cuatro hileras de 8 m de largo, para la cosecha directa; altura de las plantas y cálculo de costos, para lo cual se siguió la metodología propuesta por Ibañez y Rojas (1972), para costos de operación y producción por concepto de raleo agrícola.

RESULTADOS Y DISCUSION

La preparación de suelo y siembra se realizaron en buenas condiciones de humedad y mullimiento. La emergencia se inició aproximadamente a los 8 días. Durante la estación de crecimiento no se efectuaron riegos, pero la disponibilidad de agua al momento de germinación y de la aparición de las hojas verdaderas del cultivo, 15 días, fue adecuada.

Hasta los 30 días de establecido el cultivo, fecha que se empezó el raleo, se observó un cierto porcentage de caída de las plantas, provocada por hongos

CUADRO 1. EFECTO DE SISTEMAS DE PREPARACION DE SUELO Y METODOS DE SIEMBRA SOBRE ALGUNAS VARIABLES AGRONOMICAS DEL CULTIVO DE LA QUINOA

Preparación	Sembradora		Promedio
	Precisión	Cerealera	
	Rendimiento, qq/ha		
Intensiva	28,5	30,7	29,6
Semi-intensiva	29,7	30,7	30,2
Mínima labor	27,5	30,2	28,9
DMS (P = 0,05)		3,35	
	Densidad aparente del suelo antes de la siembra, g/cm³ (+)		
Intensiva		0,84	
Semi-intensiva		0,86	
Mínima labor		1,04	
DMS (P = 0,05)		0,15	
	Densidad aparente del suelo después de la siembra, g/cm³		
Intensiva	0,94	0,96	0,95
Semi-intensiva	1,02	0,98	1,00
Mínima labor	1,08	1,04	1,06
DMS (P = 0,05)		0,07	
	Profundidad de siembra, cm		
Intensiva	1,9	0,8	1,4
Semi-intensiva	1,9	0,8	1,4
Mínima labor	1,6	0,5	1,1
DMS (P = 0,05)		0,3	
	Número de plantas/metro lineal		
Intensiva	43	34	38,5
Semi-intensiva	38	33	35,5
Mínima labor	39	38	38,5
DMS (P = 0,05)		7,4	
	Número de malezas/m² (+)		
Intensiva		980	
Semi-intensiva		938	
Mínima labor		630	
DMS (P = 0,05)		259	

(+) Estos valores corresponden a cada parcela de preparación de suelo sin hacer distinción del tipo de máquina sembradora utilizada.

género *Phythium* y *Rhizoctonia* (R. Hepp, 1979, comunicación personal).

En el Cuadro 1 se presentan los datos de rendimiento, densidad aparente del suelo, profundidad efectiva de siembra, número de plantas por metro lineal y población de malezas.

No se observaron diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos para los diferentes tratamientos estudiados. La producción de grano promedio de

todos los tratamientos, fue de 29,6 qq/ha, inferior en aproximadamente 10 qq/ha al obtenido por Etchevers y Avila (1978) para el mismo ecotipo, pero bajo condiciones de riego. Dado que las diferencias no fueron significativas, se recomendaría seleccionar, para condiciones similares a las del ensayo, el procedimiento de menor costo para el agricultor. Este aspecto se discute más adelante en esta sección.

Los sistemas de preparación de suelo afectaron la densidad aparente de éste. Se puede observar que la

mínima labor presenta un valor significativamente mayor que los otros dos, debido a un laboreo menos profundo. En efecto, el implemento de labranza removió aproximadamente los primeros 8 cm del suelo y las muestras para la determinación de densidad aparente se obtuvieron de la profundidad 10 a 12 cm.

Al analizar los resultados para las profundidades a que fue localizada la semilla, se observaron diferencias significativas entre los sistemas de preparación de suelo; el tratamiento que tuvo un comportamiento distinto fue el de mínima labor. Esto se explica porque el suelo fue removido a menor profundidad, lo que impide una mayor penetración del abridor de surcos.

La sembradora de cereales localizó la semilla a una profundidad significativamente menor (0,7 cm) que la sembradora de precisión (1,8 cm), a pesar que ambas fueron inicialmente reguladas para depositarla a 2,0 cm. Con la sembradora cerealera no se logró la profundidad deseada, porque estas máquinas, generalmente, traen el conducto de bajada para semillas forrajeras, utilizado en este ensayo, bastante separado del abridor de surcos. En las siembras asociadas de cereales con forrajeras, las semillas de estas últimas quedan prácticamente sobre la superficie.

En el presente ensayo se trató de lograr la profundidad deseada fijando los conductos de bajada al vástago de las ruedas compactadoras, a fin de que el grano cayera detrás del surco abierto por los discos y estas ruedas enterraran las semillas; pero este sistema compactador va unido al chasis por un eje libre, que muchas veces se desvía de la línea de siembra, a causa de los terrones que existen en el terreno. Por otra parte, Burbano y Coral (1976) informan que, en muchos casos, se acostumbra a dejar la semilla de quinoa sin tapar, para evitar problemas de emergencia.

La densidad de plantas por metro lineal presente a los 18 días, fue afectada por el tipo de máquina sembradora, aunque la diferencia entre las medias es mayor que la DMS sólo en el tratamiento de preparación de suelo intensivo. La cantidad de plantas obtenidas mediante la siembra con ambas máquinas, sin embargo, fue considerada suficiente para proporcionar la densidad recomendada de 10 a 12 plantas por metro después del raleo (Narrea, 1976). Hay que recordar que ambas máquinas se usaron para sembrar a chorro continuo, ya que no se disponía del juego de platos alveolados para la sembradora Hassia-Exakta. En relación a los tres sistemas de preparación de suelo, no hubo diferencias significativas, observándose buena población de plantas, tanto con mínima labor como con preparación intensiva.

El tratamiento de mínima labor presentó un valor significativamente menor que los otros dos para número de malezas/m², dado a que el suelo no fue removido tan profundamente como para dejar en condiciones de germinar semillas estratificadas.

Los rendimientos, obtenidos al cosechar en forma manual, semi-mecanizada y directamente con cosechadora combinada automotriz, fueron los indicados en el Cuadro 2. El rendimiento de cosecha manual fue significativamente superior a los otros dos sistemas usados. Las pérdidas de semilla en la cosecha mecanizada y directa fueron del orden de 10 y 20 por ciento, respecto a la manual.

En el caso de la cosecha semi-mecanizada, estas pérdidas se produjeron por desgrane causado al golpear contra el suelo las plantas cortadas por la segadora; al amontonarlas una vez cortadas; y al transportarlas hacia la trilladora. Sin embargo, este sistema permitió reemplazar 20 jornadas hombre, dedicadas a siega y carguío en la cosecha manual, por 1,35 hr máquina segadora y 7,8 jornadas hombre, para amontonado y carguío, corroborando datos similares encontrados en la bibliografía (Narrea, 1976). Además, el corte con segadora alivió esta tediosa tarea y permitió completar la faena en menor tiempo.

Las pérdidas en la cosecha directa se debieron principalmente a la introducción de material cortado entre las barras del molinete, y que éste devuelve al girar, y al hecho que, por lo general, la panoja principal madura antes que las secundarias, por lo que el material menos seco es sólo parcialmente trillado. El porcentaje de humedad del grano cosechado con este procedimiento, fue 22 por ciento. Esto trae como consecuencia el tener que extender lo cosechado, para que pierda humedad, o bien, usar algún secador de grano. Sin embargo, al incorporar una superficie grande a la producción de quinoa, la cosecha directa es una alternativa que permite hacer cosechas rápidas, oportunas y con una eficiencia aceptable. En cuanto a las pérdidas, éstas pueden solucionarse usando un molinete adecuado y esperando un secado uniforme de las plantas.

En el Cuadro 3 se presentan algunos antecedentes relacionados con el número de plantas y rendimiento del tratamiento adicional, sin raleo, incorporado al experimento principal. En él se sembró quinoa mediante los dos métodos de siembra y sobre la preparación de suelo de mínima labor. Esto nos permitió comparar los resultados con los obtenidos en el tratamiento similar del experimento principal, pero en el cual se raleó a 10-12 plantas por metro lineal.

La cantidad de plantas por metro lineal, al momento de la cosecha, fue significativamente mayor en el tra-

CUADRO 2. EFECTO DE TRES SISTEMAS DE COSECHA SOBRE LOS RENDIMIENTOS DE QUINOA

Cosecha	Rendimiento qq/ha
Manual	29,6
Semi-mecanizada	27,0
Directa	24,6
DMS (P = 0,05)	2,52

CUADRO 3. EFECTO DEL RALEO SOBRE EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE QUINOA

Sembradora	Sin raleo	Con raleo
Plantas/m a la cosecha		
Precisión	49	12
Cerealera	50	13
DMS (P = 0,05)	7,4	
Altura (m)		
Precisión	1,3	1,5
Cerealera	1,3	1,6
DMS (P = 0,05)	0,04	
Rendimiento (qq/ha)		
Precisión	21,5	27,5
Cerealera	23,8	30,2
DMS (P = 0,05)	3,2	

tamiento sin raleo que en el con raleo. Por el contrario, los rendimientos promedios fueron de 22,7 y 28,9 qq/ha, respectivamente. Esto último se debió a la mayor competencia por luz, nutrientes y disponibilidad de agua entre las plantas en el tratamiento sin raleo. Estas plantas presentaron un menor desarrollo, altura y tamaño de panojas. El efecto del número de plantas por metro lineal sobre los rendimientos de la quinoa, requiere de mayor atención. Por otra parte, Etchevers y Avila (1978) informan que con distancias entre hileras que fluctuaban entre 0,40 y 0,80 m, no observaron un efecto significativo sobre los rendimientos de esta especie, debido a la compensación del menor número de plantas, por un mayor número de panojas por planta.

Asumiendo un precio para el quintal de quinoa aproximadamente un 50 por ciento mayor que el del trigo y teniendo presente los rendimientos promedios para los diferentes tratamientos, se calculó que el método de mínima labor fue mucho más económico. En términos porcentuales, las preparaciones de suelo intensiva y semi-intensiva tuvieron un costo 150 y 110 por ciento, respectivamente, mayores que la mínima labor. Además, hay que tener en cuenta que ambos métodos presentaron un 35 por ciento más de malezas, debido a la germinación de semillas estratificadas en el suelo.

Si bien la diferencia de costo entre máquinas sembradoras fue de sólo un 15 por ciento, hay que considerar que el menor costo coincide con la máquina cerealera, que es la más usual entre los agricultores.

CONCLUSIONES

Tomando en cuenta que estos resultados experimentales corresponden a un solo año, se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- Los sistemas de preparación de suelo y los métodos de siembra no afectaron significativamente los rendimientos finales.
- La cosecha directa y la semi-mecanizada tuvieron un rendimiento inferior, en un 20,1 y 9 por ciento, respectivamente, a lo cosechado en forma manual.
- El cultivo de la quinoa acepta un alto grado de mecanización, casi comparable al del trigo, (obteniéndose buenos rendimientos, 29,6 qq/ha).
- La preparación de suelo intensiva y la semi-intensiva presentaron, aproximadamente un 35 por ciento más de malezas que la de mínima labor.
- Los rendimientos de quinoa del tratamiento sin raleo disminuyeron en aproximadamente 25 por ciento, al mantener una alta densidad de plantas por metro lineal.
- Los costos de operación para las preparaciones de suelo intensiva y la semi-intensiva fueron 150 y 110 por ciento, respectivamente, mayores que para la mínima labor. La siembra con sembradora de cereales tuvo un costo 15 por ciento menor que el con la sembradora de precisión.

RESUMEN

Se realizó un experimento para determinar el efecto de sistemas de preparación de suelo y de distintos métodos de siembra y cosecha sobre el crecimiento y rendimiento de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd).

El ensayo se condujo en un suelo serie Diguillín, de la provincia de Ñuble.

El rendimiento promedio de los diversos tratamientos

fue 29,6 qq/ha (14 por ciento humedad). Los distintos sistemas de preparación de suelo (sistema intensivo, semi-intensivo y mínima labor), no afectaron significativamente los rendimientos, pero el vigor de las plantas disminuyó a medida que la intensidad del laboreo decreció.

Los rendimientos de las parcelas cosechadas mediante combinada automotriz y siega mecanizada/trilladora

estacionaria fueron un 20,1 y 9,5 por ciento inferiores, respectivamente, al de las parcelas segadas manualmente y trilladas con estacionaria.

El rendimiento de un tratamiento mantenido sin raleo durante toda la estación de crecimiento alcanzó a sólo un 75 por ciento de la producción registrada para el tratamiento raleado a 12 plantas por metro lineal.

SUMMARY

Effect of seed bed preparation, and seeding and harvesting methods on yield, in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd)

An experiment was conducted in order to determine the effect of seed bed preparation, and of seeding and harvesting methods on the growth and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). The trial was carried out on a soil of the Diguillin series, in the province of Ñuble, Chile.

The average yield of the treatments was 29,6 qq/ha (14 per cent moisture content). The different soil preparation systems (intensive, semi-intensive, and minimum tillage) did not significantly affect yields.

However, the vigor of the plants decreased as the intensity of tillage decreased.

Yields from plots harvested with a self-propelled combine and cutter bar/thresher were 20,1 and 9,5 per cent, respectively, lower than those obtained from plots that were manually cut. Yields from plots with no thinning during the whole season were only 75 per cent of yields obtained from plots thinned to 12 plants per meter on the row.

LITERATURA CITADA

- BURBANO, H. y CORAL, E. 1976. Estado actual del cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en el Depto. de Nariño, Colombia. En: Primera Reunión Binacional sobre Planificación de la Producción de Quinoa. Pasto, Colombia, junio 1976. Comité Inter-institucional Colombiano de la Quinoa. p. 57-69.
- CARDOZO G., A. 1961. Investigaciones de quinua en nutrición animal. La Paz, Bolivia, Ministerio de Agricultura. Bol. Experimental N° 18. 18 p.
- _____. 1976. La quinua y los requisitos como alimento animal. En: Primera Reunión Binacional sobre Planificación de la Producción de Quinoa. Pasto, Colombia, junio 1976. Comité Inter-institucional Colombiano de la Quinoa. p. 70-79.
- CRUZAT C., C. 1978. Reconocimiento y caracterización física y química de los suelos de la Estación Experimental de la Escuela de Agronomía de la Universidad de Concepción, Chillán, Chile, U. de Concepción, Esc. de Agronomía. (Tesis mimeografiada) 66 p.
- ETCHEVERS B., J. y AVILA T., P. 1978. Comportamiento agronómico de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en Chile. XXIX Jornadas Agronómicas, Santiago, Chile. (Mimeografiado). 11 p.
- FUENTES P., E. 1972. Importancia de la "Quinoa" (*Chenopodium quinoa* Willd) en la solución del problema de las proteínas en la alimentación chilena. Simiente, Chile 42(1-3): 15-20.
- IBÁÑEZ C., M. y ROJAS DE E., E. 1972. Costos de operación y producción por concepto de maquinaria agrícola. Chillán, Chile, U. de Concepción, Escuela de Agronomía. Boletín Técnico N° 8. 60 p.
- JUNGE R., I. 1975. Lupino y quinoa. Concepción, Chile, U. de Concepción. Escuela de Ingeniería. p. 27-161.
- LOPEZ S., J. G. 1973. Evaluation of the protein quality of quinoa by protein efficiency ratio, biological values and aminoacid composition. Logan, Utah, Utah State University. Master of Science Thesis. 71 p.
- MUJICA S., A. 1977. Tecnología de cultivo de la quinoa. En: Curso de quinoa. Puno, Perú, abril 11-16, 1977. Lima, Perú, Fondo Simón Bolívar, Ministerio de Alimentación, IICA. p. 101-110.
- _____. y NARREA R., A. 1977. Mecanización en la siembra de la quinoa. En: Curso de quinoa. Puno, Perú, abril 11-16, 1977. Lima, Perú, Fondo Simón Bolívar, Ministerio de Alimentación, IICA. p. 111-118.
- NARREA R., A. 1976. Cultivo de quinoa. Lima, Perú, Ministerio de Alimentación. Boletín N° 5. 22p.
- WEBER, ED. 1978. Quinoa: nuevo interés en un cultivo antiguo. El CIID informa. Colombia 7(1): 3-5.