



Capítulo 3
ESTABLECIMIENTO
DE LA QUÍNOA

Mario Mera K.
José Miguel Alcalde R.
Ingrid von Baer J.
Jorge Díaz S.

3.1. Introducción

Las investigaciones para definir dosis de semilla y sistemas de siembra en Chile para la quínoa son escasas y se trata de una información necesaria, considerando que es una de las primeras preguntas del agricultor interesado en este cultivo. La distribución de semilla al voleo es una práctica común entre pequeños agricultores, pero es poco recomendable debido al pequeño tamaño de ésta. En sudamérica se usan variados sistemas de siembra. El espaciamiento entre hileras varía entre 40 y 80 cm. Sin embargo, en Inglaterra se encontró que los más altos rendimientos de la variedad Regalona Baer, creada en Chile, se obtenían con un espaciamiento de 20 cm, con 20 kg ha⁻¹ de semilla (Risi y Galwey, 1991). En Colorado, Estados Unidos, se encontró beneficioso espaciar los surcos al menos a 36 cm (Johnson y Croissant, 1985), pero en Dinamarca, Jacobsen et al. (1994) no encontraron diferencias significativas en rendimiento al comparar espaciamientos entre surcos de 12,5; 25 y 50 cm. En el estudio danés se estimó que la densidad de plantas óptima era 327 plantas m⁻², pero con una desviación estándar de 220 plantas m⁻², lo cual llevó a concluir que los rendimientos de grano de la quínoa pueden permanecer estables a través de un amplio rango de densidades de población. Estudios en Holanda y Dinamarca también encontraron que los rendimientos de la quínoa pueden mantenerse estables con densidades de entre 30 y 250 plantas m⁻² (Darwinkel y Stolen, 1997). Sobre la base de rendimientos y competencia con malezas, en el norte de Europa se recomienda una dosis de siembra de 6 kg ha⁻¹ para alcanzar poblaciones de 100 a 150 plantas m⁻² (Peterson y Murphy, 2015). Para las variedades ecuatorianas INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado, Peralta et al. (2009) recomiendan 12 a 16 kg ha⁻¹ de semilla con espaciamiento entre surcos de 60 cm para la primera y 40 cm para la segunda variedad, en el caso de siembras manuales "mateadas" (en surcos dejando cierta distancia entre dos grupos de semillas), y 12 kg ha⁻¹ de semilla si la siembra es con máquina a chorro continuo. Gómez-Pando y Aguilar-Castellanos (2016) recomiendan 10-12 kg ha⁻¹ de semilla para siembras manuales y 12 a 15 kg ha⁻¹ al usar sembradora de cereales. Con sembradora de hortalizas, la dosis de semilla puede reducirse a 4-5 kg ha⁻¹. En el caso de suelos pedregosos o con pendientes pronunciadas sugieren aumentar a 15-20 kg ha⁻¹. El espaciamiento puede variar entre 40 y 80 cm dependiendo del sistema de siembra.

En relación a lo anteriormente expuesto, Peterson y Murphy (2015) enfatizan lo determinante que son la condición ambiental de la localidad, la presión de malezas y las características de la variedad en los resultados de estudios de espaciamiento, dosis de siembra y densidad de plantas. En consecuencia, es necesario contar con resultados experimentales para condiciones particulares, a fin de entregar recomendaciones más precisas a los agricultores.

Para tener información sobre dosis de semilla a ocupar en siembras de quínoa en La Araucanía, INIA condujo ensayos en las localidades de INIA Carillanca y Tranapunte,

durante tres temporadas (2015-16; 2016-17; 2017-18). Se probaron seis dosis de siembra (5, 10, 15, 20, 25, 30 kg/ha) con dos espaciamientos entre surcos (20 y 40 cm), empleando la variedad Regalona Baer, única disponible actualmente en el mercado chileno. Se trata de una variedad de "nivel del mar" (*lowland, coastal o sea-level*), de baja altura de planta, hábito de crecimiento compacto y relativa precocidad (von Baer et al., 2009). Cada semilla de la variedad Regalona Baer pesa en promedio alrededor de 3 miligramos. Esto significa que un kilogramo contiene más de 333 mil semillas. En ambas localidades se estableció en septiembre bajo condición de secano. Se trazaron manualmente surcos poco profundos para sembrar superficialmente, ya que las tasas de germinación se reducen drásticamente cuando la semilla queda a una profundidad de más de 2 cm (Peterson y Murphy, 2015).

3.2 Rendimiento de grano

El espaciamiento a 40 cm permitió obtener rendimientos levemente superiores que el espaciamiento a 20 cm, en las dos localidades de ensayo (Cuadro 1), siendo la diferencia estadísticamente significativa. Como promedio de los tres años, las dos localidades y las seis dosis de siembra, el rendimiento con espaciamiento entre hileras a 40 cm fue 3.770 kg ha⁻¹ y con 20 cm fue 3.495 kg ha⁻¹. Como promedio de los tres años de evaluación, el rendimiento de grano alcanzado en Tranapunte fue 4.006 kg ha⁻¹ y el logrado en INIA Carillanca, 3.258 kg ha⁻¹. Se observó un mayor vigor y sanidad de las plantas con el espaciamiento a 40 cm, coincidiendo con observaciones de Jacobsen et al. (1994). La presencia de mildiu, causado por el hongo *Peronospora variabilis*, se evidenció en menor grado en las parcelas con 40 cm de espaciamiento. Desde el punto de vista del manejo agronómico, el espaciamiento de 40 cm entre hileras permite ejercer un control de malezas mecánico o manual, en tanto que el espaciamiento de 20 cm depende del control químico.

Cuadro 1. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de quínoa Regalona Baer con dos espaciamientos entre surcos, en dos localidades durante tres temporadas. Los datos presentados son promedios de seis dosis de siembra

Temporada	Carillanca		Tranapunte	
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm
2015-16	3.079	3.218	3.712	4.179
2016-17	2.939	3.365	5.196	5.289
2017-18	3.519	3.431	2.523	3.139
Media de 3 años	3.179	3.338	3.810	4.202

La dosis de semilla, sin embargo, no tuvo un efecto significativo en ninguna localidad (Cuadro 2). Tampoco fue significativa la interacción entre espaciamiento y dosis de semilla. Al incrementar la dosis se redujo la cantidad de ramificaciones superiores del tallo y consecuentemente el tamaño de la panoja. También se observó una leve aceleración de la madurez al incrementar la dosis de semilla. Estos dos efectos también han sido reportados por Risi y Galwey (1991). Como se observa en el cuadro 2, la población de plantas obtenida fue notablemente inferior a lo esperado y la pérdida de plantas aumenta al incrementar la dosis de siembra. El caso extremo es la siembra a razón de 30 kg ha⁻¹, donde se depositaron alrededor de 1.000 semillas por metro cuadrado, pero apenas se superaron las 100 plantas m⁻².

Cuadro 2. Población de plantas (plantas m⁻²) y rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de quínoa Regalona Baer, obtenidas con seis dosis de siembra, en dos localidades. Los datos presentados son promedios de tres temporadas y dos espaciamientos entre surcos

Dosis semilla (kg ha ⁻¹)	Densidad (semillas m ⁻²)	Carillanca		Tranapunte	
		Población	Rendimiento	Población	Rendimiento
5	167	40	3.320	42	4.181
10	333	68	3.235	58	4.131
15	500	84	3.254	74	4.150
20	667	91	3.331	92	3.814
25	833	103	3.199	97	3.915
30	1.000	104	3.211	109	3.847

La planta de la variedad Regalona Baer no produce ramificaciones basales, independientemente de la densidad poblacional. La biomasa del cultivo no fue medida, pero no se apreciaron cambios a partir de una población de plantas de alrededor de 60 plantas m⁻². Lesjak y Calderini (2013) encontraron que rendimiento de grano presentó una relación lineal y positiva con la biomasa por unidad de superficie (R=0,99; p<0,05) y con el número de granos (R=0,96; p<0,05).



Foto 1. Foto aérea del ensayo de espaciamiento y dosis de quínoa, mostrando 3 bloques correspondientes a 3 repeticiones. En el primer bloque, las primeras seis parcelas del lado izquierdo son las dosis de siembra ordenadas de menor a mayor, con 20 cm de espaciamiento; en las seis del lado derecho, las mismas dosis crecientes, con 40 cm espaciamiento. Fuente: Jorge Díaz S. (INIA Carillanca)

3.3 Peso medio del grano

No fue afectado por la dosis de siembra, sin embargo, con espaciamiento de 40 cm fue levemente mayor, con diferencia estadísticamente significativa, que con 20 cm (3,15 versus 3,09 mg). El factor de mayor efecto fue el ambiente, variando entre temporadas y localidades según la disponibilidad de agua en el suelo.

3.4 Altura de planta

Al igual que para peso de grano, el ambiente (localidad, temporada) fue el factor de mayor efecto. Al aumentar la dosis de siembra la altura disminuyó de 94 a 88 cm, y con espaciamiento a 40 cm fue mayor (93 cm) que con espaciamiento a 20 cm (88 cm). Estas diferencias fueron estadísticamente significativas, pero no estuvieron asociadas a tendencia del cultivo.

Puede concluirse que la quínoa es una planta con gran plasticidad capaz de compensar eficientemente las variaciones de densidad poblacional. Con población escasa cada planta produce una panoja más grande y con mayor cantidad de granos. Con población abundante cada planta produce panojas más pequeñas. Como resultado, al variar la población el rendimiento se mantiene relativamente estable.

Paralelamente a los ensayos ya descritos, se planificó la evaluación de cuatro fechas de siembra: primera y tercera semana de septiembre, y primera y tercera semana de octubre. Los resultados (Cuadro 3) muestran que los rendimientos tienden a disminuir en la medida que la fecha de siembra se atrasa. Naturalmente, la ocurrencia de lluvias primaverales puede anular la tendencia, pero sin duda el atraso en la fecha de siembra implica un riesgo para el agricultor que siembra quínoa en condición de secano en la Región de La Araucanía.

Cuadro 3. Rendimiento de grano (kg ha^{-1}) de quínoa Regalona-Baer, obtenidas con cuatro fechas de siembra, en dos localidades. Aproximadamente: (1) primera semana de septiembre, (2) tercera semana de septiembre, (3) primera semana de octubre, (4) tercera semana de octubre

Fecha de siembra	Carillanca			Tranapunte		
	2015-16	2016-17	2017-18	2015-16	2016-17	2017-18
1 (Sept.)	4.000	2.270	2.050	6.300	5.340	2.730
2 (Sept.)	3.800	930	1.390	5.600	4.230	2.680
3 (Oct.)	3.750	1.300	1.250	6.190	4.770	2.760
4 (Oct.)	3.770	900	670	4.430	4.190	1.640

No obstante, lo anterior, las siembras de agosto también deberían dar un buen resultado, debido a que probablemente el suelo tendrá mayor humedad y las semillas germinando correrán menos riesgo de deshidratarse. Las temperaturas del suelo probablemente serán inferiores a lo óptimo, pero de acuerdo a un experimento en

Dinamarca con una variedad danesa originada a partir de material “de nivel del mar” chileno, la germinación máxima se obtuvo con 15 a 20°C. Sin embargo, altas tasas de germinación se obtuvieron también con la temperatura mínima evaluada, 8°C (Jacobsen y Bach, 1998). De hecho, la quínoa se siembra usualmente con temperatura de suelo de 7-8°C en Dinamarca. También en Inglaterra, 5-8°C en el suelo se considera temperatura adecuada para sembrar quínoa en primavera (Galwey, 1989). Por el contrario, Jacobsen et al. (1999) encontraron que con 6°C de temperatura del suelo la germinación disminuía a una cuarta parte de la correspondiente a la temperatura óptima. El mismo estudio mostró que la germinación a baja temperatura era nula si la semilla había sido cosechada prematuramente y subía a 45% de germinación si había sido cosechada posteriormente. Jacobsen et al. (1999) sugieren que puede buscarse entre los materiales “de nivel del mar”, aquellos capaces de germinar a bajas temperaturas a fin de adelantar la época de siembra. Una época de siembra temprana podría significar un establecimiento temprano, mayor competitividad con malezas y cosecha adelantada. Si no se encuentra en materiales chilenos podría incorporarse por cruces con materiales peruanos que han mostrado buena tasa de germinación a temperaturas de 2°C.



Foto 2. Parcelas con cuatro diferentes fechas de siembra mostrando el desarrollo de la quínoa en noviembre (izquierda) y diciembre (derecha). Desde el fondo hacia el frente: 1° semana septiembre; 3° semana septiembre; 1° semana octubre y 3° semana octubre.
Fuente: Jorge Díaz S. (INIA Carillanca)

3.5 Recomendaciones agronómicas

3.5.1 Espaciamiento. El espaciamiento entre surcos a 40 cm es más recomendable que a 20 cm. La ganancia en rendimiento es pequeña, pero hay otras ventajas: mejora la circulación de aire y las plantas son más sanas, es posible desmalezar manualmente si es necesario y el peso de grano aumenta levemente.

3.5.2 Dosis de siembra. Se recomienda una dosis de 10 kilos por hectárea de semilla. Con adecuada preparación de suelo y tasa de germinación, la dosis puede bajar hasta 5 kilos por hectárea, con una densidad de 40 plantas por metro cuadrado. El aumento de dosis de siembra no logra aumentos proporcionales de población de plantas.

3.5.3 Fecha de siembra. La evaluación de cuatro fechas de siembra en el período septiembre-octubre, tanto en el valle central como en el borde costero de La Araucanía, indica que lo más recomendable es sembrar la primera semana de septiembre.

3.5.4 Sistema de siembra. Si se dispone de sembradora con cajón para forrajeras, la quínoa va allí. Si es una sembradora de cereales convencional la semilla de quínoa debe ir en el cajón de fertilizante. Para simular el espaciamiento a 40 cm se tapa un tubo de salida por medio. La profundidad de siembra es relevante para un cultivo con semilla tan pequeña. Debe sembrarse superficialmente, a no más de 2,5 cm de profundidad. En suelos arcillosos es preferible que no supere los 2 cm. Por otro lado, si la semilla queda excesivamente superficial, al germinar se exponen a deshidratarse si el suelo tiene poca humedad y hay viento, como puede ocurrir en siembras de primavera. En suelos livianos se recomienda rodonar para mejorar la adherencia de la semilla al suelo y favorecer la germinación.

Referencias Bibliográficas

- Darwinkel A, Stolen O. 1997. Understanding the quinoa crop: guidelines for growing in temperate regions of NW Europe. European Commission, Brussels.
- Galwey NW. 1989. Exploited plants – quinoa. *Biologist* 36(5):267-274.
- Gómez-Pando L, Aguilar-Castellanos E. 2016. Guía de cultivo de la quínoa. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Jacobsen SE, Jorgensen I, Stolen O. 1994. Cultivation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under temperate climatic conditions in Denmark. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 122(1):47.
- Jacobsen SE, Bach AP. 1998. The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Seed Science and Technology* 26(2):515-524.
- Jacobsen SE, Jornsgrard B, Christiansen JL, Stolen O. 1999. Effect of harvest time, drying technique, temperature and light on the germination of quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Seed Science and Technology* 27:937-944.
- Johnson DL, Croissant RL. 1985. Quinoa production in Colorado. Fort Collins, Colorado. Colorado State University Cooperative Extension. Service-In-Action Sheet N°112.
- Lesjak J, Calderini D. 2013. Efecto del aumento de la temperatura y reducción de la fuente de asimilados sobre el rendimiento de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el sur de Chile. IV Congreso Mundial de la quínoa. Pósters. Ibarra, Ecuador, 8-12 julio 2013.
- Peralta E, Mazón N, Murillo A, Rivera M, Monar C. 2009. Manual agrícola de granos andinos: Chocho, Quínoa, Amaranto y Ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. Manual N°69. 2ª Impresión. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 71 p.
- Peterson AJ, Murphy KM. 2015. Quinoa cultivation for temperate North America: Considerations and areas for investigation. In K Murphy & J Matanguihan (eds) *Quinoa: Improvement and Sustainable Production*, 173-192. John Wiley & Sons.
- Risi JC, Galwey NW. 1991. Effects of sowing date and sowing rate on plant development and grain yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in a temperate environment. *Journal of Agricultural Science (Cambridge)* 117(03):325-332.
- Von Baer I, Bazile D, Martínez EA. 2009. Cuarenta años de mejoramiento de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en La Araucanía: Origen de "La Regalona-B". *Revista Geográfica de Valparaíso* 42:34-44.