

Servicio Técnico Especializado INTA EEA San  
Juan – YOMEL S.A.  
Noviembre 2022  
Estación Experimental Agropecuaria INTA San

# Cultivo de quinua bajo dos sistemas y densidades de siembra

**Autores: Nadia Bárcena, Gonzalo  
Roqueiro y Lucas Guillén**

Instituto Nacional de  
Tecnología Agropecuaria  
Argentina



# Cultivo de quinua bajo dos sistemas y densidades de siembra.

## Experiencia en el Valle de Tulum, Pocito, San Juan.

### Resumen

En el presente trabajo, se muestran los resultados obtenidos de un Servicio Técnico Especializado entre la empresa YOMEL S.A. y la Estación Experimental Agropecuaria San Juan, INTA, para el estudio del uso de una sembradora Spin 200 eléctrica neumática con sistema Airdrill (YOMEL) en la siembra de quinua para dos densidades de siembra. Dicha sembradora presenta un sistema de cobertura total, lo que garantiza distribución de semillas uniforme sobre toda la cama de siembra a diferencia de la siembra convencional en línea. Se utilizó también una sembradora hortícola marca BISIG para la comparación de resultados en el comportamiento del cultivo, datos de crecimiento y rendimiento. La información que se produjo con esta experiencia servirá para brindar información sobre alternativas a la mecanización de la siembra de quinua, brindando perspectivas diferentes en los modelos de siembra actuales.

## Índice

<i>Objetivo general</i>	4
<i>Introducción</i>	4
<i>Características generales de la planta de quinua y su cultivo</i>	4
<i>Materiales y métodos</i>	6
<i>Resultados</i>	12
<i>Conclusiones y recomendaciones</i>	24
<i>Bibliografía</i>	25
<i>ANEXO I</i>	27

## OBJETIVO GENERAL

Evaluar densidades y sistemas de siembra empleando una sembradora neumática SPIN respecto a una sembradora hortícola de uso frecuente en el cultivo de quinua en San Juan, en relación a parámetros de crecimiento, rendimiento y calidad de granos.

## INTRODUCCIÓN

### **Características generales de la planta de quinua y su cultivo.**

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un pseudocereal originario de los alrededores del lago Titicaca en Bolivia y Perú. Hay registros arqueológicos que datan de hace 7000 años. Su cultivo fue marginado durante la conquista española. Se distribuye desde el sur de Colombia hasta la Patagonia Chilena y Argentina. El 92 % de la quinua mundial se produce en Perú, Bolivia y Ecuador. En Argentina, los principales productores son Jujuy y Salta, donde se conservan poblaciones de semillas entre los campesinos. Desde 2013, se fomentó la investigación en diferentes materiales de quinua en Buenos Aires, Catamarca, Tucumán, San Juan y La Rioja.

En relación a sus características botánicas (Fig. 1), la quinua es una planta dicotiledónea anual de la familia Chenopodiaceae, de metabolismo C3, con raíz pivotante y tallo erguido. Alcanza alturas de 0,2 a 3 m, forma inflorescencias en panojas con flores en glomérulos hermafroditas. Su fruto es un aquenio indehiscente. El ciclo vegetativo varía pudiendo ser de 90 a 210 días. Existen más de 3000 ecotipos y colores variables.

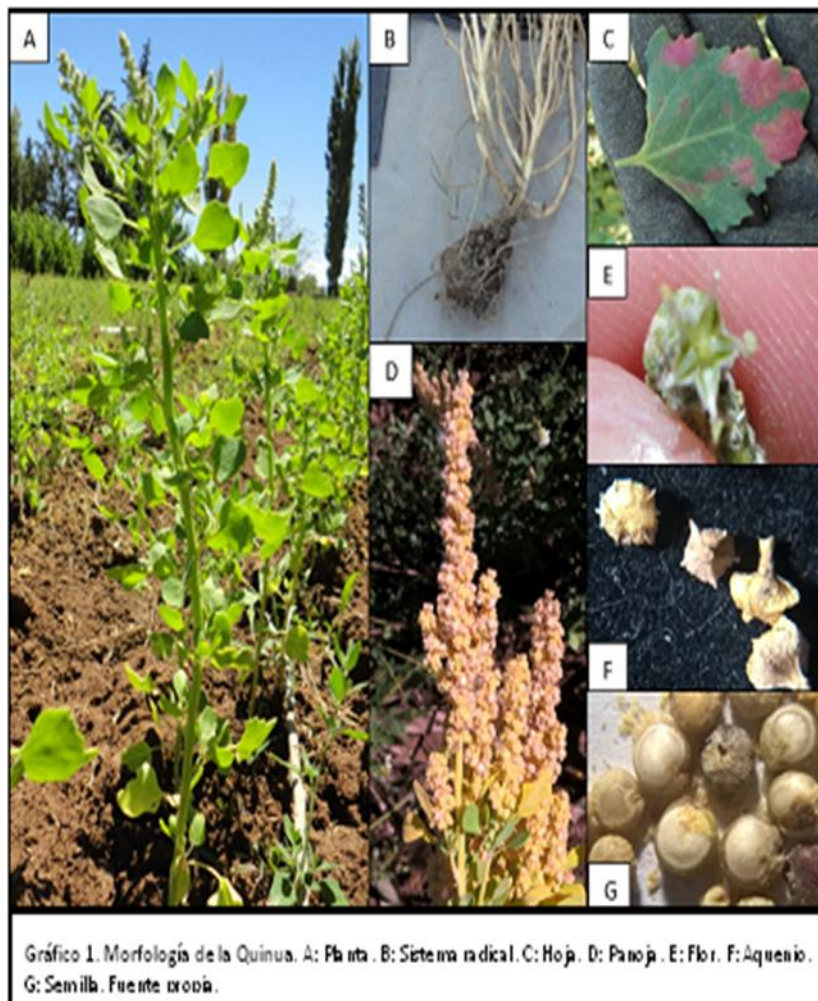


Fig 1: Morfología de la quinua. A. Planta adulta. B. Sistema radical. C. Hoja. D. Inflorescencia en panoja. E. Flor. F. fruto aquenio. G. semilla. Tomado de Roldan (2019).

Es considerada un cultivo agroindustrial de usos múltiples (Rojas *et al.*, 2016). La semilla puede utilizarse para el consumo humano, en forma directa o procesada (harina, leche, hojuelas, snacks, concentrados proteicos, etc.), como forraje para animales y también como cultivo de cobertura. Es un cultivo rústico y tolerante a diferentes condiciones ambientales como sequía, salinidad, bajas temperaturas, etc. por su alta variabilidad. Como alimento se destaca por su versatilidad en las preparaciones culinarias. El grano de quinua es altamente nutritivo y es el único alimento de origen vegetal que posee los 9 aminoácidos esenciales entre los que se encuentra la histidina, fundamental en el desarrollo neurológico de los infantes. La combinación de hidratos de carbono complejos con fibra lo hace un producto de bajo índice glucémico, lo cual brinda energía de liberación lenta siendo un gran aliado de la prevención y tratamiento tanto de la diabetes como de la obesidad (Jacobsen *et al.*, 2003; Rodríguez, 2015; Maradini

*et al.*, 2017). Por otra parte, la concentración de micronutrientes minerales y vitaminas favorecen la buena nutrición en todas las etapas de la vida (embarazo, niñez, adolescencia y adultez). Es libre de gluten siendo apto para personas celíacas. Un dato importante es que para ser consumido es necesario escarificar el grano para retirar la saponina, sustancia tóxica para el ser humano que se usa en la industria cosmética entre otros.

El material usado en el presente ensayo fue MORRILLOS, desarrollado por investigadores de INTA San Juan, en proceso de inscripción en INASE como segunda variedad de origen nacional. Es de ciclo corto, con aprox. 120 días a cosecha. El grano es mediano, de color crema oscuro, con rendimientos máximos de hasta 2000 kg/ha y rendimiento promedio de 1200 kg/ha.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción edafoclimática del sitio de ensayo

El ensayo se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria San Juan del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Dicha estación se encuentra en el departamento Pocito dentro del Valle de Tulum, Provincia de San Juan (Fig. 2).



Fig. 2: Ubicación geográfica del ensayo. El ensayo se llevó a cabo en el campo experimental de la Estación Experimental Agropecuaria INTA Pocito, ubicada en el Valle de Tulum a 640 msnm, en la provincia de San Juan.

Geológicamente, el Valle del Tulum es una depresión intermontana de origen tectónico, rellena por depósitos de sedimentos no consolidados de Edad Cuaternaria, por donde discurren las aguas del río San Juan. Desde un enfoque edafogenético, puede decirse que los suelos de la región andina tuvieron una evolución fuertemente marcada por los factores formadores del clima y relieve (Babelis *et al.*, 2013).

El clima es árido, tipo desértico con valores medios de 96 mm de precipitación, siendo en el Valle de Tulum inferior a los 250 mm anuales. En promedio cuenta con 53% de humedad relativa. Debido al clima seco y a la proximidad de la cordillera, la amplitud térmica anual es considerable. El extremo Sudeste del Valle alcanza un máximo de 18.5°C de amplitud térmica anual, mientras que, hacia el Oeste, este valor disminuye moderadamente, hasta 14,5 °C. La temperatura media anual es de 17,2 °C. Los vientos predominantes son del cuadrante Sur-Sureste. Es de destacar el viento seco local denominado Zonda frecuente entre el otoño y la primavera (Liotta, 2005).

### **Preparación y análisis de suelo previo a siembra**

Durante el mes de enero de 2022 se realizó la preparación del suelo en la parcela de ensayo. Para ello se realizó 2 pasadas de cincel, arado de disco, 2 pasadas de rastra, niveleta y bolillo. Se realizó un primer riego por inundación para emergencia de malezas y posterior arado para eliminarlas.

Se tomaron muestras de suelo de diferentes puntos de la parcela. Se extrajeron con barreno a una profundidad de 0-30 cm y se embolsaron. En el laboratorio de suelos de la EEA San Juan se analizó pH, conductividad, materia orgánica, textura, RAS, K intercambiable, P, N.

### **Diseño experimental**

Posterior a la preparación de suelo, se diagramó el diseño del ensayo. El terreno seleccionado en el campo experimental midió 90 m de largo (orientación Norte-Sur) por 96 m de ancho. De este a oeste se distribuyeron las parcelas de ensayo. Cada parcela de quinua (repetición) tuvo entre 5,30 y 5,70 m de ancho x 90 m de largo.

### **Siembra**

La siembra se realizó el día 01 de febrero empleando dos sembradoras diferentes. La sembradora neumática de cobertura total de YOMEL S.A. modelo

SPIN 200 E (turbina eléctrica) (Fig. 3A). Se caracteriza por poseer tolva de 200 lt., ancho de labor máximo de 6 m y 8 salidas de semillas, cuyo sistema implica siembra al voleo cubriendo mayor superficie con precisión y ajuste digital de la densidad (kg/ha). Pesa 60 kg y mide 100 x 70 x 90 cm. Adaptable a cualquier sistema de arrastre y velocidad de operación. Viene equipada y se controla con un monitor digital. Con esta máquina se realizó la siembra de 4 repeticiones en una densidad de 3 kg/ha de semilla (YOMEL 3) y 4 repeticiones en una densidad de 4,5 kg/ha de semillas de quinua (YOMEL 4,5).

La otra sembradora empleada fue una de 4 cuerpos marca BISIG modelo B 8 (2008) (Fig. 3B) Está equipada con doble balanceo que le permite copiar el terreno. Se caracteriza por abrir surcos a discos de fácil regulación montados sobre bolilleros. Posee ruedas neumáticas de presión cero, montadas sobre bolilleros, que logra uniformidad en la siembra y una buena compactación del terreno. Tacho de siembra de caída continua con removedor de goma. Doble barra porta herramienta, reja surcadora y rolo compactador.

Con la BISIG se realizó la siembra directa en línea en 3 repeticiones, empleando la apertura N° 2 (BISIG 2) calibrada para una densidad de siembra de 3 kg/ha y 2 repeticiones usando la apertura N° 3 (BISIG 3) calibrada para una densidad de 4,5 kg/ha de semilla de quinua.

A



B



Fig. 3: A) Sembradora SPIN 200 E (YOMEL). B) Sembradora BISIG B8 de 4 cuerpos.



De esta forma quedaron definidos los tratamientos de siembra denominados BISIG 2, BISIG 3, YOMEL 3 y YOMEL 4,5.

### **Sistema de riego**

Luego de la siembra se colocó cinta de riego, distanciadas cada 40-50 cm a lo largo de la parcela (Fig. 4). La cinta de riego marca RIGULIS contaba con goteros cada 0,30 m de 1 l/h. Se conectaron a un sistema de conducción de agua proveniente de un reservorio dentro de la Experimental con bomba de riego de 10 HP con regulador de presión y caudal. El manejo del riego se realizaba por medio de válvulas de apertura y cierre manual, 4 hs los días martes y viernes. Luego, el riego fue mermando hacia madurez fisiológica y suspendido 25 días antes de cosecha.



Fig. 4: Cintas de riego en parcelas de quinua

### **Registros fenológicos**

Durante el ensayo se anotaron las fechas en las cuales más del 50% de las plantas cambiaban su estado fenológico. Desde emergencia, plántula de 4 hojas, botón floral, floración, grano lechoso, grano pastoso, madurez fisiológica y madurez de cosecha. En la siguiente figura se observan las diferentes etapas del ciclo de la quinua:



## Fertilización

Previo a las tareas de siembra, se agregó fertilizante granulado comercial “Triple 15” (NPK) marca BUNGE en toda la parcela que abarcaría la siembra de quinua. Luego, el 3 de marzo se aplicó 75 kg de urea marca BUNGE al voleo.

De manera preventiva, se aplicó oxiclورو de Cu a los 30 días desde siembra, para evitar aparición de mildiu (*Peronospora sp.*).

## Monitoreo de plagas

Durante el ciclo de cultivo se monitoreaba semanalmente la aparición de insectos en las plantas de quinua. Se hizo un relevamiento de especies presentes y registro fotográfico (ANEXO 1).

## Malezas

Durante los muestreos realizados a lo largo del ciclo, se registraron las malezas que surgieron en las parcelas. Se realizó el reconocimiento de especie y registro fotográfico (ANEXO 1).

## Registros Morfológicos Relacionados al Crecimiento

Previo a la cosecha mecánica de quinua, se realizaron las mediciones finales tomando 3 plantas por repetición y tratamiento.

**Altura final de planta:** se midió a campo empleando cinta métrica, desde la base del tallo hasta final de panoja.

**Longitud de panoja:** se midió la distancia entre el nudo de comienzo de formación panoja y final de panoja.

**Número de ramas:** Se contabilizó el número de ramificaciones del tallo principal presentes en el primer nudo desde la raíz.

**Peso seco de tallo, de panoja y de raíces:** Al extraer la planta entera, se cortaron con tijera de podar los diferentes órganos y se separaron: tallo, panoja y raíces. Se colocaron en bolsas de papel y se secaron en la estufa por 48 hs a 70°C.

**Peso de semillas por planta:** las panojas secas, se trillaron empleando un cajón trillador manual que mediante fricción separa las brácteas de las semillas. Una vez venteadas y se pesaron.

## **Cosecha**

La cosecha mecánica del ensayo de quinua, se realizó el día 08 de junio, a los 127 días desde siembra, mediante una cosechadora VASSALI modelo 900 Lider (1984) de 5,5 m de cabezal. Se cosecharon las repeticiones por separado tanto de las parcelas YOMEL como las BISIG. Se trasladaron a un galpón de secado donde se airearon las semillas para posterior limpieza y pesaje. Al cabo de 5 días de secado extendidas en lonas bajo techo, con remoción diaria para airear y eliminar humedad excedente, se procedió a la limpieza. El venteo, limpieza y clasificación se realizó en una máquina MIRETTI Modelo P-73 N° 43 (A. CAMPAGNUCI, Argentina) instalada en el galpón de la EEA INTA Pocito.

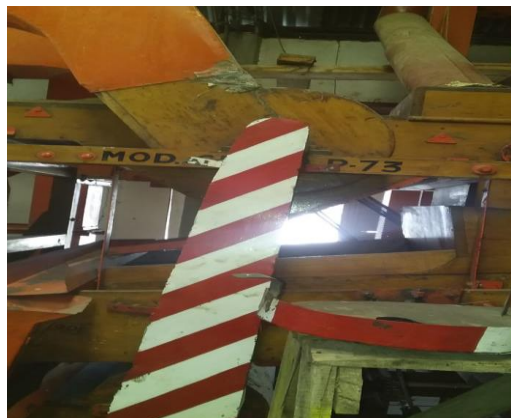


Fig. 5: Cosechadora VASALLI 900 LIDER (izquierda) y máquina limpiadora y clasificadora MINETTI P-73 (derecha).

Las mediciones con respecto a calidad y producción de semillas de quinua fueron:

**Peso de 1000 semillas:** Se contabilizaron 3 fracciones de 100 semillas y se pesaron. Luego de extrapolar el dato a 1000 semillas, se promediaron los valores tomados en 3 plantas de cada repetición y tratamiento.

**Diámetro aritmético:** Para el registro de diámetro se seleccionaron semillas de los diferentes tratamientos y se fotografiaron. Luego por medio del programa ADOBE PHOTOSHOP CS6 se determinaron las variables largo, ancho y espesor en mm para llegar al valor de diámetro medio aritmético (mm).

**Humedad de grano cosechado:** se tomaron muestras de diferentes repeticiones y se registró el valor de humedad de grano mediante un medidor de humedad DRAMINSKY MINI.

**Rendimiento total por tratamiento:** se calculó en base al peso cosechado limpio y la superficie ocupada por repetición y por tratamiento. Se extrapoló a kg/ha.

## RESULTADOS

### Análisis de suelo

El análisis de suelo arrojó una conductividad de 3590 microsiemens/cm, ph 7,7; contenido de nitrógeno 569 ppm; contenido de fósforo 16 ppm; contenido de

potasio 83 ppm; materia orgánica 0,60 %; volumen de sedimentación 108 (ml % g) y su textura fue franco-arcillosa. Bajo esas condiciones, se encontraba deficiente en N y K, no así en P, previo a la siembra del ensayo.

### Datos climáticos

La EEA INTA de Pocito cuenta con el servicio de Agrometeorología. Los datos climáticos son registrados a través de la estación meteorológica automática Davis Vantage Pro II que procesa sus datos a través del software WeatherLink. Esto permitió contar con los datos de humedad, velocidad del viento, precipitaciones, T° MAX y T° MIN registrados a lo largo del ciclo de cultivo desde el 01 de febrero al 08 de junio que se cosechó la quinua (Fig. 6). Más información de otras variables climáticas durante el periodo de ensayo en <http://siga.inta.gob.ar/>

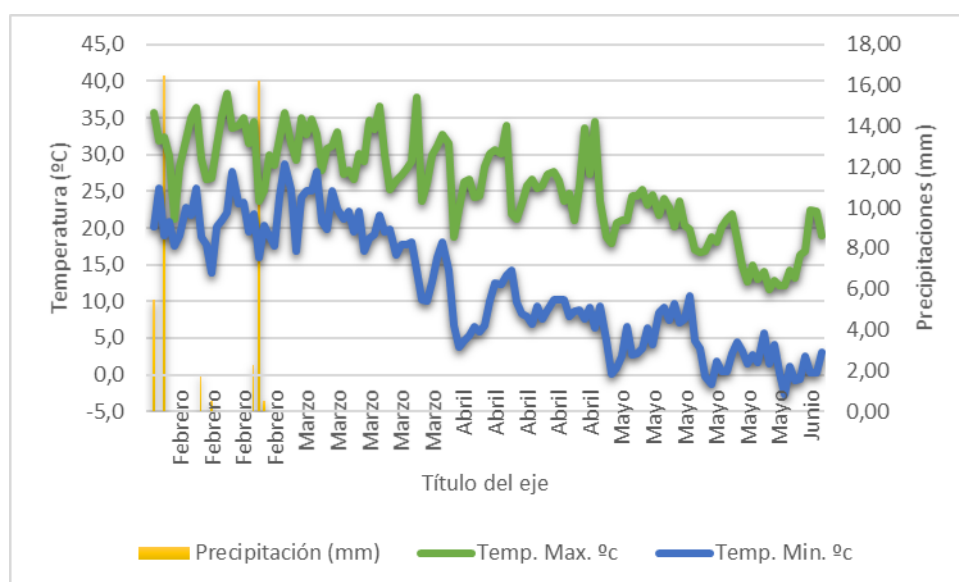


Fig. 6: Temperaturas máximas y mínimas (°C) y precipitaciones (mm) registradas durante el ciclo de cultivo. Nótese las amplitudes térmicas. Las precipitaciones líquidas ocurrieron los días 1, 3, 10, 12, 20, 21 y 22 de febrero.

### Registros fenológicos

La fenología se monitoreó semanalmente en las parcelas de quinua. No se visualizaron diferencias entre tipos de siembra con respecto al comportamiento fenológico. Desde el día de siembra, hubo varios eventos de lluvia lo cual retrasó la emergencia y el crecimiento de la planta de quinua ya que es una especie que

no tolera anegamiento especialmente durante los primeros estadios. La secuencia de maduración se observa en imágenes (Fig. 7).

Material	Siembra	Emergencia	8-10 hojas	Botón floral	Floración	Grano lechoso	Grano pastoso	Madurez fisiológica.
Quinoa	01-feb	12-feb	21-feb	04-mar	15-mar	04-abr	21-abr	20-may

A



B



C



D



E

F



Fig. 7: Fenología del ensayo de quinua. A) Emergencia B) 4-8 Hojas verdaderas. C) Botón floral. D) Floración. E) Grano pastoso. F) Madurez fisiológica.

## Plagas y malezas

Las malezas (Fig. 8) que surgieron durante los primeros estadios fenológicos del ciclo fueron: “chilquilla” *Pascalia glauca* (ex *Wedelia glauca*), “correhuela” *Convolvulus arvensis*, “cañota” *Sorghum halepense* y “mostacilla” *Rapistrum rugosum*. Estas especies fueron persistentes a lo largo de todo el ensayo. Luego, a partir de abril se observó además “juncia” (*Cyperus* sp.), “bledo” (*Amarantus* sp.) y “cenizo” (*Chenopodium album*).

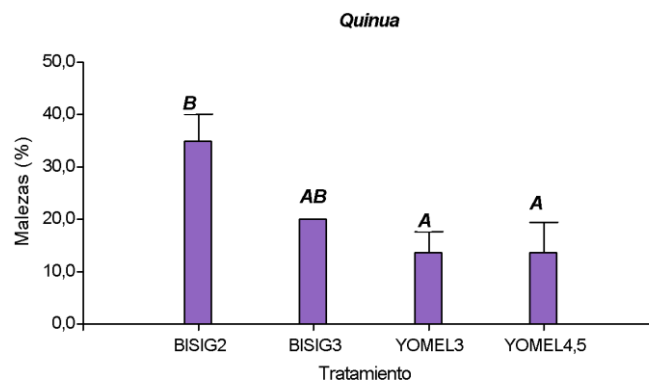


Fig. 8: Porcentaje de malezas en parcelas de quinua, a los 56 días desde siembra con los distintos tratamientos. Las barras verticales indican error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos, según Test LSD Fisher.

En cuanto a los insectos, se registró la presencia de la chinche *Liorhyssus hyalinus* (Hemiptera: Rhopalidae). Otros insectos identificados que no llegaron a ningún nivel de daño, fueron *Epicauta adspersa* (coleoptera: meloideos) (bicho moro) y *Astylus atromaculatus* (celeoptera: Melyridae) (siete de oro).

Se encontraron numerosos insectos con características benéficas como las especies: *Hippodamia convergens*, *Eriopis conexa* y también *Polybia occidentalis*. Todas las fotos de malezas e insectos se encuentran en ANEXO 1.

## Medidas de crecimiento

### Altura final a cosecha

Se registró la altura de las plantas una semana antes de la cosecha y hubo diferencias significativas entre los tratamientos de siembra ( $p=0.0009$ ). En BISIG 3 se midieron las menores alturas, mientras que en YOMEL 4,5 fueron mayores (Fig. 9).

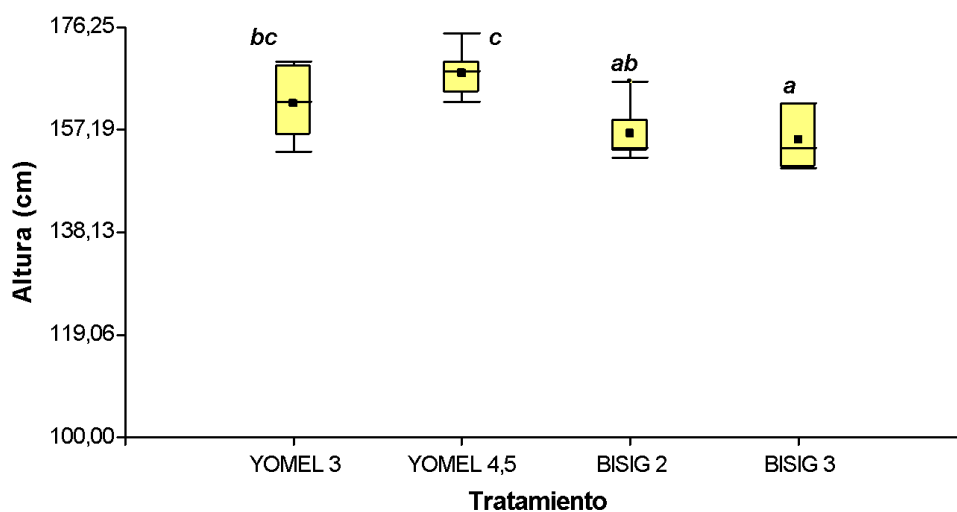


Fig. 9: Altura (cm) medidas en 3 plantas por repetición de cada tratamiento de siembra. Las barras verticales indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según Test LSD ( $p<0,05$ ).



## Longitud de panoja

No se encontraron diferencias en longitud de panoja entre los tratamientos ( $p=0.70$ ). Los valores medios rondaron entre los 36 y 38 cm (Fig. 10).

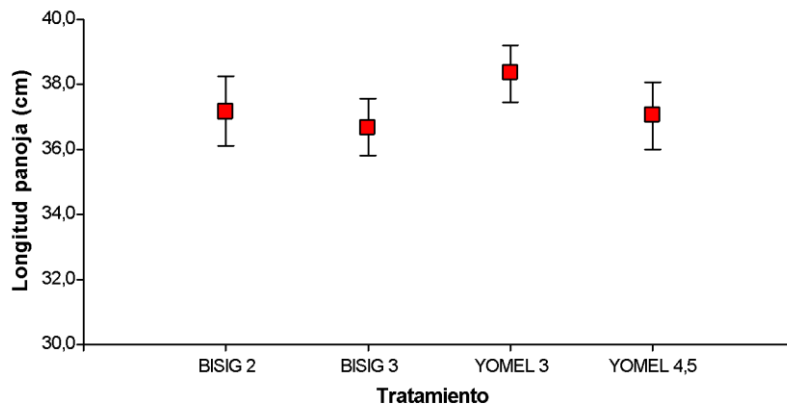


Fig. 10: Longitud de panoja (cm) medidas en 3 plantas por repetición de cada tratamiento de siembra. Las barras verticales indican error estándar.

## Número de ramas

En cuanto al número de ramas por plantas, hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Fue mayor en BISIG 2 en relación al BISIG 3 (Fig. 11). Entre YOMEL 3 y YOMEL 4,5 se mostró homogeneidad en los valores. Es importante destacar que un sistema de siembra de mayor densidad conduce a plantas univara, es decir con una panoja terminal de mayor tamaño, lo cual es preferible para la cosecha mecanizada.

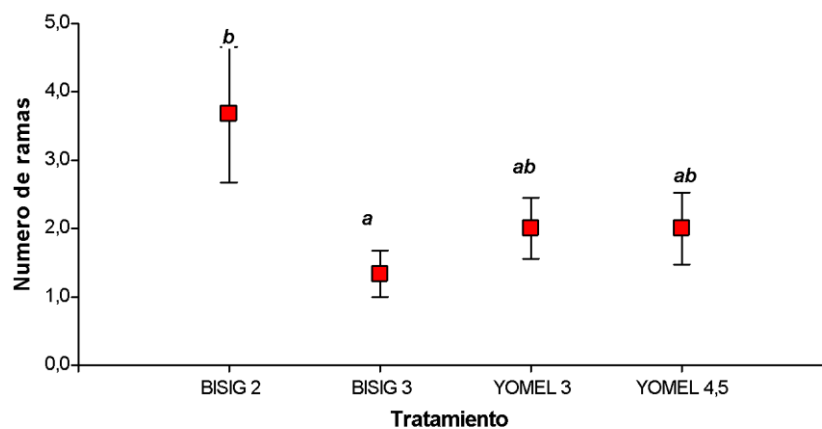


Fig. 11: Número de ramas cuantificadas en 3 plantas por repetición de cada tratamiento de siembra. Las barras verticales indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según Test LSD ( $p < 0,05$ ).

### Peso de panoja

El peso medio de panoja completa (semillas + brácteas) por planta, fue diferente estadísticamente entre tratamientos ( $p = 0,006$ ). Se halló mayor valor en BISIG 2 diferenciándose del resto (Fig. 12). Esto se explica porque al ser un tratamiento menos denso, las plantas fueron de mayor porte con numerosas panojas de menor tamaño. Plantas sembradas con YOMEL, presentaron menor peso de panoja por planta, pero mayor número de plantas que incrementó la producción.

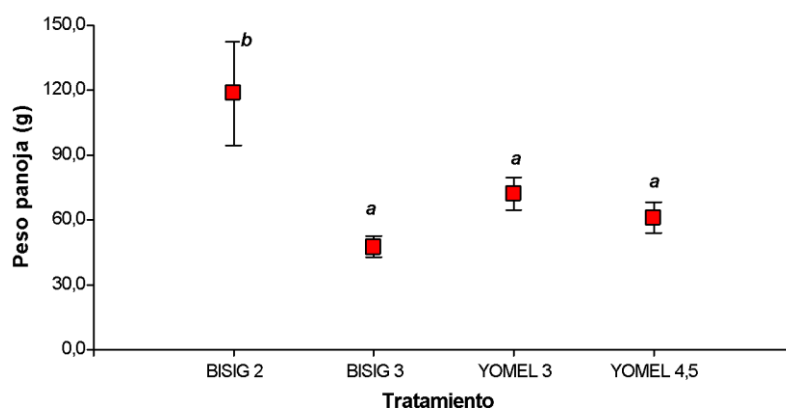


Fig. 12: Peso de panoja (g) registrado en 3 plantas por repetición de cada tratamiento de siembra. Las barras verticales indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según Test LSD ( $p < 0,05$ ).

### Peso seco de tallo

El peso medio de tallo también fue diferente ( $p = 0,011$ ). Las plantas sembradas con BISIG 2 resultaron tener mayor peso de tallo que el resto de los tratamientos (Fig. 13). En cuanto al peso seco de tallo de las plantas sembradas con YOMEL, fueron similares entre tratamientos con menor desarrollo de biomasa.

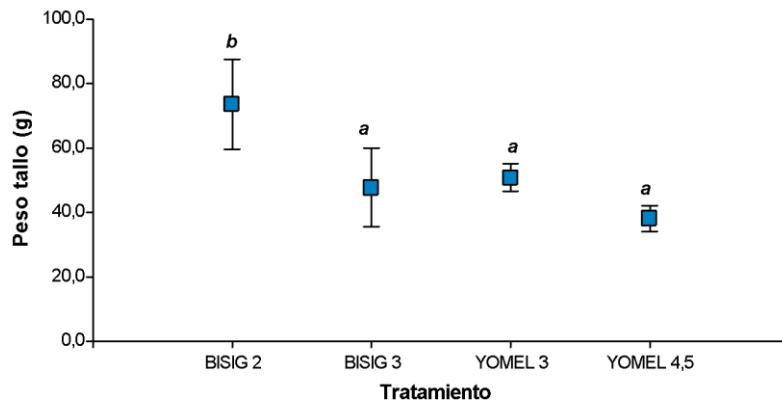


Fig. 13: Peso seco de tallo (g) registrado en 3 plantas por repetición de cada tratamiento de siembra. Las barras verticales indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según Test LSD ( $p < 0,05$ ).

### Peso de semillas por panoja

El peso medio de semillas por panoja se diferenció estadísticamente ( $p = 0,009$ ). Las plantas sembradas con BISIG 2 resultaron tener mayor peso de semillas por panoja que el resto de los tratamientos (Fig. 14).

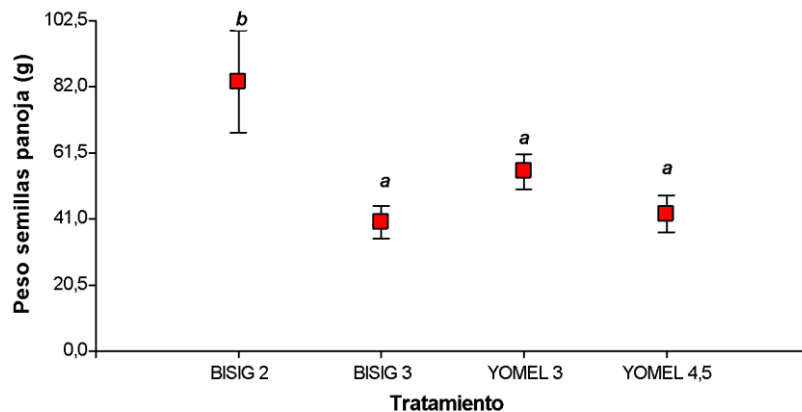


Fig. 14: Peso de semillas por panoja (g) registrado en 3 plantas por repetición de cada tratamiento de siembra. Las barras verticales indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según Test LSD ( $p < 0,05$ ).

### Peso seco de raíces

El peso medio seco de raíces también fue diferente ( $p = 0,037$ ). Las plantas sembradas con BISIG 2 resultaron tener mayor peso de raíces que BISIG 3 y

YOMEL 3, pero similar a YOMEL 4,5 (Fig. 15). En este caso, se observó un alto desarrollo radicular en plantas sembradas con YOMEL 4,5 a pesar de ser plantas de menor porte, lo cual es beneficioso para el establecimiento en suelo y una mayor exploración de raíces para el crecimiento y nutrición.

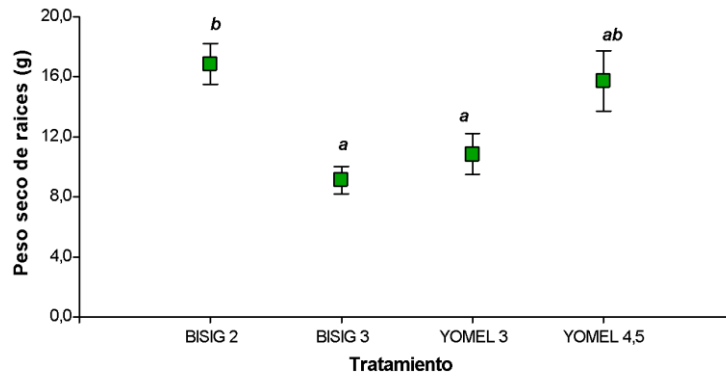


Fig. 15: Peso de raíces (g) registrado en 3 plantas por repetición de cada tratamiento de siembra. Las barras verticales indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según Test LSD ( $p < 0,05$ ).

### Longitud de raíz

La longitud de raíz fue variable ( $p = 0,003$ ) y mostraron la misma tendencia que el peso de raíces. Las plantas sembradas con BISIG 2 resultaron tener mayor longitud de raíces que BISIG 3 y YOMEL 3, pero similar a YOMEL 4,5 (Fig. 16).

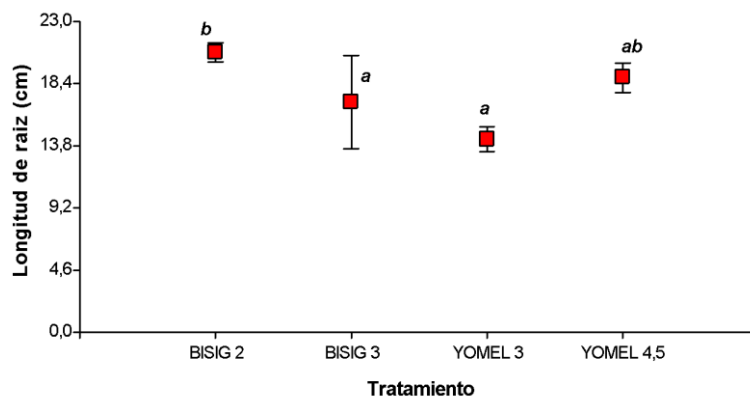


Fig. 16: Longitud de raíces (cm) registrado en 3 plantas por repetición de cada tratamiento de siembra. Las barras verticales indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según Test LSD ( $p < 0,05$ ).

## Relación tallo y raíces

En cuanto a la relación entre peso seco de tallo y peso seco de raíces, si hubo diferencias significativas ( $p=0,04$ ) (Fig. 17). Donde se observó una menor relación en YOMEL 4,5 indicando un mayor desarrollo radicular en este tratamiento en comparación a YOMEL 3. Como se vio anteriormente, un mayor desarrollo radicular en YOMEL 4,5 se destaca en relación al resto, resaltando las ventajas de este sistema de siembra. Entre los tratamientos BISIG no hubo diferencias.

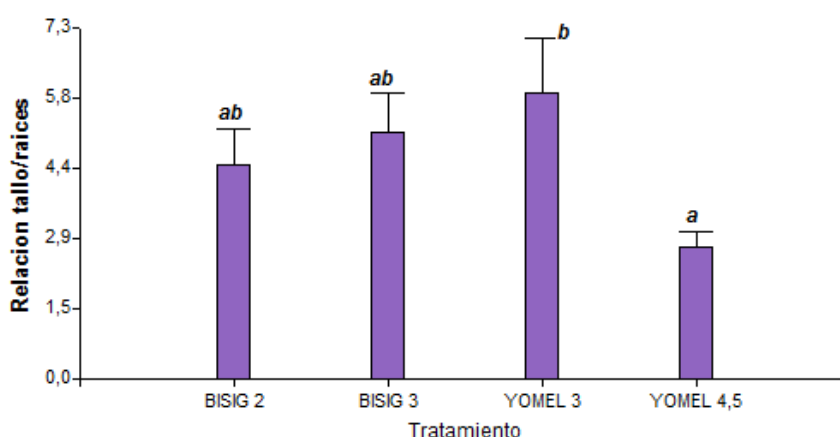


Fig. 17: Relación entre el peso seco de tallo y el peso seco de raíces calculado en base a 3 plantas por repetición de cada tratamiento de siembra. Las barras verticales indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según Test LSD ( $p<0,05$ ).

## Peso de 1000 semillas

Esta variable es importante en cuanto a calidad y tamaño. Se emplea para comparar características entre variedades y definir cantidad de semillas a emplear en la siembra. Existen factores que influyen en el peso de las semillas como los tratamientos ensayados, las condiciones particulares de cada campaña, la calidad de los lotes de producción y el ataque de insectos de almacenamiento. El peso medio de 1000 semillas también fue diferente ( $p=0,05$ ). En plantas sembradas con BISIG 3 resultaron tener mayor peso que BISIG 2, mientras que estas no se diferenciaron de YOMEL 3 y YOMEL 4,5 (Fig. 18).

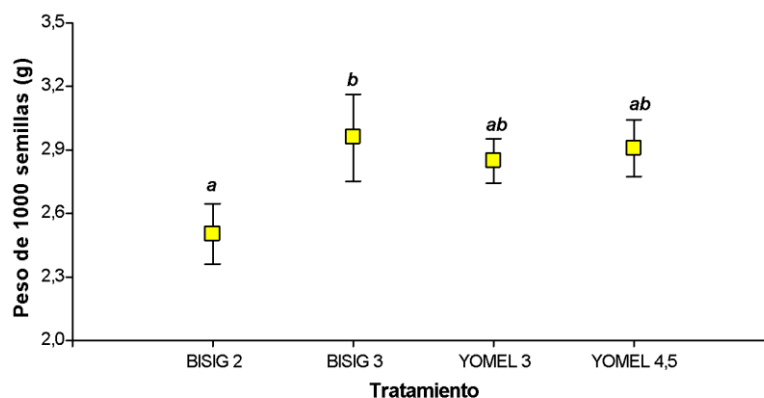


Fig. 18: Peso de 1000 semillas (g) registrado en 3 plantas por repetición de cada tratamiento de siembra. Las barras verticales indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según Test LSD ( $p < 0,05$ ).

### Diámetro de semillas

El diámetro de semillas es un requerimiento de calidad necesario para exportación, la característica granulométrica a cumplir depende del país destino. Se requiere un mínimo de 1,4 mm de diámetro para ser comercializada al exterior.

Según las mediciones realizadas en semillas de los tratamientos, no hubo diferencias significativas entre ellos. Estando en el rango de 1,84 mm en BISIG 3, 1,85 mm en YOMEL 4,5 y 1,88 mm en los demás, presentando excelentes condiciones granulométricas en general.

### Humedad

La humedad de las semillas al siguiente día de cosecha fue de 11,15 % en promedio en base a diferentes muestras tomadas. El límite máximo de humedad para comercializar según el código alimentario argentino (CAA, 2022) es de 13% m/m.

## Rendimiento potencial

En cuanto al rendimiento de semilla limpia por hectárea, hubo diferencias significativas entre los tratamientos ( $p=0.006$ ) (Fig. 19). En YOMEL 4,5 se registró el mayor rendimiento y se diferenció del resto. Los valores medios fueron 1260 k/ha en BISIG 2, 1262 k/ha en YOMEL 3, 1351 k/ha en BISIG 3 y 1628 k/ha en YOMEL 4,5.

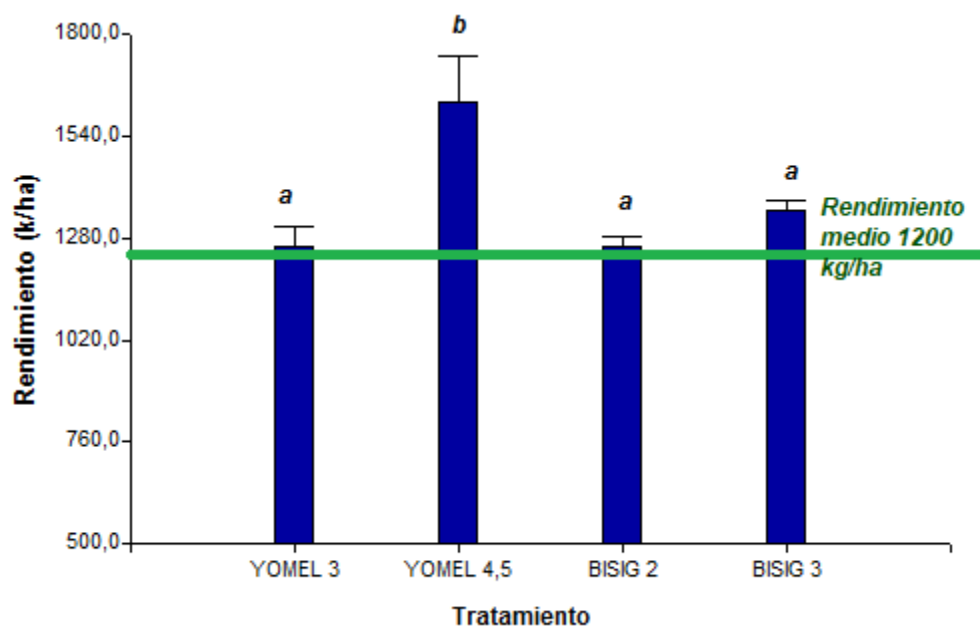


Fig. 19: Rendimiento potencial (k/ha) de los diferentes tratamientos. Las barras verticales indican error estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según Test LSD ( $p<0,05$ ).

## **Conclusiones y recomendaciones sobre los resultados obtenidos por el uso de los diferentes sistemas y densidades de siembra**

La siembra al voleo, muy común en la región pampeana, es una práctica que se realiza cuando no se dispone de herramientas para realizar hileras o surcos y cuando el suelo cuenta con suficiente humedad y no tiene problemas de inundación. Se debe tener en cuenta que, bajo este sistema de siembra, se evita el laboreo con herramientas tradicionales o maquinaria como carpidor para realizar el desmalezado y aporque. Por otro lado, insume mayor cantidad de semillas respecto a la siembra por surco. Generalmente los cultivos de trigo, maíz, cebada, girasol, soja y sorgo, se siembran bajo este sistema en gran parte del país.

Lo ideal es ajustar la siembra a una densidad de plantas a la cual no se requiera ingresar a hacer aplicaciones de herbicidas. En el presente trabajo, se demuestra que el empleo de tratamientos que usaron 4,5 k de semillas cumple con ese objetivo, en mayor medida con el empleo de la sembradora al voleo, SPIN 200 E.

Teniendo en cuenta que, para la cosecha mecanizada, el cultivo debe estar libre de malezas, uniforme en la maduración, con plantas no ramificadas, de porte bajo y de tallos poco desarrollados. Durante el desarrollo del ensayo, en general las parcelas mostraron una cobertura homogénea y alta densidad de plantas especialmente en tratamientos de YOMEL 4,5 y BISIG 3. Estas densidades benefician al desarrollo univara de la planta.

Una densidad muy alta implica un área más tupida, dando como resultado plantas pequeñas, raquílicas y con rendimientos bajos; más aún, favorece el establecimiento rápido de las malezas en el campo y proliferación de hongos. Mientras el menor número de plantas tiene como resultado plantas vigorosas y ramificadas. Esta baja densidad, puede llegar a un desarrollo vegetativo contraproducente y excesivo peso de panoja, lo que haría a las plantas susceptibles al vuelco por efecto del peso y viento. Un distanciamiento entre plantas de 8 a 10 cm, que significa 15 a 20 plantas por metro lineal, tiende a una mayor producción de grano (Mujica, 1977).

En parcelas sembradas al voleo con YOMEL se observaron plantas de mayor altura posiblemente debido a una distribución diferencial en campo con menor competencia en comparación a aquellas sembradas en línea con BISIG.



Al emplear 3 kg/ha de semillas no se observan diferencias sustancialmente favorables en relación a las sembradoras en cuanto a datos productivos. En BISIG 2 se observaron plantas de mayor porte y peso, sin embargo, tuvo el menor rendimiento. El tratamiento de YOMEL 3 tuvo un comportamiento similar, aunque al contar con mayor número de plantas por m<sup>2</sup> hubo menor desarrollo de ramas, peso de panoja y tallo en relación a BISIG 2.

Los datos más destacables se obtuvieron de las parcelas en las que se empleó la sembradora SPIN 200E en una densidad de siembra de 4,5 kg de semilla por hectárea. En este aspecto, la siembra al voleo con precisión de la SPIN produjo una mayor cobertura. Como resultado del uso de este sistema, se logró una baja presencia de malezas, un menor número de ramas por planta y un mayor rendimiento en granos en relación a los otros tratamientos, superando ampliamente el rendimiento medio esperado. El incremento del número de plantas por m<sup>2</sup> propició un crecimiento homogéneo y no ramificado, características que son buscadas para la cosecha mecanizada y motivo de selección de variedades para cultivo intensivo. También, fue muy productivo el desarrollo del sistema radicular en este tratamiento.

En base a lo obtenido, el sistema de siembra de quinua al voleo aporta beneficios visibles, especialmente en densidades de 4,5 kg/ha. Hay que tener en cuenta que este sistema implica modificaciones en las tareas tradicionales de los sistemas productivos de la región Cuyo.

Siguiendo la línea de investigación y uso de las sembradoras, se recomienda profundizar en ensayos futuros sobre momentos y densidades de siembra para lograr los rendimientos óptimos y rigurosidad científica.

## **Bibliografía**

Babelis, G.; Vita Serman, F.; Sierra, E. 2013. Adaptación agroclimática del olivo y otras especies frutales en el Valle del Tulum. Consejo Federal de Inversiones, Buenos Aires, Argentina.

Bárcena N.; Guillen, L.; Roqueiro G.; Lemole, G.; Tornello, S.; Notario, L. Heredia, B. y R. Tapia. Cultivo de Quinua en San Juan para la seguridad alimentaria y la diversificación productiva (capítulo 5) En Innovación en el sector agropecuario de San Juan. 2022 INTA Ediciones, en prensa.

CAA 2022. Código Alimentario Argentino, Ley 18284 decreto 2126/1971. Capítulos IX y XI. <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentario>

INDEC. 2021. Censo Nacional Agropecuario 2018: resultados definitivos. Ciudad autónoma de Buenos Aires, Argentina. ISBN 978-950-896-607-0

INTA. 2013. Cultivo de alfalfa: siembra. Hoja informativa para el sector agropecuario. Serie Producción agropecuaria N° 19. EEA INTA San Juan.

Jacobsen, S. E., Mujica, A., Jensen, C. R. 2003. The resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. Food Reviews International, 19(1-2), 99-109.

Liotta, M. 2005. Los suelos de los valles de Tulum, Ullum y Zonda. <http://inta.gob.ar/documentos/los-suelos-en-losvalles-de-tulum-ullum-y-zonda/>

Maradini Filho y col., 2017. Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57:8, 1618-1630, DOI: 10.1080/10408398.2014.1001811.

Rodríguez, J. 2015. La quinua, una opción para la nutrición del paciente con diabetes mellitus. Revista Cubana de Endocrinología 26 (3):304-312.

Rojas, W; Mena, A.; Porcel, M. 2016. La diversidad genética de la quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria. RIIAR Vol.3 (2):114-124. ISSN: 2518-6868.

Roldan, A. 2019. ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD DE ECOTIPOS DE QUINUA (*Chenopodium quinoa*) EN LOS VALLES DE CALINGASTA Y TULUM, SAN JUAN, ARGENTINA. Tesina de grado, Fac. de Ingeniería Agronómica, U.N.S.J.

Roqueiro G., Guillen, L.; Bárcena N.; Tornello, S.; Ruiz, L. y L. Notario. Promoción del cultivo de quinua en los Valles andinos y centrales de San Juan como alternativa productiva y contribución a la seguridad alimentaria. 08/2020 Repositorio INTA <http://hdl.handle.net/20.500.12123/8238>

## ANEXO 1

### Insectos



Chinche *Liorhyssus hyalinus*

Chinche *Liorhyssus hyalinus* 04-04-22



Siete de oro



Siete de oro *Astylus atromaculatus*



Bicho moro *Epicauta adspersa*



Vaquita : *Hippodamia convergens*

## Malezas

Correhuela (*Convolvulus arvensis*)



Juncia (*Cyperus sp.*)

Mostacilla (*Rapistrum rugosum*)



Bledo (*Amaranthus sp.*)



Clavel amarillo o chilquilla (*Pascalia glauca*)      Cenizo (*Chenopodium album*)



Cañota o Sorgo de Alepo (*Sorghum halepense*)

