



# Manual técnico para el manejo orgánico, convencional e industrial del cultivo de quínoa en la zona centro sur de Chile



Facultad de Agronomía

La presente publicación reúne y sistematiza un conjunto de información técnica desarrollada por Orafiti Chile S.A, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y la Universidad de Concepción, en materia de producción de quínoa asociadas al cultivo industrial, convencional y orgánico de la quínoa, en base a los resultados “Polo territorial de desarrollo de ingredientes funcionales y aditivos, a partir de granos ancestrales, para la industria alimentaria mundial”, realizado entre los años 2017-2021 con el apoyo de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), a través del Fondo de Inversión Estratégica (FIE).



Fundación para la Innovación Agraria (FIA)  
RPI: 2021-A-9335

## Autores

Alberto Cañete M.	Carola Vera P.	Luis Henríquez L.
Alberto Pedreros L.	Christian Alfaro J.	Luis Rodríguez A.
Andrés Zurita S.	Dalma Castillo R.	Rodrigo Quintana L.
Carla Muñoz S.	Jocelyne Raccoursier O.	Susana Fischer G.
Carlos Avilés C.	Lorenzo León G.	

## Editores

Alberto Cañete M.  
Carlos Avilés C.  
Dalma Castillo R.  
Gonzalo Rueda L.  
Susana Fischer G.

## Fotografías

Alberto Cañete M.  
Andrés Zurita S.





El Polo territorial de grano ancestrales, uno de los 5 polos promovidos en Chile con el soporte y apoyo de la fundación para la Innovación Agraria (FIA), busca desarrollar en la zona centro y centro sur de Chile, un ecosistema productivo virtuoso entre productores agrícola, centros de investigación, universidades y empresas privadas, con el propósito de insertar nuevos ingredientes funcionales y aditivos tanto naturales como funcionales al mercado alimentario mundial.

Los desarrollos industriales del polo, tendrán cabida en el mercado alimentario nacional e internacional, siempre y cuando la producción agrícola de las materias primas, en este caso la quínoa, logren posicionarse como una alternativa, segura y rentable para los agricultores de las zonas ya señaladas.

# Contenidos

## Información general

I. MORFOLOGÍA DE LA QUÍNOA	4
II. FENOLOGÍA DEL CULTIVO	10

## Recomendación técnica, manejo orgánico

I. ELECCIÓN DE TERRENO	15
II. PREPARACIÓN DE SUELO	17
III. VARIEDADES Y SEMILLA	19
IV. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA	20
V. ROTACIÓN DE CULTIVOS LEGUMINOSA E INCORPORACIÓN ABONOS VERDES O CUBIERTAS VEGETALES	21
VI. FABRICACIÓN Y APLICACIÓN DE COMPOST	22
VII. MANEJO DE MALEZAS 23	
VIII. RIEGO	25
IX. COSECHA	26
X. ALMACENAJE	26

## Recomendación técnica, manejo convencional

I. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL CULTIVO	28
II. USO DE SEMILLA	28
III. ÉPOCA DE SIEMBRA	29
IV. DOSIS DE SEMILLA	29
V. POBLACIÓN DE PLANTAS	29
VI. MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE LA QUÍNOA	30
VII. FERTILIZACIÓN DE QUÍNOA	44
VIII. MANEJO FITOSANITARIO	47
IX. RIEGO	51
X. COSECHA Y ALMACENAJE	53

## Recomendación técnica, manejo industrial

I. VARIEDADES	55
II. ELECCIÓN DEL POTRERO Y PREPARACIÓN DE SUELO	59
III. FERTILIZACIÓN	68
IV. SIEMBRA Y ESTABLECIMIENTO	76
V. MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS	80
VI. RIEGO	96
VII. PLAGAS Y ENFERMEDADES	105
VIII. COSECHA	111

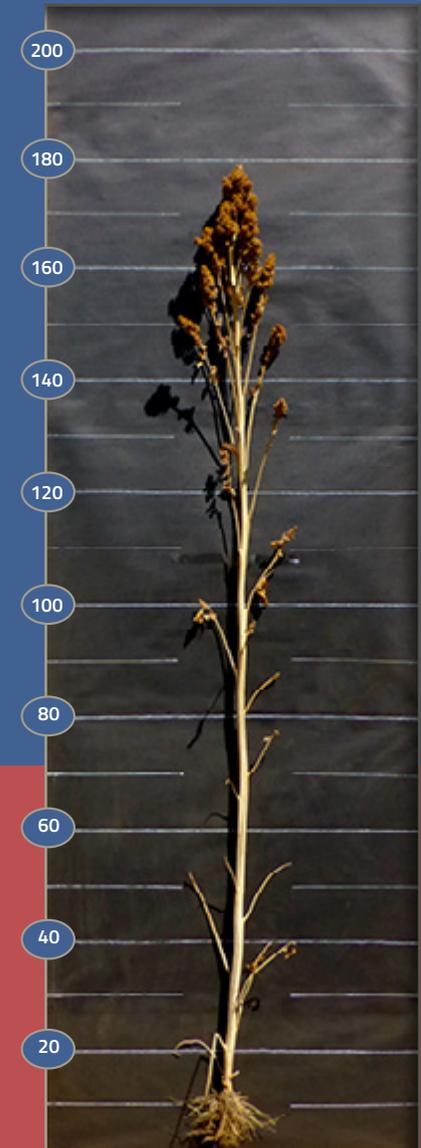
# I. MORFOLOGÍA DE LA QUÍNOA

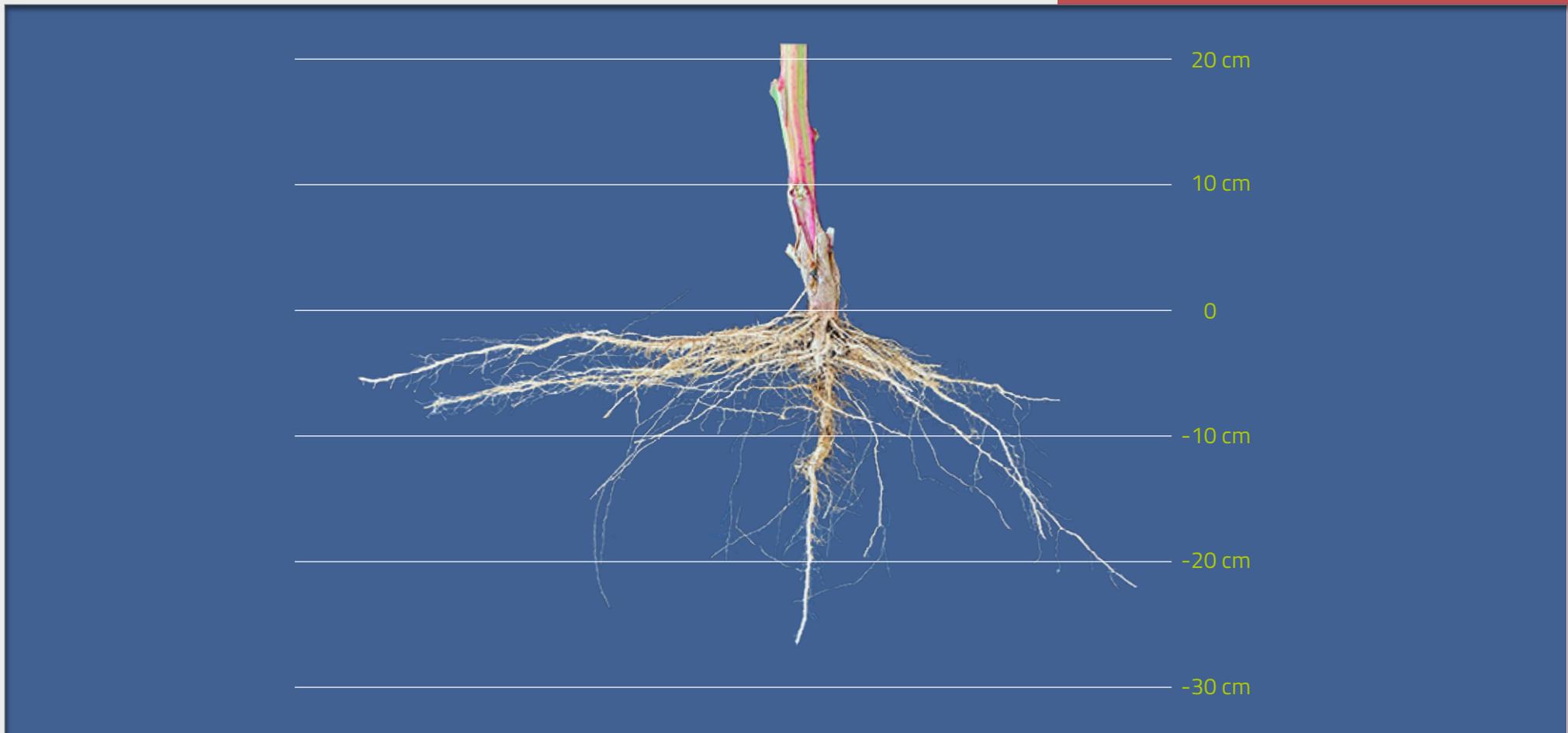
El conocimiento de la morfología y fenología del cultivo son fundamentales para determinar sus requerimientos climáticos y su manejo agronómico. Por un lado, la morfología permite diferenciar y reconocer distintos ecotipos. Mientras que la fenología es una herramienta en base a la cual se pueden planificar las labores agrícolas.

Información común para las tres modalidades de producción agrícola de quínoa desarrolladas en este manual.

## 1.1. Morfología

La quínoa es una planta herbácea anual dicotiledónea. Dado que su altura depende del genotipo, de las condiciones ambientales y de la fertilidad del suelo (Allende, 2017; Diaz *et al.*, 2019), ésta puede variar entre los 0,5 y 2,5 m.





### 1.1.1. Raíz

La quínoa posee una raíz pivotante de la cual se forman numerosas raíces laterales muy ramificadas, que se extienden rápidamente después que el tallo comienza a ramificarse, facilitando la absorción de agua y nutrientes. La raíz sirve de sostén a la planta, permitiendo mantener el peso de la panoja. (Mujica, *et al.*, 1997; INIA, 2015; FAO, 2016). La profundidad de este órgano estará determinada por la textura y la profundidad del suelo, y por la disponibilidad de agua, pudiendo alcanzar longitudes de desde los 0,5 a 1,5 m (FAO, 2016).



## 1.1.2. Tallo

Es erecto, cilíndrico y anguloso, con gruesas estrías longitudinales que le dan una apariencia acanalada. El grosor disminuye de la base al ápice, presenta diferentes coloraciones que generalmente coincide con el color de las hojas. El color del tallo puede variar desde verde, rojo y amarillo. El número de ramificaciones es dependiente de la densidad de población en la que se encuentra el cultivo. (Mujica, *et al.*, 1997).

Las ramas se originan de las axilas de cada hoja en el tallo. Su longitud puede variar desde sólo unos pocos centímetros hasta alcanzar la misma longitud que el tallo principal, esta característica dependerá del cultivar y las condiciones medio ambientales. Su hábito de crecimiento depende del genotipo, pudiendo ser simple o ramificado (Jacobsen y Stollen, 1993).

### Simple:

Con un solo tallo y una inflorescencia terminal bien definida.

### Ramificado:

#### ▪ Hasta el primer tercio.

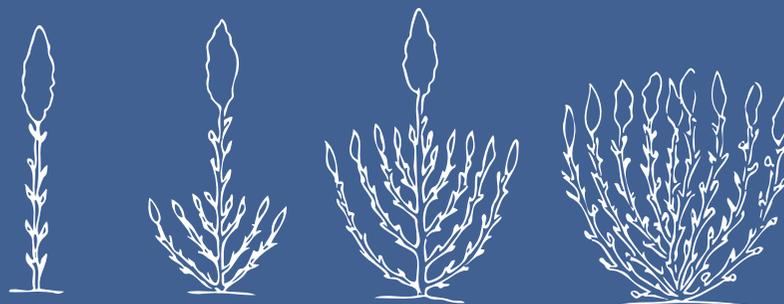
Ramas laterales alcanzan la longitud hasta el primer tercio del tallo principal.

#### ▪ Hasta el segundo tercio.

Ramas laterales alcanzan la longitud hasta el segundo tercio del tallo principal.

#### ▪ Con panoja principal no definida.

Sus tallos laterales tienen casi la misma longitud que el tallo principal y todos terminan en panojas.



1

2

3

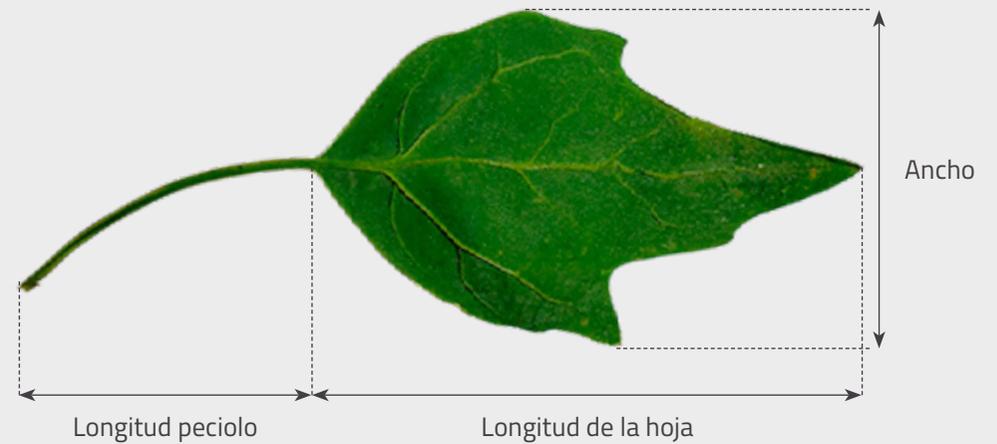
4

1.- Simple. 2.- Ramificado hasta el primer tercio. 3.- Ramificado hasta el segundo tercio. 4.- Ramificado con panoja principal no definida.

Distintos hábitos de crecimiento de la quínoa.  
Fuente BIOVERSITY INTERNATIONAL *et al.*, 2013.

### 1.1.3. Hoja

Se caracteriza por poseer peciolo y lámina bien definidos, y que pueden ser de diversos colores (verde, rojo, morado, etc). El peciolo es largo y acanalado, y su longitud depende del lugar de la planta en que se originan: son más largos lo que se originan directamente del tallo y más cortos los que se originan en las ramas. La forma de hoja inferior es romboidal o triangular, mientras que las hojas superiores son triangulares o lanceoladas (Jacobsen y Stollen, 1993).



Medida de la hoja. Fuente BIOVERSITY INTERNATIONAL *et al.*, 2013

Según si la lámina de la hoja es dentada o no, se puede clasificar en:

#### Dentado de la hoja



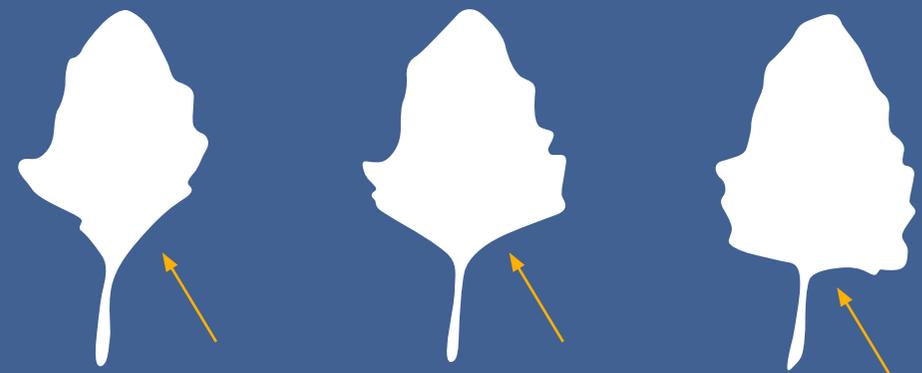
1. Ausente o débil

2. Medio

3. Fuerte

Dentado de la hoja. Fuente UPOV, 2017.

#### Ángulo de la base de la lámina



1. Agudo

2. Obtuso

3. Truncado

Ángulo de la base. Fuente UPOV, 2017.

## 1.1.4. Flor e Inflorescencia

Las flores de quínoa son incompletas o imperfectas, porque no tienen pétalos sólo tienen sépalos, denominado perigonio sepaloide (Bhargava y Srivastava, 2013). Como es ginomonoica, la quínoa tiene flores femeninas y hermafroditas en la misma inflorescencia y, en consecuencia, es principalmente una especie de autopolinización con sólo alrededor del 10% de cruzamiento externo. (Taylor y Parker, 2002).

Las flores hermafroditas se encuentran en el extremo distal y las hembras en el extremo proximal. Las flores hermafroditas tienen 5 sépalos, 5 anteras y un ovario superior del cual emergen 2 ó 3 estigmas. Sin embargo, a la antesis hay sólo 3 estigmas presentes, ya que el otro es abortado (Bhargava y Srivastava, 2013). Las flores pistiladas tienen cinco sépalos y un ovario superior, siendo más pequeñas que las hermafroditas (Zamudio, 2018).

La inflorescencia de esta especie, corresponde a una panoja de longitud variable que va de 15 a 70 cm, y que cuenta con un eje principal del cual se originan ejes secundarios y terciarios. Se forma en la parte terminal del tallo principal o puede hacerlo en las axilas de hojas. Cuando la inflorescencia derivada del tallo principal es prominente y se distingue del resto de inflorescencias axilares, se la denomina terminal (Jacobsen y Stolen, 1993; Díaz *et al.*, 2019).

Según la forma que tenga la panoja, se clasifica en: glomerulada, intermedia y amarantiforme (Mujica, 1997).

### Forma de la panoja

1. Glomerulada



2. Intermedia



3. Amarantiforme





### 1.1.5. Fruto y semilla

La semilla está contenida en un fruto de forma elipsoidal o redonda llamado aquenio, que a su vez está cubierto por el perigonio, del que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco. A la madurez, el perigonio tiene forma estrellada. Por otra parte, el pericarpio del aquenio que está adherido a la semilla que es donde está presente la saponina. El embrión está formado por los cotiledones y la radícula; constituyendo la mayor parte de la semilla (Zamudio, 2018).

El color del fruto está asociado con el color del perigonio y de la planta, y puede ser verde, púrpura, rojo o negro. Existen diversos colores de semilla, que van desde el crema al negro. Esta diversidad, constituye hoy una de las características más interesantes para el mercado y los consumidores.

## II. FENOLOGÍA DEL CULTIVO

Determinaremos cada una de las etapas de desarrollo de la quínoa desde siembra a cosecha. Cada etapa se encuentra controlada por distintos factores, tales como genéticos, agronómicos y ambientales, que determinan los cambios de la planta a lo largo de su ciclo, lo cual se expresa finalmente en la acumulación de biomasa, formación de los componentes del rendimiento y rendimiento final.

Cada periodo comprende diversas fases que, a su vez, se dividen en estadios descritos cronológicamente en el Cuadro 1. Todos estos estados de desarrollo están relacionados entre sí y cualquier efecto adverso sobre alguno de ellos repercutirá sobre el rendimiento final.

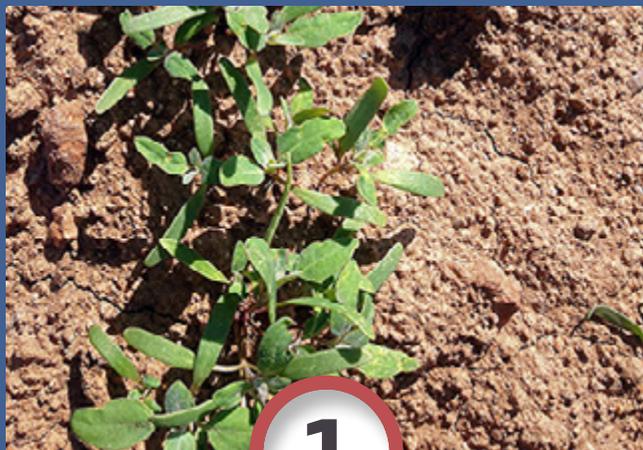
El rendimiento de grano de la quínoa está determinado por la interacción de los siguientes componentes:

1. Número de plantas/m<sup>2</sup>
2. Número de panojas/m<sup>2</sup>
3. Tamaño (longitud y diámetro) de panojas/m<sup>2</sup>
4. Número de granos/panoja
5. Peso de los granos



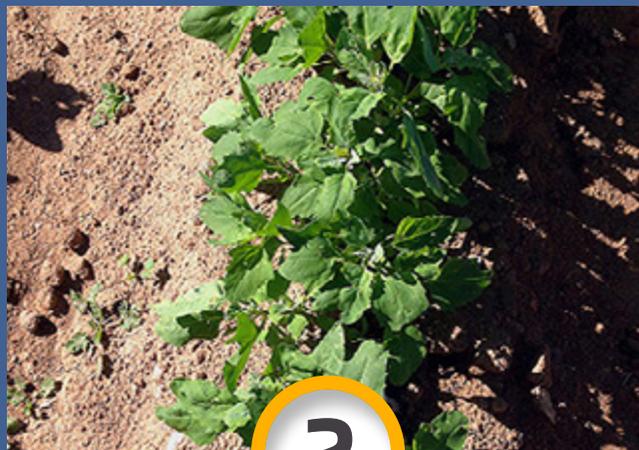
## Cuadro 1

### Descripción principales estados fenológicos de la quínoa



#### Germinación

Radícula y coleóptilo emergen de la semilla, y los cotiledones emergen del suelo.



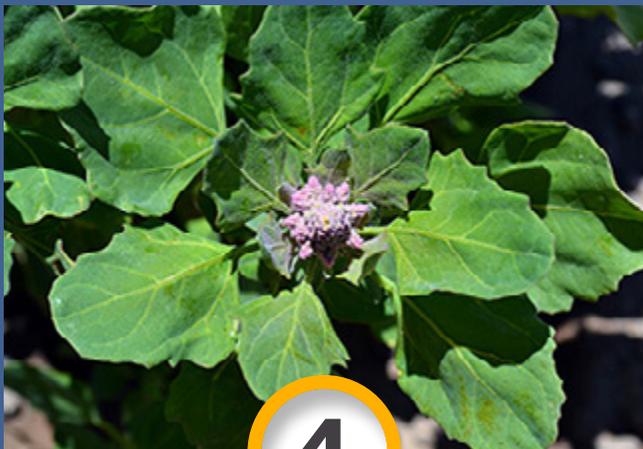
#### Desarrollo foliar

Desde la emergencia del primer a tercer par de hojas verdaderas (HV), fotosintéticamente activas.



#### Ramificación

Se inicia una vez que el tallo principal ha desarrollado >5 pares HV, las yemas axilares comienzan a formar las ramas perdiendo su simetría en la disposición de las hojas.



4

### Desarrollo del botón floral

Aparición del primordio o botón floral en ápice del tallo, protegida por hojas y cubierta por pubescencia granular vesicular rica en oxalato de calcio. Paralela a Ramificación. Se describe desde aparición de primordio floral hasta formación de estructura piramidal, que indica el inicio de formación de la inflorescencia.



5

### Desarrollo de la inflorescencia/panoja

Formación y crecimiento de inflorescencia; estructura piramidal o cónica formada por primordios de glomérulos que empiezan a elongarse, y formar eje principal, secundario y terciario. Se forman las flores y las estructuras reproductivas. Longitud y coloración de la inflorescencia depende del genotipo y del medio ambiente (de 15-70 cm).



6

### Floración

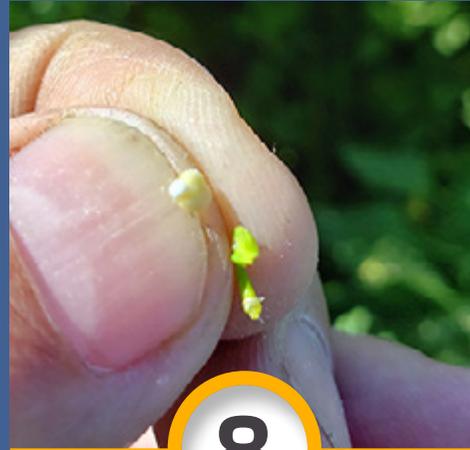
Se inicia con apertura de flores hermafroditas y pistiladas, que se abren al mismo tiempo especialmente las hermafroditas con anteras amarillas intensas y brillantes. Flores permanecen abiertas durante 5-7 días (promedio). Existe asincronía en la floración: en la misma panoja floración es variable y puede durar 12 a 15 días. El color de panojas se intensifica, y el cultivo es bastante sensible a temperaturas extremas y sequías.



7

### Antesis y grano acuoso

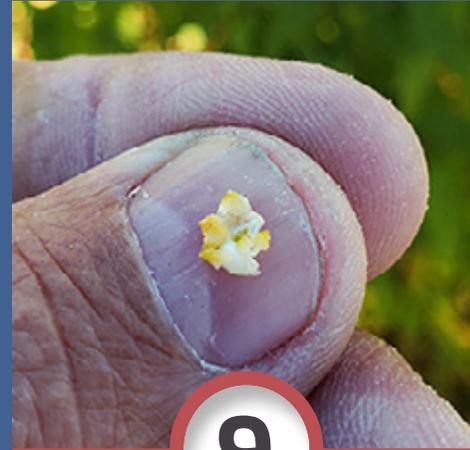
Se superpone con floración y ocurre la polinización por las flores hermafroditas, y fecundación. Se estima polinización cruzada alrededor de 17%. Finaliza con muerte de las anteras, cierre del perigonio sepaloide y la eliminación de hojas basales. Post-fecundación los frutos formados empiezan a crecer y desarrollarse. Durante esta fase, granos están llenos de sustancia acuosa, de ahí que se denomina "estado acuoso". Se puede observar la formación de las partes constitutivas del fruto, principalmente los cotiledones.



8

### Grano lechoso

Granos formados y con tamaño final comienzan a recibir fotosintatos de las hojas, y partes verdes de inflorescencias; la sustancia acuosa es reemplazada con una sustancia lechosa. Color del fruto se diferencia al del perigonio sepaloide o envolturas florales y al de los ejes de la inflorescencia. Perigonio sepaloide se va abriendo a medida que el grano va engrosando, notándose apariencia de una estrella y donde es visible el color del pericarpio. El tercio superior de hojas está verde, en plena actividad fotosintética y los 2/3 inferiores están empezando a decolorarse o en proceso de senescencia.



9

### Grano pastoso

Los frutos al ser presionados presentan consistencia pastosa de color blanco, con apariencia de masa y 45% humedad aproximada. Planta alcanza madurez fisiológica y se inicia la pérdida de humedad de granos y plantas hasta alcanzar madurez de cosecha. Los frutos secos (20% humedad aproximada) pueden partirse fácilmente con la uña (estado rayable). Estos % de humedad son similares a los observados en cereales.



10

### Madurez del grano y senescencia

La planta se seca desde la base hacia arriba y cuando todas las hojas estén secas, el tallo cambia de color a café, con plantas muertas y secas, los granos pueden cosecharse con 12 a 14% humedad, y están muy duros (requieren ser partidos con los dientes), siendo posible realizar la cosecha.

# Recomendaciones técnicas para el manejo orgánico de quínoa

*Chenopodium quinoa Willd.*

## AUTORES Y EDITORES

Alberto Pedreros L.

Susana Fischer G.



Fundación para  
la Innovación Agraria.



Facultad de Agronomía

Facultad de Agronomía  
Universidad de Concepción.

## I. ELECCIÓN DE TERRENO

En términos generales, para cultivar quínoa se debe preferir suelos francos, aunque se adapta bien a suelos franco-arenosos, arenosos o francos arcillosos, siendo importante el buen drenaje para evitar exceso de agua dada la susceptibilidad en sus primeros estados de desarrollo. De preferencia se debe elegir suelos con alto contenido de materia orgánica y con riego, o en su defecto que sea posible realizar adecuada fertilización ya que es exigente en nitrógeno y calcio, menos exigente en fósforo y poco de potasio. En relación al pH, la quínoa tiene una amplia tolerancia a suelos ácidos e incluso alcalinos, pero es importante la elección de cultivares o genotipos con tolerancia al pH propio del lugar que se cultivará.

En relación a las malezas, como no hay productos químicos que ayuden en las primeras etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo, el suelo, para la producción de quínoa orgánica, debe cumplir ciertas características como poca presencia de malezas perennes y en una rotación de cultivos que no entorpezca a la quínoa. Las malezas perennes como correhuela (*Convolvulus arvensis*), pasto bermuda (*Cynodon dactylon*), chéptica (*Paspalum paspalodes*), vinagrillo (*Rumex acetosella*) y otras, además de producir semillas, tienen estructuras o propágulos vegetativos que favorecen una rápida emergencia y propagación. Otras como galega (*Galega officinalis*), siete venas (*Plantago lanceolata*), romaza (*Rumex spp*), etc., además de semillas, son capaces de rebrotar desde la raíz o de trozos de raíces. Por este motivo, la presencia de este tipo de malezas, implica que en el corto plazo entran a dominar el medio y desplazan fácilmente a las plántulas de especie anuales que son por poco competidoras. Importante considerar, que además de la siembra misma, es necesario evitar que estas malezas estén en los bordes de potreros ya que, dada la producción de propágulos vegetativos, estos entran fácilmente a las siembras mismas, dado el manejo de riego y fertilización del cultivo.



Por otra parte, se debe elegir suelos que tenga una rotación, de al menos tres años, que no incluya especies susceptibles a similares patógenos o plagas (ejemplo papa) (ver manual de buenas prácticas agrícolas para la producción de quínoa). Así, se debe evitar especies de la familia Amaranthaceae (acelgas, betarragas, espinacas) y dar preferencia a Brassicacea por su aporte de glucosinolatos como biofumigantes del suelo o a leguminosas por su aporte de N al suelo, en especial cuando el suelo tiene baja materia orgánica. Una tercera alternativa sería de cereales (familia Poaceae) pero de preferencia alguno que tenga características de producir alelos químicos y que se incorpore al suelo previo al establecimiento de la quínoa, como el caso de centeno (*Secale cereale*).

La elección de un potrero para la siembra de quínoa orgánica requiere conocer algunos aspectos de su manejo anterior para permitir descartar la presencia de elementos que pongan en riesgo la inocuidad de los granos de quínoa, tales como residuos industriales, metales pesados, productos, fitosanitarios, etc.

### Otros aspectos a considerar en la elección del potrero a sembrar son:

- Preferir potreros de fácil acceso para maquinarias y equipos agrícolas.
- Considerar la topografía del potrero para facilitar el sistema de riego y la maquinaria a utilizar.
- Elegir potrero con adecuados cercos perimetrales para evitar acceso de animales y personas.
- Realizar un análisis de suelo ya que además de entregar información del pH del suelo, permite conocer el nivel de macro y micronutrientes del suelo, y así planificar una estrategia de fertilización racional.

### Puntos críticos

Rotación de cultivo

Evitar presencia de malezas perennes





## II. PREPARACIÓN DE SUELO

La importancia de la preparación de suelo es clave para lograr una adecuada densidad poblacional ya que pérdidas iniciales de plantas, no se puede recuperar con posterioridad. El rendimiento del cultivo está dado por los componentes densidad de plantas x granos por planta x peso de los granos, siendo la densidad el más importante.

Una vez decidido el potrero a sembrar, se debe iniciar labores siguiendo ciertas recomendaciones como:

- Adecuada incorporación de los rastrojos del cultivo anterior, lo más temprano posible en la temporada, para facilitar su descomposición y dejar así nutrientes disponibles para la quínoa. Además, se debe considerar la importancia de la incorporación de los residuos para mejorar la estructura y la capacidad de retención de agua del suelo.
- Evitar la quema de rastrojos, ya que constituye una práctica que afecta directamente al medio ambiente y a los organismos benéficos del suelo.

- Es recomendable considerar como cultivo antecesor otoñal, alguna especie que tenga algún aporte de nitrógeno, como leguminosas, o tenga efecto alelopático sobre las malezas, como centeno que debe incorporarse al menos 3 semanas antes de la siembra .
- Se debe considerar la humedad del suelo al momento de iniciar su preparación, y evitar así problemas de compactación. En general, cuando la humedad es escasa, se reduce la cohesión de las partículas del suelo, y evita que las partículas se organicen fácilmente para lograr un estado más compacto.
- Toda maquinaria a utilizar, además de el exceso de su uso, debe ir limpia, sin restos de tierra o residuos vegetales adosados para evitar así la propagación potencial de especies que pueden ir en ellos.



- En caso de haber malezas perennes, se debe evitar uso de arado de disco como labor primaria para disminuir un excesivo seccionamiento de los propágulos vegetativos que después permiten altas densidades de especies perennes. En esto, se debe dar preferencia al arado de vertedera profundo (sobre 35 cm) y favorecer así, un alto porcentaje de inversión del suelo, enterrando todo material superficial, incluyendo los propágulos vegetativos.
- De no tener un precultivo a incorporar, se recomienda iniciar labores de suelo a inicios de otoño, antes de la época de lluvias para infiltrar el agua y almacenarla. Si las condiciones del clima lo permiten, se debe hacer varias pasadas de rastra liviana, separadas entre 10-15 días, para destruir las primeras emergencias de malezas.
- En caso de haber propágulos vegetativos, entre las labores secundarias, y justo antes de la siembra, se debe usar rastras livianas de clavos o vibro cultivador sin los rodillos traseros para evitar que dejen las estructuras semienterradas en el suelo, ya que es suficiente para que se activen. Al dejarlas sueltas quedan en contacto directo con el aire que las deseca si hay suficiente temperatura o las congela si hace frío, mientras que, al pasar el rodillo, estas estructuras quedan protegidas de las inclemencias del tiempo.

La preparación de suelo tiene el objetivo de dejar el suelo bien mullido y sin terrones ya que la quínoa es de semilla pequeña por lo que se afecta por suelos mal preparados. Esto ayuda a partir con una población adecuada del cultivo, condición básica para un buen establecimiento.

## Puntos críticos

**Preparación de suelo al menos 10 días antes de siembra**

**Uso de arado de vertedera sobre 35 cm**

**Realizar las labores de suelo (mínimo 2)**

### III. VARIEDADES Y SEMILLA

La elección de la semilla en el cultivo de la quínoa es un factor determinante para lograr el establecimiento de este. Contar con semilla de calidad permite garantizar la ausencia de enfermedades y una condición fisiológica apta para desarrollar una planta vigorosa y productiva.

En Chile existe mayoritariamente semilla que proviene de material genético del tipo criollo o locales. En este sentido, esta especie fue cultivada y utilizada por los pueblos originarios a lo largo del territorio, el cual se caracteriza por tener diversas zonas agroecológicas y por tanto existe una alta diversidad de genotipos. En cuanto a la disponibilidad de material genético registrado, solo el cultivar Regalona Baer se encuentra en el listado oficial del Servicio Agrícola y Ganadero, sin existir semilla certificada de ningún tipo, esto es quínoa de cultivo tradicional u orgánico.

Al existir una importante diversidad de material genético, se debe elegir semillas que aseguren un buen vigor, pureza, de buen calibre, uniforme y de emergencia y crecimiento inicial rápido para favorecer que las plantas cubran primero el suelo. De la misma forma, cualquiera sea la variedad utilizada, debe estar limpia de semillas de malezas para evitar su propagación.

Para la producción de semilleros se ha observado que las áreas geográficas con baja humedad relativa y con clima seco en verano disminuyen incidencia de transmisión de bacterias y hongos a la semilla. Además, previo al establecimiento, para asegurar la pureza varietal y la máxima calidad posible, se debe seleccionar un sector del predio exclusivo para ser utilizado como semillero. La semilla a establecer debe ser seleccionada en base a los criterios anteriormente mencionado, asegurándose que estas sean libres de organismos genéticamente modificados (OGM), de un calibre grande, esto es igual o mayor a 2 mm, sin semillas de malezas (especialmente semilla de quinguilla) y semillas inmaduras (sacarlas de manera manual).

La dosis de semilla recomendada dependerá del sistema de siembra utilizado, variando desde 10-12 kg ha<sup>-1</sup> si es manual o mediante un equipo mecánico y de 3 kg ha<sup>-1</sup> si se utiliza un equipo de precisión.

Para la desinfección de semillas, en el manejo orgánico, se puede recurrir a tratamientos físicos como los de tipo mecánico, térmicos y ultrasonido (Spadaro *et. al.*, 2017). Sin embargo, no existe, a la fecha, una recomendación específica para la semilla orgánica de quínoa.



#### Puntos críticos

##### Emergencia rápida de semilla

## IV. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Previo a realizar cualquier tipo de fertilización, se recomienda hacer un análisis de suelo completo, orientado a la composición de nutrientes.

Para el cultivo orgánico de quínoa se deben implementar prácticas que permitan el incremento de la fertilidad del suelo, a través del aumento de la materia orgánica y de la actividad de microorganismos. Entre las técnicas de manejo recomendado para ello están el establecimiento de rotaciones de cultivo que consideren leguminosas, incorporación de abonos verdes o cubiertas vegetales y la fabricación y aplicación de compost, entre otros.

El rendimiento de un cultivo es una función de varios factores como el clima, su manejo y una adecuada oferta de nutrientes. Entre estos el nitrógeno es uno de los elementos que permite expresar el máximo potencial genético y además determina el contenido de proteína en el grano de quínoa (Berti *et al.*, 2000). Para su aplicación, en el manejo convencional, normalmente se realiza una fertilización inorgánica en tres parcialidades donde la primera es a la siembra (N-P-K), a los 30 días de crecimiento, en la fase de desarrollo foliar (estado fenológico 2) y a los 50 días (en el estado de ramificación a inicio de desarrollo del botón floral) llevados a cabo después de haber desmalezado. La especie, tiene una respuesta cuadrática a la fertilización nitrogenada inorgánica alcanzando su máximo rendimiento con dosis de 190 a 240 kg/ha (Berti *et al.*, 2000). Sin embargo, estos estudios consideran un sistema de producción convencional donde se proporcionan los nutrimentos necesarios a través de la agregación de fertilizantes químicos.

Sin embargo, hoy en día los sistemas productivos buscan la aplicación de alternativas más sustentables para fertilizar los cultivos. Muchas de estas alternativas pueden utilizarse en el manejo orgánico, idealmente integrándolas en su conjunto ya que, como tal, en este sistema se busca construir fertilidad y mantenerla en el largo plazo.



## V. ROTACIÓN DE CULTIVOS LEGUMINOSA E INCORPORACIÓN ABONOS VERDES O CUBIERTAS VEGETALES

La rotación con leguminosas tiene la gran ventaja de aportar N al suelo, por fijación biológica del nitrógeno atmosférico. Al establecer esta rotación, se logra reducir el escurrimiento del agua, evitar la erosión del suelo, además de contribuir al mantenimiento y/o mejoramiento de las características físicas del suelo y el control de malezas. También permite ser incorporado como abono verde. Al respecto, los abonos verdes son residuos y partes vegetales de un cultivo que pueden incorporarse al suelo o bien puede permanecer como cultivo intercalado. Los cultivos más utilizados como abono verde son las leguminosas por la ventaja ya señalada y hoy en día las brásicas debido a la capacidad demostrada como biofumigante. La capacidad para incrementar la concentración de materia orgánica es más notoria en suelos con bajo porcentaje de esta (menos de 3%), modificando favorablemente la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de macro y micronutrientes y mejorando la fertilidad general del suelo.

Dado que la quínoa es un cultivo de primavera, las leguminosas a ser integradas a la rotación deberían establecerse en el otoño, para ser incorporados a inicio de primavera, idealmente, cuando estas se encuentran en floración. Las especies presentan características diferentes tanto de crecimiento y desarrollo como de la capacidad para fijar nitrógeno. A continuación, se señalan principales características de las leguminosas a ser incorporadas en la rotación, en la región de Ñuble, considerando que estas no alcanzan a desarrollar todas las fases fenológicas del cultivo:

**Habas:** Siembra en abril en una dosis de 80 kg ha<sup>-1</sup> para ser incorporado en agosto. Se estima una incorporación de biomasa seca de 0,6 a 1 kg/m. Se aclara que esta alternativa es de alto costo.

**Arvejas:** Siembra en abril utilizando una dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup>. Se estima una incorporación de 3,8 a 4 kg/m de materia seca (85% humedad).

**Lupino:** Siembra en abril en dosis de 110 a 120 kg ha<sup>-1</sup>. Se estima una incorporación de 0,2 a 0,8 kg/m de materia seca (85% humedad).



## VI. FABRICACIÓN Y APLICACIÓN DE COMPOST

La elaboración de compost se inicia con el compostaje de materiales orgánicos en condiciones aeróbicas bajo condiciones específicas de humedad y temperatura. El material a utilizar debe estar libre de patógenos y semillas de plantas. El tiempo que debe transcurrir para la completa descomposición dependerá de la composición química de sus tejidos, tardando mayor tiempo en aquellos restos vegetales que contengan más celulosa. Para la fabricación ideal de compost se recomienda tener en la mezcla materiales orgánicos con una relación C/N igual a 30:1. Para su fabricación y aplicación se deben seguir la normativa vigente en la Ley 20.089.

Existen varios métodos de realizar el compostaje, sin embargo, la más común es formar pilas que no tenga un ancho mayor a 2 m y del largo que se desee, sin embargo, cada 2 m de largo se debe dejar un espacio libre tipo chimenea que permita la ventilación del sistema. Se colocan los residuos vegetales disponibles en capas sucesivas tanto secos como frescos, estiércol y suelo fértil o compost, en proporción de 30:50:1 (v:v:v), colocando varias capas sucesivas de estas, todas húmedas. (Céspedes *et al.*, 2005). A medida que se descompone el material de la pila, la temperatura de esta aumenta de sde temperatura ambiente hasta cerca de los 65°C al centro de la pila mientras hay oxígeno. Por ello es importante realizar varios volteos de la pila y así mantener la aireación. Cuando la temperatura no se logra elevar pese a los volteos y no es posible distinguir el material original de la pila, el proceso de compostaje puede darse por terminado o maduro. Para asegurarse de ello puede llevar a cabo el análisis del compost bajo la norma chilena de producción de compost (INN, 2004b).

## VII. MANEJO DE MALEZAS

Las plantas de quínoa son deficientes competidoras debido a su lento crecimiento inicial por lo que las pérdidas de rendimiento pueden ser considerables. Así, el controlar malezas en siembras convencionales, ha demostrado aumentos del rendimiento en la Región de Ñuble, de entre el 42 y 98% al compararse con no controlar, siendo la etapa más sensible o período crítico de interferencia, entre dos hojas verdaderas y plena floración del cultivo. De los componentes de rendimiento, el más afectado es el número de granos por planta que decrece en la medida que hay malezas por mayor tiempo en el cultivo, mientras que el peso de los granos casi no es influido por la presencia de malezas.

Debido a la importancia de las malezas y la inexistencia de un sistema de control único, como la producción convencional que utiliza productos químicos que las mantienen en bajos niveles poblacionales, se debe considerar todos los sistemas que permitan un manejo adecuado de las malezas. En este caso se debe considerar medidas preventivas, control cultural y control mecánico por lo que siempre se recomienda el llamado control integrado, que utiliza todas las herramientas que cada sistema de control permita para cada situación en particular.

### 7.1. Medidas preventivas

Apuntan a evitar la presencia de poblaciones altas de malezas en los cultivos y así existen algunas recomendaciones generales para la producción orgánica como mantener canales de riego, bordes de potreros, cercos y orillas de camino libres de maleza en estado de floración para evitar su reproducción; uso de estiércoles adecuadamente compostados para

evitar la presencia de semillas viables de malezas, evitar paso de animales por sector donde se sembrará quínoa. En términos generales en cualquier lugar del predio, se debe evitar que las malezas lleguen cerca del estado de floración para disminuir su reproducción, así como evitar el desarrollo de las perennes más allá de 5 hojas para disminuir la acumulación de reservas en sus propágulos.

Un resumen de las medidas preventivas que cada productor orgánico debe siempre considerar como importantes, y en lo posible realizar la mayor parte de ellas, son:

- **Materiales limpios de semillas de malezas**
- **Limpiar maquinarias e implementos de labranza**
- **Evitar transporte de suelo desde áreas contaminadas**
- **Inspeccionar viveros en caso de frutales u hortalizas**
- **Controlar malezas en canales de riego y bordes**
- **Prevenir reproducción de malezas**
- **Restringir movimiento de animales en caso de ser ganadero**
- **Usar trampas de semilla en canales**

## 7.2. Control cultural

Este sistema significa hacer un manejo adecuado del cultivo para que compita de mejor forma con las malezas, es decir se debe considerar: rotación adecuada, elección de un ecotipo o variedad adaptada a la zona, semilla limpia y sana sin presencia de otras semillas, dosis de semilla y distribución espacial adecuada para permitir una población óptima, fertilización y manejo de plagas, riegos en caso de necesidad, etc., en general hay que considerar que mientras mejor se maneje el cultivo, crecerá de mejor manera lo que le permitirá competir de mejor forma con las malezas.

## 7.3. Control mecánico

Corresponde a medidas que alteran la relación de las malezas con el sustrato suelo para impedir que crezcan y se desarrollen. Además de la preparación de suelo, comentada en párrafos anteriores, se debe considerar que la quínoa, al no tolerar presencia de malezas entre las dos hojas y floración, requiere al menos de dos limpiezas mecánicas-manuales; siendo recomendable hacer cada una, cuando las malezas están en sus primeros estados de desarrollo para evitar la competencia. Así, la primera limpieza, que puede hacerse con azadón o con equipos mecánicos tipo cultivadoras, puede realizarse con el cultivo de alrededor de 2-6 hojas dependiendo de la densidad de malezas, que a su vez dependerá de la calidad de la preparación del suelo. Esta primera limpieza, además de controlar la primera emergencia de malezas en el cultivo, estimulará la emergencia de otras al mover el suelo, por lo que alrededor de los 40-45 días después de la emergencia del cultivo, es necesario un segundo desmalezado. Al igual que el caso anterior, se debe preferir uso de algún tipo de cultivador que deje hecho los surcos que pueden utilizarse para riego en forma posterior. Los ensayos realizados durante dos temporadas indican que dos limpiezas como complemento a la incorporación de centeno (*Secale cereale*) tres semanas

antes de la siembra, muestran aumentos del 218% y 982% del rendimiento al compararse con no incorporar centeno y sin pica; mientras que la misma incorporación del centeno más una pica, produjo aumento del 190% y 809% en las dos temporadas de ensayos. Las diferencias entre temporadas son debido a que una de ellas hubo un rendimiento base del testigo sin control de malezas de 873 kg/ha, mientras que la otra temporada, este rendimiento base fue de sólo 248 kg/ha.

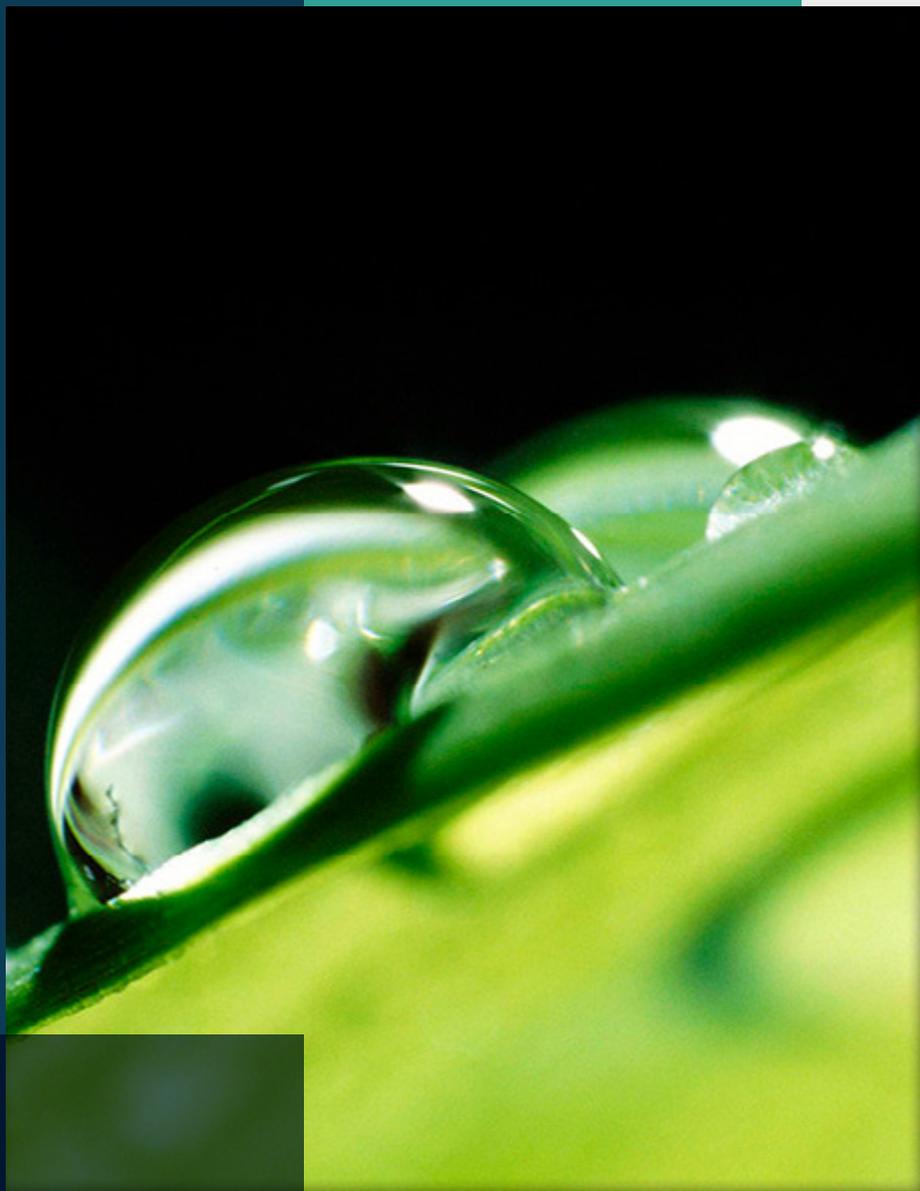
## 7.4. Control integrado

Se refiere a la necesidad de utilizar todos los sistemas que están al alcance para disminuir la presencia y/o competencia de malezas. Se parte de la base que en producción orgánica no existe un método único o más importante de control del cual dependa la producción, como el caso de los herbicidas en producción convencional. Por esto, es necesario que los productores orgánicos realicen sus trabajos con la idea que es necesario complementar cada labor que tenga efecto en las malezas. Así, toda labor que afecte a las malezas ayuda a disminuir su efecto y mejorar el rendimiento, partiendo por la elección del lugar, preparación del suelo, siembra, fertilización, manejo de plagas y enfermedades, riego, etc. Cualquiera de estas labores que sea inadecuada o ineficiente para la quínoa, se traducirá en una menor habilidad competitiva del cultivo, que finalmente disminuirá su rendimiento.

### Puntos críticos

Partir con adecuada densidad de plantas

Ausencia de malezas desde dos hojas a floración



## VIII. RIEGO

Para poder cumplir con todas las etapas fenológicas, la quínoa, al igual que todo vegetal, requiere del aporte de agua, estableciéndose un flujo suelo-planta-atmósfera. Así se entiende que existe un balance hídrico en el cual, desde el suelo, las raíces extraen el agua según sus requerimientos y la influencia que ejerce la energía radiante del sol que influye directamente sobre la evapotranspiración.

La quínoa es una planta eficiente al uso de agua, tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo. Se adapta así a una amplitud de regímenes hídricos asociado principalmente al desarrollo de una raíz pivotante, vigorosa, profunda, que puede alcanzar hasta 1,80 cm de profundidad, bastante ramificada y fibrosa. Sin embargo, se aclara que existe una relación directa de la disponibilidad de agua con el potencial de rendimiento del cultivo, es que se recomienda regar al menos en tres oportunidades, durante el desarrollo del cultivo.

En cultivo orgánico de quínoa, se debe verificar la procedencia del agua utilizada para riego ya que esta no debe estar contaminada biológicamente, ni químicamente. Antes de ingresar a la zona de cultivo, se recomienda tener estructuras trampas (filtros de arena, humedales con plantas. Filtros de malla), para reducir el ingreso de semillas de malezas. A su vez, una vez iniciado el riego, esta no debe estar en contacto directo con el cuello de la planta por lo cual se debe favorecer una técnica de riego donde el agua infiltre y llegue a la raíz por capilaridad. Para ello se recomienda que cuando la planta esté entre 4 a 6 hojas verdaderas se lleve a cabo la aporcar del suelo entre hilera con un surcador de 20 a 30 cm de profundidad. Este surco debería ser mantenido junto con las labores mecánicas de control de malezas.

## IX. COSECHA

La madurez fisiológica de la semilla de quínoa se alcanza entre los 70 a los 80 días después de iniciada la floración y la madurez de cosecha entre los 75 a los 90 días después de floración, con un contenido de humedad de 14-16%.

Se ha observado que, en el cultivo orgánico de quínoa, la madurez de cosecha es heterogénea, por lo que se recomienda que una vez que el 80% de las panojas esté seca, se corte el cultivo a 5-6 cm de la base de la planta, dejándolo hilerado en terreno entre 6 a 8 días para que este se deshidrate completamente. Posteriormente se procede a la trilla ya sea a través de una cosechadora estacionaria o una trilladora convencional. Es importante cerciorarse que las panojas estén completamente secas para evitar atascamiento en los compartimientos de trilla.

## X. ALMACENAJE

El grano de quínoa debe ser almacenada en bodegas de pared lisa y suelo de cemento para evitar que se oculten estados larvales u ovipongan en rendijas o depresiones los insectos plagas propios del almacenaje. Almacenar en maxi sacos o sacos de 25 kg para evitar contaminación cruzada.

La semilla no puede ser almacenada en bodegas con más no más de un 70% de humedad relativa y bajo 18°C para disminuir la multiplicación de insectos. Además, se debe tener en cuenta que el sector de almacenaje debe estar ventilado.

Si se quiere almacenar para conservar las características del germoplasma se debe almacenar a -18°C y la semilla con más de 7% de contenido de agua.



# Recomendaciones técnicas para el manejo convencional de quínoa

*Chenopodium quinoa Willd.*

## AUTORES Y EDITORES

Andrés Zurita-Silva

Carola Vera P.

Christian Alfaro J.

Dalma Castillo R.

Lorenzo León G.

Rodrigo Quintana L.



Facultad de Agronomía



Fundación para  
la Innovación Agraria.



Instituto de Investigaciones  
Agropecuarias.  
Centro Regional de Investigación  
Quilamapu, Chillán, Chile.

# I. ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL CULTIVO

## 1.1. Preparación de suelo

Para el éxito del cultivo es muy importante preparar una buena cama de semilla y en este caso el suelo debe estar bien mullido, evitar la presencia de terrones que dificulten la correcta emergencia de la plántula de quínoa, y que cuente con la humedad suficiente favoreciendo la germinación.

Del mismo modo se deben evitar los suelos desnivelados, y/o que se saturen fácilmente de agua y en caso de utilizarlos, se debe diseñar un buen sistema de drenaje que evite el anegamiento de las plantas ya que esto provoca pérdida de población.

Un punto importante a considerar para el éxito del cultivo, es la fertilización de éste, para lo cual debe considerarse el análisis de suelo.

En general con pH cercanos a 6 la quínoa no ha presentado problemas, sin embargo, es necesario conocer el nivel de acidez del suelo para corregir cuando así se requiera (límite inferior pH 5,5 y límite superior pH 7,8).

## Consideraciones para la siembra

Para la siembra propiamente tal, la primera actividad es la determinación de la maquinaria disponible a utilizar. Como paso fundamental para realizar la siembra de debe limpiar muy bien el equipo dejándolo sin restos de tierra o residuos vegetales (o malezas), los que normalmente pueden ser fuente de inóculo de enfermedades o plagas.

Otra consideración es la regulación de la máquina, esto es importante tanto para la salida de la semilla, como del fertilizante.

**Profundidad de siembra:** El cultivo de la quínoa se caracteriza por una semilla pequeña. Entonces recomendamos dejar la semilla a menor profundidad en suelos pesados y a mayor profundidad que en suelos livianos, para aprovechar la humedad durante el proceso de germinación. Si el suelo está muy seco es conveniente sembrar a mayor profundidad, pero no más de 3 cm.

## II. USO DE SEMILLA

La calidad de la semilla es fundamental para el éxito del cultivo. Se entiende por calidad un alto poder de germinación, buen vigor, viabilidad y pureza, vale decir, libre de semillas de malezas. Dado que hasta hoy, gran parte de la producción de quínoa se basa en el uso de genotipos locales, que no son certificadas, los productores deben fijarse en el tamaño de los granos, que estén bien llenos, y la pureza de los mismos para evitar contaminación de sus campos con malezas externas.

### III. ÉPOCA DE SIEMBRA

Considerando que la zona de siembra de quínoa en Chile se extiende desde el Altiplano, hasta la Región de Los Lagos. en este proyecto hemos dado énfasis a dos regiones O'Higgins y Ñuble, en ambas el periodo recomendado abarca desde agosto a septiembre.

### IV. DOSIS DE SEMILLA

La dosis de semilla tiene directa relación con la cantidad de granos viables que se deben sembrar para alcanzar una densidad de plantas adecuada. En caso de las quínoas la dosis se determinada considerando tres factores: **Plantas por m<sup>2</sup>; Peso de la semilla (mg) y % de germinación, con un calibre sugerido de 1,4 - 2 mm.**

El grano de esta especie pesa en promedio 2,7 mg, tiene un porcentaje de germinación de 90% y necesitamos establecer una población de 45 plantas por m<sup>2</sup> (distancia entre hilera 50 cm). Entonces:

$$\text{Dosis de semilla (kg/ha)} = \frac{\text{plantas m}^2 * \text{Peso de la semilla (mg)}}{(\text{Germinación de la semilla (\%)})}$$

$$\text{Dosis de semilla (kg/ha)} = \frac{45 \text{ plantas m}^2 * 2,7 \text{ (mg)}}{90 (\%)}$$

$$\text{Dosis de semilla (kg/ha)} = 13,5 \text{ kg /ha}$$

Suelen haber pérdidas adicionales al establecimiento por factores bióticos o abióticos, como pájaros, insectos, sequía, heladas, entre otros. El porcentaje adicional de pérdidas se estima en un 10%, similar a otros cultivos. Cabe destacar que esta dosis de semilla es para siembra convencional con máquina cerealera

Una vez realizada la siembra de nuestra quínoa, se debe realizar el seguimiento del establecimiento y desarrollo del cultivo, y evitar oportunamente los inconvenientes que puedan afectar la producción y rendimiento final.

### V. POBLACIÓN DE PLANTAS

Se debe considerar que una población óptima de plantas es de 30 - 45 por m<sup>2</sup>, para alcanzar una Población final de 280.000 a 300.000 plantas por há. Para realizar una evaluación se debe esperar la emergencia y que las plantas tengan dos hojas verdaderas, y el cálculo se hace aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas por metro lineal}}{\text{Distancia entre hileras (cm)}} * 100 = \text{Plantas por m}^2$$

Con esto se busca tener una densidad óptima del cultivo, con plantas bien establecidas y que tengan la posibilidad de alcanzar buen desarrollo y ramificación. Esto resulta relevante dado que la competencia por agua, luz y nutrientes con las malezas es clave en los rendimientos, y para ello se busca alcanzar una buena cobertura de suelo, lo que permitirá al cultivo interceptar más radiación y, por ende, incrementar su rendimiento. La fase clave es justamente la de establecimiento y cobertura, puesto que el cultivo será más competitivo frente a las malezas, las cuales representan la mayor amenaza en términos de manejo como se ha señalado previamente.

Sin embargo, es necesario considerar que una cantidad excesivamente numerosa de tallos por metro cuadrado trae problemas como tendadura, asociada con aumento del mildiú.



## VI. MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE LA QUÍNOA

El cultivo de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), si bien es reconocido por poseer una emergencia rápida, su crecimiento inicial es relativamente lento, de tal manera que no posee una gran capacidad competitiva con las malezas especialmente en la fase de inicio de cultivo. Un control deficiente de malezas a partir de esta etapa y en aquellas posteriores puede significar mermas del rendimiento superiores al 50%, a lo que regularmente se suma una pérdida de calidad industrial dada la contaminación del producto cosechado con las semillas de malezas que llegan a cosecha.

El manejo de malezas en quínoa se ha desarrollado históricamente en base a controles de tipo mecánico (escardas, aporcadas, etc.), siendo estos los que aun predominan en los países que son principales productores de este cultivo (Perú, Bolivia y Ecuador). Actualmente, el control de malezas en quínoa se caracteriza por (1) inexistencia de registro de productos herbicidas en Chile y el extranjero; (2) aun cuando existen varios avances en estrategias de control química e integradas, estos se encuentran actualmente dispersas y (3) existen distintos esfuerzos simultáneos en el área de sanidad vegetal (entomología, fitopatología), ante el actual interés por ampliar las zonas de cultivo (tanto en Chile como en el extranjero). Lo anterior hace necesario el contar con agroquímicos que permitan manejar situaciones de infestación, pero bajo un esquema integrado.

En el presente capítulo se dará una breve revisión de distintos avances en el control de malezas en quínoa en Chile y el extranjero y como los mismos se pueden insertar bajo un esquema de manejo integrado anual de malezas en el cultivo.

## 6.1. Malezas presentes en el cultivo de quínoa

Las malezas observadas en el cultivo de la quínoa son diversas, siendo las de mayor preocupación las del tipo latifoliadas anuales, coincidiendo con las características botánicas del mismo cultivo. En este sentido, destaca la presencia de quingüilla (*Chenopodium album*), maleza que posee una estrecha relación botánica y de la cual se espera que sea uno de los principales escollos a vencer a la hora de encontrar métodos de manejo integrado en un contexto de expansión del cultivo. Para las condiciones del centro-sur de Chile, esta maleza regularmente se presenta desde mediados de octubre, con las principales germinaciones hacia el mes de noviembre y diciembre. Más tempranamente, el cultivo se ve enfrentado a germinaciones de malezas anuales de tipo invernal, destacando el rábano (*Raphanus spp*) como una maleza que presenta una alta competencia con el cultivo en estas primeras etapas. Otras malezas anuales de interés han sido el bledo (*Amarantus retroflexus*) y la verdolaga (*Portulaca oleracea*). Estos dos últimos casos, junto a la quingüilla se prevén como de la mayor preocupación en nuevas áreas de cultivo de la quínoa (por ejemplo USA, Liang *et al.*, 2016). Por su parte, considerando la zona correspondiente al valle central regado de la región del Maule y Ñuble en Chile, son de gran preocupación las infestaciones de ambrosia (*Ambrosia artemisiifolia*) que han podido ser observadas desde octubre en adelante. Asimismo, importantes infestaciones de duraznillo (*Poligonum persicaria*), sanguinaria (*Poligonum aviculare*) y pacooyuyo (*Galinsoga parviflora*) han sido observadas en la región de Ñuble.

Por otra parte, en término de malezas **gramíneas anuales**, destaca la presencia de hualcacho negro (*Echinochloa crus – galli*) y pata de gallina (*Digitaria sanguinalis*). Al igual que las latifoliadas anuales presentadas anteriormente, pueden ocasionar importantes pérdidas en el rendimiento y calidad industrial por contaminación de semillas hacia la época de cosecha.

El control de todas estas especies ya sea por medio de herramientas mecánicas o (próximamente) a través de herbicidas debe ser oportuno. Por ello, es de la mayor relevancia el reconocer conocer estas especies al estado de plántula.

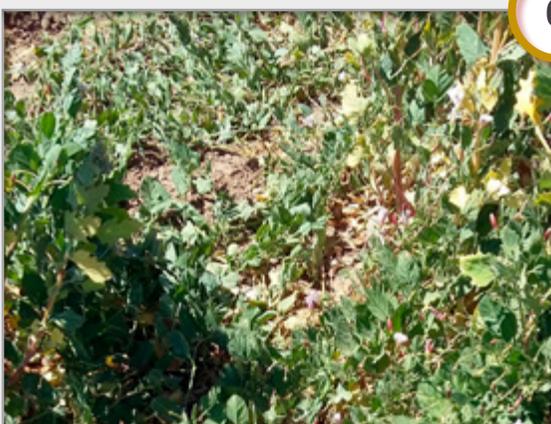
Otras malezas observadas en el cultivo corresponden a las de tipo **perenne invasivo (latifoliadas)**, dentro de las que se encuentran la correhuela (*Convolvulus arvensis*) y falso té (*Bidens aurea*). En general, las mayores infestaciones de las mismas se han observado cuando el cultivo se encuentra establecido (altura superior a 20 cm).

Finalmente, en algunas ocasiones se han observado infestaciones de malezas del tipo **parasitario** como es el caso de cuscuta o cabellos de ángel (*Cuscuta spp.*) estas infestaciones se han producido también con el cultivo establecido a inicios del verano (fin de diciembre-comienzos de enero). En el cuadro 2 se observan algunas situaciones de infestación dadas por las malezas anteriormente mencionadas.



## Cuadro 2

Cultivo de quínoa y malezas presentes en distintos periodos de la temporada: **(a)** varias latifoliadas (rábano, bledo, ambrosia, etc.) en estado de botón floral de quínoa; **(b, c y d)** infestaciones en época de llenado de grano del cultivos de las malezas de duraznillo, quingüilla y ambrosia respectivamente; **(e y f)** infestaciones tardías de correhuela y ambrosia, respectivamente.





## 6.2. Manejo integrado de malezas

Entenderemos por un “programa de manejo integrado” a la serie de acciones aplicadas durante el año (desde barbecho y preparación de suelo hasta la post cosecha del cultivo), las que están destinadas a mantener las poblaciones de malezas por debajo de un umbral de daño técnico y económico para el cultivo, en este caso de la quínoa. Dichas acciones están asociadas a distintas prácticas específicas de control de las poblaciones de malezas, las que pueden ser categorizadas en tres grupos principales:

- (a) control cultural
- (b) control mecánico
- (c) control químico

Un aspecto de importancia a ser considerado en este esquema corresponde al periodo crítico de control de malezas. Este corresponde al intervalo de tiempo en el cual es necesario mantener el cultivo libre de las mismas, para evitar pérdidas en rendimiento. En quínoa este periodo se ha reportado con variaciones en la literatura, por ejemplo, Nurse *et al.*, 2016 lo sitúan entre 0 y 16 días después de la emergencia (DDE) del cultivo. Este valor puede variar ampliamente según las condiciones de cultivo en cada zona, pero también considerando el que las infestaciones tardías pueden producir el ya mencionado deterioro en la calidad comercial del producto. Así, Díaz *et al.* (2018) señalan que este periodo puede extenderse ampliamente en la temporada hasta los 90 DDE, para las condiciones de la región de la Araucanía en Chile.

El que se pueda lograr establecer un control de malezas en este periodo crítico de control de malezas no depende de un manejo acotado a este intervalo, sino también de todas las prácticas (cultural, mecánica y química) ya mencionadas, las que son establecidas en base a un plan de manejo anual de malezas. A continuación, se presentan algunos aspectos relevantes de cada una de ellas aplicadas al cultivo de la quínoa.

## 6.2.1. Control cultural

Son todas aquellas medidas que permiten que el cultivo se pueda establecer y desarrollar de una mejor manera y que, como resultado, este posea una **mayor capacidad competitiva sobre las poblaciones de malezas que emergen durante su ciclo productivo**. Así, por ejemplo, los factores asociados a la elección de sitio de siembra, época de siembra, densidad de semilla empleada, fertilización, riego, control de enfermedades e insectos, entre otros aspectos son de gran importancia para que el cultivo pueda mantener una tasa de crecimiento adecuada y logre a la brevedad un cubrimiento de la sobre y entre hilera. De esta forma, la quínoa a través de una competencia efectiva con las malezas contribuirá a disminuir su crecimiento y nuevas germinaciones en la temporada.

Por otra parte, en términos de la **elección de sitio**, se debe procurar evitar sitios en donde se hayan producido infestaciones de importancia de malezas anuales, especialmente aquellas latifoliadas como las mencionadas anteriormente en este capítulo. Especial atención reviste el rábano, dada la baja capacidad de competencia de la quínoa con esta maleza al principio en la temporada. Por otra parte, se debe evitar lugares que hayan presentado infestaciones importantes de quingüilla y de ambrosia, especialmente para evitar germinaciones masivas de estas especies durante la primavera. De la misma forma, en el caso de malezas perennes invasivas como correhuela, falso te o ciperáceas o chufa amarilla, (*Cyperus esculentum*), se conoce de antelación los sectores en donde tienen mayor ocurrencia, por lo que estos deben ser también evitados.

En términos de **manejo preventivo**, es necesario el **evitar el ingreso de nuevas semillas de malezas al suelo**. Así, en los cuarteles en donde se realizará las siembras en las próximas temporadas, se debe reducir lo más posible la caída de semillas de malezas anuales, por lo que estas malezas deben ser controladas oportunamente sin esperar a que ellas entren en floración o completen madurez de semilla. De la misma forma otros métodos que disminuyen el ingreso de nuevas semillas al campo (maquinaria, agua de riego, etc.), son de gran importancia para aumentar las eficiencias de todas aquellas herramientas mecánicas o químicas aplicadas previamente al cultivo tras la siembra del mismo.

Si el potrero en donde se vaya a cultivar quínoa es conocido por presentar altas cargas de malezas anuales de verano (ambrosia, verdolaga y especialmente quingüilla), idealmente se debe **adelantar esta época de siembra**, por ejemplo, para el mes de septiembre en la zona central de Chile). De esta manera, en estas condiciones, el cultivo no debe encontrarse en sus primeros estados hacia la primera quincena de octubre debiendo encontrarse con una mayor cantidad de hojas cantidad de hojas ,por ejemplo, >6 hojas verdaderas), una altura mayor a 15 cm altura y una tasa de crecimiento óptima. Lo anterior hace más competitivo al cultivo en una época en donde se concentra la emergencia de estas malezas y cuando ha pasado el mayor efecto de los herbicidas de preemergencia que pudieran ser empleados. Se puede entonces el contar en este momento el sistema de **labranza** entre hilera para una cultivación complementaria. En este último aspecto, una buena combinación corresponde cultivo establecido en crecimiento, **malezas pequeñas en emergencia**, esto es, estado de primer par de hojas verdaderas y cotiledones visibles e inferiores a 5 cm de altura.

**Densidad de siembra:** en distintos ensayos de campo de INIA bajo las condiciones de producción de la zona centro sur de Chile, se ha encontrado buenos resultados productivos y de competitividad de malezas. Así, para dosis de semilla equivalentes a 15 kg/ha, se ha obtenido un cultivo de quínoa presenta una buena capacidad competitiva con las malezas. En el caso de otras metodologías de siembras como las neumáticas en donde se establecen menos de 20 plantas/m lineal, es necesario el considerar un mejor control en la sobre hilera por medios mecánicos, por ejemplo, cultivadores "*finger weeder*") y/o herbicidas selectivos, de los que, lamentablemente aún hay pocas alternativas.

Todas las demás medidas culturales concernientes a las labores de fertilización, riego, entre otras, deben ser consideradas como factores a ser optimizados en la producción del cultivo. De esta forma, se puede lograr una cobertura rápida por parte de las plantas de quínoa en la entre hilera y la sobre hilera que impidan el crecimiento explosivo de poblaciones de maleza durante la temporada.

Finalmente, una de las medidas culturales-preventivas no mencionadas anteriormente, pero de la mayor importancia es el **monitoreo de malezas en terreno** a través de la temporada. Este permite tomar oportunamente las decisiones de manejo a ser aplicadas, tales como la selección de sitio y las medidas de control específicas que pueden ser tomadas durante el cultivo tales como el control mecánico o químico, que se revisan a continuación.



## 6.2.2. Control mecánico

### Durante la etapa previa de cultivo: falsa cama de siembra.

Según Cowbrough (2018), en cultivos como la quínoa, donde hay pocas alternativas de control químico selectivo, el uso de la falsa cama de semilla puede resultar clave para disminuir la presión de malezas con la que se verá enfrentado el cultivo en su primera etapa. Así, Merfield (2013) señala que las camas falsas de siembra destacan debido a su eficacia, facilidad de uso, confiabilidad y bajos costos, a lo que se suma el que pueden ser empleadas en cualquier tipo de cultivo. Con este método el manejo integrado puede aumentar su eficacia, en especial la eficacia de los herbicidas empleados al reducir el número de plántulas en germinación. A la postre su efecto se traduce en reducir el número de malezas que deben controlarse mediante el herramientas mecánicas y químicas entre hileras.

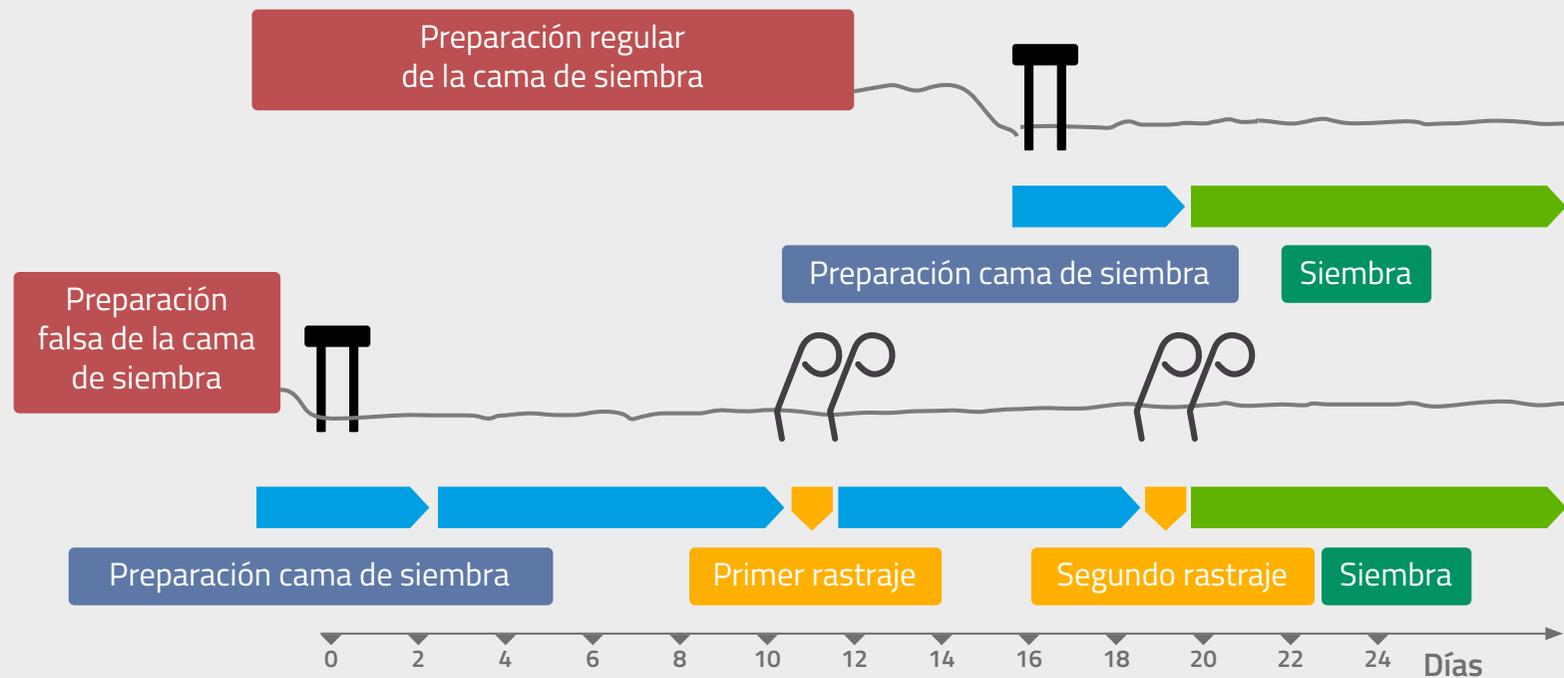
**Cowbrough (2018) señala que esta técnica se caracteriza por poseer cuatro etapas o pasos principales:**

- (1)** Se prepara la falsa cama semillero usando labranza poco profunda varias semanas antes de la siembra.
- (2)** Las semillas de malezas germinan, emergiendo las plántulas en los días siguientes.
- (3)** Las malezas así emergidas se eliminan con la menor perturbación mecánica posible del suelo para no estimular la aparición de más plántulas. En este paso es factible emplear distintas herramientas de cultivo. Si no se desea disturbar el suelo, lo anterior también se podría realizar con una aplicación de glifosato o un herbicida de contacto, que puedan controlar una amplia gama de especies.
- (4)** siembre el cultivo tan pronto como sea posible después del paso (3) o bien se puede dar un periodo adicional para dar paso a una segunda cultivación mecánica antes de la siembra. En la fig. 1 se presenta una comparación entre la preparación regular de siembra y una falsa cama de siembra para control mecánico.

## Figura 1

Ejemplo comparativo de cronograma de la aplicación falsa cama de siembra.

Adaptado desde Merfield (2013).



En el desarrollo de una falsa cama de siembra las herramientas de cultivo para aplicar los rastrajes deben poder ejercer una labor superficial sobre las malezas en germinación en orden a desarraigarlas eficientemente, pero sin disturbar demasiado el suelo. Así esta maquinaria debe ser capaz de **(a)** realizar un trabajo superficial, esto es, no superior a los 5 cm e, idealmente, tan superficial como 2 cm. **(b)** dejar una mortalidad tan cercana como sea posible al 100% de las plántulas emergidas.

## Durante la etapa de cultivo

Como ya ha sido indicado, tradicionalmente las malezas en este cultivo se han manejado de manera mecánica ya sea empleando elementos de tiro mecanizado en la etapa de aporca del cultivo (por ejemplo en Perú), y azadones de mano o directamente control manual de las malezas en emergencia. Con el surgimiento de la necesidad de incrementar la superficie del cultivo, se han probado en los últimos años distintas herramientas que permiten hacer una escarda principalmente en la entre hilera del cultivo.

Es así como, por ejemplo, la empresa Beneo Orafiti ha ensayado cultivadores del tipo Finger weeder (Cañete *et al.*, 2018), los que en combinación con varios otros implementos ha posibilitado un buen control de malezas en post emergencia del cultivo y de las malezas. En estas experiencias, los cultivadores han sido montados en un sistema que permite corregir la posición de los implementos de manera automática durante el avance, el denominado "Robocrop", (Garford, Inglaterra). En la fig. 2 se puede apreciar en la unidad Robocrop y el tipo de implementos que pueden ser acopados al mismo.

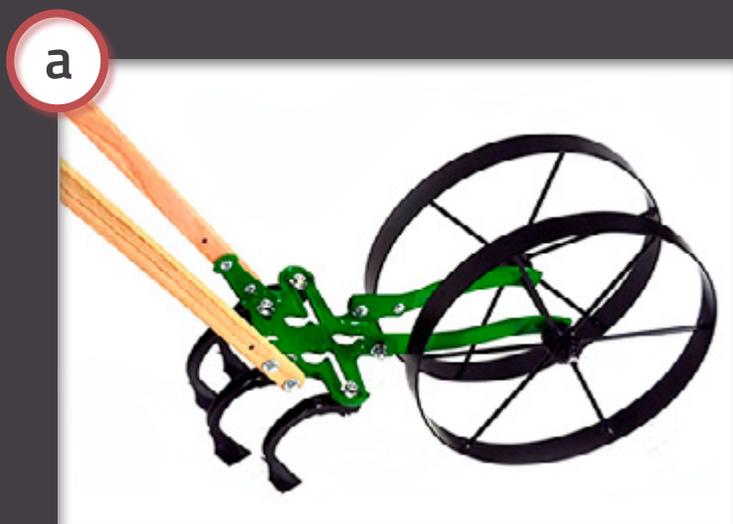


**Figura 2**

**(a)** cultivador Garford "Robocrop" con implementos de labranza y cámara de sistema de regulación automática de posición del implemento durante el avance; **(b)** ejemplo de configuración de implementos sweeper, pata de ganso y finger weeder, mostrados en círculos rojo, amarillo y azul, respectivamente.

El equipo Robocrop de 12 hileras ha mostrado alta eficiencia, con una respuesta en rendimiento, cuando este fue empleado 2 veces en el cultivo de quínoa, cuando este se encontraba en los estados de 4 y 8 hojas verdaderas.

En este contexto y para agricultores que se encuentren en una fase exploratoria del cultivo bien puede ser de utilidad los cultivadores de tipo "azadón de rueda", los que permiten el realizar una labor eficiente y bien desarrollada con elementos de labranza similares a los mostrados en el cultivador Garford, pero para superficies más acotadas de cultivo. (fig. 3). Estas herramientas han sido utilizadas (o más bien reincorporadas) en distintos lugares en el mundo, especialmente en EEUU y Europa para la producción de hortalizas en agricultura orgánica. Su origen se remonta al siglo XVII a partir de los innovadores diseños del Jethro Tull, los cuales habían quedado en el abandono luego de la incorporación de los herbicidas químicos a partir de la década de 1950.



**Figura 3**

(a) Equipo azadón de rueda con implemento de escarda

(b) agricultor utilizando equipo en demostración en día de campo INIA. Chillán, diciembre 2018.

### 6.2.3. Control químico

A la fecha, no hay herbicidas registrados para quínoa en Chile y/o en el extranjero que puedan ser un aporte en la protección del cultivo en el periodo crítico de control de malezas. Bajo el escenario de una potencial expansión, se han realizado distintos ensayos de campo para la obtención de registro, especialmente desde 2014 en adelante. Lo anterior ha ocurrido simultáneamente Chile y países que recientemente se incorporan a la producción, (por ejemplo, Canadá, EEUU, España) e incluso productores tradicionales como Perú y Ecuador, existiendo a la fecha varias moléculas candidatas. No obstante, estos esfuerzos se remontan a la década de 1980 y 90, con muy escasos reportes publicados.

Generalmente la búsqueda de moléculas para el cultivo se ha centrado en herbicidas empleados en cultivos relacionados botánicamente a la quínoa tal como el caso de remolacha, acelga, betarraga espinaca.

Adicionalmente, y dado que el cultivo de la quínoa se incorpora a sistemas productivos donde en varios casos hay problemas de resistencia de malezas a herbicidas, es necesario revisar desde un principio los modos de acción de cada ingrediente activo. Estos modos de acción (MOA) se refieren al mecanismo por el cual la molécula del herbicida afecta metabólicamente a las malezas (por ejemplo a nivel de crecimiento, regulación hormonal, fotosíntesis, etc.) y se encuentran catalogados en grupos. En el presente capítulo se hace referencia a las categorías sugeridas por la agrupación denominada "Comité de Acción de Resistencia a los Herbicidas" o *HRAC*, por sus siglas en inglés.

En la zona centro sur de Chile, recientemente se han desarrollado distintos trabajos para la evaluación de eficiencia y selectividad de distintos herbicidas, las que también han sido combinadas con herramientas de tipo mecánico, y en donde se ha procurado definir estrategias de control de malezas.

Entre las moléculas que se encuentran con mejor evaluación a nivel general, se encuentra el grupo de las cloracetamidas, representadas espacialmente con el herbicida metolacloro. En este caso los mejores resultados han sido en preemergencia del cultivo y las malezas. Este herbicida corresponde al grupo "K3" de modos de acción (MOA) según HRAC, el cual es un inhibidor de la división celular en las malezas. Otro herbicida que ha mostrado resultados de selectividad promisorios ha sido el propisoclor, el cual también es una cloracetamida del mismo grupo MOA.

Otros ejemplos de herbicidas candidatos que han mostrado selectividad del cultivo de quínoa a la fecha corresponde a la metamitrona (Díaz *et al.*, 2018, Diaz y Contreras 2020), la cual corresponde a un triazinona del grupo C1 de MOA. Este herbicida se ha empleado en nuestro país en el cultivo de la remolacha azucarera y en quínoa ha dado muy buenos resultados de selectividad como herbicida pre emergente.

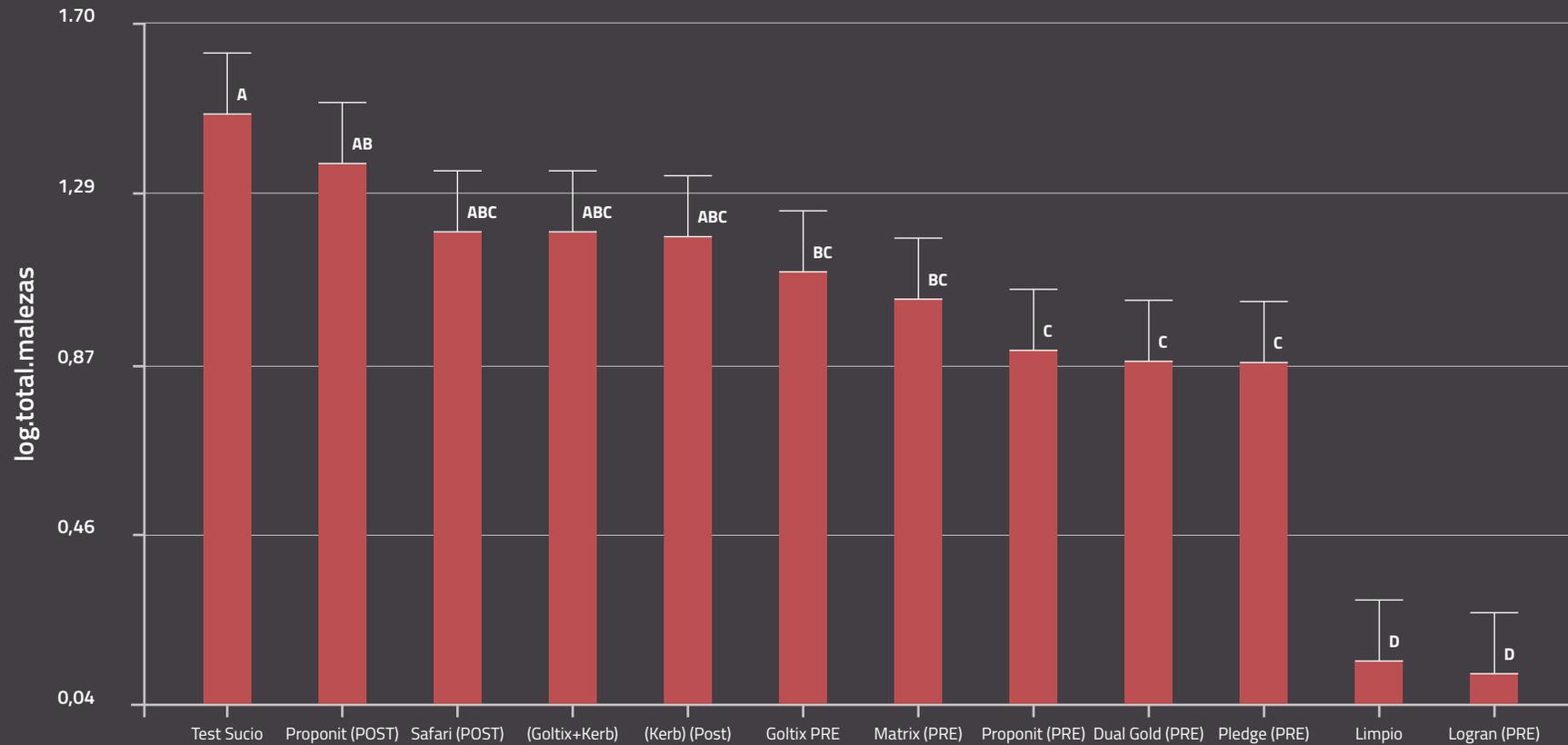
Teniendo en cuenta la importancia de dar al cultivo una protección frente a las malezas desde la etapa de preemergencia y/o post emergencia temprana, se desarrolló en la temporada 2018- 19 un ensayo en la comuna de Chillán, en donde se sembró la variedad Quinia. Los tratamientos de pre y post emergencia se presentan a continuación (Cuadro1)

### Cuadro 3

Tratamientos de herbicidas pre y post emergentes ( temporada 2018- 19, Chillán).

N° tratamiento	Herbicidas PC (ingrediente activo)	Dosis PC	Momento aplicación	Mojamiento
1	Testigo sin herbicida			
2	Testigo limpio mecánico - manual			
3	Goltix (Metamitrona)	2,5 (kg/ha)	<i>Pre</i>	200 l/ha
4	Matrix (Rimsulfuron)	100 (g/ha)	<i>Pre</i>	200 l/ha
5	Proponit (Propisoclor)	1,0 (l/ha)	<i>Pre</i>	200 l/ha
6	Logran (Triasulfuron)	24 (g/ha)	<i>Pre</i>	200 l/ha
7	Pledge (Flumioxazina)	75 (g/ha)	<i>Pre</i>	200 l/ha
8*	Dual Gold	1 (l/ha)	<i>Pre</i>	200 l/ha
9	Kerb (Propizamida)	1,5 (Kg/ha)	POST - Temprana (2hv)	<b>200 l/ha</b>
10	Safari (Triflusulfuron)	2,0 (g/ha)	POST - Temprana (2hv)	<b>200 l/ha</b>
11	Proponit (Propisoclor)	1,0 (l/ha)	POST - Temprana (2hv)	<b>200 l/ha</b>

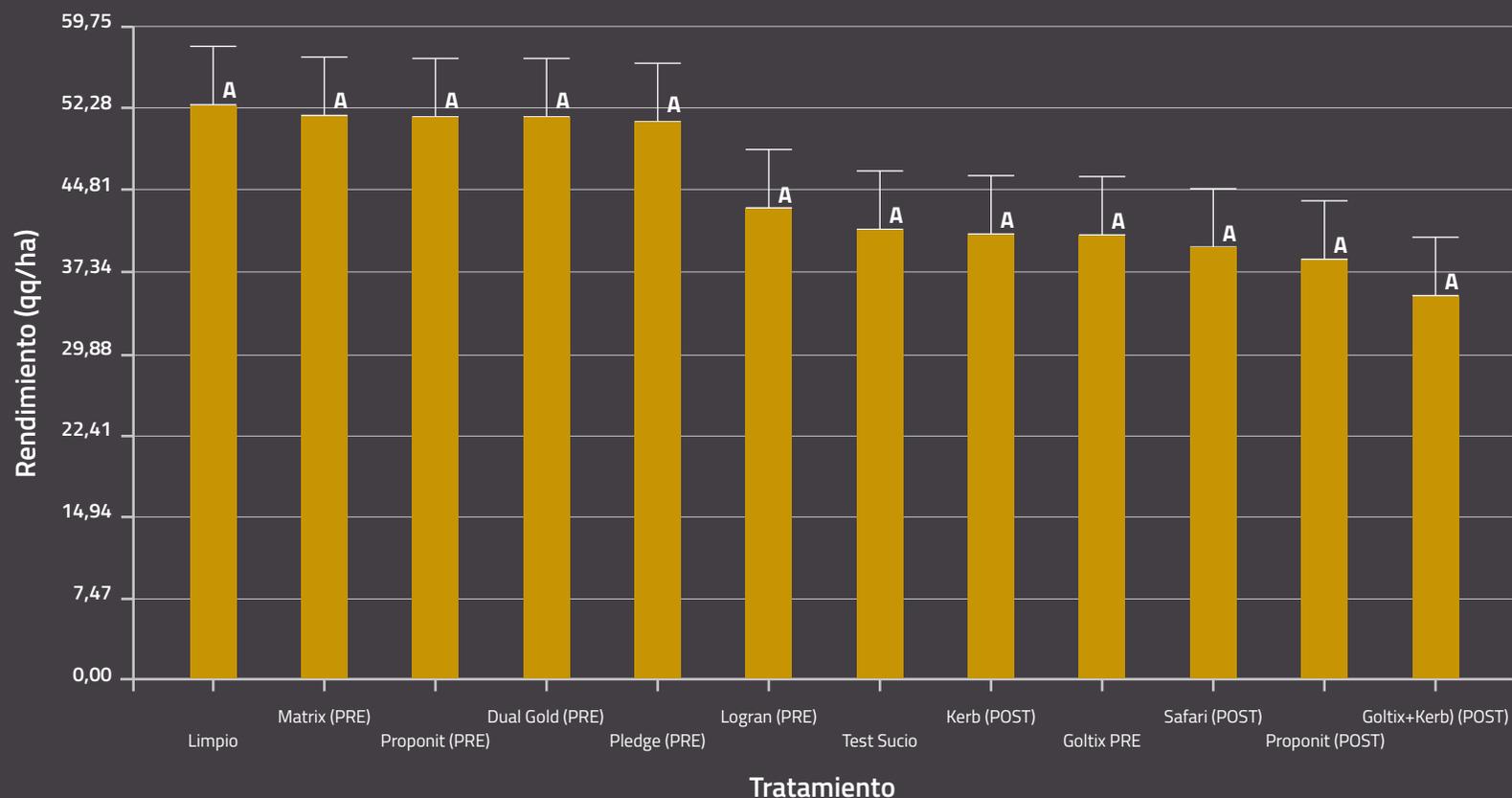
Como resultado, los mejores tratamientos herbicida sobre el total de malezas correspondieron a **Rimsulfuron, flumioxazina, propisoclor y metolacloro.**



### Figura 4

Efecto de los tratamientos especificados en el cuadro 1 sobre el total de malezas encontradas en el cultivo (escala logaritmica). (test Duncan MRT  $p < 0,05$ ).

Por otra parte, no se observó fitotoxicidad de cultivo en ninguno de los tratamientos aplicados, Lo cual a su vez repercutió en que no se vieran diferencias entre las estrategias herbicidas para el rendimiento final obtenido.



## Figura 5

Efecto de los tratamientos especificados en cuadro 1 sobre el rendimiento final de cultivo (qq/ha)

Los resultados anteriores para el caso de herbicidas como metolacloro son promisorios y concordando con la literatura existente, especialmente en terminos de selectividad hacia el cultivo. No obstante, también en otras experiencias se han observado síntomas de fitotoxicidad del cultivo frente a herbicidas del grupo de las sulfonilureas, por ejemplo, triflusulfuron y rimsulfuron, por lo que sus condiciones de uso deben establecerse con una mayor cantidad de estudios.

Finalmente, es necesario el indicar que ninguna de estas moléculas está con registro en Chile y deben completar este procedimiento antes de ser empleadas en un cultivo comercial.

## VII. FERTILIZACIÓN DE QUÍNOA

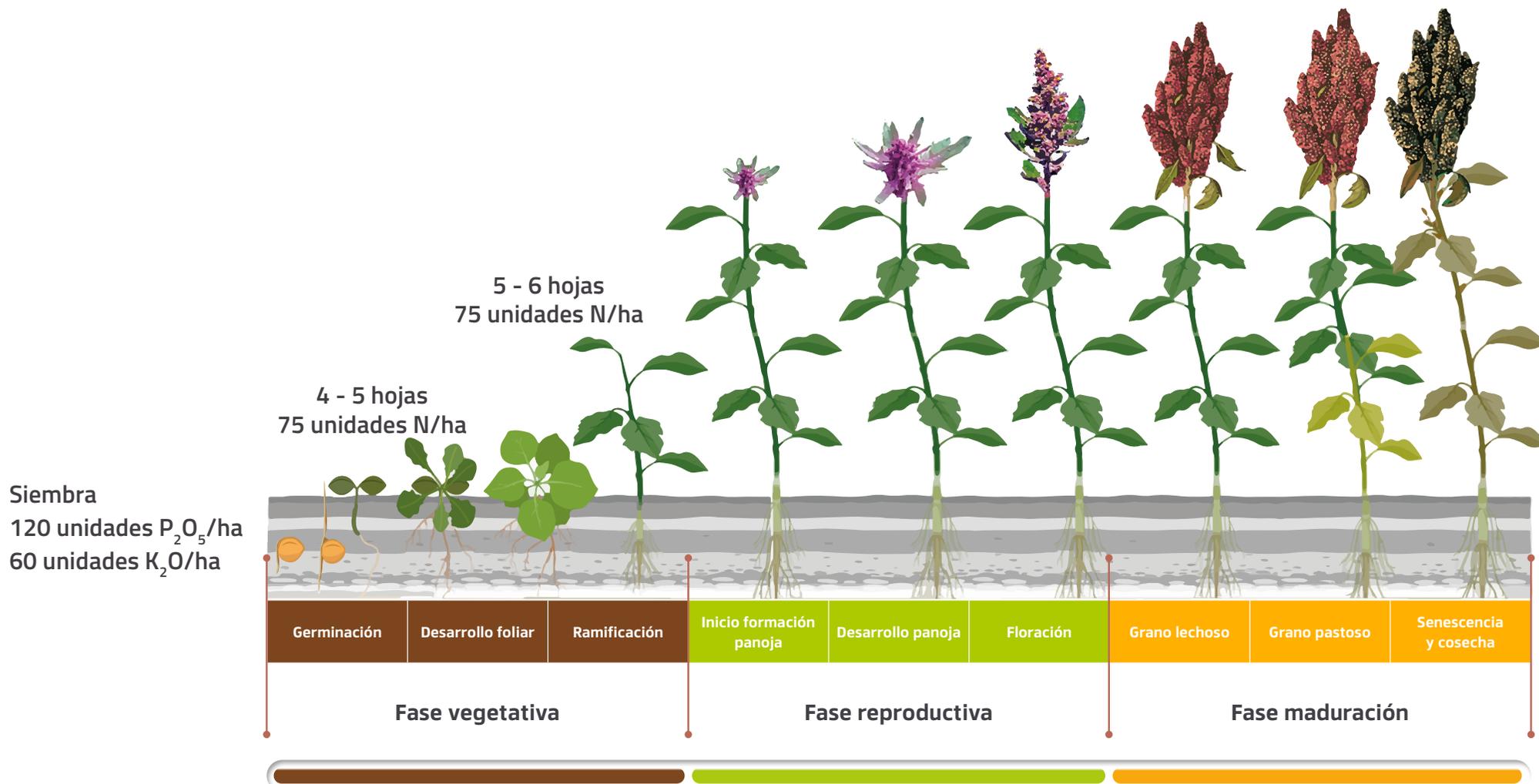
Diversos ensayos realizados por el INIA, tanto en condiciones de riego, como en el secano costero de la zona centro sur de Chile, han demostrado una respuesta positiva del rendimiento de grano del quínoa a la aplicación de dosis crecientes de fertilizantes, aplicados en tres parcialidades (120 U de  $P_2O_5$ /ha; 60 U  $K_2O$ /ha a la siembra, 75 U N/ha en 4 - 5 hojas, y 75 U N/ha en 5-6 hojas), estas dosis que deben ser ajustadas de acuerdo a la disponibilidad del suelo obtenida a través de un análisis químico.

Respecto a las estrategias de parcialización del N, dado que el N incrementa el crecimiento vegetativo y la capacidad fotosintética de la planta; es decir, determina el número de hojas, el número de semillas por inflorescencia y por lo tanto determina el potencial de rendimiento, su presencia es fundamental para expresar el potencial productivo del cultivo. Una importante cantidad del nitrógeno absorbido por la planta llega a los granos a la madurez y contribuye a la cantidad de proteína (Gómez Pando y Aguilar, 2016). Al respecto, se ha observado que combinaciones que consideran aplicaciones en 4 - 5 hojas e inicio de ramificación (5-6 hojas), incrementan el rendimiento, dado que ocurre un incremento en la demanda por rápido crecimiento y acumulación de materia seca (Nishikawa *et al*, 2012). En la Figura 6 podemos observar los momentos de aplicación en relación a los estados de desarrollo de la planta.



# Quínoa

## Fases y etapas de desarrollo



**Figura 6**

Estrategia de fertilización en quínoa en función de la demanda de este elemento por parte de la planta.

Fuente: Andrés Zurita.

Los diversos ensayos respecto del manejo agronómico en la quínoa han permitido determinar los efectos de la aplicación de diferentes nutrientes y su estrategia de aplicación sobre este cultivo. Las funciones específicas de cada nutriente en este cultivo se presentan en el Cuadro 4.

## Cuadro 4

Funciones de los nutrientes más importantes para la quínoa, síntomas de déficit y momento de aplicación.

Elemento	Funciones y síntomas de déficit	Momento de aplicación
<b>Nitrógeno</b>	La deficiencia se manifiesta comúnmente por el color verde pálido o amarillo de las hojas (clorosis), apareciendo primero en hojas basales mientras que las superiores permanecen verdes. Adicionalmente la inflorescencia es pequeña y el contenido de proteína del grano disminuye y algunos granos no alcanzan su tamaño normal.	Parcializado 75 U N/ha en 4-5 hojas, y 75 U N/ha en 5-6 hojas.
<b>Fósforo</b>	Reducción marcada en altura de plantas, hojas de color verde muy oscuro o con tono rojizo en los ápices de las hojas jóvenes, retraso en la floración y maduración e inflorescencias pequeñas y retorcidas, granos muy pequeños o poco desarrollados. Es absorbido casi en su totalidad en primeras fases de desarrollo, principalmente para la formación de un buen sistema radicular. Por tanto, debe ser aplicado a la siembra y en el lugar donde está más rápidamente disponible para las raíces (en bandas cerca de semillas).	La corrección de la deficiencia de P en el suelo se logra con la fertilización de siembra 120 U de $P_2O_5$ /ha.
<b>Potasio</b>	Se expresa con un pobre crecimiento del sistema radicular, tallos débiles y hojas en la parte basal con bordes y ápices de color amarillo y secándose. Las plantas presentan menor estatura, entrenudos acortados, crecimiento lento y achaparrado, mayor incidencia de plagas y enfermedades, rendimientos más bajos, granos de baja calidad.	A la siembra, según análisis de suelo, en Chillán, Campo Experimental Sta. Rosa de Cato 60 U $K_2O$ /ha.
<b>Calcio</b>	La deficiencia de Ca aparece primero en los puntos de crecimiento y en las hojas más jóvenes, amarillentas a ennegrecidas y curvadas (manchas marrones), las plantas parecen marchitas con raíces mal formadas, deficiencia en suelos con bajo pH.	Se corrige con enmiendas calcáreas
<b>Magnesio</b>	Es el constituyente central de la clorofila, por ello del 15 al 20% del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. Pudiera presentar decoloración amarillenta entre venas de hojas verdes (clorosis típica de franja), seguido por manchas y necrosis (muerte de los tejidos), comenzando en las hojas basales viejas.	A la siembra, según análisis de suelo
<b>Micronutrientes</b>	Hierro, cobre, zinc, cloro, boro, molibdeno y manganeso, son claves en el crecimiento de la planta; son comparables con las vitaminas en la nutrición humana. Son absorbidos en cantidades menores, y su disponibilidad en las plantas depende principalmente de la reacción del suelo.	A la siembra, según análisis de suelo

## VIII. MANEJO FITOSANITARIO

En Chile existe un bajo porcentaje de enfermedades que afecten a este cultivo. Sin embargo, factores como el aumento del área cultivada, siembra en nuevas áreas geográficas, nuevas rotaciones y el ingreso de semilla al país que no cumple con los estándares de sanidad adecuados podrían alterar la fitosanidad del cultivo, quedando expuesta al ataque de hongos, pseudo-hongos, y en menor proporción a bacterias, virus y nemátodos.

Así el **mildiú** causado por *Peronospora variabilis*, es considerada como la enfermedad de mayor importancia dentro del cultivo en Chile, debido a su recurrencia e impacto tanto en la calidad como en rendimiento y productividad, pudiendo afectar durante todos los estados de desarrollo de la quínoa.

Por otro lado, durante los primeros estados de desarrollo de la quínoa y asociado a siembras con riego o alta precipitación, se han detectado casos de damping-off causado por un complejo de hongos y pseudo-hongos del suelo correspondientes a los géneros *Fusarium*, *Rhizoctonia* y *Pythium* que atacan durante el proceso de germinación y emergencia causando pudriciones radiculares y daños en la zona del cuello de la planta.

El riesgo de dispersión de plagas y enfermedades es variable, y está influenciada por el manejo realizado en el cultivo, permitiendo disminuir considerablemente su incidencia y severidad. Es por ello la importancia de considerar los siguientes aspectos:

**Uso de semilla sana y/o de procedencia conocida**, favorece el vigor y uniformidad del cultivo.

**Uso de variedades con cierta resistencia genética a mildiú.** En Chile, existen diferentes grados de tolerancia al mildiú, puesto que no existe una variedad que presente resistencia genética efectiva. Sin embargo, permite disminuir considerablemente el riesgo de ataque, especialmente en zonas con ambientes óptimos para su desarrollo.

En ensayos experimentales realizados por el PMG-Quínoa en el Campex Santa Rosa de Cato de INIA, se ha determinado el comportamiento de las líneas avanzadas respecto a la presencia del mildiú de la quínoa. En el Cuadro 5 se muestra el comportamiento de cada línea avanzada a la principal enfermedad que afecta a la quínoa presente en todo el país.



## Cuadro 5

Comportamiento de líneas avanzadas del PMG-Quínoa INIA al mildiú.

Enfermedad**	Líneas Avanzadas (% severidad daño)									Testigo
	INIA-1	INIA-2	INIA-3	INIA-4	INIA-5	INIA-6	INIA-7	INIA-8	INIA-9	Regalona
Mildiú	11,4	13,3	20,4	20,1	20,1	16,7	30,2	46,0	9,0	41,4

\*\* : El valor corresponde a un porcentaje obtenido del promedio de 4 repeticiones. Se tomó nota que integra el progreso vertical de la enfermedad, es decir, altura o nivel a la que se encuentra, más la severidad del daño en la hoja (%). Estos valores se transforman y se obtiene el porcentaje de severidad de la enfermedad.

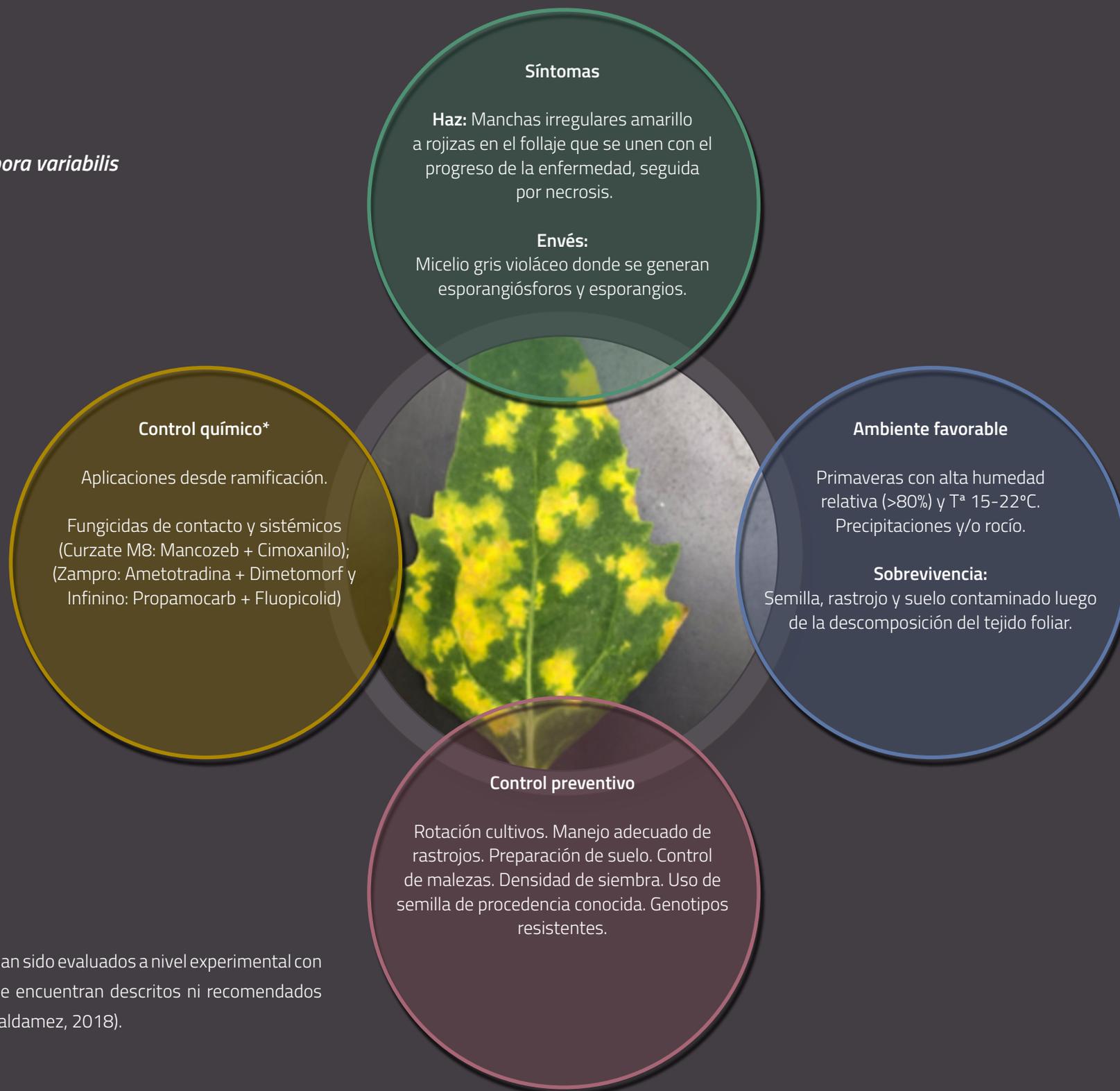
### 8.1. Puntos de control

- **Densidad óptima de siembra**, según variedad y zona de producción, evitando excesos que favorezcan el desarrollo de patógenos por condiciones de alta humedad.
- **Planificar una estrategia de rotación de cultivos**. Evitar el monocultivo de quínoa lo que permite interrumpir el ciclo de la enfermedad, disminuir la incidencia y diseminación de patógenos que sobreviven en residuos del cultivo y/o en el suelo.
- **Manejo de rastrojos adecuado y/o eliminación de residuos de cosecha contaminados**, principal fuente de inóculo de oosporas de pseudo-hongos.
- **Preparación temprana, buen drenaje del suelo y manejo del riego**, permite mantener una buena aireación y disminuir la presencia de enfermedades radiculares.
- **Época de siembra**, evitar siembras en períodos con alta precipitación ya que favorecen desarrollo de patógenos radiculares.

- **Control de malezas y quínoas del ciclo anterior**, ya que son fuente de inóculo inicial de las principales enfermedades y plagas de la quínoa, además de disminuir el nivel de competencia por agua y nutrientes. Dar énfasis a la familia Amaranthaceae (por ejemplo, *Chenopodium álbum*: quingüilla), huésped del patógeno.
- **Identificación de los estados de desarrollo de la quínoa**, permite llevar un control eficiente, evitando ataques severos, especialmente en estados iniciales y/o en fases fenológicas más críticas de la planta, ya que mientras más temprana la infección mayor es el impacto de la enfermedad.
- **Monitoreo de las condiciones climáticas**, alta humedad y temperatura durante el ciclo de cultivo es determinante para el desarrollo de enfermedades, especialmente las de origen fungoso, siendo clave conocer las condiciones bajo las que desarrollan estos patógenos.
- **Control químico**, a la fecha en Chile no existen fungicidas de contacto o sistémicos registrados para control del mildiú y damping-off en quínoa.
- **Identificación y reconocimiento de enfermedades**, es fundamental para el monitoreo y protección del cultivo ante las dos patologías más observadas y que se describen a continuación:

## Figura 7

Mildiu: Agente causal *Peronospora variabilis*



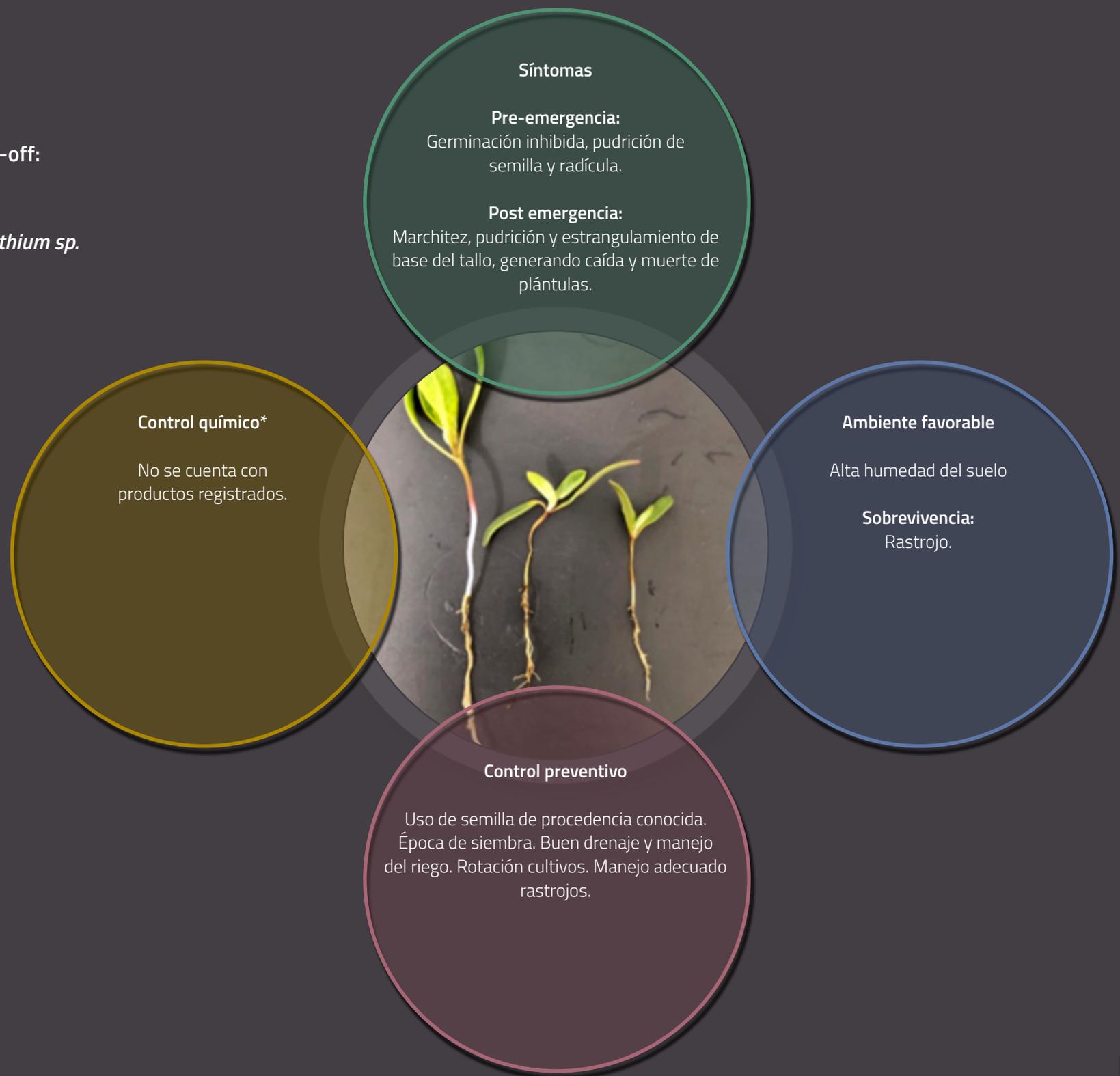
\* Aplicaciones de productos químicos han sido evaluados a nivel experimental con resultados interesantes, aunque no se encuentran descritos ni recomendados para el control de esta enfermedad (Galdamez, 2018).

## Figura 8

Chupadera fungosa o damping-off:

Agente causal:

*Rhizoctonia sp.*, *Fusarium sp.*, *Pythium sp.*



## IX. RIEGO

Tradicionalmente la quínoa se ha cultivado en condiciones de secano, pero ha mostrado una buena respuesta a la aplicación de riego en algunas regiones.

**En quínoa, son cuatro las etapas de desarrollo en que en cultivo demanda humedad en el suelo y que son:**

- **Siembra:** una buena humedad de suelo asegura una buena germinación.
- **Inicio ramificación:** La falta de agua perjudicará el desarrollo de toda la masa foliar del cultivo, menos tallos se traducen finalmente en menos panojas por m<sup>-2</sup>, reflejándose en un menor rendimiento final.
- **Floración:** es la más sensible ya que ocurre la polinización y fecundación.
- **Llenado de grano:** un déficit de agua en este periodo evita un buen llenado de granos, obteniendo granos deformes, chupados, sin valor comercial.

En general, en la zona centro-sur de cultivo de quínoa, las necesidades de agua se acentúan a partir del mes de octubre hasta diciembre debido al rápido desarrollo de las plantas que coincide con una mayor evapotranspiración, producto del alza de temperaturas correspondientes a la época primaveral (Figura 9). En un suelo trumao del campo experimental Santa Rosa, se aplican tres riegos por tendido de 50 - 60 mm en tres oportunidades (mitad de noviembre, mediados y fines de diciembre). Estos riegos sumados a la pluviometría durante el período de mayor demanda (34 mm), aportaron un total de 215 mm aproximadamente para el cultivo.

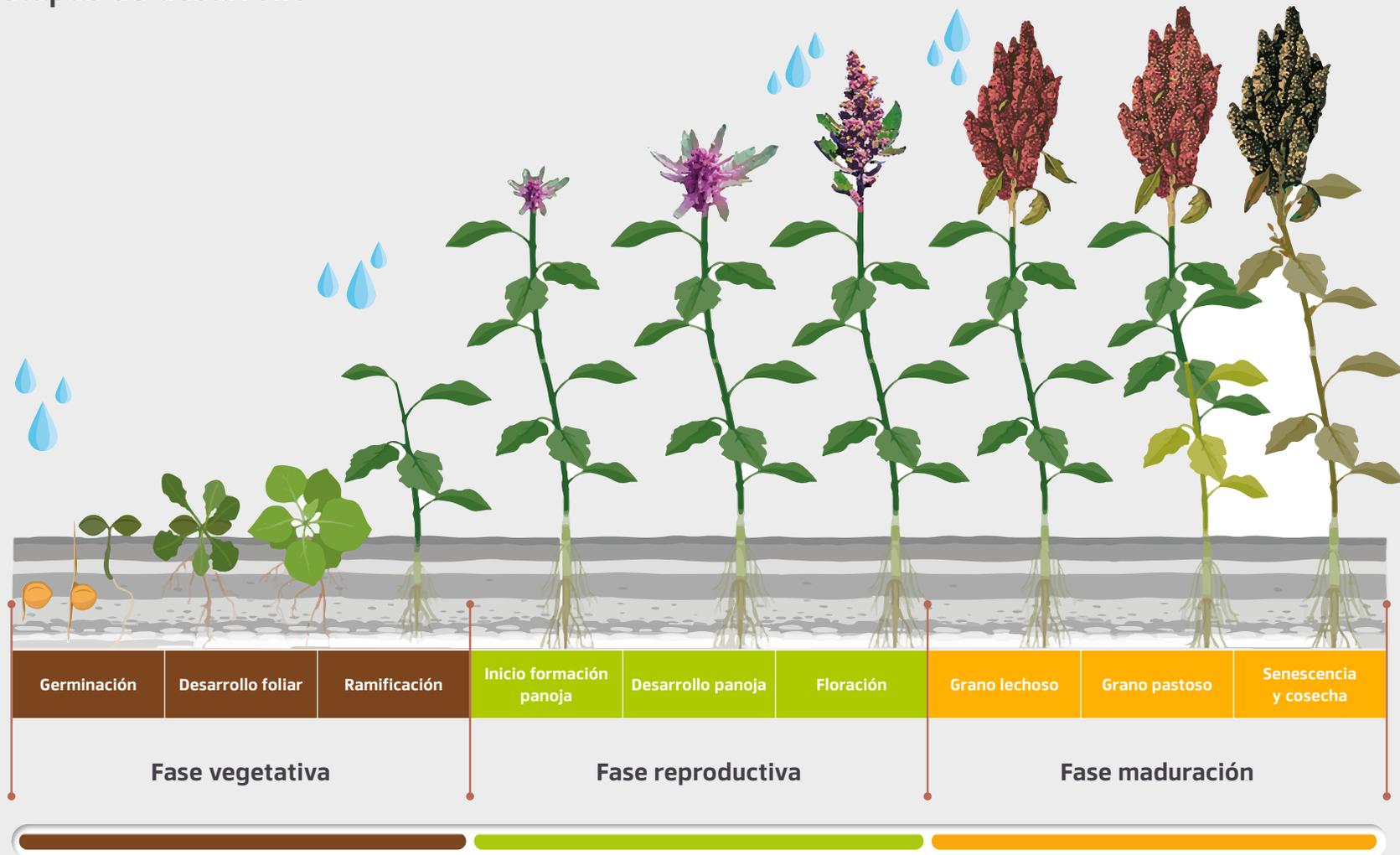
**Las recomendaciones claves en cuanto a riego serían:**

**Evitar anegamientos,** ya que estos asfixian a las plantas, aumentando la probabilidad de enfermedades, menor calidad industrial y rendimiento. Las plantas de quínoa son muy sensibles al exceso de agua a nivel del sistema radical.

**Finalizar los riegos** cuando el **grano** se encuentre en estado **lechoso-masoso**. De esta manera **evitamos** la aparición de algún patógeno que pudiera provocar rechazo al momento de la entrega de grano.

# Quínoa

## Fases y etapas de desarrollo



**Figura 9**

Momentos claves de disponibilidad hídrica para la adecuada expresión del rendimiento en quínoa en función de la demanda ambiental.

Fuente: Andrés Zurita.

## X. COSECHA Y ALMACENAJE

Para determinar el momento oportuno de cosecha debemos chequear la humedad de grano, se recomienda cosechar con humedad de 12% a 15%.

Al momento de realizar la trilla también debemos cuidar que la máquina trilladora se encuentre bien calibrada, para evitar pérdidas por daño a los granos.

Es recomendable verificar las condiciones de cosecha a medida que avanza el día, mañana, medio día y tarde, ya que las condiciones de humedad de las plantas y del grano varían en función de la temperatura ambiental.

Los sacos deben estar limpios, libres de cualquier contaminante como fertilizantes, productos químicos, u otros restos.

### 10.1. Almacenaje

Es importante que el almacenamiento de nuestra cosecha provea las condiciones de humedad, temperatura y ventilación adecuadas para evitar que el grano de quínoa sufra deterioros. Por ello el lugar debe estar limpio, libre de plagas, roedores, y/o insectos que puedan causar pérdidas, razón por la cual debe limpiarse y desinfectarse periódicamente bajo las condiciones de seguridad recomendadas específicamente para aquel agente.

La calidad del grano almacenado depende de diversos factores como:

**Contenido de humedad del grano:** El grano es higroscópico, es decir que puede ganar o perder humedad del medio ambiente. Un alto contenido de agua, mayor de 14% no es deseable ni recomendable para almacenar grano de quínoa.

**Humedad y temperatura ambiente:** Son los factores que más afectan la calidad fisiológica de los granos durante el almacenamiento.



# Recomendaciones técnicas para el manejo industrial de quínoa

*Chenopodium quinoa Willd.*

## AUTORES Y EDITORES

Alberto Cañete M.

Carla Muñoz S.

Carlos Avilés C.

Jocelyne Raccoursier O.

Luis Henríquez L.

Luis Rodríguez A.



Fundación para  
la Innovación Agraria.



Departamento de  
Investigación y Desarrollo.  
Beneo Orafti Chile.

## I. VARIEDADES

El constante trabajo de investigación en los programas mejoramiento genético, constituye un pilar fundamental en la obtención de cultivares con características que demanda el mercado. Dentro de las variables de estudio toma vital importancia la precocidad, la resistencia a enfermedades, el rendimiento y la calidad industrial del grano, entre otros parámetros de interés.

### 1.1. Variedades de quínoa

Actualmente en Chile sólo existe un cultivar inscrito en el registro de variedades del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), que corresponde a la semilla Regalona Baer. Esta misma empresa y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile (INIA), están trabajando en registrar nuevos cultivares evaluados y seleccionados para las condiciones edafoclimáticas del sur del país.

Según la información publicada por Semillas Baer, el cultivar Regalona tiene las siguientes características (<https://semillasbaer.cl/index.php?seccion=sembrar&var=regalona>):

- **Usos: alimentación humana en reemplazo de arroz y fideos (Farináceos).**
- **Rendimientos entre 30 a 60 qqm/ha.**
- **Hábito de crecimiento herbáceo.**
- **Panoja: glomerulada, intermedia compacta.**
- **Grano: tamaño mediano.**
- **Altura: 70 – 100 cm**
- **Resistencia a tendadura: buena**
- **Época de siembra: septiembre – octubre.**
- **Dosis de semilla: 10 Kg/ha**
- **Distancia entrehilera: 40 cm**
- **Zona de adaptación: Regiones de Bio-Bío y Araucanía.**
- **Resistencia a enfermedades: hasta la fecha, sin antecedentes.**

### 1.2.1. Precocidad

En el cuadro 6 se comparan los germoplasmas estudiados con el cultivar Regalona. Si es verde indica que la fecha de cosecha es similar al cultivar Regalona. Mientras que si es amarillo indica que existe diferencia de no más de 11 días a cosecha con Regalona. El color rojo se asocia a líneas con periodo vegetativo extensos, descartándose para siembras en el mes de septiembre.

## 1.2. Estudio de precocidad, rendimiento y calidad industrial del grano

Durante la temporada 2019-2020 se realizó un estudio cuyo objetivo fue evaluar la precocidad, rendimiento y calidad de grano de 9 líneas del Programa de Mejoramiento Genético de INIA (PGM INIA) y 2 líneas Baer, en las condiciones edafoclimáticas del valle central de la región de Ñuble. La siembra del ensayo se realizó el 25 de septiembre del 2019, y el manejo agronómico se basó en la experiencia de Beneo Orafti e INIA, para una producción extensiva y tecnificada de quínoa.

**Cuadro 6** Resultados de precocidad del ensayo de variedades 2019-2020.

Nombre	Cosecha (12,5% humedad de grano)			Comparación con Regalona	
	Fecha	DDS	DGA (base 3)	DDS	DGA (base 3)
Regalona	28/02/2020	156	2.623	0	0
INIA-1	09/04/2020	197	3.501	+ 41	878
INIA-2	02/04/2020	190	3.349	+ 34	726
INIA-3	09/03/2020	166	2.846	+ 10	223
INIA-4	09/03/2020	166	2.846	+ 10	223
INIA-5	09/04/2020	197	3.501	+ 41	878
INIA-6	28/02/2020	156	2.623	0	0
INIA-7	09/03/2020	166	2.846	+ 10	223
INIA-8	09/03/2020	166	2.846	+ 10	223
INIA-9	10/03/2020	167	2.868	+ 11	245
INIA-10	28/02/2020	156	2.623	0	0
BAER-1	28/02/2020	156	2.623	0	0
BAER-2	09/03/2020	166	2.846	+ 10	223

**DDS:** Días después de siembra.

**DGA:** Días grados acumulados en base a 3°C.



### 1.2.2. Rendimiento

En el cuadro 7, se observa que INIA-9 alcanzó un rendimiento medio estadísticamente diferente y mayor que Regalona. Mientras que el resto de líneas en color amarillo indican un rendimiento similar a Regalona. En color rojo INIA 1 y 5 presentan un rendimiento menor a Regalona.

#### Cuadro 7

Resultados de rendimiento de grano del ensayo de variedades 2019-2020.

Nombre	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )
Regalona	2.918 ± 993 b
INIA-1	1.076 ± 248 c
INIA-2	3.901 ± 778 ab
INIA-3	2.764 ± 545 b
INIA-4	3.130 ± 878 ab
INIA-5	203 ± 72 c
INIA-6	3.654 ± 382 ab
INIA-7	3.514 ± 983 ab
INIA-8	3.320 ± 597 ab
INIA-9	4.110 ± 470 a
INIA-10	3.460 ± 522 ab
BAER-1	2.808 ± 757 b
BAER-2	2.732 ± 613 b



### 1.2.3. Análisis proximal

Por último, en el cuadro 8 se resumen los resultados del análisis proximal realizado a los granos de los distintos materiales genéticos.

De acuerdo a lo que reflejan los colores, se puede observar que INIA 1 y 9 presentan mayor porcentaje de proteína y cenizas que Regalona. Mientras que INIA 4, 10 y BAER-2 tienen un mayor porcentaje de grasas. En el caso de INIA-5 no fue posible obtener información sobre su composición.

#### Cuadro 8.

Resultados del análisis proximal del ensayo de variedades 2019-2020.

Tratamiento	Proteínas (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasas (%)
Regalona	13,74	10,05	3,30	0,23
INIA-1	15,02	11,20	4,81	0,29
INIA-2	13,73	10,56	4,24	0,27
INIA-3	14,22	8,89	4,08	0,28
INIA-4	14,34	9,45	3,38	0,37
INIA-6	14,25	9,69	3,92	0,25
INIA-7	13,89	9,06	3,56	0,28
INIA-8	14,18	9,87	3,94	0,28
INIA-9	14,98	9,60	3,95	0,27
INIA-10	13,36	9,51	3,10	0,33
BAER-1	13,69	9,60	2,91	0,26
BAER-2	13,47	10,28	3,53	0,32

## II. ELECCIÓN DEL POTRERO Y PREPARACIÓN DE SUELO

Las características del suelo y condiciones del potrero al momento de la siembra son determinantes en el resultado final del cultivo de la quínoa. Por esta razón, es importante tener en cuenta ciertos requerimientos al momento de decidir si se siembra o no quínoa en un determinado potrero. También lo es una preparación adecuada del suelo para lograr las condiciones necesarias de siembra, considerando el pequeño tamaño de su semilla.

### 2.1. Dónde sembrar



#### 2.1.1. Requisitos generales para seleccionar un potrero

- El suelo debe ser de textura franca, con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje. Los suelos pesados o con mal drenaje, favorecen la incidencia de damping-off (Leiva *et al.*, 2017).
- El suelo no debe tener napas freáticas altas o que puedan alterar el manejo del riego al mantener niveles altos de humedad en la zona donde se concentran las raíces de la quínoa (0 a 80 cm).
- Se debe contar con agua disponible para riego desde la siembra hasta inicios de enero, y con riego tecnificado (pivote, carrete con boquilla de gota fina y/o aspersión tradicional).
- Evitar potreros con una alta carga de malezas o praderas antiguas, dado el riesgo de gusanos y/o de algunas malezas complicadas, por ejemplo *Chenopodium album* (quingüilla) y *Datura stramonium* (chamico).
- Que tengan acceso expedito para el tránsito de maquinaria y camiones: puentes, ancho de caminos, cables a una altura mayor a 4 m, etc.



## 2.1.2. Rotación de cultivos

Es importante considerar una rotación de cultivos que promueva la interrupción de los ciclos de vida de plagas y enfermedades, impidiendo así su permanencia y proliferación de año en año. Ello se logra rotando con especies que no sean de la misma familia. Además, al alternar entre especies mono y dicotiledóneas, también se contribuye a un control de malezas integral.

Según la experiencia en Chile y el mundo, el uso de herbicidas residuales en el cultivo anterior podría llegar a producir cambios de color, deformaciones, detención del crecimiento, necrosis e incluso muerte de plantas, en el cultivo siguiente. Al respecto, aún no hay claridad sobre esto en quínoa.

Otro punto que hay que tener en cuenta, es evitar sembrar quínoa después de precultivos con un alto potencial de producir plantas voluntarias. Uno, porque se pueden convertir en malezas difíciles de manejar (por ejemplo canola clearfield) y/o porque pueden ser fuentes de contaminación por su contenido de alérgenos (mostaza, canola, etc).

Por último, dado que la quínoa es susceptible al damping-off producido por hongos del suelo como *Fusarium* sp y *Rhizoctonia* sp, se recomienda evitar los precultivos de remolacha y papa, sobretodo si estos han presentado ataques de dichos hongos durante su desarrollo.

## 2.2. Preparación del suelo

Dado lo pequeño del tamaño de la semilla de quínoa, la preparación de suelo juega un rol esencial en lograr una ubicación óptima de la semilla en el suelo durante la siembra.

Entre los objetivos de la preparación de suelo, se encuentran:

1. La incorporación del rastrojo del cultivo anterior para dejar la superficie sin residuos vegetales.
2. El lograr un perfil disgregado en profundidad para el desarrollo de raíces.
3. El favorecer la germinación de malezas y eliminarlas antes de la siembra (pregerminado).

4. La incorporación de la mezcla de fertilizante de presiembra.

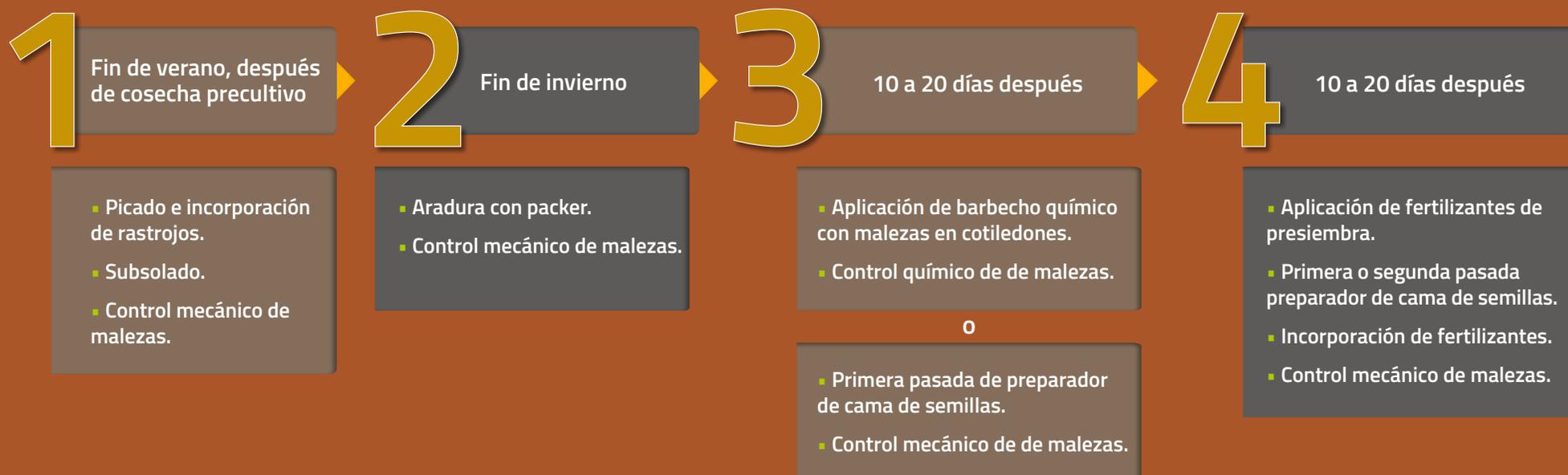
5. El acondicionamiento de la cama de semillas.

Para ello se pueden utilizar una serie de implementos en una secuencia que puede variar según el cultivo anterior, las condiciones climáticas (intensidad y frecuencia de lluvias), el tipo de suelo (textura, permeabilidad, drenaje, etc.), el nivel de infestación y el tipo de malezas del potrero, y la disponibilidad de los equipos (Cañete *et al.*, 2019).

A manera de ejemplo, se presenta en la figura 10 una secuencia de preparación de suelo posible.

### Figura 10

Ejemplo de una secuencia de labores de preparación de suelo previo a la siembra de la quínoa.



### 2.2.1. Preparación en otoño

Se deben preferir preparaciones profundas entre la cosecha del precultivo y las primeras lluvias, para romper estratas compactadas en profundidad. Además, las labores en esta época dan suficiente tiempo para que el suelo se recompacte y se restablezca la capilaridad necesaria para un comportamiento hídrico dinámico.

### 2.2.2. Secuencia de labores a desarrollar

#### 2.2.2.1. Picado e incorporación de rastrojos

La incorporación total o parcial de rastrojos, es un requisito para obtener una buena preparación del suelo. Si se realiza incorporación de rastrojos, es preferible elegir una cosechadora de cereales que disponga de picador y esparcidor de rastrojo.

Luego, es necesario incorporar el rastrojo ya picado, con un incorporador de rastrojos, mezclándolo con el suelo en los primeros 10 a 15 cm.

En un cultivo con alta carga de material orgánico, es recomendable hacer dos pasadas de incorporador: una inmediatamente después de la cosecha y otra en mayo.

#### Cuadro 9

Secuencia de labores de preparación de suelo post cosecha de cereales.

Cultivo	Picado		Incorporación	
	Fecha	Implemento	Fecha	Implemento
Trigo	Enero - marzo	Cosechadora con picador y esparcidor	Marzo - mayo	Smaragd o Rubin
Maíz grano	Febrero - mayo	Picadora de rastrojos	Marzo - junio	
Maíz silo	-	-	Marzo - junio	

Para facilitar, la descomposición del rastrojo, es recomendable agregar 12 a 20 unidades de nitrógeno por tonelada de materia seca antes de la incorporación. La dosis precisa, dependerá del tipo y estado del residuo, contenido de humedad del suelo, temperatura, y del plazo entre la incorporación y el laboreo.

## 2.2.2.2. Laboreo en profundidad

### Arado Subsolador

El uso de arado subsolador postcosecha del precultivo y antes de las lluvias otoñales, permite realizar una correcta fragmentación del suelo en profundidad, generando una condición propicia para el desarrollo de las raíces de la quínoa. Además, incrementa la capacidad de drenaje del suelo, mejorando la infiltración de las aguas lluvias y de riego.

La profundidad de trabajo está dada por la profundidad de la(s) estrata(s) compactadas, la cual puede ser determinada con la ayuda de un penetrómetro (figura 11). También existe hoy en día la posibilidad

de disponer de un mapa de compactación, gracias a los penetrómetros con GPS. Esto permitirá acotar esta labor profundizadora únicamente a los sectores del potrero en donde es realmente necesario, pudiendo así generar un ahorro importante de tiempo, laboreo y costos.

Principalmente, la idea es llegar a la siembra con un perfil sin compactaciones hasta los 50 cm para disponer de espacio suficiente para el desarrollo radicular y para que el agua pueda drenar, sin acumulaciones en la zona radicular activa (0 - 30 cm aprox.).

El subsolar en primavera, muy cercano al trabajo de la vertedera, dificulta la correcta inversión del suelo, pues la vertedera necesita una base compactada y nivelada para realizar un buen trabajo.

### Figura 11

A) Penetrómetro mecánico B) Penetrómetro con datalogger y GPS.



## Arado vertedera

En potreros con buen drenaje, realizar aradura con vertedera entre julio y agosto, de tal forma, de llegar a la siembra con suelos ligeramente compactados en superficie evitando así, suelos demasiado esponjosos por pérdida de humedad. Esto último dificultaría significativamente la siembra, sobre todo considerando que la quínoa es una semilla muy pequeña (1,5 a 2,8 mm), que debe quedar a una profundidad de no más de 1 cm.

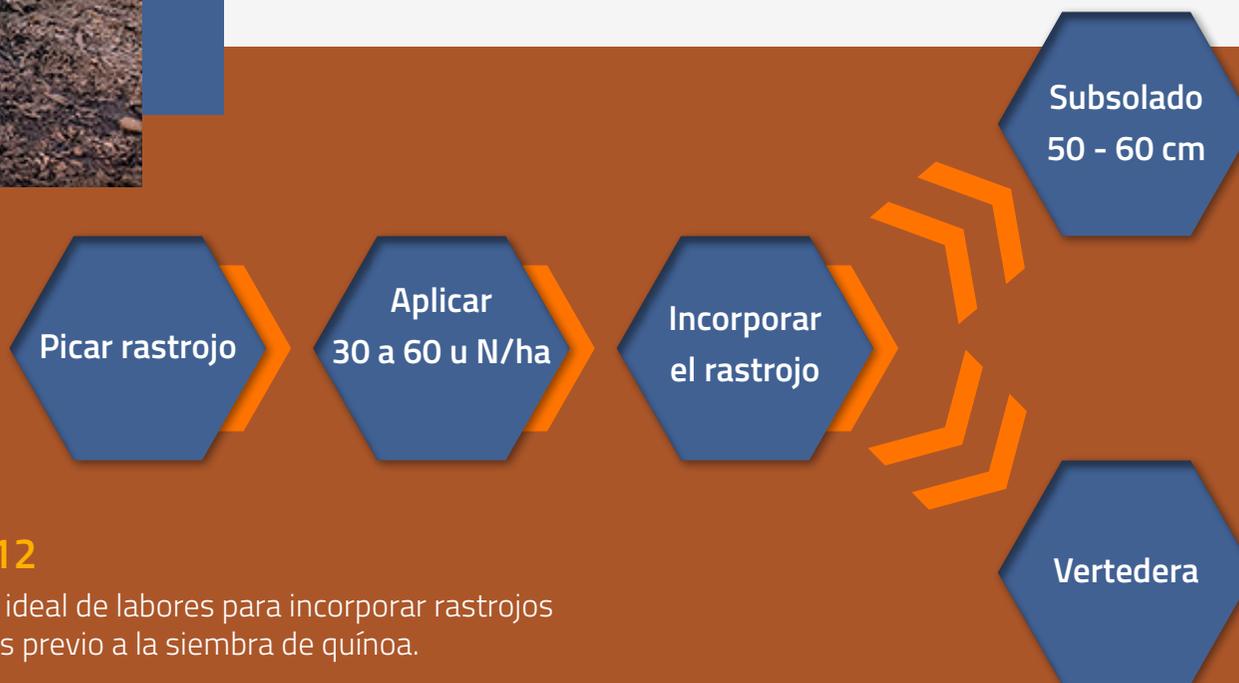


### Las ventajas de utilizar este implemento son:

- Incorporación de residuos orgánicos (rastrajos y/o malezas).
- Preparación perfil de suelo, ideal para desarrollo de raíces.
- Un trabajo oportuno, mantiene un correcto nivel de humedad de suelo para la siembra. Esto se logra, realizando la labor en otoño, temprano a salidas de invierno o muy cercana a la siembra, con un suelo friable.
- Podría disminuir la carga de semillas de malezas en superficie.

No se debe trabajar a más de 30 cm de profundidad, para no exponer capas de suelo limitantes a la superficie (arcillas, arena, baja materia orgánica en profundidad, etc.), especialmente en suelos sin historial de vertedera.

En resumen, frente a rastrojos de cereales en otoño, una secuencia ideal de labores sería:



**Figura 12**

Secuencia ideal de labores para incorporar rastrojos de cereales previo a la siembra de quínoa.

### 2.2.2.3. Enmienda de cal

#### Beneficios del encalado

La enmienda de cal es recomendable debido a que tiene los siguientes beneficios para el suelo:

- Mejora la estructura del suelo.
- Mejora la disponibilidad de fósforo en el suelo.
- Corrije el pH del suelo, neutralizando la acidez.
- Aporta calcio, macro y micronutrientes.



**Figura 13**  
Equipo aplicador de cal.

#### 2.2.2.3.1. Aplicación en potreros

La época ideal de aplicación es en otoño, junto con las labores de picado e incorporación de rastrojos. A mayor tiempo de contacto de la cal con las partículas de suelo y los microorganismos de éste, mejores serán los resultados en la obtención de los beneficios ya descritos.

Según CIREN (2017), el pH óptimo para el cultivo de quínoa se encuentra en torno a 6, aun cuando la rusticidad de la quínoa le permite tolerar pH desde 4,5 a 9. En adición a esto, es sabido que la disponibilidad de nutrientes se ve afectada por el pH del suelo, por lo cual se recomienda calcular la dosis de cal según el pH al que se desee llegar.

La necesidad específica de cada suelo se puede calcular según la capacidad tampón de éste y la siguiente ecuación:

$$\text{Dosis ton CaCO}_3 / \text{ha} = \frac{\text{pH deseado} - \text{pH inicial}}{\text{CT}}$$

CT = Capacidad tampón (variable según tipo de suelo)

La quínoa demanda una cantidad significativa de calcio y magnesio, por lo cual la aplicación de esta enmienda es una oportunidad para suplir esa demanda, y así disminuir los aportes de calcio y magnesio en la fertilización.

Por último, en el siguiente cuadro se dan a conocer algunos valores de capacidad tampón (CT) según el tipo de suelo.

## Cuadro 10

Capacidad tampón de distintos tipos de suelos.

Tipo de suelo	CT
Trumaos	0,100 – 0,125
Rojo arcillosos	0,125 – 0,150
Graníticos	0,150 – 0,250
Aluviales de la zona central	0,250 - 0,500

La cantidad final de cal que se requiere, se calcula considerando la composición de la cal disponible (Cuadro 11) y la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis de cal comercial} = \frac{\left(\frac{\text{ton}}{\text{ha}}\right)}{\text{Valor agronómico (\%)}}$$

## Cuadro 11

Composición de distintos tipos de cal

Nutriente	Cal Orafti* 1 ton/ha	Cal Iansa 1 ton/ha	Soprocal 1 ton/ha	Unidad
<b>Valor agronómico</b>	42	70	91	% CaCO <sub>3</sub> Eq
<b>Nitrógeno</b>	3,8	3		N Kg ha <sup>-1</sup>
<b>Fósforo</b>	9,5	10		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg ha <sup>-1</sup>
<b>Potasio</b>	1,5	0,1		K <sub>2</sub> O kg ha <sup>-1</sup>
<b>Calcio</b>	229	320	364	CaO kg ha <sup>-1</sup>
<b>Magnesio</b>	7,2	17	11	MgO kg ha <sup>-1</sup>
<b>Azufre</b>			1,0	S Kg ha <sup>-1</sup>
<b>Manganeso</b>	0,10			Mn g ha <sup>-1</sup>
<b>Zinc</b>	0,02			Zn g ha <sup>-1</sup>
<b>Boro</b>	0,02			B g ha <sup>-1</sup>

\* Valores de tres años.

### 2.2.3. Aplicación de la mezcla de fertilizantes

La mezcla de fertilización debe aplicarse en presiembra con trompo. El detalle de la dosis de nutriente por hectárea, se entrega en las siguientes páginas.

## 2.2.4. Preparación de la cama de semilla

La preparación de la cama de semilla consiste en trabajar la superficie del suelo de manera de dejarla mullida y nivelada de manera a que la sembradora pueda realizar una siembra de óptima calidad.

Cuando el microrelieve del suelo se encuentre con variaciones, un equipo con pala niveladora ayudará a emparejarlo. Los equipos con ese implemento son los siguientes:

- Germinator (Kongskilde)
- Terra (Gaspardo)
- También pueden ser usados sólo en una primera pasada otros niveladores o preparadores de cama de semilla, como por ejemplo Rotofresadora.



La primera pasada con pala niveladora activada logra:

- Nivelar el suelo, luego de una vertedera otoñal o primaveral.
- Eliminar marcas de huellas de tractores.
- Afinar y compactar inicialmente la cama de semilla.

En algunos casos, es posible que se justifique una segunda pasada de preparador de cama de semilla, con el objetivo de:

- Terminar de emparejar el microrelieve.
- Afinar la cama de semilla previo a la siembra.
- Compactar superficialmente el suelo.
- Lograr una base adecuada para la sembradora.
- Mejorar la capilaridad de suelo.
- Mejorar las condiciones para la emergencia.

En suelos muy secos y/o sin estructura, evaluar la posibilidad de una sola pasada y moderar la velocidad de trabajo, para que éste no quede demasiado mullido.

### III. FERTILIZACIÓN

La nutrición del cultivo de quínoa también es uno de los factores que determina la productividad y la calidad de su grano. Para lograr rendimientos mayores a 3.500 kg/ha, y satisfacer la actual demanda industrial, es importante contar con una adecuada cantidad de nutrientes durante los estados de desarrollo que el cultivo demanda.

Para un adecuado manejo de la fertilización del cultivo, es necesario conocer las características químicas del suelo. Por esto es necesario contar con un análisis químico de suelo de no más de dos años (0-30 cm de profundidad), del potrero en el cual se va a establecer quínoa.

El análisis químico de suelo nos permite conocer el nivel de nutrientes disponibles en el suelo y otras variables que influyen en su disponibilidad. Esta información servirá para determinar la necesidad de:

1. Aplicación de enmienda de cal .
2. Aplicación de una fertilización de corrección y/o mantención.
3. Ajustar según el contenido de materia orgánica, la dosis del herbicida de preemergencia.

#### 3.1. Muestreo de suelo

Para el muestreo de suelo, actualmente se puede contar con mapas de ambientes o zonificación, que se pueden generar a partir de mapeos en terreno utilizando rastras electromagnéticas (EM38) y/o imágenes satelitales. Estos mapas clasifican el suelo según su homogeneidad, lo cual permite determinar el número mínimo de muestras a tomar y que éstas sean lo más representativas del potrero.



#### 3.2. Enmienda de cal

El encalado, además de aumentar el pH del suelo a través de aplicaciones por ejemplo de fango de cal, también es importante por el aporte que realiza en calcio, fósforo y magnesio. Es importante tener presente que el efecto correctivo y solubilidad de los nutrientes de las enmiendas requiere uno a varios meses para manifestarse, debido a que son productos poco solubles (Hirzel, 2011).

### 3.3. Fertilización de corrección y/o mantención

Con los resultados obtenidos del análisis de suelo, se puede determinar si es necesario realizar una aplicación de corrección y/o una aplicación de mantención de nutrientes.

#### ▪ Fertilización de corrección:

Considera elevar el nivel de fertilidad de los nutrientes (P, K, Mg, Ca, S y micronutrientes) del suelo hasta el nivel referencial o de suficiencia para el cultivo.

La estrategia de aumentar los niveles de fertilidad del suelo a niveles de suficiencia puede abarcar un periodo de tiempo de dos o tres años (Rodríguez *et al.*, 2001; Campillo, 2014).

#### ▪ Fertilización de mantención:

Se realiza cuando los nutrientes en el suelo están en niveles de suficiencia y tiene la finalidad de mantener el nivel de fertilidad del suelo para cubrir las pérdidas por efecto de extracción del cultivo, con el objetivo de que éste pueda sostener su capacidad productiva sin sufrir degradación o pérdida de sus niveles naturales de nutrientes (Rodríguez *et al.*, 2001; Campillo, 2014).

En el siguiente cuadro (12) se pueden observar las características químicas del suelo consideradas como referenciales o de suficiencia para diferentes cultivos.

### Cuadro 12

Características químicas de suelo consideradas adecuadas para un cultivo, para diferentes texturas de suelo (Hirzel, 2008).

Elemento o variable analizada	Unidad de medida	Nivel adecuado según textura	
		Franco arenosa a franco limo arenosa	Franco limosa a franco arcillosa
Materia orgánica	%	Mayor a 1,5	Mayor a 1,5
pH* (agua 1:2,5)	--	6,0 – 7,3	5,7 – 6,8
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	Menor a 1,5	Menor a 1,5
Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	8 - 15	15 - 30
Nitrógeno inorgánico	mg kg <sup>-1</sup>	20 - 40	30 - 60
Fosforo Olsen	mg kg <sup>-1</sup>	Mayor a 15	Mayor a 20
Potasio intercambiable	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	0,3 – 0,5	0,4 – 0,6
Calcio intercambiable	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	6 - 10	7 - 12
Magnesio intercambiable	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	0,7 – 1,5	0,8 – 2,0
Sodio intercambiable	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	0,03 – 0,3	0,05 – 0,6
Suma de bases	cmol(+) kg <sup>-1</sup>	Mayor a 8	Mayor a 10
Azufre	mg kg <sup>-1</sup>	Mayor a 8	Mayor a 12
Hierro	mg kg <sup>-1</sup>	2 – 4	2 – 10
Manganeso	mg kg <sup>-1</sup>	1 - 2	2 - 5
Zinc	mg kg <sup>-1</sup>	0,8 – 1,5	1 - 2
Cobre	mg kg <sup>-1</sup>	0,5 - 1	0,5 - 1
Boro	mg kg <sup>-1</sup>	0,8 – 1,5	1 - 2

Métodos: aquellos descritos por Sadzawka *et al.*, 2006.

\*La excepción al rango de pH indicado en este cuadro es para el cultivo de lupino, el cual se adapta a condiciones de pH más bajo.

En un trabajo en conjunto entre Beneo Orafit e Irrifer se determinaron las tasas de absorción y la demanda de nutrientes por tonelada de grano de quínoa, específicamente del genotipo QUPF INIA.

### 3.4. Curvas de extracción del cultivo

Contar con información sobre la extracción de nutrientes del cultivo es importante para orientar la estrategia de fertilización de modo de optimizar la parcialización de fertilizantes (Hirzel, 2011). Por otra parte también es importante ya que es una medida real de lo que consume una planta durante su ciclo de crecimiento, y por lo tanto, representa las cantidades mínimas a las que debe tener acceso la planta para producir un determinado rendimiento (Jara *et al.*, 2019).

A continuación se presentan las curvas de extracción de los macronutrientes primarios y secundarios:

#### 3.4.1. Macronutrientes primarios

**Nitrógeno:** Se puede observar que el cultivo presenta dos pick de extracción (Figura 14). El primero ocurre a los 40 días después de siembra (DDS) en estado de ramificación a inicio de panojamiento, y se relaciona con un rápido crecimiento aéreo de la planta. El segundo ocurre entre los 70 y 90 DDS, durante el llenado del grano. En dicha etapa se inicia un proceso de traslocación de N desde la parte aérea hacia la semilla.

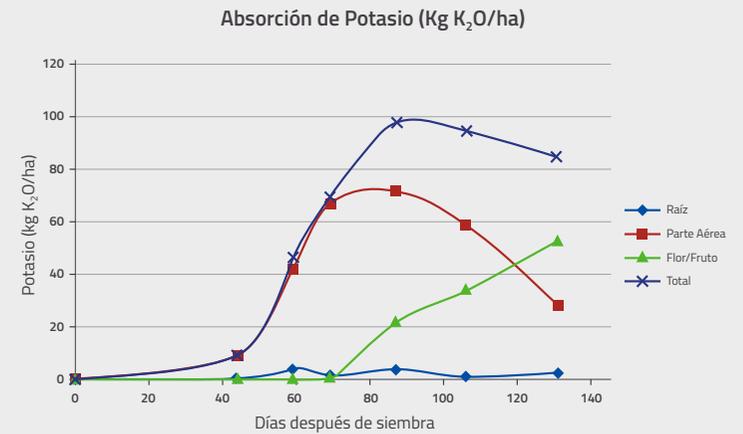
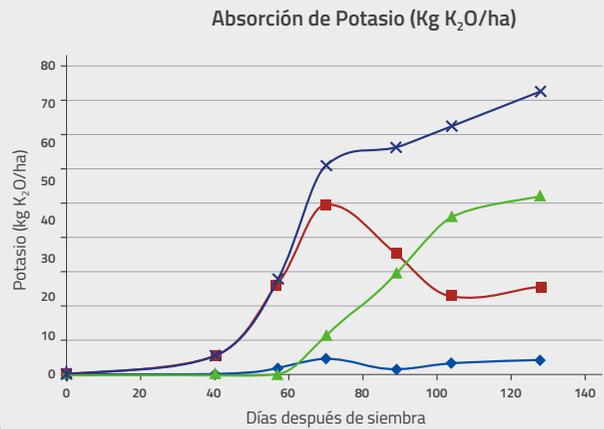
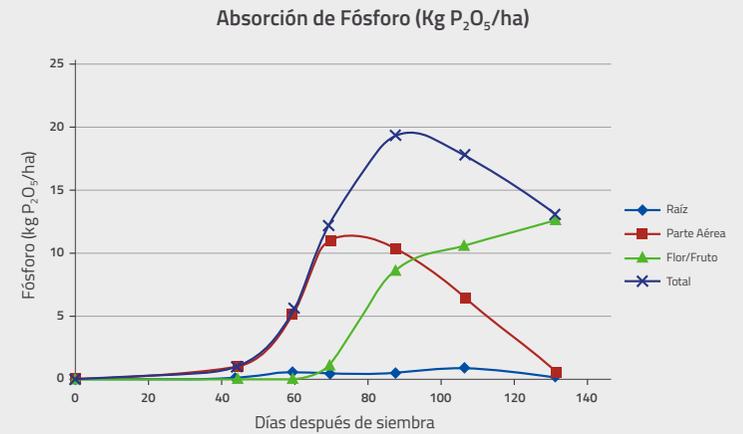
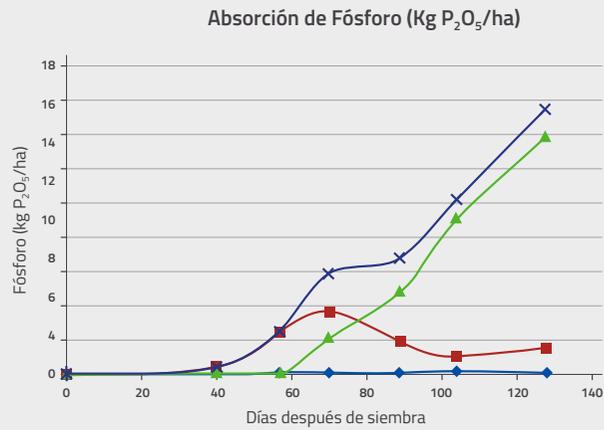
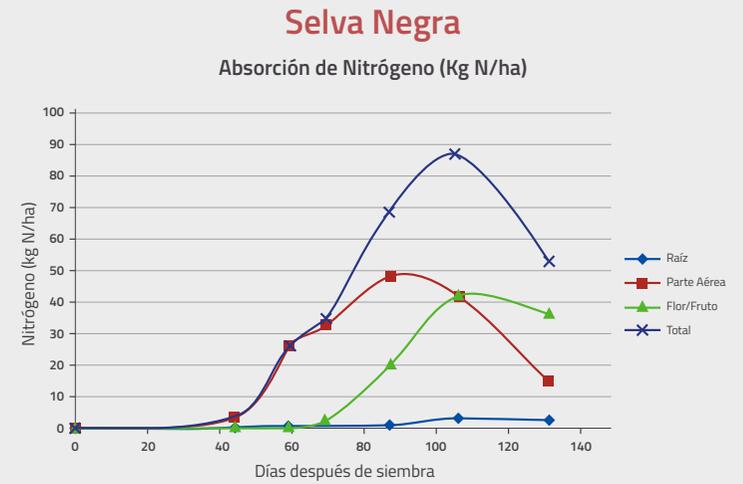
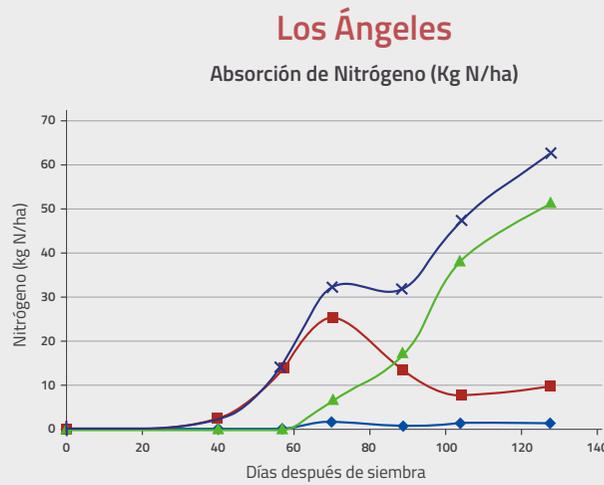
**Fósforo:** La extracción del cultivo es baja, siendo considerablemente menor a la de nitrógeno y potasio. A los 60 días después de siembra (DDS) se observa un leve aumento.

**Potasio:** Al igual que el caso del nitrógeno, también se pueden observar dos pick de extracción por parte del cultivo a los 40 DDS y entre los 70 y 90 DDS.



Figura 14

Curvas de extracción de macronutrientes primarios en el cultivo de la quínoa genotipo QUPF INIA establecido en la región de Ñuble (suelo franco limoso) y Biobío (suelo arenoso).





### 3.4.2. Macronutrientes secundarios

Para calcio y magnesio hubo un aumento en la tasa de extracción a partir de los 40 DDS, observando tasas muy altas (incluso mayor a fósforo). Mientras que para azufre el aumento se observó después de los 60 DDS, en tasas menores a los otros dos macronutrientes secundarios.

Con respecto a los micronutrientes, se puede mencionar que, a excepción del hierro, en ambos sitios ningún micronutriente superó una extracción de 1 kg/ha.

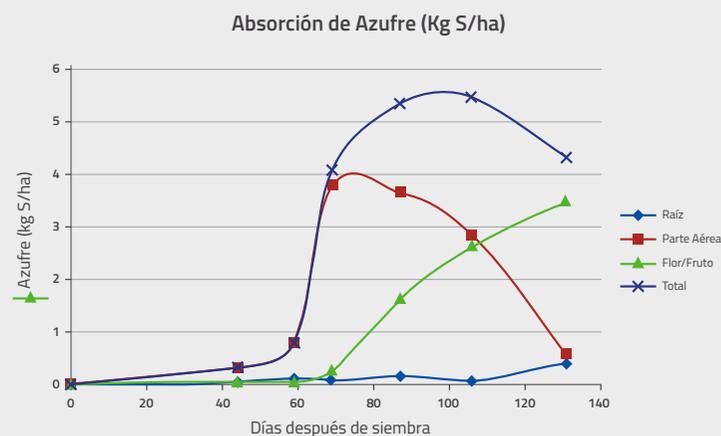
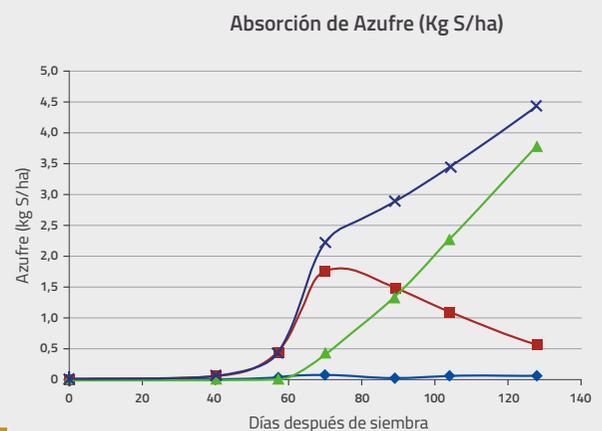
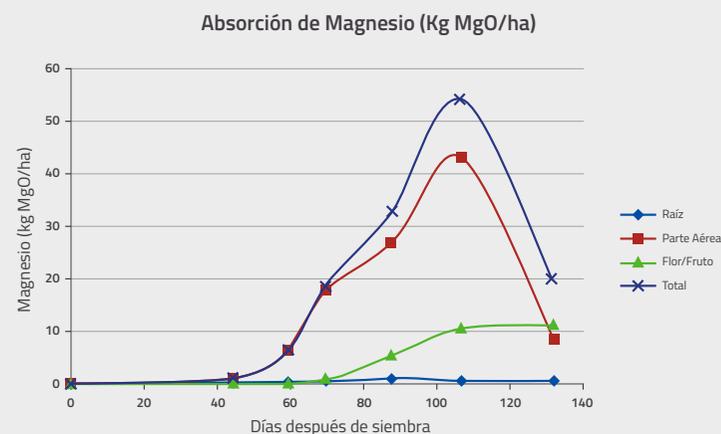
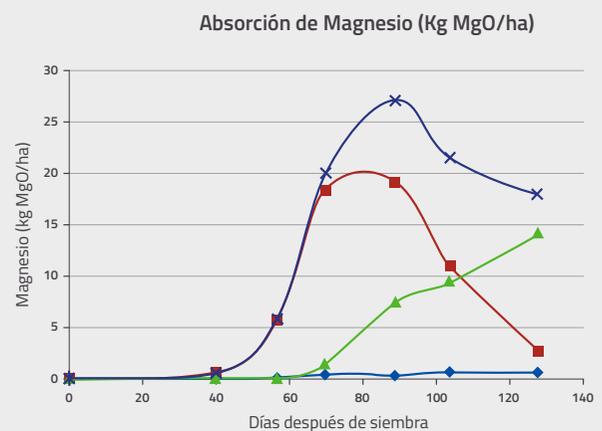
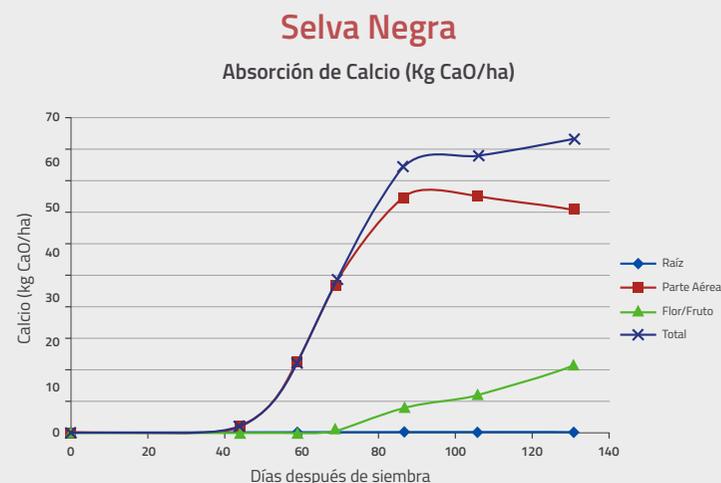
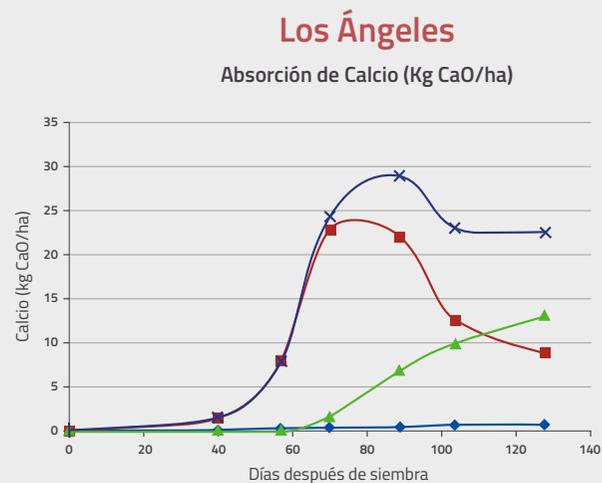
#### Cuadro 13

Funciones de los nutrientes relevantes en el cultivo de quínoa.

Funciones de los nutrientes			
Clasificación del nutriente	Nutrientes	Importancia	
Macronutriente	Principal	Nitrógeno	En el crecimiento vegetativo y vigor de la planta. En la formación de proteína del grano.
		Fósforo	En el crecimiento de las raíces.
		Potasio	En el vigor del tallo.
	Secundario	Calcio	En la calidad del tallo.
		Magnesio	Actividad fotosintética.
		Azufre	Formación de la clorofila.
Micronutriente	Boro	Polinización, floración, producción de las semillas.	
	Zinc	Formación de la clorofila.	
	Manganeso	Proceso de fotosíntesis.	

**Figura 15**

Curvas de extracción de macronutrientes secundarios en el cultivo de la quínoa genotipo QUPF INIA establecido en la región de Ñuble y Biobío.



### 3.5. Demanda de nutrientes del cultivo

En las siembras comerciales en las regiones de Ñuble y Biobío, durante las últimas tres temporadas, se ha considerado la siguiente demanda nutricional para obtener un rendimiento de 4 toneladas de granos por hectárea.

#### Cuadro 14

Demanda de nutrientes.

Nutriente	Demanda para 4 Ton de granos (kg/ha)
N	148
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	36
K <sub>2</sub> O	172
S	10
MgO	80
CaO	92
B	0.3
Zn	0.12
Mn	0.32

La recomendación de fertilización considera la siguiente estrategia:

#### 3.5.1. Aplicación de enmienda de cal

Debido a su aporte en calcio, fósforo y magnesio; se debe considerar descontar el aporte de estos nutrientes en la demanda del cultivo. Por ejemplo, 2 toneladas de fango de cal Orafti (Nutrachic cal) por hectárea, aportarían los nutrientes que se mencionan en el siguiente cuadro.

#### Cuadro 15

Aportes de fósforo, magnesio y calcio de 2 ton Nutrachic cal/ha.

Nutriente	1° aplicación: Encalado
	Aporte (kg/ha)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	19
MgO	14
CaO	458

\* Valores calculados en base al promedio de los análisis desde 2016 al 2020

#### 3.5.2. Aplicación en presiembra

La recomendación para la fertilización de presiembra se muestra en el siguiente cuadro.

#### Cuadro 16

Composición de la mezcla de presiembra incorporada recomendada para el cultivo de la quínoa.

Nutriente	2° aplicación: Presiembra
	Mezcla (kg/ha)
N	55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22
K <sub>2</sub> O	121
S	11
MgO	72
CaO	22
B	0.55
Zn	0.55
Mn	0.55

La mezcla del fertilizante se aplica en cobertera y se incorpora con el preparador de cama de semilla. Es importante que la mezcla incluya micronutrientes impregnados para así satisfacer la demanda de estos nutrientes y que se distribuyan de manera homogénea en el potrero.



### 3.5.3. Aplicación de postsiembra:

Se recomienda aplicar nitrógeno y potasio cuando el cultivo haya acumulado de 330 a 450 grados día (base 3°C), lo que corresponde al estado fenológico de ramificación. e inicio panojamiento. Se recomienda solicitar al proveedor de fertilizantes una mezcla física de ambos nutrientes, para así reducir el costo de una segunda aplicación.

#### Cuadro 17

Dosis de nitrógeno y potasio para la aplicación postemergente de quínoa.

Nutriente	3° aplicación: Postemergencia
	Mezcla (kg/ha)
N	93
K <sub>2</sub> O	48

Como se puede observar en las curvas de extracción, el nitrógeno y el potasio tienen dos pick, lo recomendable es realizar dos parcializaciones de estos nutrientes en postemergencia del cultivo. Pero al considerar la extensión de la superficie sembrada con quínoa, la disponibilidad de los equipos para aplicar el fertilizante y la elevada tasa de crecimiento del cultivo durante la fase vegetativa, pueden hacer impracticable la parcialización. Por esto, se recomienda aplicar la totalidad del N y K postemergente, en una sola labor.

Si un agricultor cuenta con la posibilidad de realizar fertirriego, también se puede hacer en este cultivo. De esta manera existe un aumento en la eficiencia de uso de los fertilizantes y a su vez una sincronización entre la demanda del cultivo con el aporte de fertilizante.

Dentro de las ventajas del sistema de fertirriego se pueden considerar:

- Es posible aportes parciales de N y K durante el desarrollo del cultivo.
- Permite aportar micronutrientes (B, Zn y Mn).

## IV. SIEMBRA Y ESTABLECIMIENTO

Dada la importancia de comenzar un cultivo con una germinación y emergencia rápida y homogénea, la siembra es una labor crítica en donde el uso de semilla de calidad y tecnologías como el rodillo frontal, ayudan a obtener un alto porcentaje de plantas establecidas al mismo tiempo. Además, las tecnologías de geoposicionamiento de precisión permiten optimizar el uso de la superficie, y el uso otros implementos durante el desarrollo del cultivo como por ejemplo el cultivador Robocrop.

### 4.1. Requisitos para una buena siembra y establecimiento



Para alcanzar este objetivo, la siembra debe cumplir los siguientes requisitos:

- El suelo debe tener terrones pequeños en superficie. Evitar mullimiento excesivo.
- Usar el rodillo frontal Güttler durante la siembra para compactar moderadamente el suelo a nivel subsuperficial, y así generar un contacto más estrecho entre la semilla y el suelo.
- Regular la profundidad de siembra idealmente a 1 cm aproximadamente, en un suelo que contenga humedad (Aufhammer *et al.*, 1994; Isobe *et al.*, 2015). Si el suelo está seco en la superficie, es necesario dar un riego apenas se termine de sembrar.
- Iniciar la siembra con una cama de semillas libre de malezas, excepto si se va a realizar una falsa siembra (ver sección de control de malezas).
- Disponer de semilla de buena calidad: con buena germinación (>90%), alta pureza (>95%) e identidad. De preferencia, tratada con un fungicida orientado a hongos del suelo causantes del damping-off (Vibrance Gold a dosis de 200cc/100kg de semilla).
- En el caso de utilizar una sembradora neumática Monosem, trabajar a una velocidad de 3 a 4 km/h.

## 4.2. Especificaciones sobre la siembra

### 4.2.1. Dosis de semilla

En relación a la dosis de siembra, este aún es un tema bajo estudio; sin embargo, siembras a 6.2 cm sobre hilera y con una un espaciamiento en la entre hilera de 45 cm (358.422 semillas/ha), han generado rendimientos sobre las 3 Ton/ha y hasta 6 Ton/ha (cosecha manual) (cuadro 18).

Para el caso del cultivar Regalona Baer, esta dosis de siembra corresponde a aproximadamente 1,12 Kg de semilla/ha.

#### Cuadro 18

Población a cosecha y rendimiento de ensayo establecidos en dos tipos de suelo y con dos variedades con una dosis de semilla equivalente a 358.422 semillas/ha.

Lugar	Tipo de suelo	Variedad	Distancia de siembra sobrehilera (cm)	Población a cosecha (pls/ha)	Rendimiento promedio (Ton/ha)
Los Angeles	Franco limoso (40% arena)	Regalona	6,2	90.972 a 129.400	3,55
Los Angeles	Franco limoso (40% arena)	Regalona	6,2	92.700 a 99.500	3,34
Selva Negra	Franco limoso (20% arena)	Regalona	6,2	183.681 a 186.806	4,43
Selva Negra	Franco limoso (20% arena)	Regalona	6,2	181.250 a 200.840	4,64
Selva Negra	Franco limoso (20% arena)	INIA-9	6,2	170.100 a 187.800	5,95
Selva Negra	Franco limoso (20% arena)	INIA-9	6,2	164.200 a 171.000	5,18

En ensayos realizados por INIA en la Araucanía con Regalona, Díaz *et al.* (2019) demostraron que el espaciamiento entre hileras a 40 cm es más recomendable que a 20 cm. Aunque la ganancia en rendimiento es pequeña, observaron otras ventajas tales como una mejora en la circulación de aire y las plantas más sanas, fue posible desmalezar manualmente si es necesario y el peso de grano aumentó levemente.

Cabe destacar que la quínoa es una planta con gran plasticidad capaz de compensar eficientemente las variaciones de densidad poblacional. Con una 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 (Díaz *et al.*, 2019).

Para evaluar la población establecida, se debe esperar a que las plantas tengan a lo menos un par de hojas verdaderas, utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ de plantas por metro lineal}}{\text{Distancia entre hileras (m)}} * 10.000 = \text{Población por hectárea}$$

### 4.2.2. Fecha de siembra

En cuanto a la fecha de siembra, esta se relaciona directamente con las temperaturas ambientales y de suelo que puedan favorecer una rápida germinación. La temperatura mínima requerida para una adecuada germinación es de 5°C (Leiva *et al.*, 2017). La experiencia de campo muestra que en el valle y precordillera de Ñuble y Biobío, las siembras con variedad Regalona desde la primera quincena septiembre hasta mediados de octubre presentan buena emergencia de plantas y productividad.

Sin embargo, en ensayos realizados por Díaz *et al.* (2019) con 4 fechas de siembra (primera y tercera semana de septiembre y octubre), en dos localidades de la Araucanía y durante 3 temporadas sucesivas, muestran que los rendimientos tienden a disminuir en la medida que la fecha de siembra se atrasa. Dado esto, se recomienda sembrar durante el mes de septiembre en la zona comprendida entre Parral y Los Angeles.

## 4.3. Descripción de la sembradora

Para una siembra tecnificada y extensiva de quínoa, Beneo Orafiti recomienda utilizar una máquina sembradora neumática hortalicera de alta precisión (Gaspardo o Monosem) de 12 cuerpos (Cañete *et al.*, 2019).

### Los principales componentes de ésta son:

- Botador de terrones
- Primera rueda de goma compactadora
- Pechuga abresurco
- Localizador de semilla
- Disco de semilla
- Rueda pro de acero inoxidable
- Segunda rueda de goma compactadora
- Cajón para semillas

Esta máquina sembradora , ofrece la posibilidad de poner presión en la línea de siembra por medio de una rueda pro (inox), y de esta manera dejar a la semilla en íntimo contacto con el suelo. Esto favorece la absorción de agua desde el suelo, y por ende, favorece la germinación del cultivo.

#### 4.4. Diseño de cabeceras

Las cabeceras deben proveer de un espacio suficiente para que los cultivadores mecánicos puedan maniobrar sin dificultades. Una cabecera de 12 hileras, es suficiente. Lo ideal es que las cabeceras sean rectas y no curvas, y que durante la siembra, se evite el traslape o cruce de hileras.



## V. MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS

La quínoa es un cultivo altamente sensible a la presencia de malezas con pérdidas de rendimiento que superan el 90%, siendo la ausencia de herbicidas selectivos registrados, una de las principales limitantes para aumentar su superficie en nuestro país.

Dado esto, el manejo integrado de las malezas cobra especial relevancia en este cultivo, puesto que no depende únicamente del control químico, sino también de prácticas preventivas y erradicantes, y de labores de control cultural y mecánicas.

El control de malezas es importante durante todo el desarrollo del cultivo, ya que su presencia en etapas tempranas del cultivo afectan negativamente el rendimiento, mientras que en etapas posteriores como por ejemplo durante la madurez del cultivo, podría significar la disminución en la calidad de grano, debido a una mayor cantidad de impurezas en la cosecha.

Para lograr un control eficaz de las malezas, se deben integrar distintas estrategias de control ya sean preventivas, culturales, mecánicas y/o químicas.

### 5.1. Control preventivo

Consiste en evitar que semillas o propágulos vegetativos ingresen al potrero o campo. Entre las prácticas que son simples de realizar y cada vez han ido tomado mayor relevancia en los agricultores son:

- Aseo a los implementos de preparación del suelo, sembradoras y cosechadoras.
- Control de malezas en la periferia de los potreros, caminos y canales de riego.
- Uso de mallas o trampas en los canales de riego.



## 5.2. Control cultural

Son todas aquellas prácticas que permiten reducir el potencial de malezas de un suelo (banco de semillas y propágulos vegetativos) y/o favorecer el desarrollo del cultivo de manera que compita mejor con las malezas.

### 5.2.1. Rotación de cultivos

La rotación de cultivos consiste en alternar la siembra de diversos cultivos (mono y dicotiledóneas o de distintas familias) en un mismo potrero, lo que permite reducir la infestación de malezas. Siendo la quínoa un cultivo de hoja ancha, se debe considerar en la rotación la presencia de cultivos de gramíneas (trigo, avena, maíz, etc), dado que esto reduce las posibilidades de que proliferen malezas de hoja ancha al suelo (por ejemplo quingüilla, ambrosia o rábano silvestre).

### 5.2.2. Riego post cosecha

Antes de iniciar la incorporación de rastrojos del cultivo anterior (canola, trigo, etc) al fin del verano y/o inicio del otoño, si el suelo está seco en potreros donde es posible regar por aspersión, es recomendable regar para estimular la emergencia de las semillas del cultivo anterior y de una parte de las semillas de malezas presentes en el potrero.

Riegos de 8 a 15 mm (dependiendo de la clase textural del suelo y de su humedad previa), son suficientes para que muchas especies de malezas o de cultivos cuyas plantas voluntarias pudieran ser complicadas de controlar en la quínoa que se sembrará unos meses después, queden expuestas ya sea a la acción de un barbecho químico o al descalce causado por equipos preparadores de suelo, incorporadores de rastrojos o nuevos equipos diseñados para esta función.



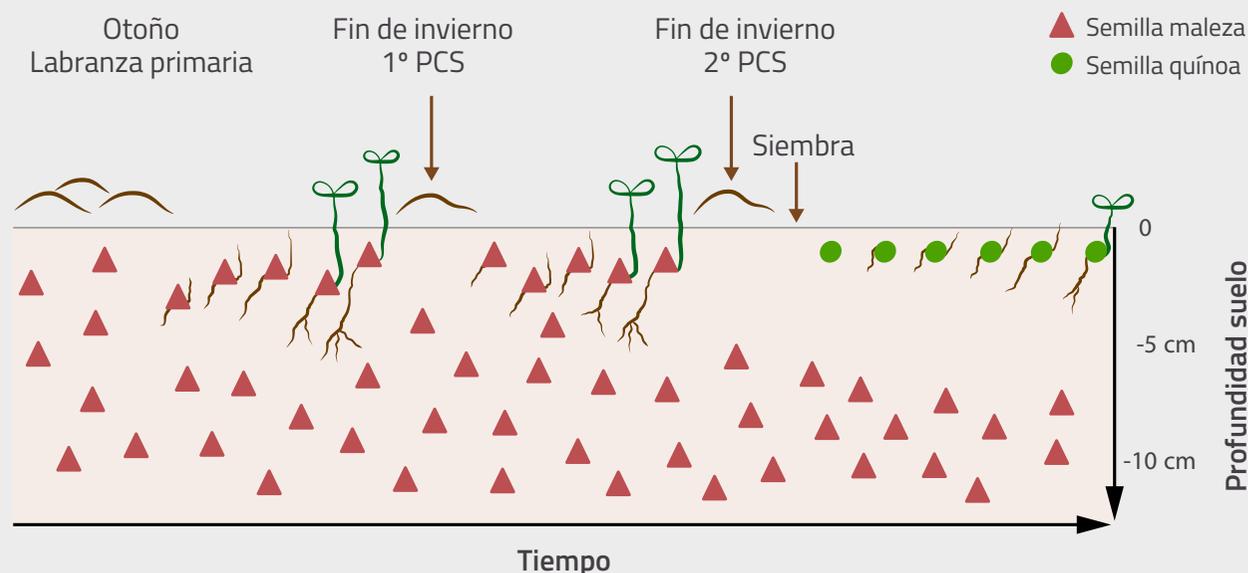
### 5.2.3. Pregerminado

Se entiende por pregerminado a una secuencia de labores que tienen por objetivo estimular la emergencia temprana de malezas, para posteriormente eliminarlas antes de la preparación final de la cama de semillas y posterior siembra.

Por lo general esta labor comienza en otoño, con una aradura vertical (subsolador) y/o con una horizontal (vertedera) idealmente con packer debido a los beneficios asociados al uso de este implemento.

Luego, a inicios de agosto o cuando las condiciones climáticas lo permiten, se puede realizar la primera pasada de preparador de cama semilla o PCS (terra, germinator o rotofresadora).

Después se deben esperar de 2 a 3 semanas para que germinen las malezas. La cantidad de éstas dependerá de las condiciones de temperatura, humedad del suelo y de las especies de malezas presentes en el potrero. Una vez ocurrido esto, se debe realizar la segunda pasada con el preparador de cama de semillas, esto con el objetivo de descalzar, arrancar y exponer las plántulas de malezas y/o trozos de estructuras vegetativas brotadas, a la acción desecante del sol y del viento (Figura 16).



**Figura 16** Esquema de la secuencia de labores de un pregerminado

En ocasiones esta labor no se puede realizar antes y se inicia, no en otoño, sino que con la labranza primaria a fines de invierno. Siendo así, ésta debe comenzar como mínimo unas 3 a 4 semanas antes de la siembra. Se utilizan los mismos equipos mencionados anteriormente. La principal diferencia es que el tiempo entre la labranza primaria y el primer preparador de cama se semilla es muy acotado y la emergencia de malezas es muy baja. Cuando esto sucede, es posible esperar a que aumente la presión de malezas, lo cual podría significar un retraso en la fecha de siembra.



## 5.2.4. Falsa siembra

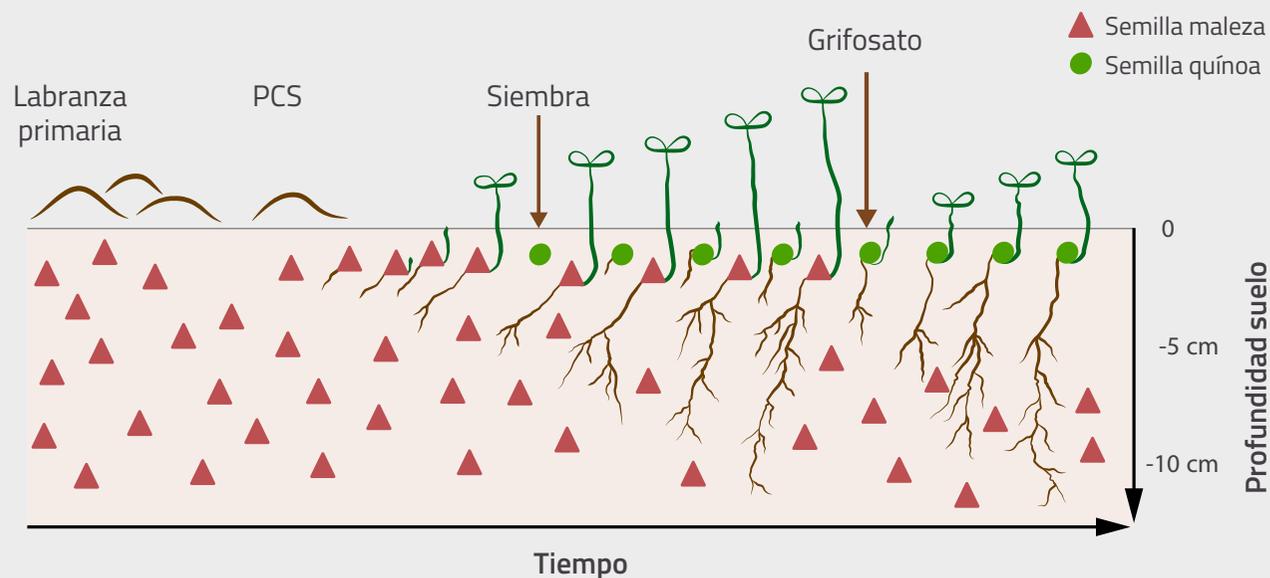
A veces, esta estrategia se confunde con el pregerminado. La falsa siembra consiste en preparar la cama de semillas un par de semanas antes de la siembra con el propósito de que en ese tiempo emerjan malezas), sembrar con malezas ya emergidas pero en estados juveniles, y previo al inicio de la emergencia de la quínoa, eliminar las malezas aplicando un herbicida sistémico no selectivo (glifosato).

Normalmente, el tiempo de espera entre la preparación de la cama de semillas y la emergencia de malezas, es superior a 10 días. Esto dependerá de las condiciones climáticas y de las especies de malezas presentes en el potrero.

Es importante durante ese tiempo, mantener el suelo con humedad suficiente para que las malezas geminen. Por eso, si no llueve, podría ser necesario regar.

Como se observa en la figura 17, después de sembrar se debe esperar de 3 a 5 días más para que emerjan más malezas aún antes de que comience la emergencia de la quínoa. Pero también existe la alternativa de aplicar inmediatamente a la siembra el glifosato, esto dependerá de la presión de malezas que en ese momento puede haber. Esta labor requiere bastante rigurosidad en el momento de la aplicación ya que se debe tener certeza que el cultivo aún no inicia su emergencia.

**Figura 17** Esquema de la secuencia de labores para la falsa siembra.



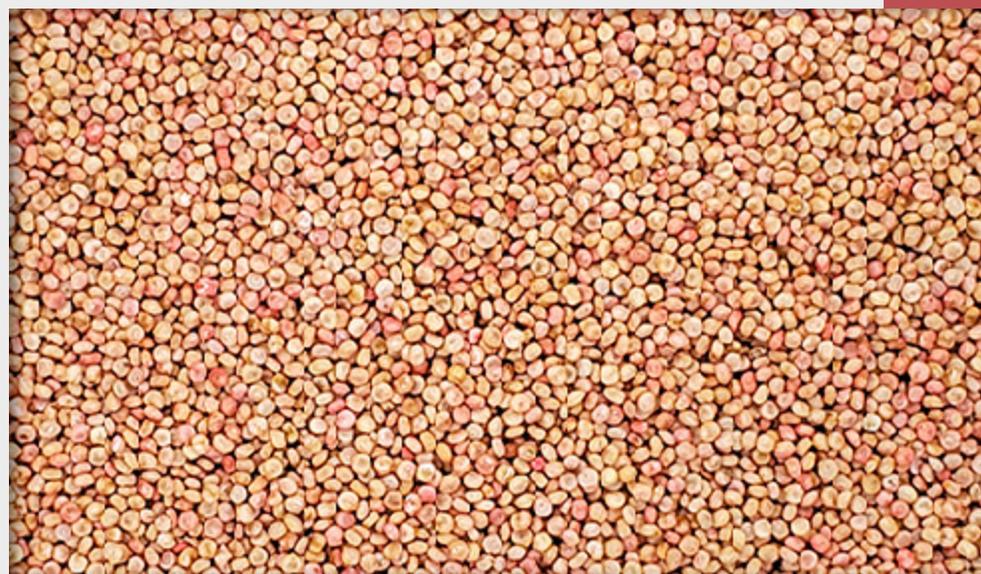


### 5.2.5. Rodillo frontal

Se recomienda que al momento de sembrar se utilice un tractor acondicionado con un rodillo frontal marca Güttler. Esto con el objeto de que la sembradora trabaje sobre una superficie ligeramente compactada, y así lograr un contacto más estrecho entre semilla y suelo. Se ha demostrado que sembrar con esta tecnología permite aumentar el porcentaje de germinación, obteniendo una emergencia más rápida y homogénea (Cañete *et al.*, 2019).

### 5.2.6. Semilla

Actualmente, la semilla del cultivar de quínoa Regalona- Baer se caracteriza por presentar un alto porcentaje de germinación (sobre el 94%) y alto nivel de pureza. Esto permite lograr un buen establecimiento del cultivo y evitar la contaminación del potrero con otras especie, lo que finalmente te traduce en que el cultivo puede competir de mejor manera con las malezas.



### 5.2.7. Densidad poblacional

Si bien la quínoa es un cultivo capaz de compensar con distintos tamaños de panoja, las diferencias de espaciamiento que se puedan producir debido a diferentes densidades de siembra (Díaz *et al.*, 2019), una distribución espacial como la propuesta en este manual para la producción tecnificada de quínoa en Chile, ofrece la posibilidad de cultivar mecánicamente la entre hilera del cultivo.

### 5.3. Control químico

En Chile no existen productos herbicidas registrados y autorizados para el cultivo de quínoa (SAG, 2020). Sin embargo, debido al interés por este cultivo, se ha investigado el uso de varios herbicidas aplicados en distintos estados fenológicos de la planta (Garnica *et al.*, 2017; Díaz *et al.*, 2018; Molina, 2018; Diaz *et al.*, 2019). Durante las últimas cuatro temporadas en las regiones de Ñuble y Biobío, a partir de la información obtenida de la literatura, experiencia de otros investigadores a nivel nacional, y la propia experiencia de Beneo Orafti, se han podido probar algunas moléculas y sus dosis, que han presentado una buena selectividad, eficacia para el control de ciertas malezas y de las cuales no se han detectado residuos en los granos de quínoa posterior a la cosecha.

A continuación se presentarán recomendaciones para el manejo de las malezas por medio de herbicidas en el cultivo de quínoa, según los resultados obtenidos en ensayos realizados por el departamento de Investigación y Desarrollo de Beneo Orafti desde el año 2017. Cabe mencionar que se está trabajando en convenio con distintas empresas químicas para obtener el registro ante el SAG de algunas de estas moléculas.

Es importante mencionar que la aplicación de herbicidas es una herramienta complementaria a los otros tipos de control. Si bien el programa de control químico de malezas presenta poca variedad de herbicidas, es importante mencionar que éstos tienen diferentes mecanismos de acción, lo cual es fundamental para evitar que las malezas desarrollen resistencia a ciertos herbicidas.

#### Recomendaciones generales

- El mojamiento debe ser de 100 a 150 L de agua + herbicida, por hectárea.
- Las malezas deben estar en crecimiento activo, no estresadas y con hojas suficientes para una adecuada absorción.
- Aplicarlo de preferencia en otoño.
- Si hay pronóstico de lluvia o si el barbecho se va a realizar pocos días antes de sembrar, agregar surfactante o preferir productos que lo tengan incluido en su formulación (Panzer Gold, Touchdown IQ, etc.).

**Figura 18** Esquema anual de aplicaciones de herbicidas en quínoa.



### 5.3.1. Barbecho químico

Corresponde a la aplicación de herbicidas no selectivos que se realiza entre la cosecha del cultivo anterior y la siembra de quínoa, con el objetivo de mantener el suelo libre de malezas.

En general es posible lograr un buen control de las malezas en estado de cotiledones o primeras hojas verdaderas, presentes en otoño-invierno utilizando sólo glifosato, en dosis recomendadas por el fabricante según el estado de desarrollo y del tipo de malezas (anual o perenne).

En donde existe antecedentes de resistencia de ballica, se recomienda realizar dos aplicaciones, la primera con glifosato y la segunda con un desecante (glufosinato de amonio, paraquat, diquat).

Otra alternativa podría ser la aplicación de glifosato en mezcla con cletodim, siempre y cuando no existan antecedentes de resistencia cruzada a ambos herbicidas.

### 5.3.2. Programa base

#### Cuadro 19

Listado de herbicidas evaluados para su uso en pre y postemergencia de quínoa.

Preemergencia	Postemergentes
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dual gold 960 / Partidor 960</li> <li>▪ Kerb Flo</li> <li>▪ Centurion super / Aquiles 24 EC</li> </ul>	<p>Para malezas hoja ancha:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kerb Flo</li> <li>▪ Safari DF</li> <li>▪ Venzar</li> </ul> <p>Para malezas hoja angosta anuales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Centurion super / Aquiles 24 EC</li> </ul>

Cabe mencionar que la aplicación de estos herbicidas en quínoa provocan fitotoxicidad en el cultivo: cambio de color, menor desarrollo y/o deformación en las hojas. Es por esto que es necesario respetar el momento y dosis de aplicación para asegurar la selectividad.

A continuación se presenta un resumen con los herbicidas y las dosis que compondrían un programa base:

**Cuadro 20**  
Resumen del programa base de herbicidas.

Nombre comercial	Ingrediente activo	Rango de dosis por aplicación (g o cc/ha)	Dosis máxima permitida por temporada (g o cc/ha)	Momento de aplicación	Rango del estado fenológico de la quínoa
Dual gold 960 / Partidor 960	S-metolacoloro	500 – 1.500	500 – 1.500	Pree	-
Kerb Flo	Propizamida	750-1.500	2.250	Pree y post	1° par HV – inicio panojamiento
Safari	Triflusalufuron metil	15 – 30	60	Post	1° par HV – inicio panojamiento
Venzar	Lenacilo	500	1.000	Post	3° par HV – inicio panojamiento

El mojamiento debe ser de 200 L de agua + herbicida, por hectárea.

### 5.3.2.1. Preemergencia

#### Dual gold 960 / Partidor 960 (i.a S-metolaclo)ro)

Es un herbicida residual antigerminativo de gramíneas anuales y algunas malezas de hoja ancha como por ejemplo bledo, bolsita del pastor, quilloi-quilloi y verdolaga. El herbicida es absorbido por las estructuras de la semilla en germinación (coleóptilo-hipocotilo) y por las raíces. Su mecanismo de acción es la inhibición de la síntesis de lípidos de cadena larga.

La dosis depende de la materia orgánica. A continuación se presenta las dosis recomendadas.

Materia orgánica (%)	Dosis (cc/ha)
Menor a 5	500 – 750
Mayor a 5	1.000 – 1.500

#### Cuadro 21

Dosis de Dual gold 960 o Partidor 960 en preemergencia según la materia orgánica del suelo.

#### Recomendaciones generales

- Aplicar inmediatamente después de la siembra y no mas allá de dos días después de ésta.
- Aplicar un riego efectivo de 10 a 15 mm, dependiendo de la humedad del suelo y su clase textural.
- Para una mayor eficacia del herbicida es ideal contar con un cama de semilla mullida y libre de residuo vegetal.

#### Kerb Flo (Propizamida)

Herbicida de absorción radicular de pre y post emergencia. Controla malezas como tomatillo, polygonum, y gramíneas anuales (ballica, hualcacho, pata de gallina, setaria, avenilla, pasto de la perdiz, etc.).

La propizamida inhibe la emergencia de las malezas absorbiéndose a través de las raíces, controlándolas desde su emergencia hasta que tienen un par de hojas. En algunas especies también tiene acción foliar. El mecanismo de acción es la inhibición de la división celular afectando la mitosis.

Es más activo en suelos de textura liviana (arenosos o francos) que en suelos pesados (arcillosos). Por lo tanto, se debe aumentar la dosis en este último caso. Su actividad es mayor en suelos que contienen menos de 4% de materia orgánica. A medida que aumenta la materia orgánica, va perdiendo efectividad.

Por su baja solubilidad, requiere un buen contenido de agua en la zona de germinación de las malezas. Por lo tanto, si no llueve o el suelo está seco, se debe regar antes de su aplicación, principalmente en condiciones de alta temperatura.

### 5.3.2.2. Postemergentes

La recomendación de postemergencia tiene como características principales:

- Dos aplicaciones de herbicidas.
- Frecuencia de aplicación ideal de 7 a 10 días.
- Su eficacia aumenta mientras más precoz sea el estado de las malezas.

A continuación se describen las principales características de los herbicidas:

#### *Kerb Flo (Propizamida)*

Como se mencionó anteriormente, este herbicida también puede ser aplicado en postemergencia (ver características en página anterior). Las dosis y momentos de aplicación de Kerb Flo, recomendables son las que se resumen en el siguiente cuadro.

#### Cuadro 22

Resumen de dosis y momento de aplicación de Kerb Flo en quínoa.

Estado quínoa	Dosis (g/ha)		Momento de aplicación
	Normal	Máxima	
1° Par HV	750	1.500	Cuando el cultivo tenga 2 hojas
2° Par HV	750	1.500	De 7 a 10 días después de la anterior como máximo.

#### *Safari DF (i.a Triflusaluron metil)*

Herbicida sistémico de uso postemergente, sin efecto residual. Controla malezas de hoja ancha: ambrosia, bledo, chamico, duraznillo, hierba azul, hierba de la culebra, manzanilla, lotera, rábano, romaza, sanguinaria, soncho, trébol, verónica, vinagrillo, entre otras. Su mecanismo de acción es la inhibición de aminoácidos afectando la enzima acetolactato sintetasa (ALS).

El programa considera aplicar Safari en dos oportunidades (Cuadro 23).

#### Cuadro 23

Dosis de Safari DF según estado de desarrollo del cultivo.

Estado quínoa	Dosis (g/ha)	
	Normal	Máxima
1° Par HV	15	30
2° Par HV	25	30
3° Par HV	500	
Inicio panojamiento	500	

Se recomienda acompañar siempre de un surfactante no iónico como por ejemplo Li-700 o Keep, en dosis que varían entre 125-250 cc/hL. Se ha observado una mayor fitotoxicidad en el cultivo al utilizar surfactantes, sin embargo también se mejora la eficacia de la aplicación.

### Venzar (i.a. Lenacilo)

Es un herbicida residual de absorción radicular que controla principalmente malezas de hoja ancha (sanguinaria, rábano, duraznillo, chamico, ambrosia, manzanilla y manzanillón). Su mecanismo de acción es la inhibición de fotosíntesis (inhibe el transporte de electrones en el fotosistema II).

El programa considera aplicar una vez Venzar, pero puede ser que en ocasiones se justifique realizar una segunda aplicación.

### 5.3.2.3. Graminicidas

#### Centurion super o Aquiles 24 EC (i.a. Cletodim)

Es un herbicida sistémico y selectivo en postemergencia. En las dosis recomendadas en el cultivo de quínoa, puede controlar malezas gramíneas anuales y perennes. Su mecanismo de acción es inhibidor de lípidos, específicamente afecta la acetil CoA Carboxilasa (ACCase).

La dosis a aplicar depende de la presión de malezas, estado fenológico y las especies que se encuentran en el potrero (Cuadro 24).

### Cuadro 24

Resumen de dosis y momento de aplicación de dos graminicidas en quínoa.

Herbicida	Dosis (L/ha)	Momento de aplicación	Necesidad de adyuvante
Aquiles 24 EC	0,75 a 1,0	3° par HV a Ramificación	Sí
Centurion super	1,5 a 2,0		No

No se recomienda la aplicación de graminicida en estado reproductivo del cultivo (desde inicio de panojamiento en adelante).

Si el potrero tiene antecedentes de ballicas resistentes a graminicidas, se sugiere implementar las siguientes labores complementarias:

- Realizar pregerminado y/o falsa siembra.
- Realizar barbechos químico con desecantes.
- Aplicar dosis máxima de Dual gold 960 / Partidor 960 en preemergencia.
- Aplicar 1,5 kg Kerb Flo/ha postemergencia temprana.
- Apoyar con riego efectivo de 10 a 15 mm, si el suelo está seco.

### 5.3.3. Programa alternativo

El programa alternativo se basa en la utilización de un “cultivador químico” para el control de malezas anuales que no fueron controladas con el programa base y/o malezas perennes, como por ejemplo chéptica (Cañete *et al.*, 2019).



Dado que el cultivador químico está equipado con dos estanques (uno frontal para la entrehilera y uno trasero para la sobrehilera, con capacidades de 1.000 y 600 L respectivamente) y líneas de distribución independientes para cada uno, este cultivador puede realizar aplicaciones dirigidas y distintas en la entre hilera y sobre la hilera del cultivo. La aplicación entre hileras se realiza con campanas y protectores de plantas laterales, que evitan que una eventual deriva del herbicida alcance al cultivo.

Otra ventaja de utilizar este equipo con aplicación direccionada, consiste en el menor uso de producto por hectárea. Siendo más eficiente y disminuyendo los riesgos medioambientales asociados al uso de plaguicidas.

Finalmente, este sistema también permite aplicar sobre el cultivo (hilerado) en una sola pasada, un fungicida y/o insecticida, y un herbicida no selectivo sobre la entre hilera (Cuadro 25).

#### Cuadro 25

Alternativas de aplicación usando el cultivador químico Garford.

Dirección de aplicación	Producto (s) a aplicar	Problemas a solucionar
Entrehilera	Glifosato	Malezas anuales y perennes de hoja ancha y gramíneas
	Desecante	Malezas anuales de hoja ancha y gramíneas poco desarrolladas
	Graminicida	Malezas gramíneas anuales y perennes
Sobrehilera	Algún(os) herbicidas postemergente	Malezas anuales de hoja ancha y gramíneas
	Graminicida	Malezas gramíneas anuales
	Fungicida	Control de mildiu
	Insecticida	Áfidos y cuncunillas
	Fertilizante foliar	Deficiencias nutricionales
	Bioestimulante	Estrés en las plantas



## 5.4. Control mecánico

El control mecánico considera todas aquellas labores con herramientas que descalzan, cortan y/o arrancan las malezas ya emergidas, ya sea previo al establecimiento del cultivo o durante su desarrollo.

Esta es una alternativa muy importante dentro del manejo integrado de las malezas en quínoa. Es un buen complemento al control químico, una vez que el cultivo está establecido; además reduce el uso y residuo de herbicidas.

El control mecánico de malezas entre las hileras de quínoa, se puede realizar con un grupo de herramientas (usualmente 2 a 3) los cuales se encuentran montados sobre una barra. Cada banda trabaja entre dos hileras del cultivo. El ancho de la barra y el número de implementos a usar, dependerá del ancho de su área de trabajo y de la distancia entre las hileras del cultivo (Cañete *et al.*, 2019).

El objetivo es cultivar la mayor superficie posible de la entre hilera sin dañar el cultivo. Este proceso puede destruir las malezas completa o parcialmente, desarraigándolas y/o cortándolas.

**La cultivación de la entrehilera sólo puede realizarse durante etapas iniciales del cultivo debido a que:**

- 1.** El tractor y/o el cultivador pueden pisar, cortar o quebrar el follaje del cultivo en etapas posteriores de crecimiento, dañándolo definitivamente.
- 2.** Normalmente, en esta etapa las malezas también están en estados juveniles, menos arraigadas y con menor altura. Después, con malezas de tamaño mayor, su control puede ser deficiente y causar problemas de operación del cultivador (atollar).

## Tipos de herramientas para cultivador mecánico

### ▪ *Radanas (Swept L share).*

Estas herramientas que asemejan las hojas de un cuchillo ancho, que trabajan sobre la entrehilera, de a pares a 2 - 4 de centímetros de profundidad, paralelas a la superficie del suelo. Su acción es ir cortando las raíces y tallos de las malezas. Dependiendo del suelo, el estado del cultivo y el nivel de infestación de malezas, se pueden acercar hasta unos 3 a 5 cm de la hilera de quínoa.

Normalmente, las cuchillas van acompañadas de algún sistema de corte del suelo, para evitar arrojarlo a la hilera y que pueda dañar a las plantas de quínoa. El ángulo de ataque de los cuchillos laterales (ángulo hacia el suelo) es ajustable, para cambiar su agresividad y profundidad de trabajo.

El éxito de este implemento, radica en el tipo y estado de la malezas, la profundidad de trabajo y en que la superficie del suelo esté seca. Se recomienda para el control de malezas anuales juveniles, y no para aquellas perennes.

### ▪ *Pata de ganso (Duck foot share).*

Este implemento es bastante común en el campo. Consiste en una herramienta metálica que asemeja a una pata de ganso, de forma triangular y plana. Existen de distintos tamaños, lo que está determinado por el ancho de trabajo o la superficie de la entrehilera que se quiere cubrir.

Normalmente se ubica al centro de la entrehilera, y trabaja cortando y descalzando las malezas que allí se ubican, y que puedan haber escapado de la acción de las radanas ubicadas delante de ellas. También es posible montar 2 a 3 patas de ganso pequeñas, en zig-zag y que abarquen casi la totalidad del área que queda en la entrehilera

### ▪ *Rastrillo (Weed rake).*

Como su nombre lo indica, esta herramienta es un verdadero rastrillo que posee un número variable de puntas o púas metálicas (tine), que van removiendo, desarraigando y arrastrando las malezas sobre las cuales han actuado las radanas y patas de ganso, o aquellas que se pueden haber escapado de su acción.

La disposición de las puntas y la distancia entre ellas, se puede regular incluso, acercándolas a la hilera del cultivo y así, complementar en esa zona el trabajo de los finger weeder.

Figura 19 Herramientas.



Radana



Pata de ganso



Rastrillo

Fuente:

<https://garford.com/wp-content/uploads/2018/07/Interrow-hoes.pdf>

## Control de malezas cerca de la hilera

Los sistemas mecánicos para el control de malezas cerca de las hileras del cultivo, remueven las plantas anuales (no perennes) presentes cerca de las plantas de quínoa. El principio de estos sistemas es usar herramientas que permitan acercarse a las plantas de quínoa pero sin dañarlas.

### ▪ *Deshierbador o escardadora de dedos (Finger weeder).*

Este es un sistema mecánico que utiliza dos juegos de ruedas cónicas, una de las cuales posee unas puntas de goma denominados "dedos" o fingers. Estos apuntan horizontalmente hacia el exterior con un ángulo determinado. Este sistema opera en diagonal en el interior del suelo a lo largo de la hilera del cultivo, impulsado por un movimiento giratorio de una rueda cónica metálica (más pequeña que la rueda que lleva los dedos). Los fingers o dedos penetran el suelo, justo al lado o entre las plantas de la hilera del cultivo, descalzando aquellas malezas pequeñas.



Finger weeder

Fuente:

<https://garford.com/wp-content/uploads/2018/07/Interrow-hoes.pdf>



La profundidad de trabajo recomendada es de 1 a 2 cm, a una velocidad de avance de 4,8 km/h a 10 km/h). El inconveniente es que su eficacia depende de que el suelo esté bien preparado, sin terrones en superficie y con una humedad friable. Si no es así, disminuye su eficiencia.

Existen fingers de distinto tamaño y dureza, que se adaptan a las condiciones de textura del suelo y estado de desarrollo del cultivo.

Según lo reportado por Cañete *et al* (2019), las experiencias en el sur de Chile (regiones de Ñuble y Biobío) con estos implementos en cultivos extensivos de quínoa, han sido exitosas. En combinación con otras herramientas, tales como radanas y pata de ganso, con dos pasadas de cultivador (quínoa con 6 a 8 HV, y a inicios de ramificación), se ha podido disminuir la carga de malezas a la cosecha en un 85 a 90% en relación a quínoa no cultivada mecánicamente (Cuadro 26).

## Cuadro 26

Estado fenológico de la quínoa en que se recomienda cultivar.

Cultivación	Estado fenológico
Primera	desde 3° Par hojas verdaderas
Segunda	Desde inicio de ramificación.



## Recomendaciones

- El suelo debe estar friable a seco. El suelo demasiado húmedo se pega entre los "dedos".
- Preferir el uso de dedos más duros en suelos firmes (franco arcilloso) y dedos más suaves en suelos ligeros (trumaos y arenosos).

## VI. RIEGO

La quínoa para uso industrial requiere de un sistema de riego presurizado y un control estratégico de la lámina de agua a aplicar. Esto redonda en la producción de los volúmenes y calidad de grano necesarios para cumplir los estándares de la industria, y contribuye a hacer de la quínoa un cultivo atractivo y competitivo para el agricultor.





La quínoa es una especie conocida por su tolerancia al estrés hídrico (Geerts *et al.* 2006) y generalmente se cultiva en condiciones de secano (INIA, 2015). Sin embargo, cuando se piensa en producir quínoa para uso industrial, existen requerimientos mínimos de producción para cumplir con los estándares de esta materia prima. Es aquí donde el riego toma un papel esencial, no sólo para promover desde un inicio una buena población de plantas y mantener el cultivo en un estado hídrico óptimo para la producción de fotosintatos, sino que también para dejar los nutrientes disponibles en solución para que la planta sea capaz de aprovecharlos.

Dado el escenario actual de cambio climático, que ha limitado sustancialmente la disponibilidad de este recurso, se hace necesario utilizarlo de forma racional, de manera de maximizar la eficiencia de su uso.

En el caso de la quínoa, el aporte de agua tiene directa relación con:

- 1.** La incidencia de enfermedades: la quínoa es muy susceptible a damping-off (caída de plantas) ante altos niveles de humedad de suelo durante sus primeros estadios y al mildiú (*Peronospora variabilis*) en estados de desarrollo posteriores.
- 2.** El desarrollo de la planta: un aporte de agua abundante durante el periodo vegetativo genera una planta de mayor biomasa y altura (Geerts *et al.* 2006, Razzaghi *et al.* 2011), exponiéndola al riesgo de tendadura y aumentando la susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades, debido a una menor ventilación de la canopia (Lopez-Olivari, 2018).
- 3.** La senescencia: el prolongar los aportes de agua en periodos tardíos genera un retraso de la senescencia, en el secado de la planta y finalmente, en la cosecha.

Dicho esto, **son cuatro las etapas críticas en que el cultivo debe disponer de humedad en el suelo:**

**1 Siembra:** una buena humedad de suelo promueve una emergencia rápida y homogénea ayuda a evitar posibles encostramientos.

**2 Inicio de ramificación:** un buen suministro de agua va a permitir un buen desarrollo de la biomasa del cultivo. Para las variedades que tienen un hábito de crecimiento ramificado, promueve una mayor producción de tallos laterales conllevando a una mayor producción de panojas y un mayor rendimiento final.

**3 Floración:** es el estado más sensible ya que en él ocurren la polinización y fecundación. Suplir la demanda hídrica en este periodo implica entonces una mayor cantidad de granos en las panojas.

**4 Llenado de grano:** el aporte hídrico en esta etapa es necesario para asegurar una buena calidad de grano, lo que se traduce en granos de buen tamaño y peso. Se evitan así las pérdidas por granos chupados o la formación de granos de bajo calibre, que afectan el procesamiento industrial.

En general, en la zona centro sur las necesidades de agua del cultivo se incrementan a partir del mes de octubre hasta diciembre, debido a un aumento rápido de la biomasa, asociado a una mayor evapotranspiración. Ello coincide además con un alza de temperaturas propias de la estación primaveral e inicios de verano, momento en que ocurren las etapas críticas de demanda hídrica (inicio de ramificación, floración y formación de granos).

## 6.1. Recomendaciones para un manejo racional del riego.

- Considerar siempre la eficiencia de aplicación del sistema de riego en el cálculo de la lámina de riego a aplicar (Cuadro 27).

### Cuadro 27

Eficiencia de aplicación de riego para distintos sistemas de riego.

(Fuente: National Engineering Guide, 1997)

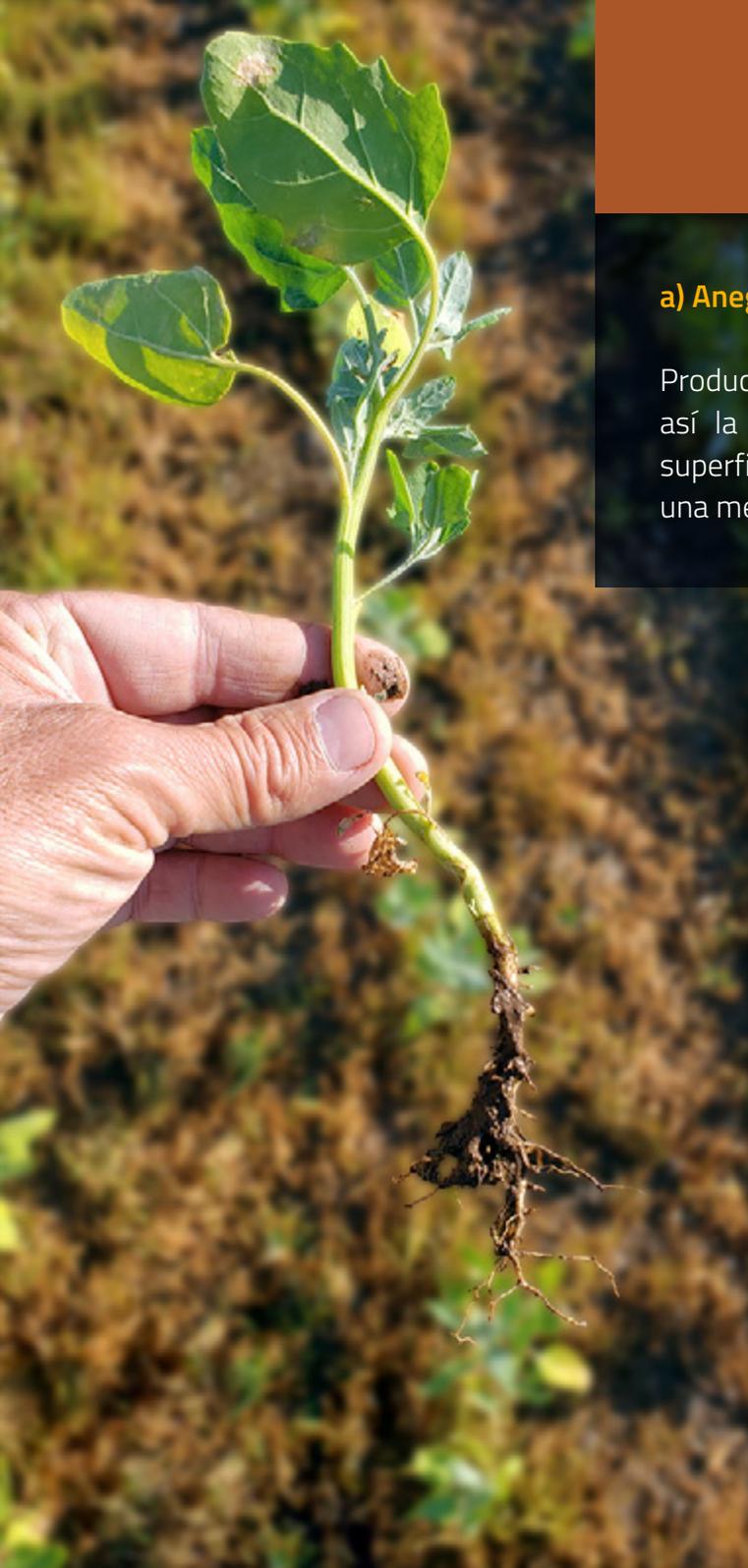
Sistema de riego	Eficiencia de aplicación (%)
Pivote estándar	75 - 85
Pivote LEPA	90 - 95
Carrete	55 - 65
Cobertura total *	60 - 80

\* se recomienda instalar elevadores para un riego más uniforme, apenas las plantas superen la altura de los aspersores.

- En el período que comprende la germinación y hasta el primer par de hojas, los eventuales riegos deben realizarse únicamente si los primeros 5 cm de suelo se encuentran sin humedad suficiente para promover una buena emergencia. En esta etapa, las plántulas de quínoa son altamente susceptibles al damping-off. En este sentido, y de acuerdo a la experiencia de los ensayos generados por Beneo Orafti, se ha determinado que esta humedad no debiera ser superior al 80% del agua total disponible (ATD). Para hacer esta cuantificación, es necesario disponer de un sensor de humedad.

- Con el fin de controlar la altura de plantas, minimizando así el riesgo de tendeduras, es recomendable moldear la canopia a través del control de la humedad de suelo en etapas tempranas. Según afirman Geerts *et al.* (2016), el no aportar agua durante el periodo comprendido entre el primer y tercer par de hojas, genera una inhibición en el crecimiento de la biomasa aérea, obteniendo una mayor eficiencia de uso de agua (EUA), sin afectar el rendimiento. Este es un tema que aún está siendo investigado para las condiciones de la región de Ñuble.

- El criterio de riego recomendado para el resto de los estados fenológicos hasta el corte del riego, es mantener la humedad del suelo por sobre el 40% del ATD y hasta 100% del ATD, y controlar la lámina de riego que se aplica al cultivo, de manera de suplir únicamente la demanda de agua por parte de la planta y no fomentar una acumulación de agua por debajo de los 30 cm de profundidad. De lo contrario, se podrían producir los siguientes inconvenientes:



#### a) Anegamiento:

Produce condiciones de falta de oxígeno a nivel radicular (anoxia), aumentando así la probabilidad de enfermedades, desarrollo de sistemas radiculares superficiales (menor capacidad de exploración del perfil de suelo), y generando una menor calidad industrial y rendimiento.

#### b) Retraso del secado de la planta:

Imposibilita la cosecha mecanizada en el momento oportuno, produce problemas en la cosecha y en el abastecimiento de materia prima a la planta procesadora. Además, expone el cultivo a eventuales lluvias posteriores, que pueden producir la germinación de granos en la panoja y/o fomentar la proliferación de hongos en ésta, siendo esto un riesgo de pérdida de la producción. Y por último, expone las panojas al desgrane por viento y al ataque de pájaros quienes se alimentan de ellas.

- Parcializar la lámina de riego a aplicar, ya que el peso del agua sobre las panojas y la canopia, puede fomentar el quiebre de tallos y la tendedura.
- Finalizar los riegos cuando exista una proporción de 50% de grano en estado lechoso y 50% en estado pastoso. Para el cultivar Regalona, este estado se da a los 975 grados días acumulados (con temperatura base de 3°C). De esta manera, promovemos el secado de la planta en el momento oportuno, y sin afectar el rendimiento.

## 6.2. Uso de sensores

Aún cuando todavía queda por precisar los criterios de riego (base 3 temporadas de ensayos) para la quínoa en sus distintas etapas fenológicas, la tecnología de sensores capaces de medir la humedad de suelo, puede ser una herramienta muy útil para cuantificar los aportes de agua y, de esta manera optimizar la gestión del riego.

En el mercado existen varios tipos de sensores de humedad de suelo. En este manual nos referiremos al uso de sensores portátiles y de aquellos que se dejan en un punto fijo del potrero, y que miden el contenido de agua volumétrico del suelo (%Vol). Ambos tipos tienen sus ventajas (Cuadro 28), y dependerá de la realidad de cada agricultor, el que le convenga más adquirir.

Los beneficios más destacables de esta tecnología son:

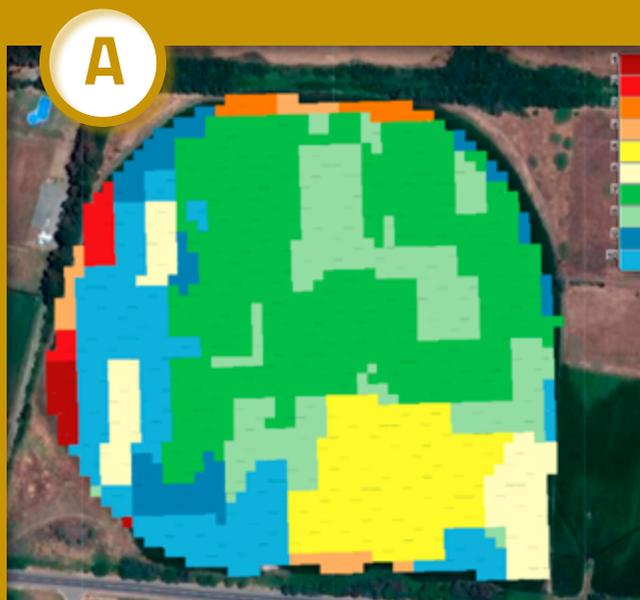
1. Monitoreo continuo y preciso de la humedad de suelo.
2. Riego oportuno y de acuerdo a la demanda del cultivo.
3. Verificación de la efectividad de los riegos.
4. Control de la humedad en profundidad y chequeo del nivel de las napas subterráneas.

### Cuadro 28

Principales características de sensores de humedad portátiles y fijos.

Tipo de sensor	Frecuencia de medición	Tipo de monitoreo	Revisión del dato (Trazabilidad)	Inversión	Profundidad de medición
Portátil	Cada vez que se presiona el botón	Puntual y requiere persona in situ: sólo se sabe la realidad del momento. La continuidad del monitoreo dependerá del número de visitas y mediciones que se realice.	En pantalla del sensor (sin costo adicional). No queda registrado el dato a menos que se registre manualmente en una planilla o plataforma diseñada para ello.	US\$800	Se debe excavar un hoyo hasta alcanzar la profundidad de medición deseada, para luego insertar el sensor a ese nivel.
Fijo	Intervalo de tiempo programable	Contínuo (curva) y a distancia (telemetría). No requiere una persona que vaya a hacer las mediciones.	En plataforma y/o app (con costo adicional): entrega acceso a la información en tiempo real por lo que es posible identificar con precisión el momento de riego. Se despliegan gráficos con las variaciones de la humedad de suelo en el tiempo y en relación a los criterios de riego.	US\$900 - 2000+	Una vez instalado, no es necesario excavar para hacer la medición. El sensor puede llegar a medir en varias profundidades, lo que permite un control de la humedad en las distintas estratas, verificar la efectividad de los riegos efectuados y el chequeo de la fluctuación de napas subterráneas.

Por supuesto, para obtener buenos resultados productivos, es importante saber dónde tomar las mediciones (o dónde ubicar el sensor fijo), de manera de asegurar el buen manejo de la condición de suelo más representativa del potrero. Para ello, es necesario tener información acerca de las distintas zonas que constituyen el potrero (Figura 20) y caracterizar a través de análisis de suelo aquella(s) que abarca(n) la mayor cantidad de superficie.



**Figura 20**

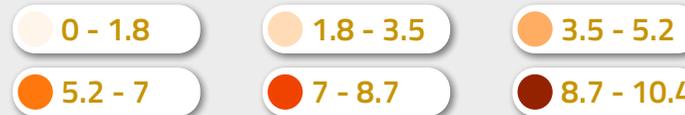
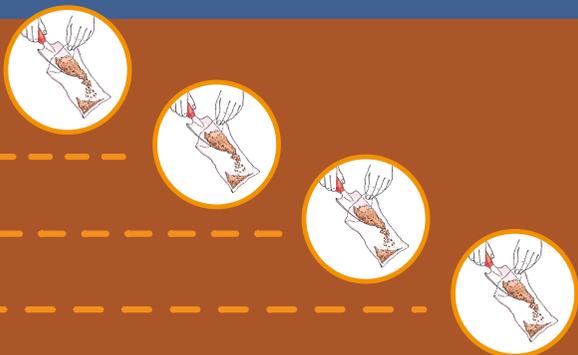
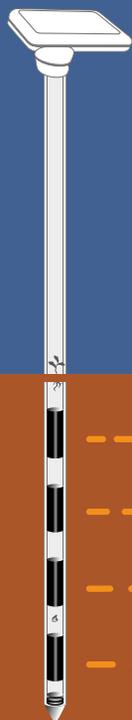
Mapas de:

- a) Zonificación (plataforma SADA).
- b) Conductividad eléctrica (obtenido a partir de mediciones realizadas con una rastra electromagnética EM-38).



**Figura 21**

Muestreo de suelo considerando un sensor de humedad fijo que mide humedad de suelo en 4 profundidades.



Se recomienda hacer un análisis de textura y materia orgánica, por cada profundidad de medición (Figura 21). De esta manera será posible determinar la capacidad de retención de agua en cada estrata de suelo y así, interpretar de manera correcta la medición del sensor.

Hoy en día, existen varias plataformas y aplicaciones móviles de monitoreo, que despliegan información espacial asociada a la caracterización de sitio e índices de comportamiento de los cultivos (FarmLogs, FarmScout, Agromap, CropView, etc), y otras en las que también se pueden visualizar los datos asociados al monitoreo hídrico a partir de estos sensores, entregando incluso una recomendación de riego (SADA).

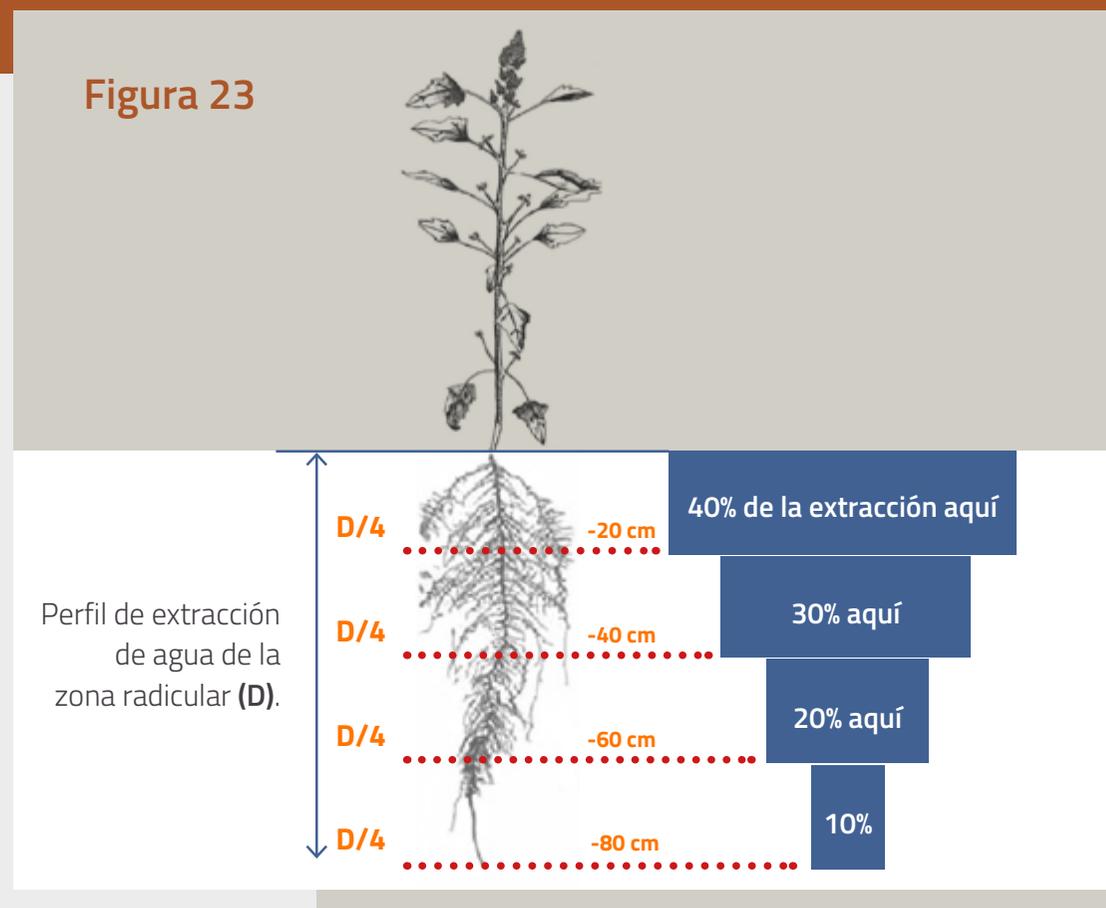
### Figura 22

Profundidad asociada a la mayor concentración de raíces en un suelo franco arcilloso.



En cuanto a la gestión del riego, es necesario mantener una humedad de suelo óptima en donde se produce la mayor extracción de agua por parte de las raíces (Figura 22), y según los criterios expuestos anteriormente. Para el caso de un sistema radicular de 60 cm y según el modelo presentado en la Figura 19, la profundidad asociada al 70% de la extracción de agua sería en los primeros 30 cm de profundidad. Esto último coincide con lo observado en campos comerciales de la región de Ñuble, en que el mayor volumen de raíces se concentra en los primeros 20 a 30 cm.

### Figura 23

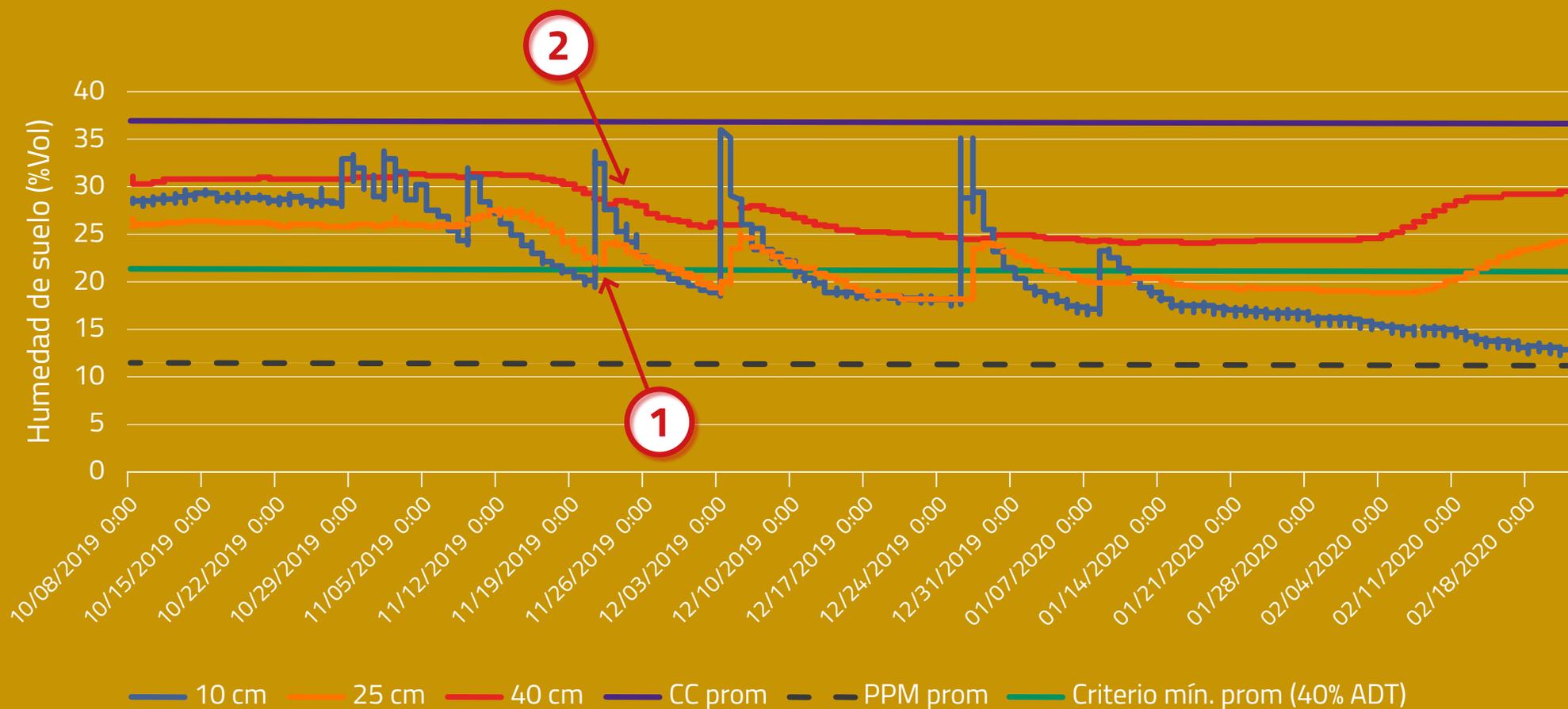


Esquema diseñado según el patrón típico de extracción de agua planteado en el Irrigation Guide (1997), considerando el sistema radicular de la quínoa en hábitat húmedo según modelo presentado por Jacobsen *et al.* (2015).

En el ejemplo de la Figura 24, el punto 1 de la curva de humedad de suelo representa la instancia en que se debe iniciar el riego, al haber alcanzado el criterio de riego del 40% del ATD a los 25 cm de profundidad; el punto 2 denota la profundidad efectiva que alcanzó el riego. Para un uso racional del agua y disminuir los costos asociados a su aplicación, es posible ir ajustando los aportes de agua, de manera de no sobrepasar en demasía la profundidad de riego objetivo.

## Figura 24

Curvas de humedad de suelo obtenidas a partir de un sensor fijo Pycno en un cultivo de quínoa.



## VII. PLAGAS Y ENFERMEDADES

Cultivar quínoa de manera extensiva es nuevo a nivel nacional, por lo cual con el transcurso de las temporadas pudieran aparecer insectos, hongos, virus, etc, que pudieran llegar a ser plagas y/o enfermedades que ataquen al cultivo. La experiencia muestra que hasta el momento entre las principales enfermedades asociadas a este cultivo están el damping-off y el mildiú; mientras que dentro de los insectos hay larvas de lepidópteros, áfidos y chinches.

### 7.1. Manejo integrado de plagas y enfermedades

Para el control de enfermedades y plagas también es importante considerar realizar un manejo integrado cuya estrategia utiliza diferentes técnicas de control, que se complementan entre sí, para disminuir el daño que ocasiona. Esta estrategia además permite disminuir el impacto negativo en el medio ambiente:



#### Las medidas de control pueden ser las siguientes:

- **Biológicas:** se utiliza a organismos antagonistas, como predadores, parasitoides, patógenos y hongos entomopatógenos, para controlar las plagas.
- **Culturales:** son prácticas que ayudan a disminuir las condiciones que favorecen al desarrollo de plaga y/o enfermedad.
- **Rotación de cultivos:** evitar sembrar quínoa después de papa y remolacha; ya que estos cultivos son hospederos de hongos que pueden causar damping-off.
- **Control de malezas durante el desarrollo del cultivo:** dado que son hospederos de plagas y enfermedades.
- **Sentido de la siembra:** preferir la siembras con sentido norte-sur, ya que permite una mejor ventilación.
- **Químicas:** se basa en la aplicación de productos químicos para el control de plagas y enfermedades (fungicidas, insecticidas, etc).

Al igual que en el control químico de malezas, no existen productos registrados en nuestro país para el control de plagas y enfermedades en quínoa. Las alternativas que se presentan a continuación, se generan gracias al trabajo del departamento de I+D de Beneo Orafiti con otros investigadores a nivel nacional, INIA y empresas químicas.

Es importante mencionar que las siguientes recomendaciones de control químico, se basan en su eficacia en el control y en que luego de la cosecha de los granos, no se han detectado residuos en ellos.

## 7.2. Enfermedades

### 7.2.1. Enfermedades del suelo

Entre los géneros de hongos que se han detectado en la caída de plantas de quínoa (damping-off), se encuentran *Rhizoctonia sp* y *Fusarium sp*. Los síntomas de caída se pueden presentar desde que la planta está recién emergida hasta plantas en ramificación, e incluso en inicio de panojamiento. Generalmente, las plantas afectadas mueren, disminuyendo así la población del cultivo.



### Factores abióticos predisponentes:

- Nivel freático alto del potrero o filtraciones de agua desde canales.
- Suelos arcillosos, compactados y/o con mala infiltración.
- Riegos excesivos durante la emergencia y primeros estados de desarrollo.

Se ha visto un efecto positivo en la población final del cultivo de la quínoa, al desinfectar la semilla con Vibrance gold (Cuadro 29).

### Cuadro 29

Dosis de fungicida en la desinfección de semilla de quínoa.

Fungicida	Nombre comercial	Enfermedad a controlar	Dosis (g o cc/ha)	Momento de aplicación
Vibrance gold	Sedaxano 5%, Fludioxonilo 2,5% y Difenconazol 2,5%	Fusarium sp	200 cc en 100 kg de semilla	Desinfección de semilla

## 7.2.2. Enfermedades foliares

La enfermedad más importante de la quínoa es el mildiú, causado por el hongo *Oomycete Peronospora variabilis*, que afecta principalmente el follaje y puede causar una reducción considerable en el rendimiento (Danielsen y Ames, 2016; Torres, 2017).

En las siembras comerciales de quínoa del cultivar Regalona en el centro sur de Chile, se ha detectado mildiú desde inicio de ramificación en adelante. Se presenta como pequeñas manchas de forma irregular y que van creciendo a medida que la enfermedad se desarrolla. Esta coloración puede ser clorótica o amarilla, rosada, rojiza dependiendo del ecotipo de quínoa. En el envés de las hojas se observa un micelio de color gris violáceo, siendo bastante abundante en los ecotipos de quínoa susceptibles. Si bien, es más frecuente en las hojas, los síntomas se pueden observar en tallos, ramas y panojas (Torres, 2017).

Durante la temporada se pueden producir varias generaciones durante las cuales el patógeno produce infecciones sucesivas.

Las condiciones óptimas para el desarrollo de la enfermedad (favorecen la formación de las esporas y el crecimiento del micelio) son:

- Alta humedad relativa (>80%).
- Temperaturas entre 18 a 22 °C.
- Poca ventilación.

Figura 25



El principal efecto de la enfermedad sobre la planta es la reducción del área foliar fotosintéticamente activa (aparición de manchas cloróticas o necróticas en las hojas) causando defoliación parcial o total, lo cual se traduce en menores rendimientos.



Si bien el cultivar Regalona es susceptible a mildiú, las pérdidas en el rendimiento generada por esta enfermedad dependerá de la severidad con que afecte al cultivo. Diversos ensayos ejecutados por Beneo Orafti, demuestran una disminución de la severidad y área bajo la curva del progreso de esta enfermedad con aplicaciones de un fungicida a base de mancozeb y metalaxilo, aplicados al aparecer los primeros síntomas (con un mojamiento de 300 L de agua/ha Cuadro 30).

Fungicida	Nombre comercial	Enfermedad a controlar	Dosis (g o cc/ha)	Momento de aplicación
Crater mx 70	Mancozeb 60% y Metalaxilo 10%	Mildiu	2.500	Al aparecer los primeros síntomas. Generalmente desde ramificación. Repetir 10 días después.
Metalaxil mz 58	Mancozeb 48% y Metalaxilo 10%		2.000	
Ridomil gold mz 68	Mancozeb 64% y Metalaxilo 4%		2.500	

### Cuadro 30

Dosis de fungicidas foliares para el control de mildiú en quínoa.

## Recomendaciones

- Usar genotipos menos susceptibles o más tolerantes a la enfermedad.
- Se recomienda emplear semillas sanas y de procedencia conocida.
- Mantener las plantas vigorosas para tolerar mejor el estrés causado por la enfermedad.
- Evitar el monocultivo.
- Rotación con cultivos no hospederos del mildiú.
- Siembra en épocas desfavorables para el desarrollo de las enfermedades.
- En caso de predios pequeños eliminar plantas enfermas aisladas.
- Optar por una densidad de siembra óptima para evitar microambientes de alta humedad que favorece el desarrollo de enfermedades.
- Elegir potreros con buen drenaje.
- Eliminar fuente de inóculo como quínoas silvestres y quingüilla.

## 7.3. Plagas

### 7.3.1. Áfidos o pulgones

Los áfidos son considerados una plaga ocasional en cultivo de quínoa, sin embargo, estos han tomado relevancia debido a su abrupto aumento poblacional observado en los últimos años (Díaz, 2019).

Díaz (2019) ha reportado que en la región de la Araucanía en el sur de Chile, las cinco especies principales de pulgones observadas en quínoa correspondieron a *Macrosiphum euphorbiae*, *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Aphis sp.*, y *Aphis craccivora*. Por otra parte, las principales especies colonizadoras correspondieron a *M. persicae* y *A. craccivora*.

El daño que provocan estos insectos chupadores, es la extracción de la sabia. Ataques de áfidos durante la maduración del grano, pueden llegar a provocar granos chupados. Además, los pulgones son vectores de virus.

El periodo de máxima colonización de estos insectos es entre mediados de octubre y mediados de noviembre, dependiendo de la condición climática de la temporada.

Los puntos de observación de áfidos en la planta son:

- En el envés de las hojas.
- Panojas de las plantas.

Si se aplica sólo insecticida, es recomendable utilizar:

- Equipos con asistencia de aire.
- Volumen de agua de 300 l/ha debido al gran follaje del cultivo.

### 7.3.2. Cuncunillas

Es común la presencia de larvas de lepidópteros que se alimentan del follaje de la planta, y que en poblaciones elevadas pueden afectar negativamente al cultivo dado que disminuye su capacidad fotosintética.

- Los ataques de cuncunillas son especialmente importantes de controlar cuando las plantas están pequeñas y se corre el riesgo de perderlas por la voracidad de estos insectos.
- El periodo de mayor cuidado está comprendido entre los meses de octubre a la primera quincena de diciembre.



Entre las especies que se han identificado en nuestro país, están *Copitarsia sp.* y *Rachiplusia nu*, Aunque *Rachiplusia nu* es generalmente considerada como plaga ocasional en otros países andinos donde se cultiva quínoa, en Chile es un insecto bastante común en este cultivo, y que dado que puede alimentarse de flores y granos, afecta negativamente el rendimiento del cultivo (Díaz, 2019).



### 7.3.3. Chinchas

En las experiencias de producción extensiva y tecnificada de quínoa en las regiones de Ñuble y Biobío, los insectos más comunes en la canopia del cultivo han sido los chinchas. Estos se hayan desde el panojamiento hasta la senescencia de la planta de quínoa, en estados de huevos, ninfas y adultos. Tanto las ninfas como adultos afectan la inflorescencia de la planta al alimentarse del grano, produciendo aborto floral y granos chupados (Díaz, 2019).

Entre las alternativas de insecticidas presentes en el mercado, que han sido más efectivas para el control de insectos del follaje, y de los que no se han detectado residuos en el grano posterior a la cosecha, se encuentran los dos que se mencionan en el siguiente cuadro.

Insecticida	Nombre comercial	Insectos a controlar	Dosis (g o cc/ha)	Momento de aplicación
Gladiador 450 WP	Acetamiprid 40% y Lambdacihalotrina 5%	Pulgones	2.500	Aplicar, según monitoreo, al detectar la plaga
Muralla Delta 190 OD	Imidacloprid 15% y Deltametrina 4%	Pulgones y cuncunillas	200 - 300	

#### Cuadro 31

Dosis de insecticidas eficaces para el control de insectos del follaje en quínoa.

## VIII. COSECHA

En una modalidad extensiva de quínoa para la industria, la cosecha se debe realizar de forma mecanizada con cosechadoras axiales, que con algunas modificaciones al cabezal de corte realizan un trabajo de óptima calidad, cuando las condiciones del potrero así lo permiten.

### 8.1. Condiciones asociadas a la cosecha

#### 8.1.1. Condiciones de acceso

Antes de iniciar una cosecha mecanizada es necesario considerar:

- Que el potrero cuente con un acceso suficientemente amplio y libre de obstáculo: mínimo con 3,5 m de ancho y 4 m de alto.
- En el caso de contar con puentes, estos deben tener una resistencia mínima de 25 toneladas.
- Evitar sembrar bajo cables eléctricos de mediana altura (6 m), ramas y construcciones.

La revisión de estos puntos es muy importante para evitar problemas, pérdidas de tiempo y accidentes.



## 8.1.2. Condiciones de malezas

Se recomienda que llegado el momento de la cosecha, el potrero esté libre de malezas, ya que la presencia de éstas tendrán una incidencia directa sobre la eficiencia de cosecha, procesamiento y la calidad final del grano.

### Malezas que afectan la cosecha:

- La presencia de malezas aún verdes, por ejemplo ambrosia (*Ambrosia artemisiifolia*) y tomatillo (*Solanum nigrum*) afectan la trilla, ya que impiden el libre flujo de ésta formando una pasta y además subiendo mayor cantidad de material vegetal a la cosechadora (impurezas).
- La correhuela (*Convolvulus arvensis*) y porotillo (*Fallopia convolvulus*) tienen la característica de ser malezas trepadoras, enredándose en las plantas de quínoa, dificultando el proceso de cosecha y posterior selección de grano, debido a las impurezas y semillas de malezas.

### Malezas que afectan el procesamiento y calidad final del grano:

- La presencia de semillas de chamico (*Datura stramonium*) y de tomatillo en la cosecha afectan el procesamiento y la calidad final del grano de quínoa ya que las semillas de éstas malezas se caracterizan por presentar alcaloides.
- Por su parte el fruto del tomatillo afecta la calidad de grano, ya que produce aumento de temperatura en este y a su vez puede mancharlo.
- Otra maleza que incide negativamente es *Chenopodium album* o quingüilla, ya que su semilla es similar en tamaño y forma a la semilla de quínoa, por lo cual es difícil de separar en el proceso de limpia del grano.

En el caso de llegar a cosecha con presencia de malezas una alternativa sería subir la altura de corte del cabezal de la máquina cosechera, para así evitar subir un exceso de material vegetal, aumentando las pérdidas de cosecha ya que podría quedar la parte inferior de la panoja sin cosechar.

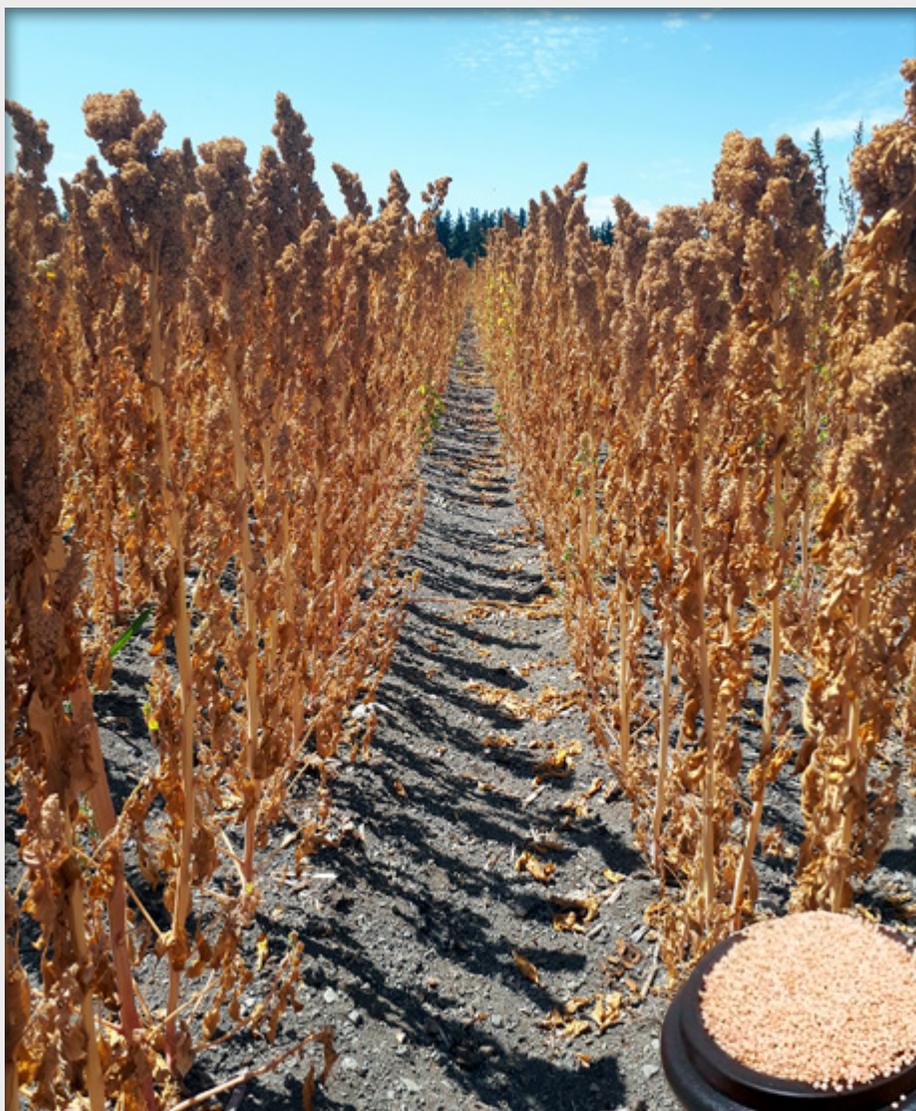
## 8.1.3. Condiciones de la planta

Para tener una buena cosecha mecanizada se debe considerar un buen secado de la planta, lo que incluye la humedad de la panoja y del tallo. Esta condición evita ralentizar el equipo de trilla con material verde.

Una cosecha uniforme se logra cortando el agua de riego en el momento oportuno. Pero también hay que evitar ciertas condiciones que generan un secado desuniforme de las plantas o bien, provocan un secado más lento. Algunos ejemplos de esto es la infiltración y desborde de agua desde canales de riego próximos a los potreros, traslape de equipos de riego, napas freáticas altas, etc.

La cosecha se realiza cuando el porcentaje de humedad del grano es del 12,5%, la cual se relaciona con una humedad de tallo del 15%. Bajo estos parámetros, la planta del cultivar Regalona se caracteriza por presentar un amarillamiento completo, defoliación y un tallo que se quiebra con facilidad. Mientras que el grano se caracteriza por presentar una consistencia harinosa y al presionarlo presenta resistencia a la partidura.

Para determinar el momento oportuno de cosecha es necesario monitorear la humedad del grano, lo cual se puede realizar a través de métodos destructivos.



En terreno la humedad del grano se puede determinar de manera fácil, rápida y precisa con un medidor portátil, previa calibración del equipo. Se han tenido buenas experiencias con la marca Dickey-John, modelo mini GAC Plus.

En laboratorio también se puede determinar la humedad con una termobalanza (Sartorius, MA35 y MA37) o también se puede determinar el peso que pierde el grano, utilizando una estufa con circulación de aire forzado a 130°C por un periodo de 6 horas.

El monitoreo de la humedad permite minimizar las pérdidas de grano por baja humedad a la cosecha, así como también evitar problemas en la trilla y descarga de la tolva por alta humedad.

## 8.2. Cosecha mecanizada

### 8.2.1. Características del equipo cosechador

Durante las últimas tres temporadas la empresa Beneo Orafti ha realizado la cosecha mecanizada de este cultivo con un equipo de flujo axial autopropulsado marca John Deere modelo S690.

Los equipos de flujo axial se caracterizan porque el cilindro y el cóncavo tienen una ubicación longitudinal sobre la máquina, e inclinado respecto a la horizontal, encargándose tanto de la trilla como de la separación del grano. La separación entre cilindro y cóncavo es ajustable, dependiendo del grano trillado y las condiciones del cultivo.

La velocidad de cosecha estará determinada por la condición del cultivo, y debe ser tal que permita contar con un flujo constante de plantas cortadas en la trilla. La velocidad fluctúa entre 3 - 7 km/hr.

Como una manera de mejorar la calidad de cosecha se sugiere la adición de los siguientes accesorios en el equipo cosechador:



- **Contar con un sistema de oruga en el eje delantero** para así disminuir la compactación del suelo.
- **Contar con un sistema de picado fino del material vegetal**, para tener partículas pequeñas y bien distribuidas en el ancho de cosecha.
- **Contar con un monitor que permita al operador visualizar información en tiempo real de la cosecha** (estimación de rendimiento), regulación del equipo cosechero y trazabilidad del cultivo.
- **Contar con piloto automático**, el cual permite realizar una cosecha con mayor precisión (2 - 5 cm de error) y control, ya que el operador mantiene su atención en la calidad de cosecha más que en la conducción.

### 8.2.2. Acondicionamiento del equipo

Dado que la quínoa es apetecido en el mercado por ser un cultivo libre de gluten, es esencial previo al inicio de la temporada de cosecha revisar que la máquina cosechadora esté libre de granos o trazas de otros cultivos.

Para garantizar eso, se debe realizar una limpieza minuciosa del equipo y se recomienda no intercalar con cosecha de otros granos una vez iniciada la temporada de cosecha quínoa.

La limpieza se debe realizar desde el cabezal de corte hasta la descarga de la máquina. Se recomienda utilizar un equipo de aire de alto flujo (30 bar de presión de trabajo y 1.000 L/ min de volumen de salida). Este equipo permite llegar con un flujo de aire adecuado a lugares extremos de la máquina.



### 8.2.3. Regulación de la cosechadora

La trilla de la panoja se realiza a través de el rotor, el cóncavo y con la acción del viento. La velocidad del rotor, abertura del cóncavo y el flujo del viento se pueden ajustar desde la cabina del operador. De esta manera, una buena regulación del equipo permite evitar granos partidos y pérdidas de cola.

**Según la experiencia de Beneo Orafti con este equipo, se recomienda:**

- Regular el viento en un rango de 860 a 880 RPM.
- Utilizar un segundo harnero de 5 a 8 mm, y un tercer harnero de 15 a 17 mm.
- Trabajar con una velocidad del rotor de 810 RPM y una abertura del cóncavo de 5 a 8.

Para cosechar, se recomienda usar cabezal de raps o canola que incluya la extensión del cabezal y las cuchillas de corte lateral. Además, se recomienda instalar puntas de manera intercalada, de manera de minimizar la pérdida de panojas que por choque entre éstas pueden caer hacia adelante del cabezal.

## 8.3 Pérdidas de grano

La pérdidas de granos en el cultivo ocurren:

- Previo a la cosecha: desgrane natural, plantas caídas y/o quebradas, y ataque de pájaros.
- Durante la cosecha: pueden ser pérdidas en el cabezal y en la cola. El primero comprende desgrane de cabezal y pérdidas de panojas que pueden ser proyectadas desde el cabezal. Las pérdidas de cola son las generadas por panojas no trilladas en el cilindro y por mal ajuste del viento.



1. Cabezal 2. Cola 3. Desgrane 4. Panojas

## 8.4. Transporte y almacenaje

### 8.4.1. Transporte

Es importante previo a la carga de la quínoa cosechada sobre un camión (tolva), verificar el estado visual del mismo. Para ello se recomienda inspeccionar y/o verificar los siguientes puntos:

1. Carrocería del camión libre de contaminantes como por ejemplo piedras, semillas o restos de malezas, otros restos vegetales, metales, maderas, vidrios, plástico, entre otros.
2. Plataformas o tolvas secas y limpias.
3. Ausencia total y estricta de insectos vivos o muertos, de fecas animales (roedores, aves, etc.) y de olores extraños.
4. Plataformas o tolvas lisas y sin daños. Por ejemplo, astillas en sus estructuras metálicas, maderas u otra que componga la superficie de contacto con la quínoa.
5. Carpa limpia y seca, verificando los mismos 4 puntos antes señalados.

## 8.4.2. Limpieza de la unidad de transporte (tolva)

En el caso particular del transporte de la quínoa a granel, se debe solicitar al transportista o encargado de la unidad de transporte, previo al carguío de la quínoa (con al menos un día de anticipación), una limpieza exhaustiva para eliminar posibles trazas de cultivos alérgenos tales como el trigo, soya, mostaza, lupino, entre otros. El protocolo de limpieza que se recomienda realizar, para evitar contaminación cruzada, es el siguiente:

1. Lavar con agua toda la superficie del camión que esté en contacto directo con la quínoa. En el caso de que la superficie tenga restos de aceite u otro elemento o compuestos que puedan generar contaminación, lavar con detergentes tradicionales, procurando siempre remover totalmente el producto aplicado.
2. Realizar una limpieza con alcohol técnico diluido al 40% (alcohol técnico etanol concentración inicial 96%). Para ello, se debe realizar una dilución de preferencia con agua destilada. Para preparar 1 litro de alcohol diluido al 40% se necesitan 420 ml de alcohol técnico al 96% y 580 ml de agua destilada. Una vez preparada la dilución se debe aplicar en toda la superficie de contacto, con algún material que no genere residuos en el camión. Repetir operación de dilución tantas veces sea necesario, asegurando limpiar la totalidad de la superficie de carga.
3. Finalmente, se debe aplicar agua a presión (hidrolavadora) para remover cualquier traza remanente de gluten o de alérgenos, que puedan llegar a tener contacto con la quínoa.

Previo al inicio del carguío, la tolva deberá ser revisada y aceptada. La aprobación se debe registrar en un formulario de Registro de Inspección Visual de Transporte.

Finalmente, el conductor del camión debe contar con la documentación del vehículo al día (permiso de circulación, seguro obligatorio y revisión técnica), con una capacitación adecuada y con licencia de conducir profesional (clase A) exigida para cumplir dicha labor.

## 8.4.3. Almacenaje

Los maxi sacos o silos como fuentes contenedoras de los granos de quínoa desde el campo, deberán estar en buen estado, limpios y secos; entendiendo como limpios, libres de tierra, piedra, palos, pajas, restos o semillas de otros cultivos, fecas de animales, entre otras impurezas. En el caso particular de los maxisacos, estos deberán ser nuevos, en el caso de no contar con maxi sacos nuevos, solo se pueden utilizar aquellos que hayan tenido un solo uso previo, y utilizados para contener productos de origen alimenticio. No podrán ser usados si estos fueron utilizados para el transporte de materias primas alérgenas tales como frutos secos (almendra, nueces, etc), maní/cacahuete, trigo y soya (FDA, 2018). A su vez no podrán ser usados si estos fueron utilizados con cualquier sustancia tóxica o agroquímicos que puedan generar contaminación en la quínoa.

# BIBLIOGRAFÍA

Allende, M. 2017. Caracterización morfológica y molecular de accesiones de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Para estimar variabilidad genética. Tesis para optar a MSc Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú.

Aufhammer, W., Kaul, H.-P., Kruse, M., Lee, J.H. and Schwesig, D. 1994. Effects of sowing depth and soil conditions on seedling emergence of amaranth and quinoa. *European Journal of Agronomy*, Volume 3, Issue 3, Pages 205-210. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(14\)80084-1](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(14)80084-1).

Berti, M., Wilckens, R., Hevia, F., Serri, H., Vidal, I., & Mendez, C. (2000). Nitrogen fertilization in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Ciencia e Investigación Agraria*, 27(2), 81-90.

Bhargava, A. and Srivastava, S. 2013. Quinoa: Botany, Production and Uses. India.

Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA. 2013. Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Bioversity International, Roma, Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.

Campillo, R. 2014. Desarrollo de paquetes de fertilización para la ampliación del SIRSD-Sustentable en nutrientes esenciales [en línea]. Temuco: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40010.pdf>. (Consultado: 13 enero 2021).

Cañete, A., E. Ormeño y L. Rodríguez. 2019. Nuevas tecnologías aplicadas en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): avances hacia una producción extensiva en el centro sur de Chile. VII Congreso mundial de la quinua y otros granos andinos. 25-27 marzo 2019. Iquique, Chile. Sesión Poster.

Cañete, A., E. Ormeño y E. Rodríguez. 2019. Nuevas tecnologías aplicadas en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa*, Willd.): avances hacia una producción extensiva en el centro sur de Chile. VII Congreso mundial de la quinua y otros granos andinos. 25-27 marzo 2019. Iquique, Chile. Sesión Poster.

Carillanca N° 99. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Carillanca.

Castillo D., Alfaro C.; Madariaga R., Matus I., Hirzel J., Vera C. 2017. Manual de Buenas Prácticas para el manejo del Trigo Candeal. Programa de Mejoramiento Genético de Trigo, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quilamapu, 44 p.

Céspedes, C., Ovalle, C., y Hirzel, J. (2005). Agricultura orgánica: principios y prácticas de producción. Boletín INIA, 131.

Cloutier D.C., R.Y.V.D. Weide, A. Peruzzi y M.L. Leblanc. 2007. Mechanical weed management. en Upadhyaya M. Kand y R.E. Blackshaw. Non-Chemical Weed Management. CAB International. pp. 111-134.

Cowbrough, M. 2018. Pest Patrol: Try the stale seedbed approach for weeds in alternative crops. <https://www.country-guide.ca/crops/pest-patrol-try-the-stale-seedbed-approach-for-weeds-in-alternative-crops/>

Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN), 2017. Quínoa. Disponible en: <https://www.ciren.cl/wp-content/uploads/2017/12/Qu%C3%ADnoa.pdf>.

Danielsen, S. y Ames, T. 2016. El mildiú de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en la zona andina: manual práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno. Centro Internacional de la papa.

Díaz, J. 2019. Quínoa del sur de Chile. Alternativa productiva y agroindustrial de alto valor [en línea]. Temuco Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Consultado: 13 enero 2021).

Díaz, J., Contreras, G. y Morales, A. 2018. Control de malezas en Quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Informativo INIA Nro 98.

Díaz, J., G. Contreras y A. Morales. 2018. Control de malezas en Quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Informativo INIA Nro 98.

Díaz, J., y G. Contreras. 2020. Control de malezas en quinua. En QUÍNOA DEL SUR DE CHILE Alternativa productiva y agroindustrial de alto valor. J Díaz. Ed. <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/libros/NR41937.pdf>

- Fahad S., S. Hussain, B.S. Chauhan, S. Saud, C. Wu, S. Hassan, M. Tanveer, A. Jan y J. Huang. 2015. Weed growth and crop yield loss in wheat as influenced by row spacing and weed emergence times. *Crop Protection*, vol. 71, 101-108.
- FAO, 2016. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Guía del cultivo de la quínoa. Recuperado de <http://www.fao.org/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=mcSykknEWg-WHkxYqHAHMjKX8NKp12jI01sxDnbc7u4>.
- Fundación Chile, 2011. Manual de recomendaciones cropcheck para el cultivo del trigo candeal. N°1.
- Galdames, R. 2018. Mildiú de la Quínoa en el Sur de Chile (*Chenopodium quinoa* Willd.). Informativo.
- Garnica, I., Lezáun, J. A., Santos, A. y Garnica, J. 2017. Prueba de tolerancia de quínoa (*Chenopodium quinoa*) a varios herbicidas. XVI Congreso de la Sociedad Española de Malherbología. Pamplona-Iruña 2017 315. ISBN: 978-84-9769-327-1 .
- Geerts, S., Mamani, R., García, M., and Raes, D. 2006. Response of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to differential drought stress in the Bolivian Altiplano: Towards a deficit irrigation strategy within a water scarce region.
- Gómez Pando, L., E. Aguilar. 2016. Guía de cultivo de la Quinoa. FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina Lima – Perú. 121p.
- Gonzalez, V. y Sepúlveda, P. 2014. Experiencias de manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate bajo malla antiáfido en el Valle de Azapa [en línea]. Santiago: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias Disponible en: <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40086.pdf> (Consultado: 13 enero 2021).
- Hirzel, J. 2011. Fertilidad de cultivos en Chile. (2ª. Ed.). Chile: Colección Libros INIA.
- Instituto Investigaciones Agropecuarias (INIA), 2015. El cultivo de la quínoa en Chile. BOLETÍN INIA N° 362.
- Instituto Investigaciones Agropecuarias (INIA). 2018. Programación de Riego en Quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Rafael López-Olivari. Informativo INIA n°97.
- Isobe, K., Ishihara, M., Nishigai, Y., Miyagawa, N., Higo, M., Torigoe, Y. 2015. Effects of Soil Moisture, Temperature and Sowing Depth on Emergence of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Japanese journal of crop science*. 84. 17-21. 10.1626/jcs.84.17.
- Jacobsen, S. and Stolen, O. 1993. Quinoa - Morphology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. *Journal of Agronomy* 2: 19-29
- Jacobsen, S., Razzaghi, F., Alvarez-Flores, R., Ruiz Carrasco, K., Morales, A., Silva, H. y Zurita, A. 2015. Quinoa drought responses and adaptation. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130689>.
- Jara, F., Cañete, A. y Barra, L. 2019. Determinación de la demanda de nutrientes del cultivo quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) para un diseño sustentable de suministro de nutrientes bajo el concepto agronómico de Orafti Chile S.A. Póster presentado en: VII Congreso Mundial de la Quínoa y otros Granos Andinos. 25 al 28 de marzo 2019; Iquique.
- Leiva, C., Schmidt, C., Gajardo, G. y Rodríguez, A. 2017. Manual técnico productivo y económico para la producción de quínoa en la Región del Biobío, bajo condición actual y clima proyectado al 2030. (Pub. CIREN N°210/2017).
- Liang, Xi, C. Rogers A. Rashed. K. Shroeder and P. Hutchinson. 2016. Adopting quinoa in Southeastern Idaho. *University of Idaho Ext.Bul. Nr 902*
- Lundkvist A. y T. Verwijst. 2011. *Weed Biology and Weed Management in Organic Farming. Research in Organic Farming – INTECH*.
- Macavilca Edwin. 2019. Relación de la Capacidad Antioxidante Total y Color de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Medido por Colorimetría y Espectrofotometría de Reflectancia Difusa. Tesis Maestría. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú. 123 p.
- Matus, I. (ed.). 2015. El cultivo de la quínoa en Chile. Boletín N° 362. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Rayentué. Rengo. Chile. 103 p.
- Melander B., B. Lattanzi y E. Pannacci. 2015. Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. *Crop Protection*, vol. 72, pp. 1-8
- Merfield, C. N. 2013. False and Stale Seedbeds: The most effective non-chemical weed management tools for crooping and pasture establishment. Lincoln, New Zealand: The BHU Farming Center.
- Miller, T. 2014. Quinoa weed control trials. WSU Mount Vernon. <http://ir4.rutgers.edu/Fooduse/PerfData/3974.pdf>

- Molina, L. 2018. Control químico de malezas en el cultivo de quínoa (*Chenopodium álbum* Willd.). Tesis, Ingeniero Agrónomo, Universidad de Concepción, Facultad de Agronomía. Chillán, Chile.
- Mujica, A. 1997. Cultivo de Quinoa. Lima. Instituto Nacional de Investigación Agraria. 130 p.
- Nishikawa, J., Morales A., Tineo, A., Huamán, H. 2012. Manual de nutrición y fertilización de la Quinoa. CARE-PERÚ y Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (UNSC). 26 p.
- Nurse, R.E. 2016. Optimal planting date, row width, and critical weed-free period for grain amaranth and quinoa grown in Ontario, Canada. *Can. J. Plant Sci.* 96: 360-366
- Ramírez-Navas, J. S. (2010). Espectrocolorimetría en caracterización de leche y quesos. *Tecnología Láctea Latinoamericana*, 61, 52 - 58.
- Razzaghi, F., Ahmadi, S.H., Adolf, V.I., Jensen, C.R., Jacobsen, S. E. and Andersen, M.N. 2011. Water Relations and Transpiration of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Under Salinity and Soil Drying. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 197: 348-360. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.2011.00473.x>
- Rodríguez, J., Pinochet, D. y Matus, F. 2001. La fertilización de los cultivos. Impreso en LOM Ediciones, Santiago de Chile.
- Sacco D., B. Moretti, S. Monaco y C. Grignani. 2015. Six-year transition from conventional to organic farming: effects on crop production and soil quality. *European Journal of Agronomy*. 69, 10-20.
- SAG(Chile). 2020. Lista de plaguicidas autorizados [en línea]. Servicio Agrícola y Ganadero, Chile. <[http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/plaguicidas-y-fertilizantes/78/publicaciones?field\\_tema\\_otros\\_documentos\\_tid=All&field\\_tipo\\_de\\_publicacion\\_tid=All&title=&field\\_fecha\\_otros\\_value=&items\\_per\\_page=All](http://www.sag.cl/ambitos-de-accion/plaguicidas-y-fertilizantes/78/publicaciones?field_tema_otros_documentos_tid=All&field_tipo_de_publicacion_tid=All&title=&field_fecha_otros_value=&items_per_page=All)>. [Consulta: 29 diciembre 2020].
- Smart Fertilizer. 2020a. El Zinc en las plantas [en línea]. <<https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/zinc-in-plants/>>. [Consulta: 10 enero 2021].
- Smart Fertilizer. 2020b. Azufre [en línea]. <<https://www.smart-fertilizer.com/es/articulos/sulfur/>>. [Consulta: 10 enero 2021].
- Spadaro, D., Herforth-Rahmé, J., & van der Wolf, J. (2017). Organic seed treatments of vegetables to prevent seedborne diseases. *Acta Horticultura*, 1(1164), 23-32.)
- Taylor, J., and Parker, M. 2002. Quinoa. In: Pseudocereals and less common cereals. Grain properties and utilization potential. P. Belton and J. Taylor (Eds).
- Torres, A. 2017. Mildiú de la quínoa. Ficha técnica N°31. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA La Cruz, Chile.
- U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 1997. National Engineering Handbook: Irrigation Guide, Part 652.
- UPOV. 2017. Quinoa. Recuperado de: [https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/twa\\_46/tg\\_cheno\\_proj\\_4.pdf](https://www.upov.int/edocs/mdocs/upov/en/twa_46/tg_cheno_proj_4.pdf)
- Young S., F. Pierce y P. Nowak. 2014. Introduction: Scope of the Problem's Rising Costs and Demand for Environmental Safety for Weed Control. en Young S.L. y F.J. Pierce (Ed) *Automation: The Future of Weed Control in Cropping Systems*. Springer Netherlands pp. 1-8.
- Zamudio, D. 2018. Relación de la morfología de la inflorescencia y los componentes de rendimiento de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Lima, Perú.
- Zurita-Silva, A.; Albornoz, F.; Veas, E.; Cortés, H. 2018. Cultivo de la Quínoa en zonas áridas (2). Manejo Agronómico. Informativo Intihuasi N° 75. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación Intihuasi.



Manual técnico para el manejo orgánico, convencional e industrial  
del cultivo de quínoa en la zona centro sur de Chile

