

**“COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE QUÍNOA EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE  
BUENOS AIRES”**

Trabajo Final de Grado del alumno:

**LUCAS DARIO SABINO**

**LEGAJO: 13477/6**

Este trabajo ha sido presentado como requisito  
para la obtención del título de

**Ingeniero Agrónomo**

Carrera

**Ingeniería Agronómica**

**UNNOBA**

*Reforma Universitaria*

Dra. Sabrina Costa Tártara

Dra. Mariana Bracco

**Director**

**Co-Director**

**NOROESTE BUENOS AIRES**

Carrera

**Ingeniería Agronómica**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.**

**Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

Junín, 10 de Abril de 2018

**“COMPORTAMIENTO DE GENOTIPOS DE QUÍNOA EN EL NOROESTE DE LA PROVINCIA DE  
BUENOS AIRES”**

Trabajo Final de Grado  
del alumno

**Lucas Dario Sabino**

Aprobada por el Tribunal Evaluador

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

(Nombre y Apellido)  
**Evaluador**

**Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,  
Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires**

Junin, 10 de Abril de 2018

## Índice

Introducción .....	1
Hipótesis.....	4
Objetivos .....	4
Objetivo general:.....	4
Objetivos específicos: .....	4
Materiales y Métodos .....	5
Lugar del ensayo y diseño experimental.....	5
Material vegetal y conducción del ensayo .....	6
Caracterización de los genotipos .....	8
Análisis de datos .....	10
Resultados y Discusión.....	10
Evaluación de caracteres agronómicos .....	10
Evaluación de caracteres fenológicos .....	17
Rendimiento de los genotipos .....	19
Comportamiento de la quínoa en relación a las condiciones climáticas.....	21
Expresión del rendimiento en función de sus componentes. ....	23
Conclusión .....	26
Consideraciones finales.....	26
Anexo.....	28
Bibliografía .....	31

## **Agradecimientos**

En primer lugar quisiera agradecer a mi familia, quienes son el motor de mi vida, siempre estuvieron en momentos buenos y malos, ayudándome a convertirme en el profesional que anhelo ser.

A mi Directora, Dra. Sabrina Costa Tártara por dedicarme sin conocerme lo mejor que una persona te puede dar, que es su tiempo y enseñarme bastante en este largo camino que es la tesis. También a la Dra. Mariana Bracco por tomarse el compromiso de involucrarse en el tema y ayudar en este trabajo.

A la Universidad Nacional del Noroeste de Buenos Aires y a todos mis profesores, por haberme brindado tanto conocimiento, herramientas y sobre todo a formarme como persona. La Universidad pública Argentina es un estandarte que nos debe hacer sentir orgullo a todos.

Al Ing. Agr. German De Cunto y toda su familia por tomarse el compromiso de ayudar y brindarme el espacio las herramientas y el conocimiento para poder desarrollar este trabajo.

A la Ing. Agr. Agustina Ansa por ayudarme con conocimientos de zoología y el Ing. Agr. Miguel Lavilla en conocimientos de fitopatología.

Y por último a todas las personas que de una manera u otra aportaron en mi carrera universitaria.

# **Comportamiento de genotipos de Quínoa en el Noroeste de la Provincia de Buenos Aires.**

## **Palabras Claves**

Quínoa, Rendimiento, Caracteres fenológicos, Caracteres agronómicos, Genotipos, Variables.

## **Introducción**

La quínoa (*Chenopodium quínoa* Willd) es un pseudocereal anual perteneciente a la familia Amarantáceas, subfamilia Chenopodiaceas. Es una planta anual de reproducción mayormente autógama, que puede tener una altura de 0,3 hasta 3 metros según el ecotipo y el medio ecológico donde se cultive. Presenta una raíz pivotante cuya extensión depende de la altura de la planta, un tallo circular en la base que se convierte en angular donde nacen las ramas. La capacidad de ramificación depende del genotipo, pudiéndose encontrar genotipos con un solo tallo principal, y otros con gran capacidad de ramificar. Las hojas presentan polimorfismo siendo las basales de forma romboide y las que se encuentran cerca de la inflorescencia de forma lanceolada. Poseen células ricas en oxalato de calcio que le permiten absorber y retener la humedad ambiental, siendo este un mecanismo de defensa contra el estrés térmico. La inflorescencia se denomina panoja y contiene las flores que pueden ser hermafroditas o pistiladas. El fruto es un aquenio, recubierto por un perigonio de fácil extracción al frotarlo (Tapia, 2000).

La importancia de este cultivo radica en su alto valor nutritivo (Bazile *et al.*, 2014) ya que contiene una gran cantidad de aminoácidos esenciales, es libre de gluten, con lo cual es una alternativa de alimentación para los celíacos, además de tener un contenido histórico por ser un alimento utilizado por los pobladores en la antigüedad, antes del Imperio Inca. De la quínoa se consume el grano, pudiendo ser una especie alternativa o complemento nutricional

respecto del arroz, y también se muele obteniendo harina que se utiliza en formulaciones libres de gluten, o bien como complemento nutricional en formulaciones con harina de trigo. Una característica que se debe tener en cuenta es que la mayoría de las semillas de quínoa maduras contienen en el pericarpio compuestos triterpenoides no nutricionales denominados saponinas. Estos compuestos afectan la digestibilidad, la absorción de nutrientes y dan un sabor amargo al grano, por lo que deben ser eliminadas antes de su consumo, ya sea por procesos físicos como el escarificado, químicos como el lavado en agua, o la mezcla de ambos.

El área de cultivo en Sudamérica se extiende desde los 2º latitud norte en Colombia hasta 47º latitud sur en Chile, y desde el nivel del mar hasta 4.000 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar) (Rivas, 2013), abarcando ambientes muy diversos. Se cree que su centro de origen es la hoya hidrográfica del lago Titicaca, cerca de la frontera de Bolivia y Perú (Fuentes *et al.* 2009) donde se ha registrado una alta variabilidad genética para la especie. En dicha variabilidad se refleja la amplia distribución geográfica del cultivo y la diversidad de ambientes en los que crece, le permiten una amplia posibilidad de adaptación y requerimientos agronómicos variables. Presenta tolerancia a condiciones adversas tales como sequía, salinidad, bajas temperaturas, suelos pobres en nutrientes (Food and Agriculture Organization “FAO”, 2011), pudiéndose desarrollar también en zonas de bajas precipitaciones (puna). La clasificación más utilizada para la quínoa es la definida por Tapia (1982), quien la clasificó en “ecotipos” según las cinco principales regiones de Sudamérica donde se cultiva. Son las siguientes: quínoas de Valle (Colombia, Ecuador y Perú), quínoas de Altiplano (Bolivia y Perú), quínoas del Salar (Bolivia, Chile y Argentina), quínoas de Yungas o región sub-tropical (Bolivia) y quínoas de Nivel del Mar, que se cultivan en el centro-sur de Chile (desde los 30º hasta los 47º de latitud sur), adaptadas a baja altura y precipitaciones muy variables (400 a 1500 mm anuales).

Bolivia y Perú son históricamente los mayores exportadores de grano de quínoa, con el 88% de la producción mundial (Jancurová *et al.*, 2009), también participan de las exportaciones Ecuador y Chile, en menor medida. La producción en estos países es de carácter intensivo y mayormente manual. En lo que respecta a la demanda mundial, Estados Unidos es el mayor importador con 53 %, seguido por Canadá y Francia (Bazile *et al.*, 2014).

De acuerdo a las estadísticas publicadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) respecto a la producción a nivel mundial, entre 2010 y 2014 se registraron incrementos en la superficie cosechada y por ende en el volumen de producción, de 94.985 ha y 78.700 tn, a 243.227 ha y 192.506 tn respectivamente. El rendimiento promedio de ese periodo fue de 700 kg/ha, aproximadamente (FAOSTAT, 2016).

En Argentina la principal zona de producción de quínoa es el Noroeste, en ambientes de puna, valle y quebrada de las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca y Tucumán (Curti *et al.*, 2011). Si bien no existen cifras oficiales del cultivo en el país, Alarcón (2012) estima una superficie cultivada de 151 ha, siendo de estas, 26 ha en la provincia de Buenos Aires y La Pampa. En los últimos años, se están realizando evaluaciones agronómicas en las provincias de La Rioja, Córdoba, La Pampa y San Juan, de acuerdo a lo expuesto en el Congreso Internacional de Quínoa en 2015. En la provincia de Buenos Aires la experiencia más relevante fue la evaluación de cultivares realizada entre los años 2007 a 2012, en el valle del Río Colorado, en el sur de la provincia. El objetivo principal del trabajo fue evaluar la aptitud agronómica de distintos genotipos (morfología, longitud de ciclo, incidencia de plagas y enfermedades, madurez homogénea, dehiscencia) y la posibilidad de mecanización de las labores en el cultivo. Los cultivares que mostraron mejores desempeño fueron ecotipos de Nivel del Mar (Rivas, 2013), cuyos rendimientos resultaron mayores a los 1000 kg/ha. Heter y Cogliatti (2015) evaluaron la factibilidad económica y agronómica del cultivo para el centro de la provincia de Buenos Aires, concluyendo que la quínoa no presenta limitaciones tecnológicas ya que compartiría los implementos e insumos utilizados para los cultivos de la rotación agrícola tradicional.

Características como buena radiación, disponibilidad de agua y nutrientes durante el período cercano a la antesis, aparecen como críticas para determinar la adaptación, o no, de un genotipo a un ambiente determinado. La quínoa se comporta como una planta cuantitativa de día corto, sin embargo, presenta una respuesta gradual en relación a la latitud del ambiente de origen. Las plantas cuantitativas de día corto son las que incrementan la duración de una determinada etapa del desarrollo ante aumentos del fotoperíodo. Los genotipos de Nivel del Mar son los que presentan menor sensibilidad al fotoperíodo y son menos sensibles al daño causado por la conjunción altas temperaturas y días largos que las

tropicales, lo que hace que sean los más convenientes para ambientes templados (Bertero *et al.*, 1999; Bertero y Hall, 2001). Actualmente, la quínoa no es un cultivo utilizado en la región pampeana núcleo, comprendida por las provincias de Buenos Aires, Córdoba, La Pampa, Santa Fe y Entre Ríos. Teniendo en cuenta tanto sus cualidades alimenticias y amplia posibilidad de adaptación a diferentes condiciones agroclimáticas, el principal objetivo de este trabajo fue caracterizar el comportamiento de diferentes genotipos de quínoa de Nivel del Mar, en una localidad del noroeste de la provincia de Buenos Aires. Los resultados de la caracterización permitirán evaluar su inserción en la rotación (Trigo – Soja 2° - Maíz), (Soja – Maíz), (Soja – Soja), con el fin de ampliar las posibilidades de cultivos alternativos para la región, y aportar a la seguridad agroalimentaria.

### **Hipótesis**

Existe comportamiento diferencial de genotipos de quínoa en el Noroeste de la provincia de Buenos Aires.

### **Objetivos**

#### **Objetivo general:**

Analizar el comportamiento agronómico de cuatro genotipos de quínoa en el noroeste de la provincia de Buenos Aires.

#### **Objetivos específicos:**

- i) Evaluar cuatro genotipos de quínoa de ecotipo Nivel del Mar a través de caracteres agronómicos y fenológicos.
- ii) Evaluar si existen diferencias entre genotipos en función del rendimiento.
- iii) Explicar la expresión del rendimiento en función de sus componentes.



## Materiales y Métodos

### Lugar del ensayo y diseño experimental

El ensayo se realizó en el partido de Chacabuco, provincia de Buenos Aires. En el campo del Ingeniero German De Cunto ubicado sobre la Ruta 191 Km 138 ( $34^{\circ} 38' 00''\text{S}$ ,  $60^{\circ} 28' 00''\text{O}$ ) sobre un suelo Argiudol típico perteneciente a la serie Chacabuco, sin limitaciones edáficas. El diseño fue en Bloques Completamente Aleatorizados (DBCA) con 3 repeticiones por fecha (Figura 1). Las parcelas fueron de 6 surcos de 4 metros de largo, con un espaciamiento entre estos de 42 cm teniendo en cuenta utilizar las plantas de los cuatro surcos centrales para realizar las evaluaciones.

1° fecha 3 de Dic 2015					2° fecha 31 Oct 2016			
Cahuil	Regalona	Villarica	Faro	R3	Faro	Cahuil	Villarica	Regalona
Regalona	Villarica	Faro	Cahuil	R2	Regalona	Villarica	Cahuil	Faro
Faro	Regalona	Cahuil	Villarica	R1	Cahuil	Regalona	Faro	Villarica

Figura 1: Plano del Ensayo

## Material vegetal y conducción del ensayo

En el presente ensayo se utilizaron ecotipos de Nivel del Mar, cedidos por la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) INTA de San Juan. Los materiales utilizados fueron Villarica, un genotipo procedente de la región sur de Chile (39°Sur); Cahuil y Faro, dos genotipos procedentes de la región del centro (34° Sur). En relación a la diversidad genética de la quínoa en Chile, esta es conservada principalmente por agricultores indígenas Mapuches en el sur, y el patrón de la variabilidad presenta una fragmentación formando dos grupos, centro y sur. El germoplasma es utilizado por los campesinos de cada región (Fuentes et al., 2009; Miranda *et al.*, 2012). Cabe destacar que de los cuatro genotipos evaluados, Cahuil y Faro son considerados fenotípicamente estables (Rivas, 2013). El cuarto material participante es un genotipo comercial obtenido por selección a partir de germoplasma de Nivel del Mar de la región sur denominada Regalona, difundida en los últimos dos años entre productores de Buenos Aires. La elección del germoplasma se fundamentó en la disponibilidad de la semilla a partir de su cesión por la EEA San Juan.

Desde el punto de vista nutricional, Regalona y Villarica son los genotipos que presentan mayor contenido de proteína con 14,66 y 16,10 g/100g de quínoa, respectivamente, y entre ellas; Villarica el mayor contenido de aminoácidos esenciales mientras que Cahuil el menor. El contenido de saponina se diferencia entre genotipos siendo más alto en Cahuil (4 g/100 g de quínoa) y el más bajo en Villarica (1g/100 g de quínoa). Por último, los genotipos se diferencian también en el contenido de grasa, parámetro para el cual Cahuil presenta los mayores valores (7,15 g/100 g de quínoa), y actividad antioxidante, para el que Faro se destaca (79,58%) (Miranda *et al.*, 2012).

Las labores previas a la siembra fueron cincel, rastra de disco y rolo. La siembra se realizó manualmente siendo las fechas elegidas para la misma, el 3 de diciembre 2015 (1º año) y 30 de octubre de 2016 (2º año). Se utilizó cura semillas Fludioxonil + Metalaxil-M. La densidad de siembra teórica fue de 250.000 plantas por hectárea (Rivas, 2013), midiéndose a cosecha una densidad promedio de 200.000 plantas por ha.

El control de malezas se realizó manualmente. Se evaluó la presencia de insectos, identificándose los siguientes: *Spilosoma virginica* “gata peluda norteamericana”, *Lygaeus alboornatus* “chinche rojinegra”, *Strymon eurytulus* “frotadora común” *Rachiplusia nu* “oruga

medidora” (Figura 2), *Cycloneda sanguinea* “vaquita de San Jose”, *Myzus persicae* “Pulgón verde” (Figura 3), *Diabrotica speciosa* “vaquita de san Antonio”. Se decidió aplicar Rynaxipir cuando la población de *Spilosoma virginica* justificó la medida de control, tomándose como umbral de daño económico una larva/m<sup>2</sup> y durante período de formación de panoja, preservando la fauna entomo-benéfica. Las enfermedades no presentaron mayor problema en el desarrollo del cultivo, encontrándose enfermedades fúngicas en el tallo a finales de ciclo, sin discriminar por genotipo.

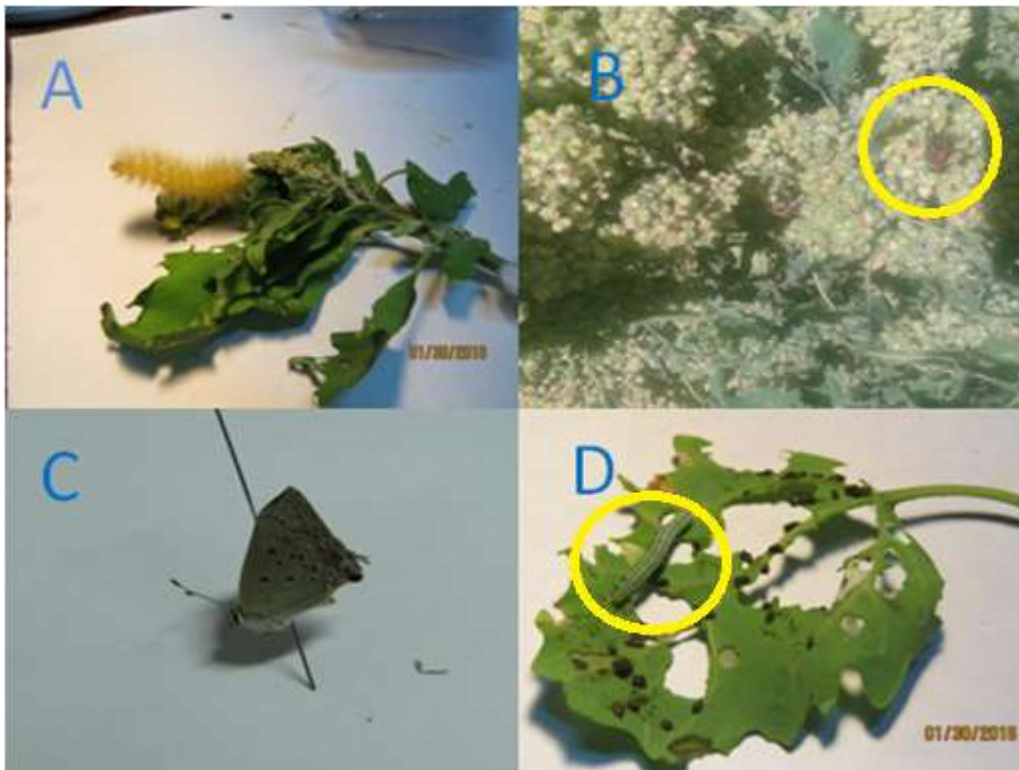


Figura 2: A) *Spilosoma virginica* “gata peluda norteamericana”, B) *Lygaeus alboornatus* “chinche rojinegra”, C) *Strymon eurytulus* “frotadora común”, D) *Rachiplusia nu* “oruga medidora”



Figura 3: A) *Cycloneda sanguinea* “vaquita de San Jose” B) *Myzus persicae* “Pulgón verde”

La cosecha se realizó manualmente el 19 de marzo de 2016 y el 22 de febrero de 2017. A partir de madurez fisiológica se evaluó el momento de cosecha más adecuado de acuerdo a las condiciones ambientales. Una vez terminada la cosecha se recurrió a cámara de secado y posterior trilla manual.

### **Caracterización de los genotipos participantes.**

La variabilidad genética de los vegetales se puede medir en diferentes niveles, uno de los cuales es el nivel fenotípico, que involucra la descripción de características de naturaleza sea cualitativa o cuantitativa, cuya expresión es visible (Franco y Hidalgo, 2003). En este trabajo se seleccionaron características morfoagronómicas de naturaleza cuantitativa que describen la morfología y la arquitectura de la planta, y características relacionadas a los componentes del rendimiento del cultivo, con el objetivo de diferenciar los materiales genéticos ensayados. Para evaluar los materiales desde el punto de vista fenológico se realizaron observaciones semanales en el cultivo para determinar la ocurrencia de las siguientes fases: siembra- emergencia, emergencia- primera antesis (se encuentra al menos

una flor abierta en la planta), primera antesis- madurez fisiológica (cuando el 50 % se encuentra senescente de color amarillo). La determinación de la etapa se consideró cuando el 50 % de las plantas presentaba el estadio a evaluar. Se obtuvieron también los datos de temperatura y precipitaciones a lo largo del ciclo a fin de determinar el tiempo térmico necesario para el cumplimiento de las etapas fenológicas del cultivo y las precipitaciones ocurridas durante el ciclo.

El registro de las características morfoagronómicas se realizó en madurez fisiológica, para lo cual se cosecharon 5 plantas por parcela de cada material genético, tomadas al azar de los cuatro surcos centrales, teniendo un mínimo de 15 plantas. Se registraron nueve variables cuantitativas, a fin de caracterizar germoplasma de quínoa de acuerdo a lo descrito en Curti *et al.* (2011) y Miranda *et al.* (2012):

- Altura de planta (cm)
- Diámetro del tallo (cm)
- Número de ramas 2/3 inferior\*
- Número de ramas fructíferas\*\*
- Largo de panoja 1/3 superior (cm)\*\*\*
- Ancho y largo de las panojas (cm)
- Biomasa de planta (g)
- Biomasa de grano (g) \*\*\*\*
- Índice de cosecha (tomado como la relación entre la biomasa de semilla y biomasa total).
- Peso de 1000 granos\*\*\*\*\*.

\* El número de ramas se determina sobre el tallo principal desde el nudo basal, tomando en cuenta dos tercios de la planta en relación a su altura.

\*\* El número de ramas fructíferas se determinó por la cantidad de ramas que poseían panoja terminal.

\*\*\* Longitud del tercio superior de la planta en relación a su altura.

\*\*\*\* La biomasa de grano se obtuvo pesando el total de los granos que poseía cada planta.

\*\*\*\*\*El peso de grano se calcula para cada genotipo a través del promedio de tres muestras de 100 granos cada una.

El rendimiento (Kg/ha) y el peso de mil semillas (g), se registraron sobre el total de plantas cosechadas para cada genotipo.

## **Análisis de datos**

Cada variable cuantitativa se analizó con estadísticos simples como la media, varianza, desvío estándar, error estándar, coeficiente de variación y rango, para describir el comportamiento de cada genotipo en relación con cada variable. Luego, a fin de considerar todas las variables cuantitativas registradas en cada genotipo se realizó un análisis multivariado en el que cada variable tomó el valor promedio de 15 plantas. Con los datos estandarizados de las variables, se construyó una matriz de correlaciones a partir de la cual se aplicó un Análisis de Componentes Principales (ACP).

Se realizó un Análisis de Varianza de un solo factor (genotipo) para analizar el efecto sobre el rendimiento como variable respuesta. Dado los problemas presentados en los valores de rendimiento obtenidos en la siembra realizada en octubre de 2016 (segunda siembra), se decidió no considerar en el estudio a esos valores por lo que no se realizó la comparación entre años, haciéndose solamente una comparación entre los genotipos participantes, con los resultados obtenidos en la siembra de diciembre de 2015 (primera siembra). Para analizar los componentes del rendimiento se utilizó un ANOVA para cada componente, con el fin de cuantificar diferencias entre los genotipos.

Para todos los análisis se utilizó el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016), versión libre.

## **Resultados y Discusión**

### **Evaluación de caracteres agronómicos**

La caracterización del germoplasma se realizó sobre un total de 60 plantas, habiéndose muestreado 5 plantas por parcela de cada material en la cosecha del primer año.



Mediante estadísticos simples se caracterizó cada una de las variables (Tabla 1). Cabe aclarar que se utilizaron plantas del primer año solamente debido a que el crecimiento y desarrollo de las plantas en el segundo año estuvo severamente afectado por las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo.

Tabla 1: Análisis estadístico descriptivo de las variables.

Variable	n	Media	D.E.	S <sup>2</sup>	E.E.	CV (%)	Rango
Altura de planta (cm)	60	118,57	21,86	477,71	2,82	18,43	73-168
Ancho de panoja (cm)	60	8,33	2,67	7,14	0,34	32,07	3-17
Biomasa de grano (g)	60	14,86	7,69	59,17	0,99	51,76	4,5-35,9
Biomasa de planta (g)	60	33,16	21,15	447,28	2,73	63,77	8-82,4
Diámetro del tallo (cm)	60	1,04	0,28	0,08	0,04	26,9	0,6-1,7
Índice de cosecha por planta	60	0,33	0,09	0,01	0,01	26,84	0,11-0,48
Largo de panoja (cm)	60	19,6	5,88	34,62	0,76	30,02	9-36
Largo de panoja 1/3 superior (cm)	60	39,27	7,22	52,16	0,93	18,39	24-56
Numero de ramas 2/3 inferior	60	16,8	5,1	26,06	0,66	30,39	6-29
Numero de ramas fructíferas	60	5,93	3,64	13,22	0,47	61,27	0 - 15

Media: Promedio del número de muestras, n: número de muestras, D.E: Desvió estándar, S<sup>2</sup>: Varianza, E.E: Error Estándar, CV: Coeficiente de variación

Las variables altura y biomasa de planta presentaron la mayor dispersión de datos, mientras que los datos obtenidos para diámetro de tallo e índice de cosecha se encontraron más agrupados. Las variables que presentaron los mayores valores de Coeficiente de Variación (CV) fueron biomasa de planta (63,77%), biomasa de grano (51,76%) y número de ramas fructíferas (61,27%). En contraposición, la altura de planta (18,43%) y el largo de panoja 1/3 superior (18,39%) fueron las variables que presentaron menor variación. El CV reflejó el grado de dispersión de los valores. Valores de CV mayores al 50 % pueden considerarse como los caracteres que presentaron la más alta variabilidad, mientras que los caracteres con CV menor al 20 % que presentaron poca variabilidad (Franco y Hidalgo, 2003). Las variables número de ramas fructíferas y biomasa de planta están relacionadas con la arquitectura de planta que presenta cada genotipo, así como también número de ramas de los dos tercios inferiores, largo y ancho de panoja, cuyos CV fueron intermedios en valor (30,39%, 30,02%, 32,07%, respectivamente). La alta variabilidad observada en estos

caracteres refleja la variabilidad observada en relación con la arquitectura de planta entre los genotipos evaluados.

Para evaluar los genotipos en función de los caracteres medidos, se calculó el valor promedio entre las 15 plantas evaluadas (Tabla 2).

Tabla 2: Valores promedio de los caracteres cuantitativos para cada genotipo.

Variables	Genotipos			
	Villarica	Cahuil	Faro	Regalona
<b>Altura de planta (cm)</b>	104,47± 3,9	147,33± 3,52	122,2± 2,32	100,27± 1,74
<b>Ancho de panoja (cm)</b>	10,93± 0,67	8,4± 0,62	7,2± 0,51	6,8± 0,43
<b>Biomasa de grano (g)</b>	14,32± 2,2	17,32± 1,69	18,47± 2,05	9,34± 1,09
<b>Biomasa de planta (g)</b>	25,87± 3,53	55,92± 4,27	36,3± 5,03	14,56± 1,86
<b>Diámetro del tallo (cm)</b>	1,01± 0,05	1,28± 0,05	1,1± 0,07	0,79± 0,05
<b>Índice de cosecha por planta</b>	0,36± 0,03	0,23± 0,01	0,35± 0,02	0,39± 0,01
<b>Largo de panoja (cm)</b>	23,13± 1,26	22,53± 1,16	20,13± 1,23	12,6± 0,5
<b>Largo de panoja 1/3 superior (cm)</b>	34,6± 1,27	48,73± 1,2	40,33± 0,84	33,4± 0,64
<b>Número de ramas 2/3 inferior (cm)</b>	14,93± 0,65	22± 1,18	17,93± 1,2	12,33± 0,61
<b>Número de ramas fructíferas</b>	6,73± 0,45	8,47± 0,86	6,73± 0,78	1,8± 0,63

\*Se informa los valores promedios con su respectivo Error Estándar.

El genotipo Cahuil presentó los mayores valores en las variables de altura (147,33 ± 3,52cm), diámetro de tallo (8,4 ± 0,62cm), largo de panoja (22,53 ± 1,16cm), número de ramas (22 ± 1,18) y biomasa de planta (55,92 ± 4,27g), sin embargo presentó el menor índice de cosecha (0,23 ± 0,01). El genotipo Faro presentó menor número de ramas, sin embargo se observó un genotipo con alta capacidad para ramificar y elevada biomasa de grano (18,47 ± 2,05g), mejorando el índice de cosecha (0,35± 0,02). En cuanto al genotipo Villarrica se destacó la variable ancho de panoja que fue mayor que el resto. En el campo, este genotipo presentó tendencia al vuelco. Por último, Regalona, presentó menor número de ramas y altura que las anteriores, sin embargo fue la que resultó con el mayor índice de cosecha (0,39 ± 0,01).



En las figuras 4 a 7 se observa la arquitectura de planta y morfología de panoja de una planta individual de cada genotipo evaluado, en todos los casos se seleccionaron aquellas plantas cuya panoja constituía la forma más representativa presente en la parcela.



Figura 4: genotipo Villarica.



Figura 5: genotipo Cahuil.



Figura 6: genotipo Faro.



Figura 7: genotipo Regalona.

Con el fin de utilizar todas las variables evaluadas simultáneamente para caracterizar los genotipos se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) (Figura 8), a partir de una matriz de correlación (Anexo, tabla 1) utilizando como valores representativos de las variables los valores promedio estandarizados. El ACP permite, con pérdida mínima de

información agrupar toda la variación de las variables cuantitativas en estudio, en una representación gráfica simplificada de unos pocos ejes o componentes, dichos componentes no están correlacionados entre sí.

### Análisis de Componentes Principales

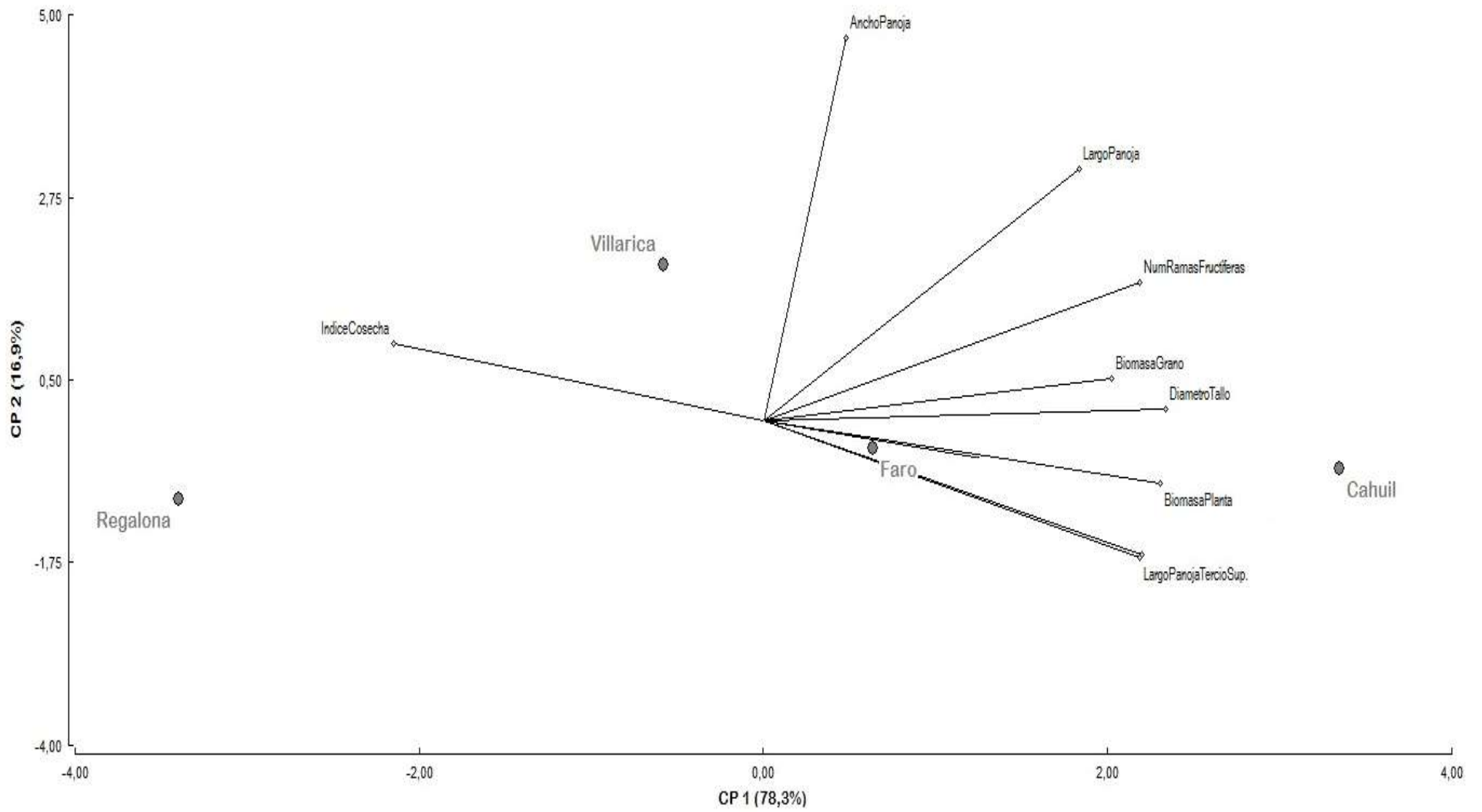


Figura 8: Análisis de componentes principales.

Las dos componentes explicaron el 95,2 % de la variabilidad total, 78,3 % en la primera componente (CP1) y 16,9 % la segunda componente (CP2). Las variables que tuvieron mayor peso sobre la CP1 (Anexo, tabla 2) fueron: Altura Planta, Diámetro Tallo, Número de Ramas en los dos tercios inferiores, Número de Ramas Fructíferas, Largo Panoja en el Tercio Superior, Biomasa Grano, Biomasa Planta e Índice Cosecha. Esta última variable tiene un vector con dirección inversa al resto de las variables (dado por la correlación negativa con el resto de las variables). Sobre la CP1 se mantuvieron cercanas y en el centro de los cuadrantes los genotipos intermedios Villarica y Faro, mientras que Cahuil y Regalona resultaron extremos (derecho e izquierdo, respectivamente). Los genotipos que se ubicaron hacia la derecha presentaron los mayores valores para las variables mencionadas excepto el Índice de cosecha. En contraposición se encontró Regalona presentando el mayor índice de cosecha junto con Villarica, y el menor valor para el resto de las variables. Las variables que tuvieron más peso sobre la CP2 fueron Ancho de Panoja y Largo de Panoja, discriminando Regalona, Faro y Cahuil de Villarica. Para estas variables Villarica presentó los mayores valores. El análisis estadístico permitió concluir que las variables que caracterizaron la arquitectura de planta (altura, diámetro de tallo, número de ramas en los dos tercios inferiores, número de ramas fructíferas, biomasa de planta) presentaron alta correlación entre ellas, brindando información similar.

### **Evaluación de caracteres fenológicos**

Para caracterizar la fenología de los genotipos se realizó una observación semanal, para cada año del ensayo, durante el ciclo del cultivo para identificar la duración en días y tiempo térmico (TT), (Anexo, tabla 3) de las siguientes etapas fenológicas: siembra-emergencia, emergencia- 7 hojas, 7 hojas- antesis, antesis- madurez fisiológica. La determinación de la etapa se consideró cuando el 50 % de las plantas presentaba el estadio a evaluar. Para la campaña 2015-2016 (1<sup>er</sup> año) hubo diferencias en cuanto al largo del ciclo total del cultivo en los genotipos, como se puede observar en la figura 9. El genotipo Regalona presentó el ciclo más corto (98 días), en contraste con Faro (119 días) y Cahuil (116 días) que presentaron el ciclo más largo. Con relación a las etapas calculadas en tiempo térmico (TT), el genotipo Regalona acumuló 1909 grados día (°Cd) para llegar a

madurez fisiológica, luego Villarica con 2082 °Cd y necesitaron acumular más temperatura Cahuil con 2220 °Cd y Faro con 2279°Cd. Para estos dos últimos genotipos en el primer año de siembra se recurrió al uso de cámara de secado para disminuir la humedad del grano.

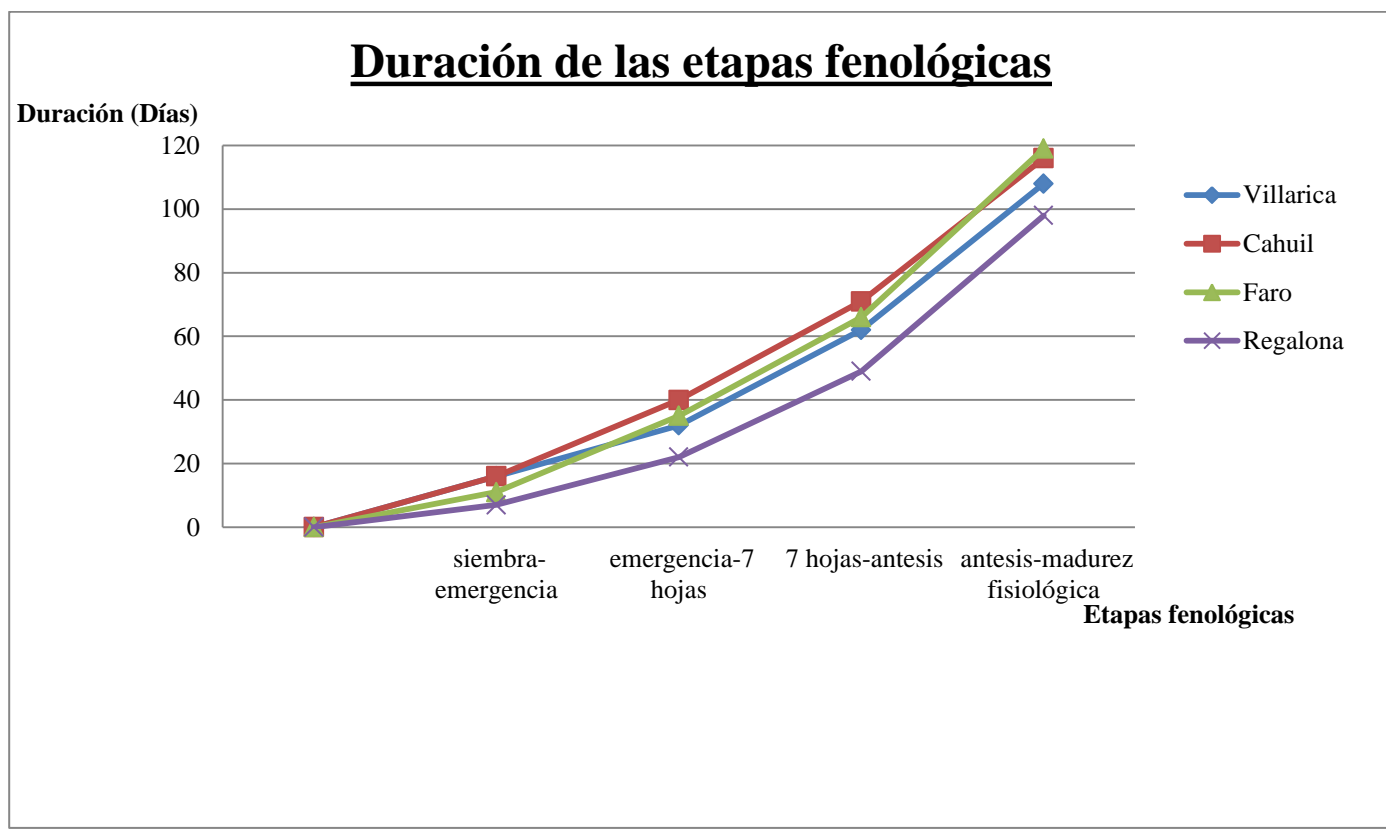


Figura 9: Duración de etapas fenológicas de los genotipos evaluados en la campaña 2015-2016.

En el segundo año, no hubo gran diferencia entre los genotipos al llegar a madurez fisiológica en cuanto a la duración en días (Anexo, figura 1). El genotipo Cáhuil fue la de ciclo más largo (110 días) y Regalona fue la de ciclo más corto (103 días), de manera similar a lo que ocurrió en la primer año.

Bazile *et al.* (2014) valoraron la clasificación de las quínoas por su fenología en precoces (hasta 150 días de ciclo), semi- precoces y tardías (hasta 210 días de ciclo). En este sentido, teniendo en cuenta los resultados, los genotipos evaluados se clasifican como precoces. Además, se observó que el genotipo Cahuil necesitó mayor tiempo para llegar a

antes que el resto de los genotipos. Esto coincide con lo observado por Zingaretti *et al.* (2015), que sostienen que este genotipo al desarrollar gran cantidad de ramas se retrasa en ese período con respecto a otros genotipos. En contraposición el genotipo Regalona alcanza antes que los demás genotipos evaluados el momento de antesis.

### Rendimiento de los genotipos

Los resultados de rendimiento para los diferentes genotipos evaluados en los dos años de ensayo, se muestran en la tabla 3 y Anexo tabla 4.

Tabla 3: Rendimientos obtenidos por los genotipos participantes en el primer año de siembra.

Genotipos	Bloques	Rendimientos (kg/ha) Primer año
Villarica	B1	977
	B2	1755
	B3	1378
Cahuil	B1	629
	B2	1706
	B3	1786
Faro	B1	1046
	B2	1786
	B3	1200
Regalona	B1	1140
	B2	2857
	B3	1909

Los rendimientos promedios para el primer año de siembra fueron entre 1344 kg/ha (Faro) a 1969 kg/ha (Regalona), mientras que en el segundo año de siembra fue 243 kg/ha (Regalona) a 687 kg/ha (Faro). Teniendo en cuenta el rendimiento de quínoa a nivel mundial (700 kg/ha), los valores obtenidos en el primer año fueron superiores. Por otra parte Rivas

(2013) cita valores de rendimientos obtenidos en un experimento bajo riego entre 1012 y 2064 kg/ha. Por lo tanto los rendimientos obtenidos en el primer año se pueden calificar como aceptables para la región. En el segundo año de siembra, los rendimientos fueron muy inferiores a los citados anteriormente, viéndose influido, entre otros factores, por copiosas precipitaciones, tema que se desarrolla más adelante.

Por lo expuesto anteriormente se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para un factor (genotipo) sobre el primer año de siembra (Figura 10), donde se analizó el efecto sobre el rendimiento con una significancia del 95 %. Se realizó un ANOVA para el segundo año de siembra, pero al no contar con un coeficiente de variación adecuado ( $CV < 40\%$ ) (Balzarini *et al.*, 2011), se decidió no considerarlo para evaluar los genotipos en este apartado.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Rendimiento (kg/ha)	12	0,85	0,72	20,54

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3169925,75	5	633985,15	6,56	0,0202
Genotipos	828153,58	3	276051,19	2,85	0,1270
Bloques	2341772,17	2	1170886,08	12,11	0,0078
Error	580247,17	6	96707,86		
Total	3750172,92	11			

Figura 10: Análisis de Varianza.

Como muestra la figura 10, el modelo presenta un buen ajuste, y explica un 85 % de la variabilidad en los datos de rendimiento ( $R^2 = 0,85$ ) y el CV es del 20,54 %, que indica la variabilidad residual, no explicada por el modelo. Sin embargo no se detectaron diferencias significativas entre los promedios de rendimientos de los genotipos para el primer año de siembra ( $p > 0,05$ ).



## **Comportamiento de la quínoa en relación a las condiciones climáticas**

El régimen hídrico durante todo el ciclo del cultivo fue de 330 mm para el primer año y 400 mm para el segundo. Cabe destacar que en el segundo año las precipitaciones sobre el cultivo ocurrieron en un corto período de tiempo, afectando negativamente el crecimiento.

Como se mencionó anteriormente la quínoa presenta buen comportamiento ante condiciones de estrés hídrico. Un mecanismo que tiene para retener o absorber humedad ambiental son los cristales de oxalato presente en las hojas superiores (Tapia, 2000). El buen comportamiento al estrés hídrico se observó a principios de diciembre de 2016 con la ocurrencia de una sequía temporal. En la quínoa no se observaron signos de estrés y sus hojas presentaron un color verde brillante.

En contraste, se observó que presenta baja resistencia al anegamiento temporal y sobre todo en el periodo de inicio de panojamiento – antesis (etapa 7 hojas- antesis). Esto pudo observarse como muestra la figura 11, en la parte inferior (segundo año de siembra), donde en el periodo de formación de la panoja ocurrieron 178 mm desde el 22 de diciembre a 26 de diciembre, repercutiendo directamente en el stand de plantas del ensayo y en los componentes del rendimiento que se discutirán más adelante.

DÍA/MES	dic-15	ene-16	feb-16	mar-16		DÍA/MES	oct-16	nov-16	dic-16	ene-17	feb-17	
1				12		1				5	32	
2						2				0,8		
3						3						
4		21		40		4	1,6			5		
5						5					30	
6						6						
7			40			7				14		
8	10					8						
9						9	10					
10		16				10						
11						11						
12	5	1				12						
13						13	8					
14						14						
15		3				15						
16						16			2	40		
17			55			17					5	
18			14	12		18			36			
19			10			19						
20						20						
21	10					21						
22	12					22			72			
23	2					23						
24		1	20			24						
25						25			59			
26			30			26			46			
27						27						
28						28						
29		8	5			29				30		
30						30						
31	3					31	3					
<b>total mensual</b>	<b>42</b>	<b>50</b>	<b>174</b>	<b>64</b>	<b>330</b>	<b>total mensual</b>	<b>3</b>	<b>19,6</b>	<b>215</b>	<b>94,8</b>	<b>67</b>	<b>399</b>

Estadios fenológicos	Lluvia (mm)
siembra-emergencia	15
emergencia-7 hojas	48
7 hoja-antesis	29
Flor terminal- madurez fisiológica	238
	330

Estadios fenológicos	Lluvia (mm)
siembra-emergencia	5
emergencia-7 hojas	18
7 hoja-antesis	221
Flor terminal- madurez fisiológica	156
	399

Figura 11: Período de lluvias para cada etapa fenológica en dos años de cultivo para Villarica.

Los resultados obtenidos en relación a la productividad de los genotipos permiten concluir que los rendimientos logrados en el primer año de siembra, como ya fuera mencionado son aceptables en relación a los citados para la especie, aunque no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre genotipos. Algunos factores que contribuyeron a ello fueron: buena implantación del cultivo, buen acondicionamiento de la cama de siembra, correcta profundidad de siembra, (menor de 2 cm), libre de competencia de malezas, adecuada humedad superficial, buenas condiciones climáticas durante la evolución del cultivo. En el segundo año de siembra la ocurrencia de precipitaciones concentradas alrededor del momento de panojamiento afectó negativamente el crecimiento de las plantas, disminuyendo notoriamente el rendimiento.

De acuerdo a lo que se observa en la tabla 3, Regalona se destacó frente al resto de los genotipos en el rendimiento del primer año, mientras que en el segundo año fue la de menor rinde. Teniendo en cuenta la diferencia en cuanto a la variabilidad genética entre los genotipos evaluados, los resultados del ensayo muestran un destacado rendimiento de Regalona para un año de siembra con buenas condiciones de cultivo, mientras que bajo condiciones limitantes (ej. exceso de agua, como el segundo año de ensayo) resultó el material más afectado. De acuerdo a la descripción de los genotipos, Cahuil, Faro y Villarica se diferencian entre sí, y en mayor grado de Regalona por características en relación a la ramificación y biomasa de planta. En un año con condiciones limitantes para el cultivo estos genotipos tendrían mayor posibilidad de sobreponerse a las limitaciones del ambiente dada su plasticidad fenotípica. La capacidad de ramificación y de generación de mayor número de ramas fructíferas aseguraría la generación de granos. Sin embargo, en un año con buenas condiciones de cultivo, el genotipo Regalona sería competitivo frente al resto.

### **Expresión del rendimiento en función de sus componentes.**

Para tener un panorama más amplio de cuáles fueron los componentes que más peso tuvieron sobre el rendimiento para el primer año de siembra. y en relación al tercer objetivo planteado en el trabajo, se realizó un esquema similar a lo presentado por Kantolic et al., (2013), para otros cultivos (Figura 12 ). Se muestrearon 15 plantas por genotipo y con los valores promedios se midieron componentes del rendimiento (Tabla 2), como también la

densidad de siembra a cosecha. De cada componente se hizo un promedio tomando como valor representativo de la variable el promedio de las cinco plantas tomadas por bloque de cada genotipo y se evaluó si hubo diferencias significativas entre genotipos (Tabla 4).

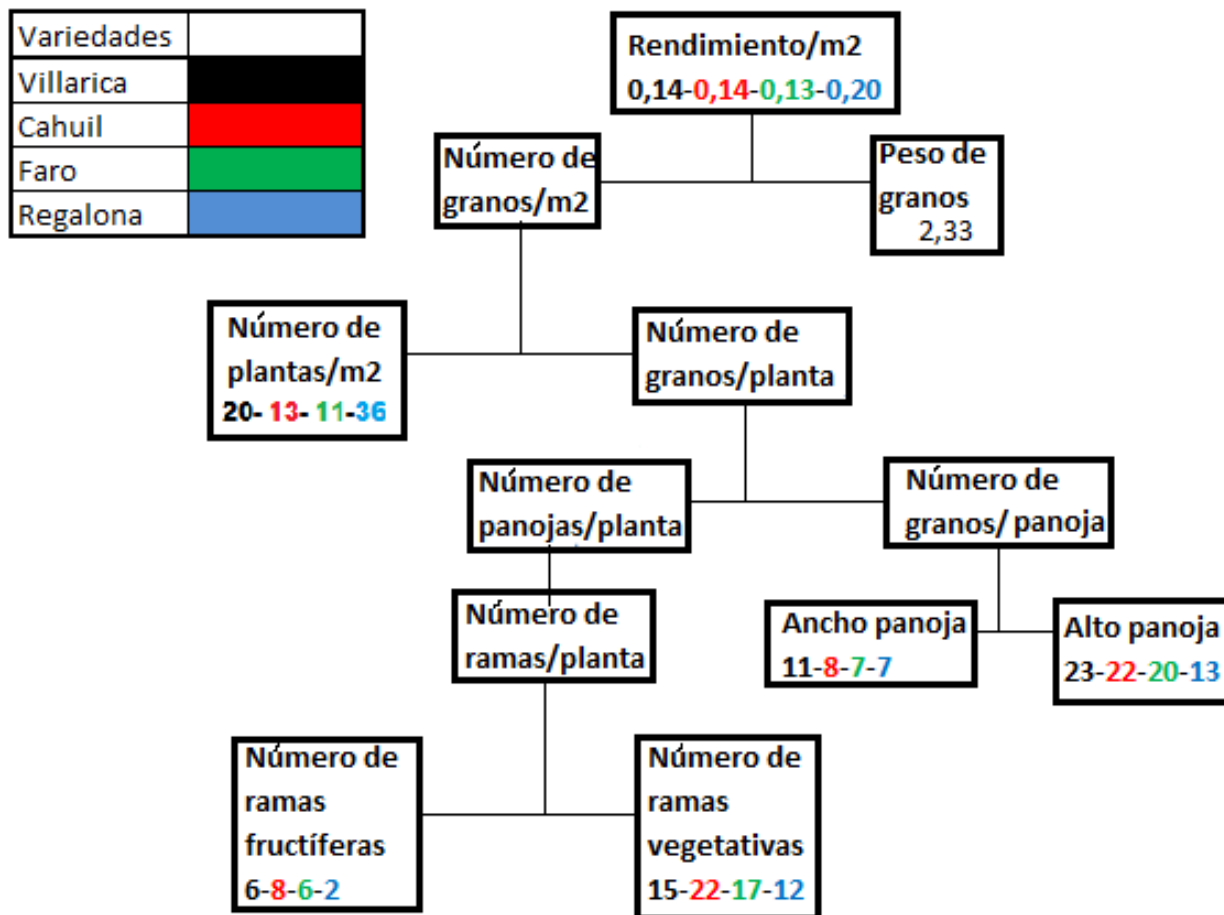


Figura 12: Esquema de componentes de rendimiento para el primer año de siembra. Las unidades de medida utilizadas fueron: rendimiento ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), ancho de panoja (cm), alto de panoja (cm).

Tabla 4: Valores de los subcomponentes del rendimiento para el primer año de siembra para cada genotipo.

Variables	Genotipos			
	Villarica	Cahuil	Faro	Regalona
Rendimientos (kg/m <sup>2</sup> )	0,14 a	0,14 a	0,13 a	0,20 a
Número de plantas/ m <sup>2</sup>	20 a	13 a	11 a	36 a
Ancho de panoja (cm)	11 b	8 a	7 a	7 a
Alto de panoja (cm)	23 c	22 b, c	20 b	13 a
Número de ramas 2/3 inferior (cm)	15 b	22 c	17 b	12 a
Número de ramas fructíferas	6 b	8 b	6 b	2 a

\*Letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ).

En la figura 12 se puede observar que para el primer año de siembra el genotipo que obtuvo el mayor rendimiento fue Regalona, aunque no se diferenció significativamente del resto de los genotipos participantes. Este genotipo presentó mayor densidad de plantas a cosecha (36 plantas) lo que posiblemente influyó sobre su rendimiento, no obstante el número de plantas por metro cuadrado no presentó diferencias significativas entre los genotipos. Los sub-componentes relacionados a la morfología de panoja (ancho y alto) y ramificación (número de ramas vegetativas y fructíferas) presentaron diferencias significativas entre genotipos. Esto coincide con lo observado en el ACP ya que fueron las variables más influyentes para diferenciar los genotipos. Regalona se diferenció de Faro y Cahuil por número de ramas vegetativas y del resto en cuanto al número de ramas fructíferas, presentando para ambos sub-componentes los menores valores. Faro, Cahuil y Villarica presentaron mayor número de ramas fructíferas compensando probablemente el stand de plantas que en los tres casos fue menor. En relación a la morfología de panoja no se observaron diferencias significativas en el ancho para Faro, Cahuil y Villarica, presentando mayores valores que Regalona. Villarica se diferenció significativamente de Faro en el largo de panoja, y aunque presentó mayor densidad que Cahuil y Faro no logró diferenciarse en cuanto al rendimiento. Esto puede ser atribuido a que fue el genotipo que tuvo acame con la consiguiente pérdida de grano. El peso de 1000 granos fue 2,33 g, no encontrándose diferencias entre genotipos.

## **Conclusión**

Las variables agronómicas relacionadas con la arquitectura y por ende el índice de cosecha permitieron diferenciar a los genotipos de quínoa de Nivel del mar. En relación a los caracteres fenológicos los genotipos se diferenciaron por la longitud de ciclo. La alta variabilidad observada en los genotipos, refleja la variabilidad genética y sería coherente con las diferencias en la composición genética de los genotipos. A su vez, la variabilidad observada es información potencialmente útil en un proceso de selección para lograr un genotipo superador para la región pampeana.

Los rendimientos obtenidos en el primer año de siembra fueron aceptables comparados con los citados en los antecedentes del cultivo de quínoa. Sin embargo no se obtuvieron diferencias significativas para rendimiento entre genotipos.

Los componentes del rendimiento relacionados a la ramificación y morfología de panoja fueron los que presentaron diferencias significativas entre genotipos. Sin embargo estas diferencias no se trasladaron al rendimiento obtenido para cada genotipo.

En relación a la inserción del cultivo en la rotación tradicional de la región, la quínoa en fecha de siembra tardía (primer año de siembra) podría reemplazar a la soja de segunda en la rotación (trigo – soja 2° - maíz) por la longitud de su ciclo.

La hipótesis postulada para este trabajo fue que “Existe comportamiento diferencial de genotipos de quínoa en el Noroeste de la provincia de Buenos Aires”. Con los resultados obtenidos en este trabajo no se pudo determinar un genotipo que optimice el rendimiento en la localidad de Chacabuco. Sin embargo, este trabajo brinda información valiosa para la región sobre el cultivo de quínoa.

## **Consideraciones finales**

Se realizaron más fechas de siembra que las expuestas en este trabajo pero no se utilizaron porque no alcanzaron un stand de plantas aceptable. Para poder enunciar una fecha de siembra óptima para la zona se recomienda realizar un mínimo de tres o cuatro fechas de siembra en la mismo año y si es posible en más de un año.

Las condiciones durante la implantación resultan críticas para un buen desarrollo del cultivo. Se requiere al momento de la implantación buena humedad superficial, un suelo libre de malezas, colocar la semilla a no más de 2 cm de profundidad y buena distribución de semillas.

Sería recomendable en un futuro realizar ensayos de densidad de siembra y distanciamiento entre hileras a campo. Como así también de distintos tipos de herbicidas como técnicas de manejo para el cultivo.

El camino de investigación de la quínoa en Argentina ha comenzado. A pesar que es necesario más trabajo de mejoramiento del cultivo, la quínoa tiene gran potencial tanto en el presente como en el futuro

## Anexo

Tabla 1: Coeficiente de correlación de Pearson entre descriptores cuantitativos.

Variables	AP	DT	NRI	NRF	LPT	LP	AP	BG	BP	IC
AP	1,00									
DT	0,93	1,00								
NRI	0,98 *	0,98 *	1,00							
NRF	0,76	0,95	0,87	1,00						
LPT	0,10 *	0,92	0,98 *	0,75	1,00					
LP	0,53	0,80	0,67	0,95	0,52	1,00				
AP	-0,09	0,22	0,05	0,48	-0,09	0,72	1,00			
BG	0,74	0,88	0,84	0,90	0,72	0,77	0,14	1,00		
BP	0,98 *	0,98 *	0,10 *	0,87	0,98 *	0,68	0,08	0,81	1,00	
IC	-0,96	-0,90	-0,94	-0,76	-0,96 *	-0,58	-0,11	-0,61	-0,96	1,00

AP: Altura de planta, DT: diámetro de tallo, NRI: número de ramas de dos tercios inferior, NRF: número de ramas fructíferas, LPT: largo de panoja del tercio superior, LP: largo de panoja, AP: ancho de panoja, BG: biomasa de grano, BP: biomasa de planta, IC: índice de cosecha. .\* Valores significativos  $p < 0,05$ .

Tabla 2: Influencia de las variables sobre los componentes del ACP

Variables	CP 1	CP 2
Altura Planta	0,94	-0,33
Diámetro Tallo	1,00	0,03
Numero de Ramas en los dos tercios inferiores	0,99	-0,17
Numero de Ramas Fructíferas	0,94	0,34
Largo Panoja en el Tercio Superior	0,94	-0,34
Largo Panoja	0,78	0,62
Ancho Panoja	0,21	0,94
Biomasa Grano	0,87	0,10



Biomasa Planta	0,99	-0,15
Índice Cosecha	-0,92	0,19

Tablas 3: Evaluación fenológica de los genotipos.

Primer fecha		siembra-emergencia	emergencia-7 hojas	7 hoja-antes	antes-madurez fisiológica	TOTAL
Villarica	TT (°C. d)	297	311	587	887	2082
	Duración (Días)	16	16	30	46	108
	TT Acumulado	297,0	607,6	1194,7	2081,5	
Cahuil	TT (°C. d)	297	453	637	832	2220
	Duración (Días)	16	24	31	45	116
	TT Acumulado	297	750,4	1387,6	2219,8	
Faro	TT (°C. d)	205	456	618	1000	2279
	Duración (Días)	11	24	31	53	119
	TT Acumulado	205	660,8	1279,1	2279,0	
Regalona	TT (°C. d)	123	271	541	971	1906
	Duración (Días)	7	15	27	49	98
	TT Acumulado	123	394,7	935,7	1906,2	
Segunda fecha		siembra-emergencia	emergencia-7 hojas	7 hoja-antes	antes-madurez fisiológica	TOTAL
Villarrica	TT (°C. d)	168	374,9	601,4	820	1964
	Duración (Días)	10	23	31	41	105
	TT Acumulado	168,0	542,9	1144,3	1964,3	
Cahuil	TT (°C. d)	199,2	386,4	636,9	844,2	2067
	Duración (Días)	12	23	33	42	110
	TT Acumulado	199,2	585,6	1222,5	2066,7	

Faro	TT (°C. d)	134,4	370,3	617,6	880	2002
	Duración (Días)	8	23	32	44	107
	TT Acumulado	134,4	504,7	1122,3	2002,3	
Regalona	TT (°C. d)	134,4	318	558	909	1919
	Duración (Días)	8	20	30	45	103
	TT Acumulado	134,4	452,4	1010,4	1919,4	

Tabla 4: Rendimientos obtenidos por los genotipos participantes en el segundo año de siembra.

Rendimientos promedios (kg/ha) Primer año de siembra	Rendimientos (kg/ha) Segundo año	Rendimientos promedios (kg/ha) Segundo año de siembra
1370	590	513
	382	
	436	
1374	843	675
	317	
	506	
1344	446	687
	602	
	928	
1969	248	243
	476	
	237	

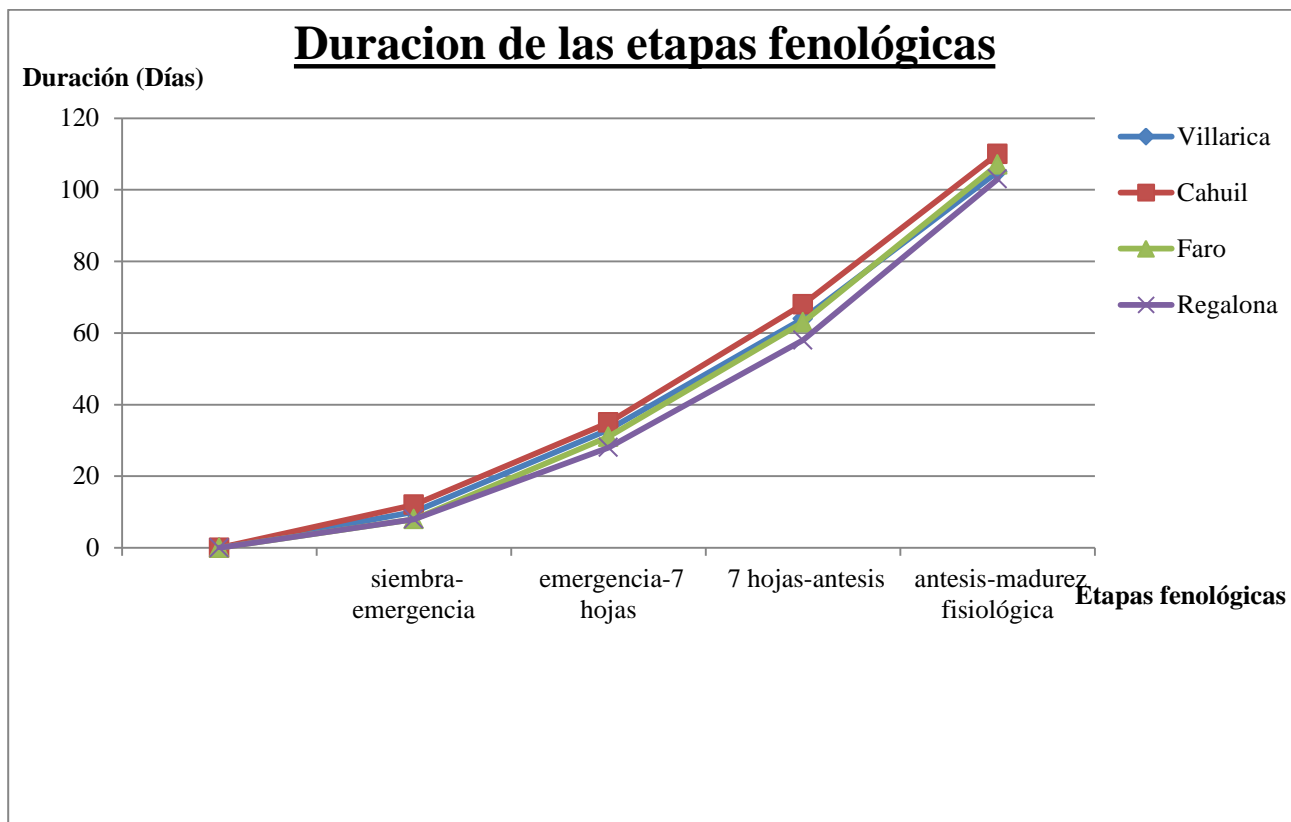


Figura 1: Duración de etapas fenológicas de los genotipos evaluados en la campaña 2016-2017 en días.

### Bibliografía

- Alarcón G.A. (2012). Mercado de la quínoa. Informe de consultoría proyecto UCAR Fortalecimiento Institucional, financiado por BIRF. 60 pp. Citado en “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia) 2013, Cap 4.1, pag 377.
- Bazile D. et al. (Editores), 2014. “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 páginas. Consultado el 5 de Octubre de 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/quinoa/es/>

- Balzarini Mónica; Di Rienzo Julio; Tablada Margot; Gonzalez, Laura; Bruno Cecilia; Córdoba Mariano; Robledo Walter; Casanoves Fernando. 2011 “Introducción a la Bioestadística. Aplicaciones con InfoStat en Agronomía”. Editorial Brujas. Argentina.
- Bertero HD, King RW, Hall AJ. 1999. Photoperiod-sensitive developmental phases in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Field Crops Research 60: 231–243
- Bertero D y Hall A. 2001. Respuesta de procesos de desarrollo a la temperatura y el fotoperiodo en quínoa. Consultado 9 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/contenido/libro14/cap3.7.html>
- Curti RN, Andrade AJ, Bramardi S, Velásquez B, Bertero HD. 2011. Ecogeographic structure of phenotypic diversity in cultivated populations of quinoa from Northwest Argentina. Annals of Applied Biology. 160: 114-125
- Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, Robledo CW. InfoStat versión 2016. Gr
- FAO (Food and Agriculture Organization). Statistics Division. Disponible en: <http://www.fao.org/statistics/en/>. Ultimo acceso: agosto de 2016.
- FAO. 2011. La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Consultado 6 de Octubre de 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>
- Fuentes F, Maughan PJ y Jellen ER. 2009. Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Rev. geogr. Valpso. (En línea) N° 42. ISSN 0718 – 9877. Consultado 9 de noviembre de 2015. Disponible en: <http://www.rgv.ucv.cl/articulos/Articulo42-3.pdf>
- Franco T, Hidalgo R.(eds.).2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico N° 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali Colombia. Página 20.
- Heter D y Cogliatti M. 2015. Factibilidad económica y agronómica del cultivo de quinua para la región agrícola del centro de la provincia de Buenos Aires. Quinoa: V Congreso Mundial, II Simposio Internacional de Granos Andinos. Libro de resúmenes. San Salvador de Jujuy: Ed. Universidad Nacional de Jujuy – EDIUNJU.

<http://www.condesan.org/publicacion/libro14/cap3.7.htm>

- Jancurová M, Minarovicová L y Dandár A. 2009. Quinoa-a Review. Consultado el 5 de Octubre de 2015. Disponible en <http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/06732.pdf>
- Kantolic A G, Giménez P I, De la Fuente E B. 2013. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. Capítulo 9, pag: 182. En Producción de granos: “Bases funcionales para su manejo”. Satorre E H, Benech Arnold R, Slafer G A, De la Fuente E B, Miralles D J, Otegui M E, Savin R. 2013. editorial Facultad de Agronomía de la ciudad de Buenos Aires.
- Miranda M, Vega-Galvez A, Martínez E, López J, Rodríguez MJ, Henríquez K, Fuentes F. 2012. Genetic diversity and comparison of physicochemical and nutritional characteristics of six quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes cultivated in Chile. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*.
- Rivas JC. 2013. Avances en el cultivo de quínoa en el sur de Argentina. Consultado el 13 de Octubre de 2015. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/avances-en-el-cultivo-de-quinoa-en-el-sur-de-argentina-1>
- Tapia M. 1982. The Environment, Crops and Agricultural Systems in the Andes and Southern Peru. IICA. Instituto Interamericano de la Cooperación para la Agricultura.
- Tapia M. 2000. Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Consultado el 20 de Noviembre de 2017. Disponible en: [https://issuu.com/b.mendozaelizabeth/docs/cultivos\\_andinos\\_subexplotados\\_y\\_s1](https://issuu.com/b.mendozaelizabeth/docs/cultivos_andinos_subexplotados_y_s1)
- Zingaretti A, García M, Ruiz M, Bárcena N, Roqueiro G, Bueno L. 2015. Fenología de cuatro ecotipos de quinua sembrados en otoño e invierno, en el valle de tullum, San Juan, Argentina. EEA San Juan.