

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA**

**Master Universitario Oficial de  
Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo**



**ESTUDIO DE GERMINACIÓN DEL  
CULTIVO AGROECOLOGICO QUÍNOA  
(*Chenopodium quinoa* Willd.) EN EL HONDO  
DE ELCHE (ALICANTE)**

**TRABAJO FIN DE MASTER**

**Convocatoria – 2019**

**AUTORA: Rosmery Donaire Eguívar**

**DIRECTORA: Concepción Obon De Castro**



**Máster Oficial en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo**

Se autoriza a la alumna **D<sup>ña</sup> Rosmery Donaire Eguivar** a realizar el Trabajo Fin de Máster titulado: “Estudio de germinación del cultivo agroecológico quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Hondo de Elche (Alicante)” realizado bajo la dirección de D<sup>ña</sup>. Concepción Obon De Castro, debiendo cumplir las directrices para la redacción del mismo que están a su disposición en la asignatura.

Orihuela, 2 de septiembre de 2019

 ESTHER|  
SENDRA|  
NADAL|  
Firmado digitalmente por ESTHER|SENDRA|NADAL  
Fecha: 2019.09.03 17:06:13 +02'00'

Fdo.: Esther Sendra Nadal

Directora del Master Universitario en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo





# MASTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE AGROECOLOGÍA, DESARROLLOR RURAL Y AGROTURISMO

## VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2018/2019

Director/es del trabajo
Concepción Obon De Castro

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
Estudio de germinación del cultivo agroecológico quínoa ( <i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) en El Hondo de Elche (Alicante).
Alumna
Rosmery Donaire Eguivar

Orihuela, a 05 de Septiembre de 2019

Concepción Obon De Castro

Firma/s directores/es trabajo

AGRADECIMIENTOS:

Gracias a José M. Verduzco, por su apoyo incondicional, paciencia y generosidad.

A Concepción Obon, por su dedicación, orientación y paciencia.





## **MASTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE AGROECOLOGÍA, DESARROLLO RURAL Y AGROTURISMO**

### **REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER**

Título: Estudio de germinación del cultivo agroecológico quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en El Hondo de Elche (Alicante)

Modalidad (proyecto/experimental/bibliográfico/caso práctico): Experimental

Autor: Rosmery Donaire Eguívar

Director/es: Concepción Obon De Castro

Convocatoria: Septiembre 2019

Número de referencias bibliográficas: 38

Número de tablas: 15

Número de figuras: 60

Palabras clave (5 palabras): Quínoa, quinua, Parque Natural El Hondo, agroecología, *Chenopodium quinoa* Will.

### **RESUMEN:** (mínimo 10 líneas)

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es cultivada en la zona de Los Andes y subtropical de América. El objetivo es estudiar la germinación y crecimiento del cultivo de la quínoa en régimen ecológico, en la zona de El Hondo de Elche. Para ello se realizaron ensayos con 6 tipos de semillas en ambiente controlado con y sin ácidos fúlvicos y *Trichoderma harzianum*. Con las dos semillas con mejor porcentaje de germinación (S3 y S4), se realizaron ensayos en suelo, siembra a voleo y puntual, se comparó la germinación en semilleros de plástico y ecológico, para trasplantar al suelo. El índice de germinación de la semilla de la Quinua Real origen Bolivia es de 95% (S3); y la quinua común origen Sevilla de 93% (S4), en condiciones controladas, con ácidos fúlvicos y *Trichoderma harzianum*. La germinación por siembra puntual es mayor a la siembra a voleo, y similar al del trasplante tanto en semillero de plástico y ecológico.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 Cultivo de la quinua.....	9
1.1.1. Origen e historia .....	10
1.1.2. Taxonomía y nombres comunes de la quinua.....	13
1.1.3. Condiciones agroclimáticas.....	14
1.1.4. Morfología, descripción botánica de la planta.....	16
1.1.5. Fenología de la planta.....	24
1.1.6. Manejo del cultivo.....	26
1.1.7. Usos de la planta de la quinua.....	36
1.2 Producción de quinua en España.....	39
1.3 Parque Natural El Hondo en Elche.....	40
2. OBJETIVOS.....	44
2.1 Objetivo general.....	44
2.2 Objetivos específicos.....	44
3. METODOLOGIA.....	45
3.1. Área de estudio .....	45
3.2. Tipos de semilla de quinua.....	46
3.3. Tipos de ensayos.....	48
3.3.1. Ensayo 1: Germinación en ambiente controlado sin subproductos.....	48
3.3.2. Ensayo 2: Germinación en ambiente controlado con subproductos.....	48
3.3.3. Ensayo 3: Siembra en macetas.....	49
3.3.4. Ensayo 4: Siembra en parcela.....	50
3.3.5. Ensayo 5: Siembra en semilleros para trasplante.....	54
3.4. Análisis de datos.....	55
3.4.1. Porcentaje de germinación.....	55
3.4.2. Porcentaje de crecimiento de las raíces.....	55
3.4.3. Índice de germinación.....	56
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	56
4.1. Ensayo 1: Germinación en ambiente controlado sin subproductos.....	57
4.2. Ensayo 2: Germinación en ambiente controlado con subproductos.....	61
4.3. Ensayo 3: Siembra en macetas.....	67
4.4. Ensayo 4: Siembra en parcela.....	69
4.5. Ensayo 5: Siembra en semilleros para trasplante.....	74
5. CONCLUSIONES.....	77
6. BIBLIOGRAFIA.....	78

## 1. INTRODUCCIÓN

La quínoa o quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), es una planta cultivada en la zona andina y subtropical de América latina (Bolivia, Perú y Ecuador, Argentina, Colombia, Chile y México), desde hace más de 5.000 años (Thomson, 2017). También llamado “grano de oro”, por su calidad nutricional y su capacidad para adaptarse a ambientes desfavorable. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), la quínoa podría ser un buen sustituto de la carne y la leche, por el contenido proteico de alta calidad, un 50% más de proteína que la mayoría de cereales (Thomson, 2017). Por lo que en la actualidad la demanda se ha incrementado en Europa y Estados Unidos (Granados, 2016).

La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró el año 2013, el “Año Internacional de la Quinua”, promoviendo los beneficios de esta semilla ante el reto de incrementar la producción de alimentos de calidad en el contexto del cambio climático, resultando ser una alternativa para aquellos países que sufren inseguridad alimentaria (Macía y Lloveras, 2018).

La quínoa comúnmente se asocia a los cereales, debido a su alto contenido de almidón, aunque botánicamente no lo es. Sin embargo, posee un elevado índice de valor nutricional, superior al de los cereales con gluten, sobre todo por su alto contenido en proteínas, su excelente digestibilidad y contenido balanceado de los aminoácidos esenciales, tales como lisina y metionina (Castro, 2013).

La quínoa está bien adaptada a los climas frescos y a la falta de riego (Castro, 2013). También puede soportar altos niveles de sal en el suelo, viento y escarcha, lo que permite su cultivo en zonas altas. Ese es el motivo por el que se convirtió en el principal grano en los Andes (Thomson, 2017).



**Figura 1.** Plantación de diferentes variedades de quínoa (Fuente: INIA, 2015)

Sin embargo, el cultivo de la quínoa enfrenta un reto que está estrechamente vinculado al mercado internacional, cuya demanda en expansión representa una alternativa económica para los pobladores de las zonas productoras, pero a la vez está generando prácticas de producción insostenible cuyos costos sociales, económicos y ambientales pueden ser altos con el pasar del tiempo (Gómez y Aguilar, 2016).

Además, debido a esta alta demanda y motivados por las características innatas de la quinua mencionadas anteriormente, muchos países fuera de la región Andina, han iniciado estrategias para introducir la quinua en sus territorios, pero aún no existe información clara y objetiva que permita tener una gestión del cultivo de forma sostenible (Gómez y Aguilar, 2016).

En España, aunque su consumo va en aumento, aún no es muy alto, pero sí está de “moda” ya en otros rincones de Europa y se consume en grandes cantidades en países como Francia (González, 2015).

**Cuadro 1:** Contenido de macronutrientes en alimentos seleccionados, por cada 100 g de peso en seco (Fuente: Daza, 2015).

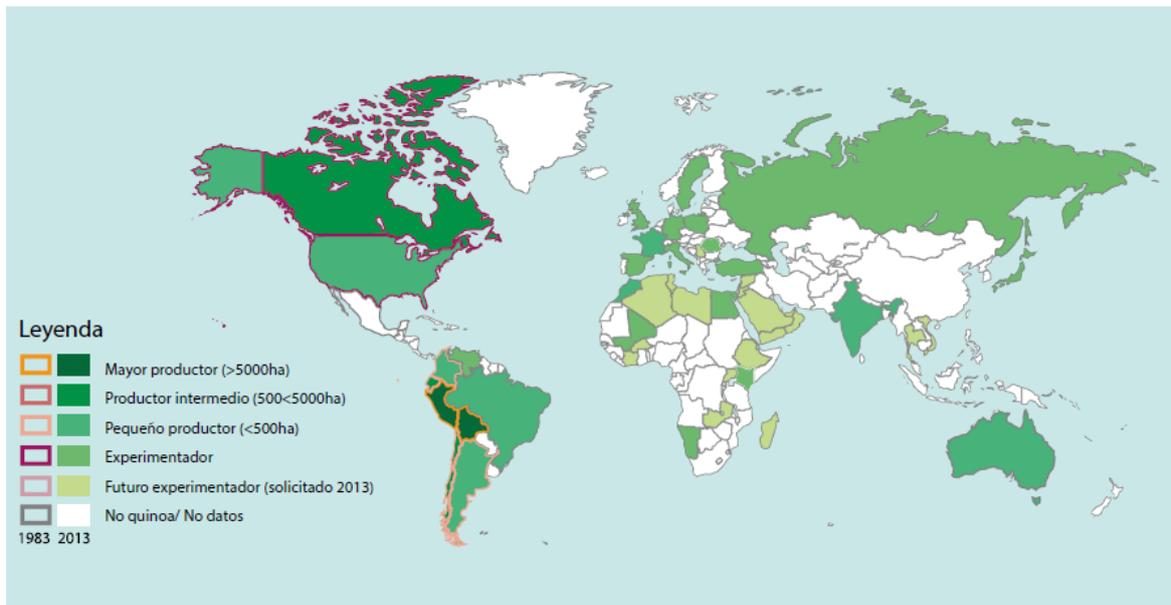
	Quinoa	Frijol	Maíz	Arroz	Trigo
Energía (Kcal/100g)	399	367	408	372	392
Proteína (g/100g)	16,5	28	10,2	7,6	14,3
Grasas (g/100g)	6,3	1,1	4,7	2,2	2,3
Carbohidratos (Total)	69	61,2	81,1	80,4	78,4

### 1.1 El cultivo de la quínoa

Las plantas de Quínoa crecen desde el nivel del mar de las costas de Perú hasta los 4.000 ms.n.m. en Los Andes de Bolivia, la altura más común es de 2.500 ms.n.m. y es muy abundante en el Altiplano y valles andinos de Bolivia y Perú (SEPHU, 2010).

La parte de la quínoa que se consume comúnmente es la semilla (no es un grano, ni un cereal) (Thomson, 2017). También se le suele denominar como un “pseudo cereal” debido a su alto contenido de almidón, pero no pertenece a la familia de las gramíneas como los cereales tradicionales (SEPHU, 2010).

La planta de la quínoa es muy rustica, está adaptada a una gran diversidad de suelos y poca fertilización, temperaturas bajas, climas secos y baja pluviometría (SEPHU, 2010). Dependiendo de la interacción de estos factores: clima, suelo y tecnología; los rendimientos varían de 1 a 7 t/ha (Gómez y Aguilar, 2016).



**Figura 2.** Mapa de expansión del cultivo de quínoa de 1983 a 2013 (Fuente: Bazile, 2014).

### 1.1.1 Origen e historia

La quinua es una planta andina, que muestra la mayor distribución de formas, diversidad de genotipos y de progenitores silvestres, en los alrededores del lago Titicaca de Bolivia y Perú, encontrándose la mayor diversidad entre Potosí (Bolivia) y Cusco (Perú). También fue cultivada por las culturas precolombinas, Aztecas y Mayas en los valles de México, denominándola Huauzontle, pero usándola únicamente como verdura de inflorescencia. (Mujica, *et al.*, 2005).

La quinua en la actualidad tiene distribución mundial: en América, desde Norteamérica y Canadá, hasta Chiloé en Chile; en Europa, Asia y África, obteniendo resultados aceptables en cuanto a producción y adaptación (Gómez y Aguilar, 2016).

La domesticación de la planta de la quínoa, según evidencias botánica y citogenéticas, tomo mucho tiempo hasta conseguir las variedades actualmente cultivadas en la zona andina (Gómez y Aguilar, 2016). No existen evidencias arqueológicas, lingüísticas., etnográficas o históricas de la quínoa como actualmente la conocemos; solo se tienen evidencias de las variedades silvestre, que nos dan una idea de lo complejo que pudo ser su domesticación hasta el día de hoy (Daza, *et al.*, 2013). Probablemente se inició como

planta, principalmente usada, por sus hojas en la alimentación y luego por sus semillas (Mujica, *et al.*, 2005).

La quínoa, a pesar de ser un alimento básico en la época precolonial, su cultivo descendió drásticamente después de la llegada de los españoles; siendo remplazada por los cereales (Daza, *et al.* 2015). Solo se mantuvo tu producción en las zonas rurales del Altiplano boliviano y peruano (Mujica, *et al.*, 2005).

Una evidencia del uso de la quinua se encuentra en la cerámica de la cultura Tiahuanaco (La Paz, Bolivia), que representa a la planta de quinua, con varias panojas distribuidas a lo largo del tallo, lo que mostraría a una de las razas más primitivas (Daza, *et al.*, 2015 ).

El primer español que reporta el cultivo de quinua fue Pedro de Valdívía en el año 1530, quien al observar los cultivos que los indígenas sembraban, vio la planta de la quinua para su alimentación. Posteriormente, Bernabé Cobo, confunde la quinua con la “Kiwicha” e indica que la quinua es una planta muy parecida al bleo de Europa (Daza, *et al.*, 2015). Garcilaso de la Vega (1570), en sus comentarios reales, describe que la planta de quinua es el segundo grano más cultivado por los indígenas, denominada “quinua” y que se asemeja al mijo o arroz pequeño, y hace referencia al primer envío de semillas hacia Europa, las que desafortunadamente llegaron muertas y sin poder germinar, posiblemente debido a la alta humedad reinante durante la travesía por mar (Mujica, *et al.*, 2005). Posteriormente, Cieza de León (1560), indica que la quinua se cultivaba en las tierras altas de Pasto y Quito, mencionando que en esas tierras frías se siembra poco maíz y abundante quinua (Mujica, *et al.*, 2005).



a)



b)

**Figura 3.** a) Imagen colonial de cosecha de la quinua (Fuente: Daza, 2015)  
 b) Fotografía de mujer indígena cosechando quinua (Fuente: INIA, 2015)

Durante la domesticación de la quinua, han ocurrido un amplio rango de modificaciones morfológicas, como producto de la actividad humana (Mujica, *et al.*, 2005). Una de las modificaciones más visibles, es la condensación de la inflorescencia en el extremo terminal de la planta. A su vez el incremento del tamaño de la planta y la semilla; también la reducción de la testa, la pérdida de la dormancia para la germinación, la pérdida de los mecanismos de dispersión de la semilla, y los altos niveles de pigmentación, consiguiéndose la actual planta de quinua de alta producción de semillas de colores claros, lo que demuestra el tiempo utilizado en la selección y cultivo de esta especie a lo largo de los ciclos de producción tradicional (Mujica, *et al.*, 2005).

Los parientes más cercanos y también los posibles progenitores, muestran aun estas características silvestres y no así el cultivo *Chenopodium quinoa* var. *melanospermum*, que sólo tiene la semilla de color obscuro (Mujica, *et al.*, 2005).

Durante la domesticación el hombre andino selecciono los genotipos por el tipo de uso y por la tolerancia a factores adversos tanto bióticos como abióticos, llegando a obtener las actuales plantas y ecotipos con características diferenciales (Daza, *et al.*, 2015). Aún hoy en día, el poblador andino sigue manteniendo los parientes silvestres para su uso, como plantas medicinales y en casos extremos para el uso del grano en la alimentación, cuando se presenten desastres naturales (Daza, *et al.*, 2015).

### 1.1.2 Taxonomía y nombres comunes de la quínoa

La quinua es una planta de la familia *Amaranthaceae* Juss, género *Chenopodium*, sección *Chenopodia* y subsección *Cellulata* (granos con la superficie del pericarpio alveolados). El género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia *Amaranthaceae* y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies (Tropicos, 2019 y Mujica, *et al.*, 2005).

**Nombres comunes:** La quinua recibe diferentes nombres en el área andina que varían entre localidades y de un país a otro, así como también recibe nombres en el mundo y varían con los diferentes idiomas (Mujica, *et al.*, 2005).

**Bolivia:** Quinua, Jupha, Jiura, Supha, Jopa, Jauira, Aara, Callapi, Vocali, Kiuna, Parca, Suba, Pasca.

**Perú:** Quinua, Jiura, Quiuna, Jupha, Jauira

**Colombia:** Quinua, Suba, Supha, Uba, Luba, Ubalá, Juba, Uca.

**Ecuador:** Quinua, Juba, Subacguque, Ubaque, Ubate.

**Chile:** Quinua, Quingua, Dahuie.

**Argentina:** Quinua, quiuna.

**España:** Quinua, Quinoa, Quingua, Triguillo, Trigo inca, Arroccillo, Kinoa.

**Reino Unido:** Quinoa, Quinua, Kinoa, Swet quinoa, Peruvian rice, Inca rice, Petty rice.

**Francia:** Anserine quinoa, Riz de peruo, Petit riz de Peru, Quinoa.

**Italia:** Quinua, Chinua.

**Portugal:** Arroz miudo do Perú, Espinafre do Perú, quinoa.

**Alemania:** Reisspinat, Peruanischer reisspinat, Reismelde, Reis-gerwacks, Inkaweizen.

**India:** Vathu

**México:** Quínoa, quinua, Huatzontle.

**China:** Han

### 1.1.3 Condiciones agroclimáticas

#### Región

La quinua fue domesticada y sembrada durante miles de años en zonas que van desde el nivel de mar o costa (0 a 500 ms.n.m.), los yungas (500 hasta 2500 ms.n.m.); sierra media, zona quechua o valles interandinos (2500 a 3500 ms.n.m.) y hasta la sierra alta, Altiplano (3500 a 4000 ms.n.m.); dando lugar al surgimiento de diversos tipos de quinuas llamados ecotipos y de los cuales deben ser elegidas las variedades a sembrar; para lograr una buena productividad y calidad de granos (Gómez y Aguilar, 2016).

#### Temperatura

Las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 15 a 25°C. Puede tolerar las heladas y temperaturas altas durante las fases de desarrollo vegetativo y la formación de la inflorescencia y no desde la floración hasta el estado de grano pastoso (Gómez y Aguilar, 2016). Tanto las bajas como las altas temperaturas originan esterilidad de polen y afectan el desarrollo y crecimiento de la planta (DRA, 2013).

#### Humedad-Precipitación

El periodo de precipitación en la región Andina va desde Septiembre a Octubre y de Mayo a Junio. La precipitación anual total varía: de 600 a 800 mm en Los Andes ecuatorianos, de 400 a 500 mm en Los Andes peruanos, de 500 a 800 mm en el altiplano alrededor del Lago Titicaca, de 200 a 300 mm en el Altiplano sur de Bolivia y de 800 a 1000 mm en la Zona Central de Chile. La quinua se cultiva dentro de un rango de precipitación de 300 mm a

1000 mm. Se considera que el rango de precipitación óptima es de 500 a 800 mm. (Gómez y Aguilar, 2016).

Los periodos críticos en los que la falta de humedad afecta la productividad son: germinación, que determina el establecimiento del cultivo, y el estado de crecimiento y llenado del fruto que determina la productividad (Gómez y Aguilar, 2016). Dependiendo del tipo de suelo y la humedad almacenada se considera adecuada una precipitación en el rango de 60 a 100 mm para un adecuado desarrollo del cultivo en campo (DRA, 2015).

Es importante señalar que la quinua presenta tolerancia a la sequía, a través de diversos mecanismos como su sistema radicular muy ramificado y profundo, a la reducción de su área foliar por eliminación de hojas en condiciones de estrés hídrico (Gómez y Aguilar, 2016).

La humedad excesiva, afecta la germinación de la semilla, y favorece el desarrollo de hongos en la semilla antes y durante de la germinación. Por lo que se recomienda el empleo de protectores y favorecedores de la germinación como son los extractos húmicos (ácidos fúlvicos) al 5% y *Trichoderma harzianum* en concentraciones 10g/100L (Simbaña, *et al.*, 2011).

### **Fotoperiodo**

El fotoperiodo y la temperatura está relacionada con el lugar de origen, es muy compleja y puede afectar el rendimiento. La quinua ha sido domesticada y cultivada desde tiempos ancestrales en una región comprendida entre 5°N (Colombia) a 40°S (Chile y Argentina), y desde el nivel del mar hasta los 4.000 ms.n.m. aproximadamente (Thomson, 2018).

Las variedades originarias del trópico se caracterizan por una mayor sensibilidad al fotoperiodo y por una larga fase hasta antesis (Gómez y Aguilar, 2016). Las variedades del Altiplano de Perú y Bolivia y las quinuas del nivel del mar son las de menor sensibilidad al fotoperiodo y son las que tienen menor longitud del ciclo a antesis (Gómez y Aguilar,

2016). La duración del ciclo a antesis también está influenciada por la altitud sobre el nivel del mar de la zona de origen de la quinua (Gómez y Aguilar, 2016).

En el proceso de la introducción de las variedades de quinua a nuevas áreas, es importante considerar la zona de origen de las variedades, es decir la latitud y la altitud de donde proceden (Gómez y Aguilar, 2016). Se recomienda, en general, evitar épocas con alta temperatura y días largos porque afectan el proceso de formación de los granos y por consiguiente el rendimiento (Stolben, *et al.*, 2017).

### **Suelos**

La quinua puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelos, siendo los óptimos los de buen drenaje francos, semi-profundo con un alto contenido de materia orgánica (Gómez y Aguilar, 2016). Los suelos con problemas de anegamiento o inundación se deben evitar, porque dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego a lo largo del ciclo propician la podredumbre radicular (Thomson, 2018).

La quinua adaptada adecuadamente se ha llegado incluso a cultivar en suelos con pH desde 4.5 (en los valles interandinos del Norte del Perú) hasta 9.0 (altiplano peruano - boliviano y los salares de Bolivia) (Thomson, 2018).

#### **1.1.4 Morfología, descripción botánica de la planta**

La quinua, es una planta herbácea anual, de amplia dispersión geográfica. Su período vegetativo varía desde los 90 hasta los 240 días. Sus semillas germinan hasta con 56 mmhos/cm de concentración salina, se adapta a diferentes tipos de suelos desde los arenosos hasta los arcillosos, la coloración de la planta es también variable con los genotipos y etapas fenológicas, desde el verde hasta el rojo, pasando por el púrpura oscuro, amarillento, anaranjado, granate y demás gamas que se pueden diferenciar (Mujica, *et al.*, 2005).

## **Planta**

La planta, es erguida y puede variar de 30 a 300 cm, dependiendo del tipo de quinua, de los genotipos, de las condiciones ambientales donde crece, de la fertilidad de los suelos; las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4.000 msnm y de zonas frías, en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan las mayores alturas (Gómez y Aguilar, 2016).

## **Raíz**

La raíz de la planta de la quínoa es pivotante, profunda, ramificada, vigorosa y fibrosa, la cual le da estabilidad y resistencia a la sequía (Stolben, *et al.*, 2017). La profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta.



**Figura 4.** Raíz de una planta de quínoa (Fuente: Gómez y Aguilar 2016)

## **Tallo**

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas, el grosor del tallo también es variable siendo mayor en la base que en el ápice, dependiendo de los genotipos y zonas donde se desarrolla, existen genotipos ramificados (quinuas de valle) incluso desde la base (quinuas del nivel del mar) y otros de tallo único (quinuas del altiplano), así como genotipos intermedios, dependiendo del genotipo, densidad de siembra y disponibilidad de nutrientes, la coloración del tallo es variable, desde el verde al rojo (Gómez y Aguilar, 2016).

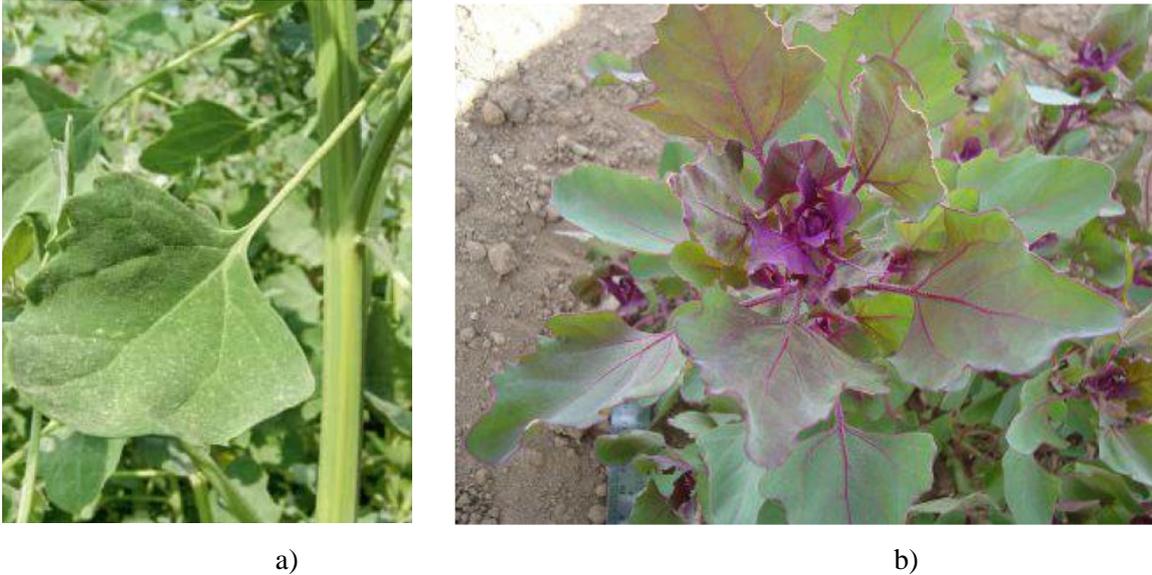
El diámetro del tallo varía de 1 a 8 cm de diámetro (Mujica, *et al.*, 2005).



a) b)  
**Figura 5.** a) Tallo de quínoa con estrías, b) Variaciones de colores de tallos de quínoa (Fuente: Gómez y Aguilar, 2016).

## Hojas

Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina (Thomson, 2017). Los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta (Gómez y Aguilar, 2016). La lámina es polimorfa en la misma planta, de forma romboidal, triangular o lanceolada, plana u ondulada, algo gruesa, carnosa y tierna, cubierta por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés (Thomson, 2017). Las hojas son higroscópicas, captan la humedad atmosférica nocturna, controlan la excesiva transpiración por humedecimiento de las células guarda de los estomas, así como reflejan los rayos luminosos disminuyendo la radiación directa sobre las hojas, evitando el sobre calentamiento, presentando bordes dentados, aserrados o lisos, variando el número de dientes con los genotipos, desde unos pocos hasta cerca de 25, el tamaño de la hoja varía, en la parte inferior grandes, romboidales y triangulares y en la superior pequeñas y lanceoladas, que muchas veces sobresalen de la inflorescencia, con apenas 10 mm de largo por 2mm de ancho (Gómez y Aguilar, 2016).



**Figura 6.** a) Follaje de quínoa color verde, b) hojas con estrías moradas (Fuente: SEPHU, 2010)



**Figura 7.** Diferentes colores de hojas de la planta de quínoa (Fuente: Gómez y Aguilar. 2016)

La coloración de la hoja es muy variable: del verde al rojo con diferentes tonalidades y puede medir hasta 15 cm de largo por 12 cm de ancho, presenta nervaduras muy pronunciadas y visibles, que nacen del peciolo y que generalmente son en número de tres, existen genotipos que tienen abundante cantidad de hojas y otros con menor, generalmente las quinuas de valle tienen un follaje abundante, incluso han permitido seleccionar como forrajeras por su alta producción de materia verde (Gómez y Aguilar, 2016).

Las hojas tiernas previas a la floración, en las zonas Andinas, se utilizan como hortaliza de hojas, por su alto valor nutritivo, ya que contiene vitaminas, minerales y proteínas de calidad, recibiendo el nombre de “llipcha” en quechua y “Chiwa” en Aymara, encontrando alto contenido de proteínas (3.3% en promedio) (Daza, 2015).

El color de las hojas es variable dependiendo de los genotipos. Se han observado pigmentos rojos, púrpuras, amarillos, que están constituidos por betalainas, tanto del tipo, betacianinas (rojo- violeta) y betaxantinas (amarillas) (Mujica, *et al.*, 2005).

### **Inflorescencia**

La inflorescencia es una panoja, formada por un eje central, secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen a los glomérulos así como por la disposición de las flores. El eje principal está más desarrollado que los secundarios, ésta puede ser laxa (Amarantiforme) o compacta (glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas, presentando características de transición entre los dos grupos (Mujica, *et al.*, 2005). Es glomerulada cuando las inflorescencias forman grupos compactos y esféricos con pedicelos cortos y muy juntos, dando un aspecto apretado y compacto (racimo) (Mujica, *et al.*, 2005).

La longitud de la panoja es variable, según el genotipo, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro, el número de glomerulos por panoja varía de 80 a 120 y el número de semillas por panoja de 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 500 gramos de semilla por inflorescencia (Gómez y Aguilar, 2016).



a)



b)

**Figura 8.** Inflorescencia a) amarantiforme, b) glomerulata ((Fuente: Gómez y Aguilar. 2016).

### Flores

Las flores son pequeñas, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, constituida por una corola formada por cinco piezas florales tepaloides, sepaloides, pudiendo ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles (Mujica, *et al.*, 2005).

Las flores son muy pequeñas, alcanzan un tamaño máximo de 3mm en caso de las hermafroditas y las pistiladas son más pequeñas las que dificultan su manejo para efectuar cruzamientos y emasculaciones (Mujica, *et al.*, 2005).



a)



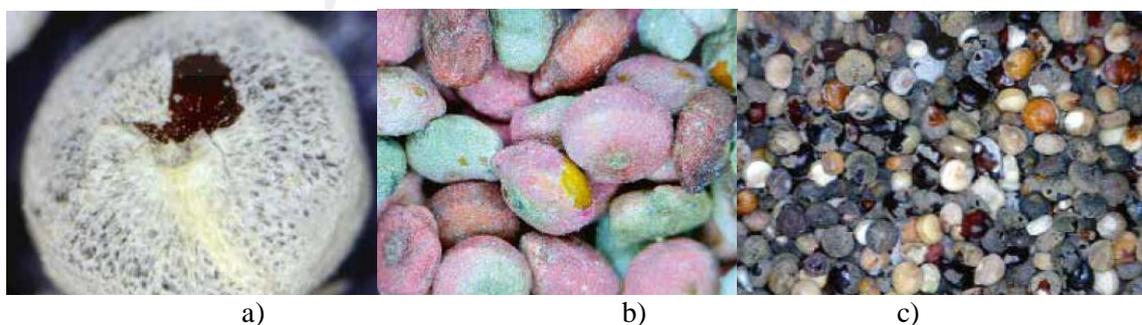
b)

**Figura 9.** a) y b) Flores de la quínoa hermafroditas y pistiladas (Fuente: Gómez y Aguilar, 2016).

## Fruto

El fruto es seco e indehisciente en la mayoría de los genotipos cultivados, dejando caer las semillas a la madurez en variedades silvestres (Mujica, *et al.*, 2005). El fruto es un aquenio, que se deriva de un ovario supero unilocular y de simetría dorsiventral, tiene forma cilíndrico- lenticular, levemente ensanchado hacia el centro, en la zona ventral del aquenio se observa una cicatriz que es la inserción del fruto en el receptáculo floral, está constituido por el perigonio que envuelve a la semilla por completo y contiene una sola semilla, de coloración variable, con un diámetro de 1.5 a 4 mm, la cual se desprende con facilidad a la madurez y en algunos casos puede permanecer adherido al grano incluso después de la trilla dificultando la selección, el contenido de humedad del fruto a la cosecha es de 14.5% (Gallardo, *et al.*, 1997).

El perigonio tiene un aspecto membranáceo, opaco de color ebúrneo, con estructura alveolar, con un estrato de células de forma poligonal-globosa y de paredes finas y lisas (Gallardo, *et al.*, 1997).



**Figura 10.** a) Aquenio, fruto de la quínoa, b) color rosa y crema, y c) color negro y marrón  
(Fuente: Gómez y Aguilar, 2016)

## Semilla

La semilla constituye el fruto maduro sin el perigonio, puede tener forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presenta tres partes bien definidas que son: Episperma, embrión y perisperma (Mujica, *et al.*, 2005). La episperma, está constituida por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano y cuya adherencia

a la semilla es variable con los genotipos, tiene células de forma alargada con paredes rectas; la segunda capa es muy delgada y lisa, se observa sólo cuando la capa externa es translúcida; la tercera capa es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta capa, translúcida, está constituida por un solo estrato de células (Gómez y Aguilar, 2016).



a) b)  
**Figura 11.** a) Semillas de quínoa color blanco, b) semillas de color rojizo (Fuente: Gómez y Aguilar, 2016)

El embrión, está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320 grados, es de color amarillento mide 3.54 mm de longitud y 0.36 mm de ancho, en algunos casos alcanza una longitud de 8.2 mm de longitud y ocupa el 34 % de toda la semilla y con cierta frecuencia se encuentran tres cotiledones, la radícula, muestra una pigmentación de color castaño oscuro (INIA, 2015).

El perisperma es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, de color blanquecino y representa el 60% de la superficie de la semilla, sus células son grandes de mayor tamaño que las del endosperma, de forma poligonal con paredes delgadas, rectas y con grandes agregados de almidón, estos agregados están compuestos por miles de gránulos de almidón individuales, de forma exagonal (Mujica, *et al.*, 2005).

Gallardo, *et al.*, (1997), indican que la quinua posee endosperma de tipo celular, formado por varias capas, rodeando completamente al embrión y separado por una capa de aire, que después que la semilla se hidrata, las células del endosperma se ponen en contacto con el embrión que lo consume rápidamente durante su crecimiento.

Desde el punto de vista comercial, se desea que la semilla sea de tamaño grande de color blanco uniforme, libre de “ayaras” (semillas de color negro), libre de saponinas, libre de impurezas de origen orgánico y mineral, semilla no manchada ni amarillenta (Soto, *et al.*, 2015).

### **1.1.5 Fenología de la planta**

#### **Germinación**

Las semillas de quinua en condiciones adecuadas de humedad, oxígeno y temperatura pueden germinar rápidamente. El agua es esencial para la iniciación del proceso y el mantenimiento de un metabolismo apropiado. Las temperaturas del suelo son igualmente importantes para la iniciación del proceso (Mujica, *et al.*, 2005). La primera estructura en emerger es la radícula la cual se alarga hacia abajo dentro del suelo y da inicio a la formación del sistema radicular (Gómez y Aguilar, 2016). El hipocotilo sale de la semilla y crece hacia arriba y atraviesa el suelo o emerge llevando los cotiledones que se abren y se tornan verdes iniciando el proceso de fotosíntesis (Gómez y Aguilar, 2016).

En este estado puede haber daños de pájaros y podredumbre radicular. Se considera una fase crítica ya que es afectado por los estreses de agua y temperatura (Gómez y Aguilar, 2016).

#### **Desarrollo vegetativo**

El desarrollo vegetativo se inicia con la aparición, entre las dos hojas cotiledonales, de la primera y segunda hoja verdadera; las cuales crecen y se expanden en direcciones opuestas, simétricas y perpendiculares a los cotiledones que aún permanecen verdes. Se observan los primordios de la tercera y cuarta hojas en el ápice de crecimiento; antes de

que las dos primeras hojas se hayan expandido totalmente, una vez formada la quinta hoja verdadera se observa la formación de yemas en las axilas de las primeras hojas (Mujica, *et al.*, 2005).

### **Floración**

Las flores son hermafroditas y pistiladas, se abren al mismo tiempo y pueden observarse a simple vista, especialmente las flores hermafroditas con anteras amarillas (Gallardo, *et al.*, 1997). Las flores permanecen abiertas durante 5 a 7 días en promedio (Gómez y Aguilar, 2016). En esta fase el color de las panojas se intensifica, la defoliación de hojas de la base continúa y el cultivo es bastante sensible a las temperaturas extremas y a las sequías (Gómez y Aguilar, 2016).

### **Antesis**

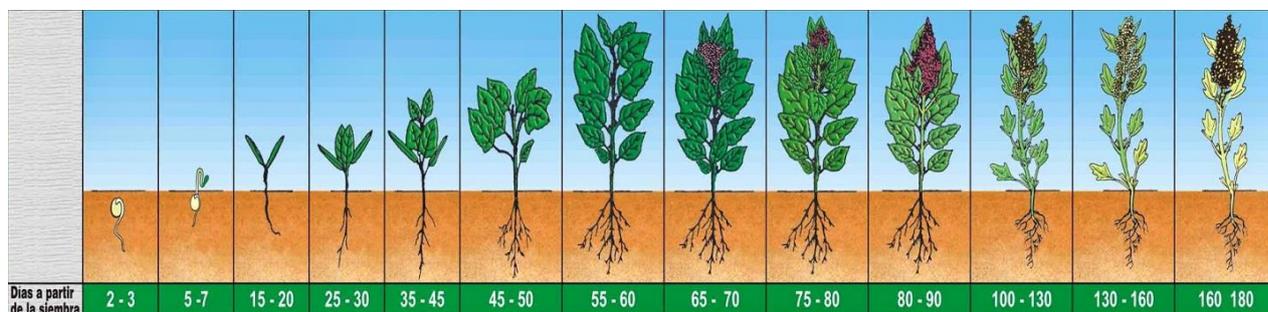
Esta fase se superpone con la de la floración. Es la fase de liberación de polen por las flores hermafroditas. Las flores hermafroditas producen abundante polen y se ha observado mucha presencia de insectos, probablemente polinizadores. También el polen es distribuido por el viento. Se calcula una polinización cruzada de alrededor del 17% (Mujica, *et al.*, 2005).

Este estado finaliza con la muerte de las anteras y el cierre del perigonio sepaloide y la eliminación de hojas en la base de la planta. Esta fase es muy sensible a las temperaturas extremas y al ataque de insectos plaga (Gómez y Aguilar, 2016).

### **Fruto y crecimiento**

Después de la fecundación los frutos formados empiezan a crecer y desarrollar. Durante esta fase de crecimiento del grano, estos están llenos de una sustancia acuosa por lo que se denomina “estado acuoso” (Gómez y Aguilar, 2016). Se puede observar la formación de las partes constitutivas del fruto, principalmente el de los cotiledones. La duración de este periodo es variable dependiendo de la variedad y del medio ambiente. A nivel de planta se

observa la defoliación de hojas en la base de la planta y el cambio de intensidad de color de las inflorescencias (Mujica, *et al.*, 2005).



**Figura 11.** Fenología del cultivo de la quínoa (Fuente: Prieto. *et al.*, 2017)

### 1.1.6 Manejo del cultivo

#### a) Selección del campo

El campo que se empleará en el cultivo de quinua debe ser elegido considerando los requerimientos agroclimáticos del cultivo; el suelo es el factor más importante. Son deseables los suelos de textura franca, con alto contenido de materia orgánica, con una profundidad de 60 a 90 cm y con un buen drenaje y un pH neutro o cercano a la neutralidad (Mujica, *et al.*, 2005).

#### b) Selección de variedades

La quinua tiene amplia adaptación como especie, pero se debe considerar la adaptación de las variedades a las diferentes condiciones de clima y altitud. Muchas variedades en algunos ambientes crecen vegetativamente sin llegar a fructificar o son de ciclos tan cortos que están listas a cosechar en pleno periodo de lluvias con bajos rendimientos y calidad de granos (Castro, 2018). Por lo tanto la elección de la variedad es muy importante.

Los criterios de elección pueden ser muchos y con diferentes prioridades pero destacan:

- Alto rendimiento. Es la primera razón por la que se elige una variedad (Caso, 2019).
- Madurez. Las variedades precoces o semiprecoces rinden menos que las variedades tardías, aunque ofrecen un mecanismo importante para escapar de enfermedades, bajas o

altas temperaturas, sequías, y baja disponibilidad de nutrientes en el suelo (Gómez y Aguilar, 2016). Las variedades tardías necesitan condiciones favorables durante la época de crecimiento, que generalmente no se presenta en todas las situaciones (Mujica, *et al.*, 2005).

- Área de adaptación. La variedad debe estar adaptada a la zona en la que se va producir. Cada zona tiene sus propias características de clima, suelo, población patógena (Mujica, *et al.*, 2005).
- Mercado-calidad. Asociado con el color de los granos, contenido de proteína del grano, contenido de saponina del grano, tamaño de grano y otros que demande el mercado y el uso final de la quinua (Soler, 2005) .
- Altura de planta. Plantas entre 1 y 1.20 m o aquella altura que no dificulte la aplicación de prácticas culturales y facilite el proceso de cosecha (Mujica, *et al.*, 2005).
- Resistencia al tumbado o acame. El tumbado reduce el rendimiento y la calidad del grano, además de incrementar los costos de cosecha (Mujica, *et al.*, 2005).
- Resistencia al desgrane. Las variedades que se desgranar antes y durante la cosecha no solo tienen menor rendimiento sino que causan problemas posteriores (Gómez y Aguilar, 2016).
- Resistencia a enfermedades y plagas. Es un factor esencial en la elección de la variedad. Reduce los costos de producción en Costa y Sierra (Soler, 2005).
- Tolerancia a factores climáticos adversos en la sierra (heladas, sequías, granizos) y en la costa (temperaturas altas, suelos salinos, déficit de agua).
- Otros: maduración uniforme de los granos en la panoja de las plantas. Quinuas con hábito de ramificación simple (Mujica, *et al.*, 2005).

Las variedades comerciales de quinua han sido seleccionadas dentro de los grupos agroecológicos que se describen a continuación, los cuales presentan características específicas propias del ambiente en el que evolucionaron y fueron domesticadas (Gómez y

Aguilar, 2016). Es importante considerar esta información general para elegir la variedad a sembrar.

1. Quinuas del nivel del mar: Son plantas vigorosas, de 1.0 a 1.4 m de altura, ramificadas y producen semillas transparentes de color crema. Estas quinuas tienen una morfología similar a la especie *Chenopodium nuttalliae* (Huahzontle) (Mujica, *et al.*, 2005).

2. Quinuas de los valles: Son aquellas quinuas que han evolucionado en los valles interandinos de la región andina comprendidos entre los 2500 a 3500 ms.n.m. Estas quinuas generalmente tienen plantas altas que pueden sobrepasar los 2.4 m de altura y son ramificadas con inflorescencias o panojas laxas a intermedias. Algunas variedades de quinua de los valles tienen resistencia, mayormente cuantitativa, al mildiu (*Peronospora variabilis* = *Peronospora farinosa*); la enfermedad más importante de la quinua (Mujica, *et al.*, 2005).

3. Quinuas del Altiplano: Estas quinuas han evolucionado en las amplias planicies del Altiplano peruano-boliviano, circundante al lago Titicaca, en zonas comprendidas mayormente entre los 3600 y 4000 ms.n.m. Es en esta área donde se encuentra la mayor variabilidad de la quinua, de características morfológicas, agronómicas, fisiológicas, nutritivas y de usos. A este grupo pertenecen la mayor parte de las variedades tradicionales y variedades comerciales que se caracterizan por plantas sin ramificación o de tallo simple con una panoja terminal compacta, con altura de planta en un rango de 0.5 a 1.5 m y una gran susceptibilidad a la enfermedad del mildiu (Mujica, *et al.*, 2005).

4. Quinuas de los salares: Grupo que evolucionó en las altas planicies del sur de Bolivia conocida como salares. Son zonas desérticas con cerca de 300 mm precipitación. Estas quinuas tienen una morfología similar a las quinuas del altiplano. Se caracterizan principalmente por el tamaño grande de sus granos mayores a 2.2 mm de diámetro y algunas de sus variedades se conocen como “Quinua Real”. Predominan las quinuas con granos con un grueso pericarpio y alto contenido de saponina (Gómez y Aguilar, 2016).

5. Quinuas de las yungas: Un grupo de quinuas adaptadas a las condiciones de las Yungas de Bolivia, en altitudes de 1.500 a 2.000 ms.n.m. Son plantas con tendencia a hábito ramificado, con altura de planta alrededor de los 2.20 m, de color verde intenso en la etapa de crecimiento vegetativo y color naranja intenso en la fase de floración y con granos de color naranja (Gómez y Aguilar, 2016).

**c) Selección de semillas**

Para lograr rendimientos altos, las semillas de la variedad elegida deben cumplir con los siguientes requisitos.

▶ Pureza genética. Debido al porcentaje de polinización cruzada de la quinua, las variedades son compuestos o mezclas de pocos o muchos genotipos diferentes, por lo que la pureza genética no existe en las variedades comerciales en uso (INIA, 2015).

▶ Pureza física. Las semillas de quinua deben ser enteras y sin daño físico, de buen tamaño y peso y limpias. No debe haber materia inerte (piedrecillas, residuos vegetales), semillas de malezas u otros granos (INIA, 2015).

▶ Alto poder germinativo y vigor. De 100 semillas de la variedad deben germinar más de 80, en un periodo de 5 – 7 días. Es muy importante realizar una prueba de germinación unos días antes de la siembra, debido a que las semillas de quinua expuestas al medio ambiente de una habitación con alrededor de 20° C pierde rápidamente el poder germinativo (Mujica, *et al.*, 2005). Seleccionar al azar las semillas y sembrarlas en una bandeja llena de suelo o arena a 1 cm de profundidad. Cuento las plántulas a medida que vayan germinando a los 3, 5 y 7 días (INIA, 2015). Si la germinación es menor al 80% después de los 7 días; cambie de semillas o ponga más cantidad de semillas (Mujica, *et al.*, 2005).

▶ Sanas, libres de enfermedades que se transmiten por semillas. El mildiu (*Perenospora variabilis*) se transmite por semillas; usar semillas procedentes de campos libres de esta enfermedad o emplear semillas desinfectadas (Mujica, *et al.*, 2005). Es muy importante

adquirir semilla certificada o autorizada de la variedad seleccionada que reúne las características mencionadas. Si el agricultor desea emplear su propia semilla debe seleccionar un sector del campo donde la cosecha de granos asegure la calidad de semillas descritas y esté libre del ataque de mildiu (Gómez y Aguilar, 2016).

#### **d) Preparación del suelo, Acondicionamiento del campo**

**Zonas con riego:** Surcar y realizar un riego abundante y profundo, en el campo elegido, para favorecer la germinación de semillas de malezas y cultivos anteriores; los cuales serán eliminados por la labor de arado. Esta práctica le dará a la quinua una fase inicial de establecimiento sin competencia con malezas. Se calcula que se reduce en un 30% la población de malezas (Mujica, *et al.*, 2018). El riego proporciona la humedad requerida para una buena preparación de suelo y ayudará a controlar insectos de suelo (Gómez y Aguilar, 2016).

**Zonas de secano:** En zonas de secano esperar el inicio de lluvias, surcar ligeramente el campo para enterrar semillas de adventicias y cultivos anteriores y estiércol del pastoreo, un mes o antes de las labores de preparación del suelo con la nivelación de la parcela, para una mejor distribución del agua y germinación uniforme. Las plantas adventicias serán eliminadas durante el arado y reducirán la población inicial en el campo (Gómez y Aguilar, 2016).

#### **e) Siembra**

La siembra debe ser realizada inmediatamente concluida la preparación del suelo, para que de esta forma las semillas dispongan de la humedad adecuada y disminuya la competencia con las adventicias (Gómez y Aguilar, 2016). Las semillas de quinua son pequeñas y deben ser sembradas cuidadosamente para lograr una buena germinación y establecimiento del cultivo. La quinua puede ser sembrada directamente o por trasplante (SEPHU, 2010).

La siembra manual suele emplear de 10 a 12 kg/ha de semilla de quínoa (Mujica, *et al.*, 2005). Durante el establecimiento del cultivo, entre el 40 y 50% de las semillas se perderán

por una serie de factores (Gómez y Aguilar, 2016). La poca profundidad de siembra, las semillas de quinua quedan cubiertas con una capa de suelo de 1 a 2 cm, en zonas de secano con poca lluvia, una alta radiación solar origina un rápido secado del suelo superficial y la momificación de las semillas en pleno proceso de germinación (Gómez y Aguilar, 2016). En zonas de riego, el exceso de humedad favorece el desarrollo de enfermedades de plántulas (Oliva, *et al.*, 2018).

La población definitiva del campo se define después de la labor de desahije o raleo. Como mínimo se recomienda tener unas 50 plantas por metro lineal (Gómez y Aguilar, 2016).

### **Profundidad de siembra**

La profundidad de siembra adecuada, es aquella que coloca las semillas donde puede absorber agua para la germinación y no desecarse posteriormente. Debido al tamaño de las semillas la profundidad no debe sobrepasar los 2 cm (SEPHU, 2010). Se tapan con una capa muy fina de tierra empleando implementos simples que faciliten un ligero desplazamiento de suelo del área cercana a las semillas. La siembra en surcos es el sistema más recomendable para realizar una serie de labores culturales que se aplican durante el cultivo (Gómez y Aguilar, 2016). Los surcos deben ser contrapendiente del terreno, para favorecer el riego por pendiente y evitar los atascos y erosión hídrica del suelo. La distancia entre surcos puede variar de 40 a 80 cm y con una profundidad de 15 – 20 cm (Gómez y Aguilar, 2016).

### **Ubicación de las semillas:**

**Con Riego:** por goteo, las semillas deben ser colocadas a unos 5-10 cm de la cinta de goteo. Puede colocarse en doble hilera (Thomson, 2017). Con riego por gravedad, las semillas deben ser colocadas en el costillar del surco a unos 10 cm del fondo (Thomson, 2017).

**Con lluvia:** colocar las semillas al fondo del surco, en zonas con baja precipitación y en el lomo del surco, en zonas con alta precipitación (Mujica, *et al.*, 2005).

En todo tipo de siembra manual, las semillas se colocan en un chorro continuo, manualmente con un dosificador, que se puede elaborar caseramente o con una máquina pequeña para sembrar hortalizas (Winkel, 2013).

### **Densidad de siembra o cantidad de semilla/ha**

La cantidad de semilla a emplear depende de los siguientes factores:

- Tamaño de la semilla: aplicar una mayor cantidad de semillas cuando estas son grandes y una menor cuando son pequeñas. El peso de mil granos de quinua varía de 1.5 a 3 g (Mujica, *et al.*, 2005).
- Zonas de siembra: se recomienda 10 – 12 kg/ha de semillas en la costa o en zonas de terrenos planos y suelos con buena disponibilidad de humedad (Winkel, 2013). En zonas de altiplano o valles interandinos, en condiciones de secano, se recomienda poner más semillas de 15 – 20 kg/ha, especialmente en campos con suelos pedregosos, pendientes pronunciadas y superficiales y debido a que se secan muy rápidamente por la alta radiación solar característica de estas zonas (Mujica, *et al.*, 2005).

### **Trasplante**

La quínoa puede ser sembrada previamente para después ser trasplantada, se recomienda esta práctica en lugares donde se dispone de agua de riego. Se prepara el almácigo en un lugar apropiado; camas almacigueras o bandejas semilleros (Gómez y Aguilar, 2016).

Una vez que las plántulas alcanzaron a formar cuatro a seis hojas verdaderas se puede iniciar el trasplante. Colocar las plántulas en el campo definitivo separadas 5 cm entre ellas, el suelo debe estar húmedo mientras las plántulas se establecen. Las plántulas trasplantadas requieren una mayor atención hasta su establecimiento, el cual es muy rápido. La cantidad de semilla usada es de 1 kg/ha (Gómez y Aguilar, 2016). La ventaja de este método es menor problema con malezas y la eliminación de la labor de desahíje o entresaque (Gómez y Aguilar, 2016).

## **Periodo de siembra**

Según Gómez y Aguilar (2016), los periodos de siembra deben ser establecidos considerando:

- La variedad (periodo vegetativo), las tardías deben sembrarse al inicio de la campaña y si existieran retrasos en la siembra sembrar una variedad precoz.
- Ubicación de los campos: condiciones de costa, valles interandinos y altiplano.
- Disponibilidad de agua o inicio y duración del periodo de lluvias.

En zonas nuevas, la siembra debe realizarse en épocas con temperaturas iniciales de 15 a 18°C que son óptimas para el crecimiento y desarrollo del cultivo y que deben ir incrementándose entre 20 a 25°C durante la floración, formación, crecimiento y llenado de los frutos (Mujica, *et al.*, 2005).

## **f) Fertilización**

**Suelos y disponibilidad de nutrientes:** La fertilización es muy importante en el cultivo de la quinua debido a su alta demanda de nutrientes (García-Parra, *et al.*, 2018). Dependiendo de los suelos, algunos nutrientes requeridos por la quinua pueden estar disponibles en abundancia y otros en poca cantidad en el suelo; este conocimiento permitirá proporcionar la nutrición adecuada para lograr altos rendimientos y calidad (Teomiro, 2018).

Otro factor que influye muy fuertemente en la disponibilidad de nutrientes en el suelo es el pH. La quinua prospera muy bien en un rango de pH de 5.5 a 7.8 (Gómez y Aguilar, 2016). Fuera de estos rangos la disponibilidad de nutrientes puede verse fuertemente afectada, originando una reducción en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Se considera problemas de acidez con pH menor a 5.5. Si el pH del suelo está por encima de 7, los suelos son alcalinos. Suelos ligeramente alcalinos pueden tener un bajo contenido de manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y boro (B) (Gómez y Aguilar, 2016).

**Absorción y remoción de nutrientes:** Para un buen crecimiento la quinua necesita muchos nutrientes, sobre todo macro elementos como el oxígeno, carbono, hidrógeno,

nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre (Ramos, *et al.*, 2016). También necesita pequeñas cantidades de micro elementos como hierro, boro, zinc, cobre, sodio, molibdeno, cloro, cobalto y sílice (Ramos, *et al.*, 2016). El oxígeno, carbono e hidrógeno provienen del aire, los restantes 16 elementos deben ser manejados por aplicaciones al suelo directamente o a la planta; dependiendo del tipo y fertilidad del suelo y el uso del fertilizante por el cultivo (Gómez y Aguilar, 2016).

**Dosis de fertilización:** Las dosis de fertilización en la agricultura convencional, se considera el potencial de rendimiento de la variedad y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. En el caso específico de la quinua los rendimientos más altos; entre 6000 a 7000 kg/ha; en condiciones de campo de agricultor han sido logrados con 300-120-300 kg/ha de nitrógeno-fósforo-potasio en suelos franco arenosos y a 1200 ms.n.m.; siendo los nutrientes administrados mediante el sistema de riego (Gómez y Aguilar, 2016).

#### **Cultivo orgánico o ecológico**

La agricultura ecológica de la quinua, busca proteger la fertilidad de los suelos manteniendo adecuados niveles de material orgánico, favoreciendo la actividad microbiológica (García, 2018). Los nutrientes para la quinua deben provenir de fuentes como residuos de cultivos, compost, humus, estiércol animal y de rotación con cultivos de abonos verdes (leguminosas fijadoras de nitrógeno), para lo cual se debe asegurar una buena actividad microbiológica (Simbaña, *et al.*, 2011). Se puede emplear:

- **Estiércol:** generalmente la fuente de abono orgánico más empleada es el estiércol animal (SEPHU, 2010). Su uso no solo provee nutrientes a la planta sino también mejora las características físicas y químicas del suelo. La cantidad de nutrientes es variable dependiendo del tipo de animal y su tipo de alimentación y la forma de manejo. El estiércol debe ser de ganadería ecológica, así como los purines, empleado como abono líquido rico en nitrógeno y fósforo (Mujica, *et al.*, 2005).

- **Abono foliar biol:** es un abono líquido que resulta de la mezcla de residuos orgánicos frescos y agua, fermentados por un proceso de descomposición con ausencia de oxígeno (proceso anaeróbico) (Gómez y Aguilar, 2016). Se recomienda analizar su valor nutritivo considerando que puede variar en función al tipo y la cantidad de ingredientes empleados en su elaboración.
- **Humus de lombriz:** es la secreción de la lombriz y es la versión más refinada de todos los abonos orgánicos (SEPHU, 2010).
- **Compost:** conjunto de desechos orgánicos biodegradados a través de un proceso llamado compostaje. Su contenido nutritivo depende de la naturaleza de los desechos orgánicos que lo componen (INIA, 2015).
- **Abonos verdes:** plantas, generalmente leguminosas que pueden fijar nitrógeno del aire a través de la simbiosis con microorganismos de la raíz, las cuales son cortadas al inicio de la floración e incorporadas al suelo para incrementar principalmente el nitrógeno y la materia orgánica que mejora las propiedades físicas del suelo (Soto, *et al.*, 2015).

#### **g) Riego**

El riego debe ser hecho de tal forma que proporcione a la semilla de la quínoa, la cantidad de agua requerida para su crecimiento y desarrollo óptimo. La demanda de agua o cantidad aplicada varía según el clima (invierno, primavera, verano otoño), el suelo (arenosos, francos, arcillosos), el cultivo-variedad (precoces o tardías), y el sistema de riego empleado (Salinas, *et al.*, 2010). En condiciones de costa se recomienda el riego un mes antes de la siembra para favorecer la emergencia de malezas del campo y eliminarlas durante el proceso de preparación del suelo (Gómez y Aguilar, 2016).

Riego de establecimiento del cultivo: antes de la preparación del suelo, para tener un suelo con humedad en el momento de la siembra, de ser necesario aplicar un riego después de la siembra para favorecer la germinación y establecimiento del cultivo (Soto, *et al.*, 2015). El

riego de mantenimiento, puede ser cada 10, 15 a 20 días, dependiendo del tipo de suelo y el clima de la zona; en general se debe evitar el exceso de humedad (Soto, *et al.*, 2015).

El cultivo de quinua se realiza en la región andina con una precipitación entre 200 mm (Salares de Bolivia) a 1.000 mm (Concepción- Chile). Bajo condiciones de riego en costa se ha observado que el cultivo requiere entre 5.000 a 10.000 m<sup>3</sup> con riego de gravedad y de 3.500 a 7.500 m<sup>3</sup> con riego por goteo (Gómez y Aguilar, 2016). Se emplean tres sistemas de riego en quinua: riego de gravedad en surcos, riego tecnificado por goteo y aspersión.

### **Control de adventicias**

Las adventicias son un factor limitante muy importante en el cultivo de la quinua debido a que pueden originar pérdidas significativas de rendimiento porque compiten por factores esenciales para el crecimiento y desarrollo del cultivo como es el agua, los nutrientes y la luz (Mujica, *et al.*, 2005). Se deben combinar varias estrategias. Se inicia con el manejo del suelo, el uso de semilla certificada, y combinación de prácticas manuales.

Una vez que las plantas de quinua tienen de 8 a 10 pares de hojas verdaderas o han alcanzado de 15 a 20 cm de altura, o antes, se debe iniciar el deshierbo, con el suelo en humedad adecuada (Gómez y Aguilar, 2016). La población de malezas del cultivo debe ser eliminada de entre los surcos, esta labor se puede realizar junto al raleo o desahíje del cultivo de forma manual (Gómez y Aguilar, 2016).

#### **1.1.7 Usos de la planta de la quinua**

La quinua tiene múltiples usos y se puede emplear casi todas sus partes, para la alimentación humana, animal (forraje y concentrados), ornamental, medicinal, control de plagas y parásitos que afectan a los animales domésticos, industrial, como combustible, como tutor en siembras asociadas, como hortaliza de hoja e inflorescencia y hasta en ritos ceremoniales y creencias populares, para aclimatar a la altura animales como vacunos que viven en otras latitudes más bajas; así como pienso para pavos, canarios y palomas.

### **En la alimentación humana**

Las semillas (granos) se utilizan previa eliminación de la saponina del episperma, que le da ese sabor amargo muy característico (Ahumada, *et al.*, 2016). Se suele emplear como ingrediente en ensaladas, entradas, guisos, sopas, postres, bebidas, pan, galletas, tortas, pudiendo prepararse en más de 100 formas diferentes (Bernuy, *et al.*, 2018). Las semillas también se suele consumir germinada para ensaladas. Últimamente, se está utilizando como ingrediente del muesli para los desayunos (Bernuy, *et al.*, 2018).

Las hojas y plántulas tiernas como reemplazo de las hortalizas de hoja (Acelga, Espinaca, Col), hasta la fase fenológica de inicio de la inflorescencia (hojas) y plántula hasta la fase de ramificación; con ellas se prepara: ensalada especial de quinua, ensalada mixta, ensalada de papas con hojas de quinua, ensalada jardinera de quinua, ají de hojas tiernas de quinua, crema de hojas de quinua, sopa de llipcha de quinua, torreja de hojas de quinua (Mujica, *et al.*, 2005).

Las inflorescencias tiernas completas hasta la fase fenológica de grano lechoso, en reemplazo de hortalizas de inflorescencia como el brócoli y coliflor, preparándose los muy conocidos capeados de *Huauzontle* en el valle de México y Texcoco (Mujica, *et al.*, 2005).

### **En la alimentación animal**

La planta completa del estado fresco hasta inicio de floración como forraje verde para los animales, pudiendo ensilar y elaborar pellets de la planta completa, las partes de la planta que quedan después de la cosecha, finamente picada o molida para elaborar concentrados y suplementos alimenticios, principalmente perigónios y broza fina (Mujica, *et al.*, 2005).

Los granos de quinua hervidos se usan como pienso para pollos, patos, pavos y codornices; mientras que los granos germinados en el ganado lechero aumentan considerablemente la producción láctea (Mujica, *et al.*, 2005).

## **Ornamental**

Las plantas de quinua, por sus colores vistosos y formas de inflorescencia, se utiliza como planta ornamental en jardines y parques; especialmente aquellas que presentan dos colores de inflorescencia, denominadas “misa quinuas”, también las inflorescencias glomeruladas secas y grandes para colocar en los floreros, puesto que tiene una gran duración sin que se desprendan sus granos (Gómez y Aguilar, 2016).

## **Medicinal**

Las semillas, hojas, tallos, ceniza, saponina se utilizan desde el punto de vista medicinal para curar más de veintidós dolencias y afecciones humanas, según indígenas de Perú, Bolivia y Ecuador que los llevan utilizando desde hace siglos. Entre las dolencias que se puede combatir supuestamente: afecciones hepáticas, analgésico dental, anginas, apósitos o cataplasmas, calmante y antiinflamatorio, catarro de vías urinarias, cáustico para las heridas y llagas, cicatrizante, contusiones y conmociones, diurético, galactóforo, control de hemorragias internas, luxaciones, repelente de insectos, entre otros (Mujica, *et al.*, 2005)

## **Control de plagas**

Las plantas amargas con alto contenido de saponina, de granos negros y colores oscuros no son atacados por los insectos y en la generalidad de los casos, las raíces actúan como plantas trampa de nematodos que atacan principalmente a los tubérculos como la patata, por ello la costumbre de cosechar la quinua extrayendo la raíz y toda la planta para luego utilizar como combustible, tanto el tocón como la raíz donde van adheridos los nematodos formando nudosidades a manera de rosarios (Gómez y Aguilar, 2016).

Las cenizas de los tallos de la planta de la quínoa, aplicados sobre la piel actúa como repelente contra mosquitos (Hernández, 2000), la aplicación del agua amarga, producto del hervido de granos amargos se usa como vermífugo y para el control de parásitos gastrointestinales, contra garrapatas y ácaros en conejillos de indias (Mujica, *et al.*, 2005).

### **Como combustible**

Los tallos secos se usan como combustible en zonas de escasa vegetación; así mismo en algunos valles interandinos y valles de México como tutor en siembras de frijol trepador o voluble (INIA, 2015).

### **Industrial**

Industrialmente se puede extraer alcohol industrial, saponina, quinoína, ácido quinoico, cartón a partir de la celulosa, almidón de buena calidad, harina y aceite (Ahumada, *et al.*, 2016).

### **Otros usos, etnobotánicos y místicos**

En las zonas altas de los Andes y el altiplano de Perú y Bolivia, los viajeros y comerciantes de trueque llevan consigo unos panecillos hechos de harina de quinua y fritos en grasa animal, llamado “quispiño”, el cual se mantiene fresco y tierno por mucho tiempo y sirve para reponer energías y alimentar al viajero a cualquier hora del día o la noche, lógicamente además de ser nutritivo (alta proteína y energía), tiene un componente mítico y ceremonial pues se dice que la deidad de los dioses (Apus) los bendice y le aporta mayor energía para continuar viaje; así mismo el “día de los muertos” (01 de noviembre) se da de ofrenda a los muertos para que les otorgue energía y fortaleza en el más allá, por ello dicho “quispiño” después de haber sido ofrecido a los muertos (almas) ya no tiene sabor ni frescura (Mujica, *et al.*, 2005).

### **1.2 Producción de quínoa en España**

Actualmente se está invirtiendo en la mejora de variedades en algunos centros de investigación de Europa (González, 2015), sobre todo en mejorar sus propiedades industriales ya que la semilla de quínoa contiene en su pericarpio una gran cantidad de saponina, factor anti-nutritivo, que le da cierta amargura, actúa como protección contra depredadores y que tiene que ser eliminada mediante el proceso industrial de escarificación, para poder ser apta para el consumo (Agroinformación, 2017). En este

aspecto, se han desarrollado a lo largo de estos años, variedades llamadas dulces o con bajo contenido en saponina como las conocidas Atlas y Pasto para poder abaratar los costes de procesado (Ahumada, *et al.*, 2016).

En España, la mayor superficie de cultivo de quínoa se concentra principalmente en Andalucía (PLACER, 2017), donde ya se están cultivando más de 2.000 ha anuales con un rendimiento medio de unos 1.000 a 2.200 kg/ha en secano, pudiendo alcanzar los 4.000 kg/ha en regadío (Peláez, 2017). También se han publicado resultados en Castilla y León (Valladolid) con un rendimiento medio de unos 1.500 kg/ha y en Aragón (Huesca) se han obtenido unos 2.000 kg/ha en regadío (Maciá y Lloveras, 2018)). La producción de quínoa de régimen ecológico es cada vez mayor, dentro del marco de la transición ecológica, que favorece a una producción más sostenible a largo plazo y libre de agroquímicos que pueden dañar la salud del consumidor (García, 2018)

Muchos agricultores van poco a poco incursionando año tras año, pero a pequeña escala (González, 2015). La falta de información que existe sobre el cultivo en Europa, se suma al secretismo de las principales empresas y asociaciones que dominan su mercado (González, 2015). Lo cual hace más complejo y lento la implantación del cultivo a gran escala (Maciá, 2018).

### **1.3 Parque Natural El Hondo en Elche**

El Parque Natural de El Hondo (Parc Natural El Fondo en valenciano) se localiza entre los términos municipales de Crevillene y Elche ambos pertenecientes a la comarca del Bajo Vinalopó, y Catral y Dolores pertenecientes a la comarca de la Vega Baja del Segura, al sur de la Comunidad Valenciana. El Hondo está incluido en el convenio internacional RAMSAR de protección de zonas húmedas y en la directiva europea ZEPA como Zona de Especial Protección de las Aves. Cuenta con 2.495 hectáreas y fue declarado Paraje Natural por la Generalidad Valenciana el 12 de diciembre de 1988 y Parque Natural por la Generalitat Valenciana en 1994 (VisiteElx, 2019).

El parque natural El Hondo forma parte de la antigua albufera de Elche, creada por la desembocadura del río Vinalopó y desecada casi en su totalidad entre la Edad Media y el siglo XVIII, para convertirla en terreno cultivable (VisiteElx, 2019).



**Figura 12.** Mapa del Parque Natural de El Hondo y sus alrededores (Fuente: VisiteElx, 2019).

En esa zona pantanosa, la Compañía de Riegos de Levante construyó en los años veinte del pasado siglo dos embalses reguladores (el de Levante suma 450 hectáreas, mientras que el de Poniente alcanza las 650) para recoger y posteriormente distribuir a los agricultores, por un canal central, el agua elevada desde la vecina desembocadura del río Segura. Todo este conjunto hidráulico está oculto tras los cañaverales y demás vegetación palustre, ofreciendo un aspecto de gran laguna natural, completada con una serie de charcas y saladares inmersos en un horizonte de cultivos y palmerales, que conforman un paisaje excepcional (VisiteElx, 2019).

Se han contabilizado 172 especies de aves, de las que medio centenar son nidificantes. Entre ellas figuran la cerceta pardilla, una de las aves más amenazadas de Europa y la malvasía cabeciblanca, también en peligro de extinción, así como garzas, anátidas y limícolas de varias especies, y flamencos. En el medio acuático encontramos la anguila, el mújol, la carpa y el fartet común, un pequeño pez endémico del Mediterráneo español (VisiteElx, 2019).

El paisaje del Hondo está dominado por el carrizo, mientras que los juncales están representados de manera muy fragmentaria. (VisiteElx, 2019).

Diversas pasarelas y observatorios permiten al visitante conocer varios rincones del parque y observar la actividad de las numerosas aves tanto en los embalses como en los cielos, en los que se disfruta de extraordinarios atardeceres (VisiteElx, 2019).

### **Orografía y clima**

El Parque Natural El Hondo, junto con el de las Salinas de Santa Pola y su entorno formaban parte cuenca hidrográfica del bajo vinalopó, que fue colmatada en el siglo XVII debido a las aportaciones naturales y los aterramientos del pueblo de Crevillente para obtener nuevas tierras de cultivo (VisiteElx, 2019). Por otra parte, El Hondo presenta un clima mediterráneo con características semiáridas propias del sureste de la Península Ibérica (VisiteElx, 2019).

Las zonas alrededor de El Hondo, son parte de las llanuras, zonas planas o de suave pendiente (0 - 5%) (Gva, 2019). Se trata de lugares de acumulación de materiales generalmente finos (arcillas y limos) o bien gruesos (conglomerados) como resultado de la erosión y de la acción fluvial (Gva, 2019). Debido a las condiciones climatológicas (mayor evaporación que infiltración) es frecuente encontrar costras calcáreas en superficie. Se consideran las zonas más aptas para los cultivos agrícolas (Gva, 2019).

### **Flora**

Aunque el entorno del parque natural es bastante homogéneo, es posible diferenciar dos tipos de ambientes en función de la profundidad y salinidad de las aguas. En los embalses, debido al agua relativamente dulce y con alto grado de eutrofia, apenas existe vegetación sumergida, destacando el carrizo y el junco en las aguas poco profundas. En las charcas periféricas, por término medio más saladas y con aguas de mejor calidad que los embalses, se presentan diversas especies típicas del saladar endémicas del sureste peninsular como son el limónium, la suadea o la salicornia (VisiteElx, 2019). En sus campos se observa a su

vez gran cantidad de *Chenopodium murale*, planta resistente a la salinidad y al clima característico del Parque natural, gran humedad y temperaturas bajas en las noches y temperaturas altas y ambiente seco en el día (Ver Figura 13).

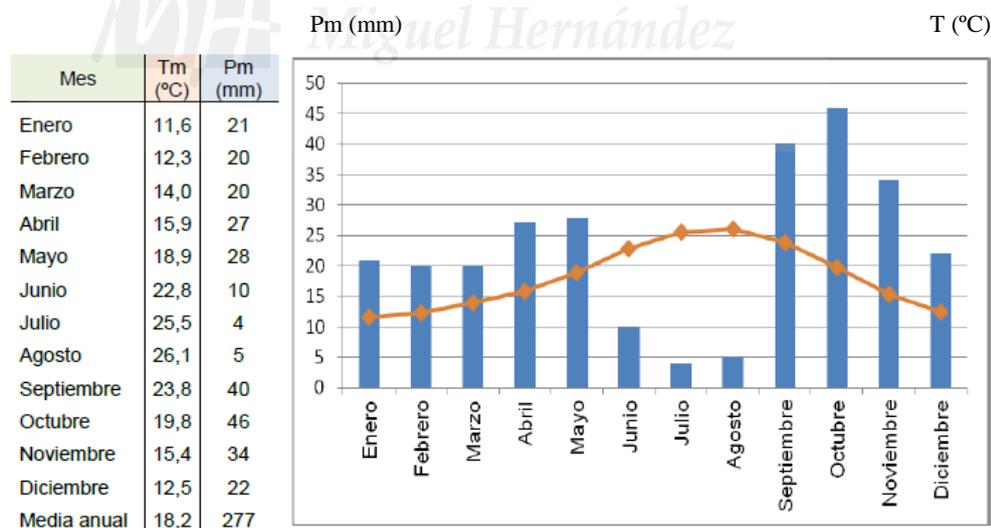


a)

b)

**Figura 13.** a) Detalle y b) Planta de *Chenopodium Murale*, familia *Amarantaceas* (Fuente: propia)

La zona de estudio en el Parque natural del Hondo son terrenos a sus alrededores, que cumplen con las características de tipo de suelo, humedad y expuestos a la flora y fauna típica del parque natural.



**Figura 14.** Datos climatológicos del Parque Natural del Hondo (Fuente: A.E.M.E.T, 2019)

Los datos climáticos del Parque Natural del Hondo, la temperatura promedio mensual y el promedio de lluvia en un año normal, se pueden ver en la figura 14.

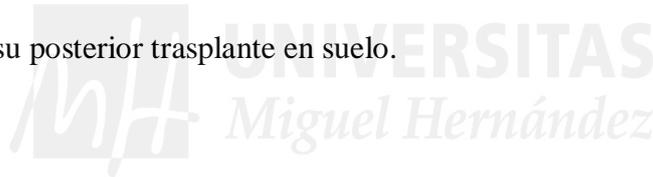
## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Estudiar la germinación y crecimiento del cultivo de la quínoa en régimen ecológico, en la zona de El Hondo de Elche.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Conocer la viabilidad y capacidad de germinación de 6 tipos de semillas de diferentes orígenes bajo 2 condiciones.
- Estudiar la germinación en macetas de plástico con 3 tipos de sustrato.
- Estudiar la germinación directamente en suelo, tanto en surco como en hoyo.
- Estudiar la germinación en semillero ecológico de material reciclable y en semillero de plástico, para su posterior trasplante en suelo.



### 3. METODOLOGIA

La metodología que se empleó para los distintos ensayos de germinación, fue el método científico. Para lo cual se diseñaron varios ensayos con distintas semillas, encontradas en el mercado. Se trabajó con semillas ecológicas, de importación y semillas adaptadas y producidas en España.

#### 3.1. Área de estudio

La zona de estudio es una finca ubicada en los límites del Parque Natural El Hondo, con terrenos, que cumplen con las características de tipo de suelo, humedad, flora y fauna típica del parque natural. La zona de estudio se puede ver en la Figura 15. La finca donde se desarrollaron los distintos ensayos, tiene una superficie total de 1,5 hectáreas.



**Figura 15.** a) Ubicación y b) detalle de finca en los límites del Parque Natural del Hondo (Fuente: ICV, 2019).

La finca es parte de las llanuras, alrededor del parque, zonas planas con pendiente inferior a 5% (Gva, 2019). El suelo es franco arcillo –limoso. Por las condiciones climatológicas (mayor evaporación que infiltración) es frecuente encontrar costras calcáreas en superficie (Gva, 2019). Esta zona es considerada una de las zonas más aptas para los cultivos agrícolas (Gva, 2019).

### 3.2. Tipos de semilla de quínoa.

Las semillas estudiadas son:

#### Semilla 1 (S1)

Nombre: Quinoa Real

Origen: Agricultura no UE (La Paz, Bolivia)

Marca: GUTBIO

Certificado: Ecológico

Color: Blanco

Fecha de envasado: 30/07/2018

Peso de 100 semillas: 0,677 g



**Figura 16.** Quinoa Real GUTBIO S1  
(Fuente: propia)

#### Semilla 2 (S2)

Nombre: Quinoa común

Origen: Agricultura UE (Sevilla, España)

Marca: BIO Organic

Certificado: Ecológico

Color: Blanco

Fecha de envasado: 05/03/2019

Peso de 100 semillas: 0,431 g



**Figura 17.** Quinoa común BIO Organic S2  
(Fuente: propia)

#### Semilla 3 (S3)

Nombre: Quinoa Real

Origen: Agricultura no UE (La Paz, Bolivia)

Marca: Biocop, Agricultura Biológica

Certificado: Ecológico

Color: Blanco

Fecha de envasado: 15/02/2019

Peso de 100 semillas: 0,781 g



**Figura 18.** Quinoa Real Biocop S3  
(Fuente: propia)

#### **Semilla 4 (S4)**

Nombre: Quinoa común

Origen: Agricultura UE (Sevilla, España)

Marca: Biocop, Agricultura Biológica

Certificado: Ecológico

Color: Blanco

Fecha de envasado: 05/02/2019

Peso de 100 semillas: 0,523 g



**Figura 19.** Quinoa común Biocop S4  
(Fuente: propia)

#### **Semilla 5 (S5)**

Nombre: Quinoa común

Origen: Agricultura UE (Manresa, España)

Marca: La Grana

Certificado: Ecológico

Color: Blanco

Fecha de envasado: 05/11/2018

Peso de 100 semillas: 0,452 g



**Figura 20.** Quinoa común La Grana S5  
(Fuente: propia)

#### **Semilla 6 (S6)**

Nombre: Quínoa común

Origen: Agricultura no UE (Lima, Perú)

Marca: Natur Green

Certificado: Ecológico

Color: Blanco

Fecha de embazado: 25/10/2018

Peso de 100 semillas: 0,453 g



**Figura 21.** Quinoa común Natur Green S6  
(Fuente: propia)

### 3.3. Tipos de ensayos

#### 3.3.1. Ensayo 1: Germinación en ambiente controlado sin subproductos

Se puso en remojo previamente las distintas semillas, durante 12 horas (15 de Marzo), sin ningún producto adicional a temperatura constante de 26°C y a oscuras. Para la germinación se desarrolló en ambiente controlado, a temperatura estable de 26°C, en frascos de vidrio previamente esterilizado y papel filtrante humedecido con agua de grifo filtrada (con carbón activo) y luz UV. Se utilizaron 100 unidades de cada uno de los distintos tipos de semilla (Ver Figura 22).



**Figura 22.** Semillas de quínoa, pesadas, de los distintos tipos de muestras (Fuente: propia)

#### 3.3.2. Ensayo 2: Germinación en ambiente controlado con subproductos

Para mejorar la germinación y evitar la presencia de hongos, es necesario proteger las semillas, por lo que las distintas semillas se pusieron a remojo durante 12 horas (22 de Marzo), en las mismas condiciones que el Ensayo 1, pero en extractos húmicos (ácidos fúlvicos) al 5% y *Trichoderma harzianum* en concentraciones 10g/100L (Ver Figura 23 y

24). La germinación se desarrolló en un ambiente controlado, a temperatura estable de 26°C, con las mismas semillas y condiciones que en el primer ensayo.



**Figura 23.** Productos ecológicos: ácido fúlvicos y *trichodema harzianum* (Fuente: propia)



**Figura 24.** Semillas en remojo en extractos húmicos (Fuente: propia).

### 3.3.3. Ensayo 3: Siembra en macetas

Este ensayo se realizó con 6 macetas, el 25 de Marzo, donde se probaron las 2 semillas con mejores resultados de germinación de los 6 tipos de semillas del segundo ensayo (semillas S3 y S4). Cada maceta posee un porcentaje de sustrato diferente. En cada maceta se sembró 10 semillas (Ver Figura 25).



**Figura 25.** Macetas con distintos porcentajes de materia orgánica (Fuente: propia)

*Semilla de mayor germinación S3:*

- Maceta 1: 100% sustrato
- Maceta 2: 50% sustrato, 50% suelo de parcela
- Maceta 3: 100% suelo de parcela

*Semilla de mayor germinación S4:*

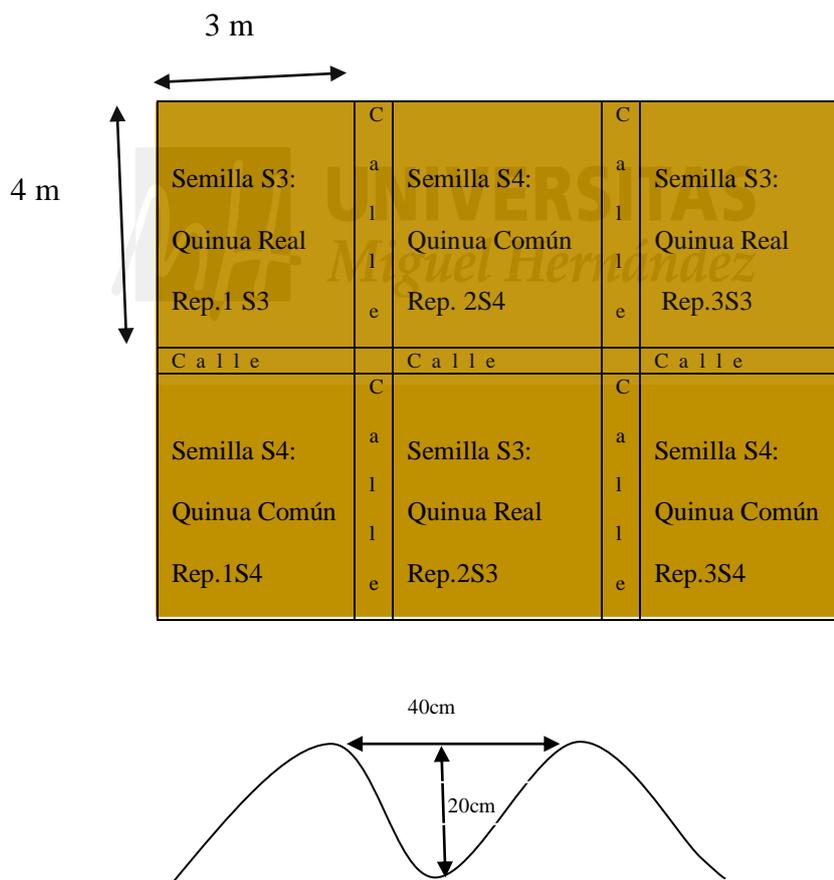
- Maceta 4: 100% sustrato
- Maceta 5: 50% sustrato, 50% suelo de parcela
- Maceta 6: 100% suelo de parcela

#### **3.3.4. Ensayo 4: Siembra en parcela**

*Siembra a voleo:* previamente se labro el suelo 2 días antes de la siembra (04 de abril 2019) con un motocultor (Ver figura 26). Las dimensiones de la parcela de 9m x 8m, con calles de 45 cm (ver Figura 27), se aplicó abono ecológico certificado (Bio sustrato ecológico), por encima de lo recomendada de 1L/m<sup>2</sup>. Cada división de parcela es de 6 m<sup>2</sup>, y se aplicó 20 L. Se formaron los surcos de sembrado de 40 cm entre surco y surco, y 20 cm de profundidad (Ver Figura 28). Las semillas (S3 y S4) fueron sembradas superficialmente (06 de abril 2019), con una profundidad no superior a 3 cm, según el orden de la Figura 27.



**Figura 26.** Labrado del suelo con motocultor (Fuente: propia)



**Figura 27.** Parcelas, sus divisiones y detalle de surco (Fuente: propia).



**Figura 28:** Sustrato ecológico utilizado para fertilizar en suelo (Fuente: propia)

Después del armado de los caballones (ver Figura 27 y 29) y su abonado con sustrato ecológico, se procedió a la siembra a voleo en los surcos (ver Figura 30), aproximadamente 100 semillas por 1 m<sup>2</sup>. Para posteriormente regar por aspersión (ver figura 31). Cada subdivisión de la parcela tiene 8 surcos y se observa y cuenta el número de semillas que germinan y se desarrollan.



**Figura 29.** Parcelas divididas, labradas con surcos (Fuente: propia)



**Figura 30.** Siembra de semillas, posterior al abonado 06 de Abril (Fuente: propia)



**Figura 31.** Riego periódico, 3 veces por semana, en las distintas parcelas (Fuente: propia)

- **Siembra puntual:** previamente se labro el suelo 2 días antes de la siembra (05 de abril 2019) con un motocultor. Las dimensiones de la parcela de 9m x 8m, con calles de 45 cm, igual que en la siembra a voleo, se aplicó abono ecológico certificado (Bio sustrato ecológico), por encima de lo recomendada de 1L/m<sup>2</sup>, se aplicó 20 L en los 6 m<sup>2</sup>. Se formaron los surcos de sembrado de 40 cm entre surco y surco, y 20 cm de profundidad igual que en siembra a voleo (Ver Figura 28).después del armado de caballones, se procedió a la fertilización puntual con sustrato ecológico, se sembró (07 de Abril 2019), en hoyos separados por 25 cm uno del otro (ver Figura 32). En cada hoyo se siembra aproximadamente 10

semillas; para posteriormente cubrirlo con suelo. La siembra de las semillas S3 y S4, fue según el orden de la Figura 27. Finalmente se riega por aspersión y se realizan las observaciones diarias de su evolución durante los siguientes 5 meses.

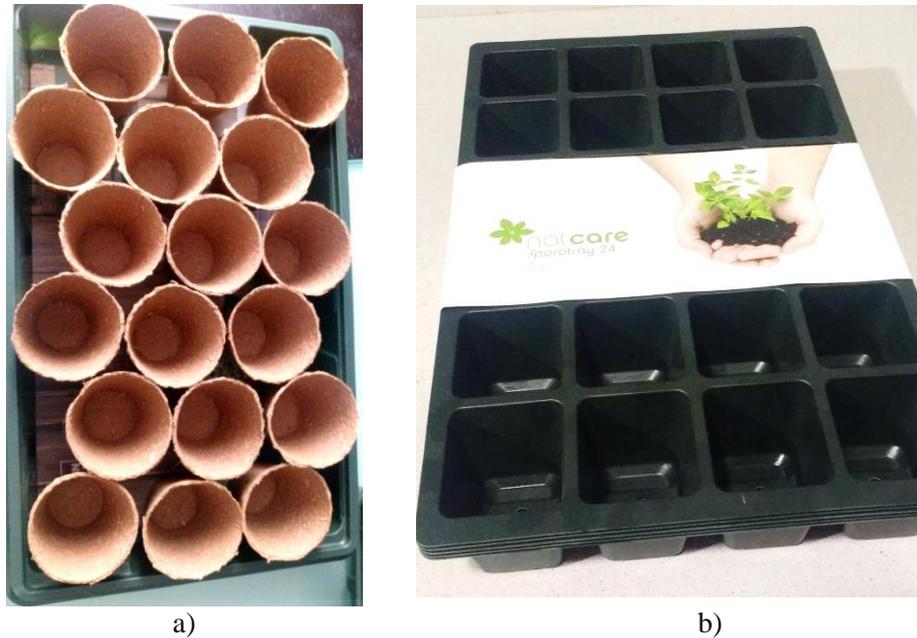


Figura 32. Siembra puntual, previa fertilización, 07 de Abril (Fuente: propia).

### 3.3.5. Ensayo 5: Siembra en semilleros para trasplante

Para este ensayo se emplearon dos tipos de semilleros: 1) semillero ecológico de material reciclado (ver figura 33a y 2) bandejas de plástico con 24 compartimentos individuales de 5 x 5 cm (ver Figura 33b), con sustratos ecológicos para semilleros, para posteriormente trasplantarlos a las parcelas. En cada compartimento se sembró 3 semillas aproximadamente. En ambos semilleros se emplearon los tipos de semillas con mejores resultados en el Ensayo 2 (semillas S3 y S4), para su posterior trasplante. Se emplearon en total 36 compartimentos de plastificado y 36 semilleros individuales de material reciclado para la semilla S3 y la misma cantidad para la semilla S4 (16 de Abril). Los semilleros estuvieron bajo sombra a temperatura ambiente (26 a 27°C). El riego fue por atomización y días alternos. Se observó la germinación diaria (durante 3 semanas) y se contabilizó cada semilla germinada por día, de cada uno de los semilleros. Se trasplanto (8 de Mayo) en

parcelas previamente labradas y abonadas después de las 3 semanas y se observó su desarrollo durante un mes hasta el 8 de junio.



**Figura 33.** a) Semillero ecológico, b) Semillero con 24 compartimentos (Fuente: propia)

### 3.4. Análisis de datos

#### 3.4.1. Porcentaje de germinación

Se calculó el porcentaje de germinación (%G); contando el número de semillas germinadas de cada muestra. Se divide por el número de semillas germinadas de referencia y se multiplica por 100. Se expresaron en porcentaje.

##### *Cálculo porcentaje germinación (%G)*

$$\%G = \frac{\text{n}^\circ \text{ semillas germinadas muestra}}{\text{n}^\circ \text{ semillas germinadas referencia}} \times 100$$

#### 3.4.2. Porcentaje de crecimiento de las raíces

Se calculó el porcentaje de crecimiento de raíces (%L); midiendo la longitud de las raíces de la muestra, y sumando cada una de las longitudes de cada raíz. Se expresaron en porcentaje.

### ***Cálculo porcentaje crecimiento raíces (%L):***

$$\%L = \frac{\text{sumatoria longitudes raíces nuestra}}{\text{sumatoria longitudes raíces referencia}} \times 100$$

#### **3.4.3. Índice de germinación**

Se calculó el índice de germinación (IG), el cual se obtiene al multiplicar el porcentaje de germinación (G) por el porcentaje de crecimiento de las raíces (L) y dividir por cien:

$$IG = ((\%G) \times (\%L))/100$$

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados obtenidos de los distintos ensayos y con las diferentes semillas son:

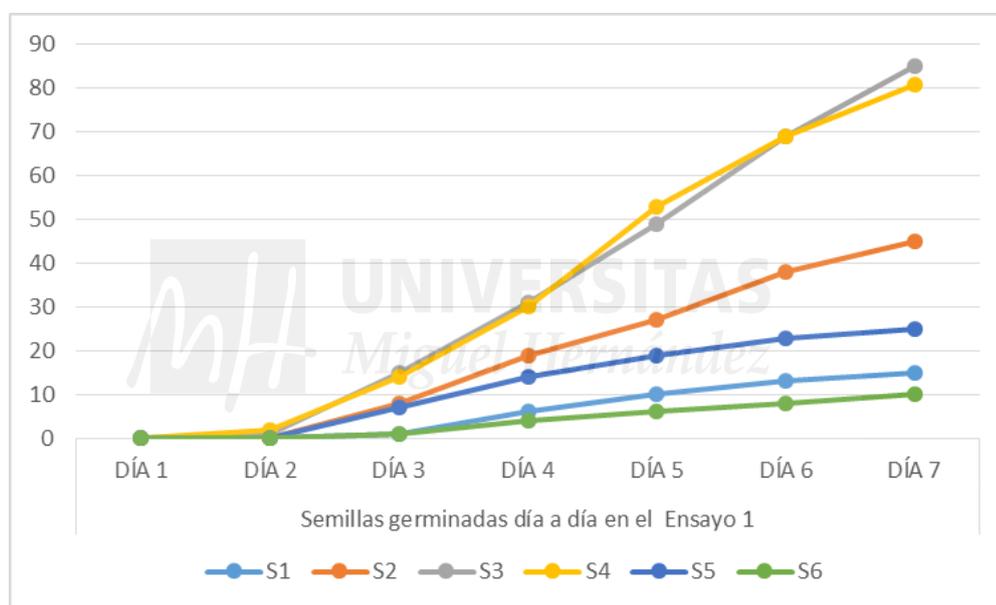
### **4.1. Ensayo N° 1: Germinación en ambiente controlado sin subproductos**

Las distintas semillas, después de las 12 horas de remojo, para eliminar la saponina, su aspecto era hidratado y de un tamaño 1/3 superior. Las primeras semillas germinaron del 2do al 3er día, y más del 50% germinó a los 5 días, y a los 7 días se hizo el conteo final de las semillas germinadas de las 100 semillas de cada muestra.

Las semillas de quínoa real S3 (Bolivia), son las que primero germinaron y después de los 7 días las de mayor germinación 85/100. Y la segunda la semilla de quínoa de Sevilla S4, con 81/100 semillas germinadas. Ambas semillas son de la marca Biocap Agricultura Biológica, como se puede ver en la Tabla 2 y Figura 34.

**Tabla 2.** Semillas germinadas día a día en el Ensayo 1

SEMILLA	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
S1	0	0	1	6	10	13	15
S2	0	0	8	19	27	38	45
S3	0	1	15	31	49	69	85
S4	0	2	14	30	53	69	81
S5	0	0	7	14	19	23	25
S6	0	0	1	4	6	8	10

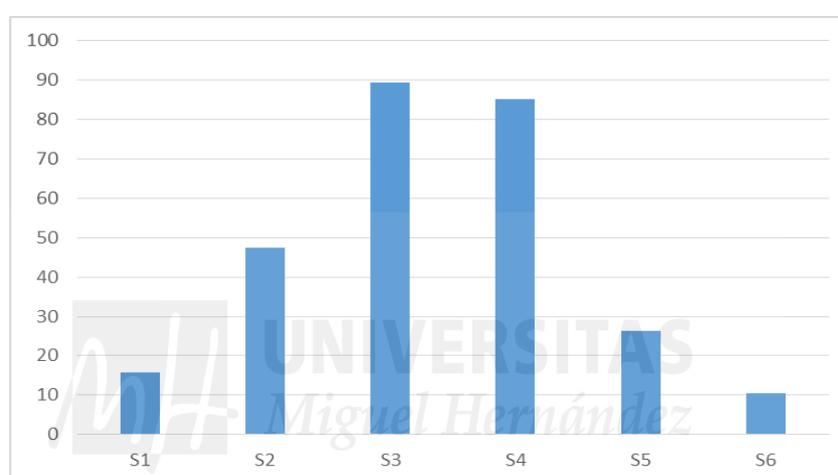


**Figura 34.** Ensayo 1: número de semillas germinadas día a día (Fuente: propia).

La semilla de mayor porcentaje de germinación (ver Tabla 3), es la semilla S3 con 89%, de quínoa real. Y la segunda es la semilla S4 con un valor de 85%.

**Tabla 3.** Porcentaje de germinación de las semillas en el Ensayo 1

SEMILLA	Nº SEMILLAS GERMINADAS	GERMINACIÓN (%G)
S1	15	15,8
S2	45	47,4
S3	85	89,5
S4	81	85,3
S5	25	26,3
S6	10	10,5



**Figura 35.** Ensayo 1: Porcentaje de germinación de las semillas (Fuente: propia).

El número de semillas germinadas en el control fue de 95 de las 100.

Se calcula el porcentaje de crecimiento de raíces, con las mediciones que se realizaron después de los 7 días de germinación de las diferentes semillas (ver Tabla 4 y Figura 36).

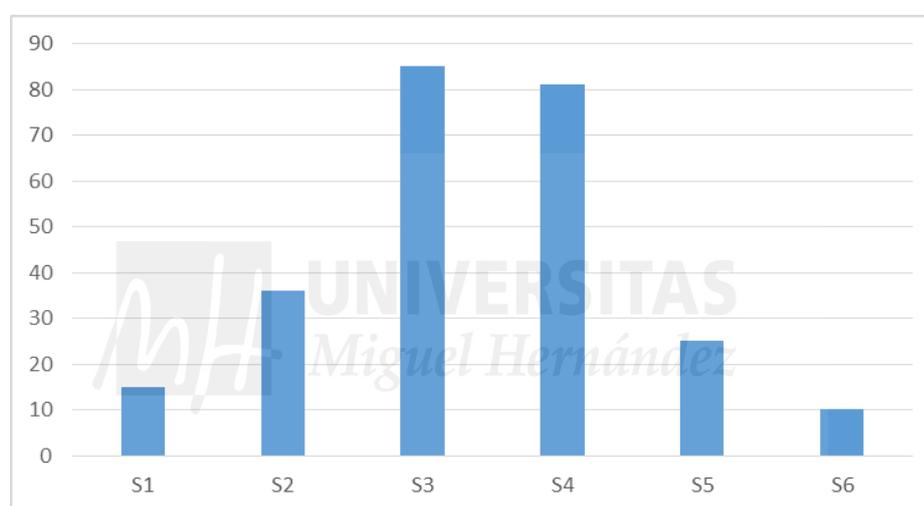
Las semillas de mayor crecimiento de raíces, es la semilla de quinua real S3, seguido por la semilla de Sevilla S4, con 85 y 81% respectivamente.

En este estado puede haber daños de pájaros y podredumbre radicular. Se considera una fase crítica ya que es afectado por los estreses de agua y temperatura como indica Gómez y Aguilar (2016.).

**Tabla 4.** Porcentaje del crecimiento de las raíces en el Ensayo 1

SEMILLA	SUMATORIA RAISES (mm)	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO RAICES (%L)
S1	75	15,1
S2	180	36,1
S3	425	85,2
S4	405	81,2
S5	125	25,1
S6	50	10,1

La sumatoria de la longitud de las raíces del control: 499 mm.



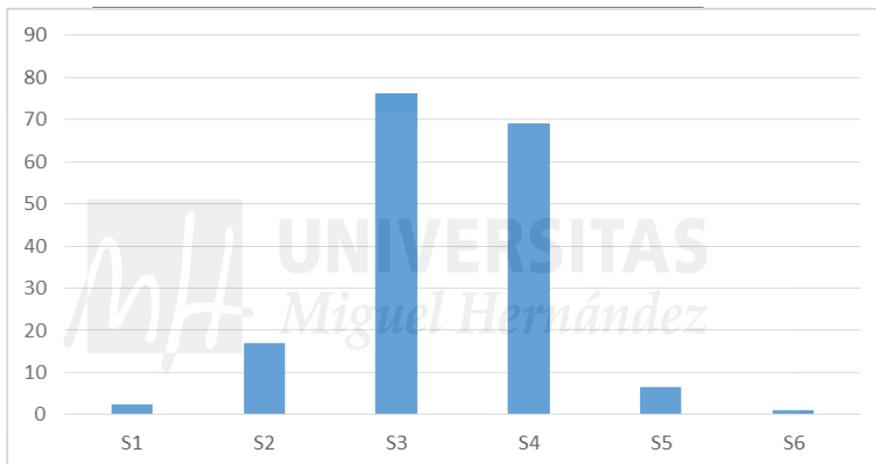
**Figura 36.** Ensayo 1: Porcentaje del crecimiento de raíces (Fuente: propia).

El índice de germinación (IG) (ver Figura 37), de mayor valor es de la semilla de quínoa real S3 (ver Figura 38), con 76% de IG. La segunda semilla con el valor más alto es la semilla de Sevilla S4 con un 69 % de IG. Ambas semillas son de diferentes orígenes de producción, pero del mismo envasador e distribuidos, con la marca de Biocop Agricultura Biológica.

Las demás semillas (S1, S2, S5 y S6), han tenido valores inferiores al 17% de IG, y problemas de presencia de hongos (ver Figura 39), a partir del 5to día; lo cual pudo afectar a su germinación en los posteriores días.

**Tabla 5.** Calculo de Índice de Germinación (IG) el Ensayo n°1

SEMILLA	INDICE DE GERMINACIÓN (%IG)
S1	2,4
S2	17,1
S3	76,2
S4	69,2
S5	6,6
S6	1,1



**Figura 37.** Ensayo 1: Índice de germinación (%IG) (Fuente: propia).



**Figura 38.** Germinación de la quinua S3 (Fuente: propia).



**Figura 39.** Desarrollo de hongos en las semillas de quínoa S6 (Fuente: propia)

#### **4.2. Ensayo N° 2: Germinación en ambiente controlado con subproductos**

Las distintas semillas se pusieron a remojo durante 12 horas, en extractos húmicos (ácidos fúlvicos) al 5% y *Trichoderma harzianum* en concentraciones 10g/100L. Las semillas empleadas fueron las mismas que en el primer ensayo (ver Figura 40).

Las primeras semillas germinaron al 2do día, y más del 50% germinó a los 4 días, y a los 7 días se hizo el conteo final de las semillas germinadas por cada 100 semillas de cada muestra.



**Figura 40.** Semilla de quinua real S3, en ambiente controlado (Fuente: propia)

La semilla de quínoa real S3, es la mejores resultados de germinación obtuvo, inicio su geminación el día 2 con 15 semillas, hasta llegar a 95 al séptimo día (ver Figura 41). La segunda semilla con los mejores resultados es la semilla de Sevilla S4 (ver Figura 42), con un valor de 93, iniciando su germinación al 2do día con 11 semillas (ver Tabla 6 y Figura 43).



**Figura 41.** Semilla de Quinoa Real S3 germinada en ambiente controlado (Fuente: propia).

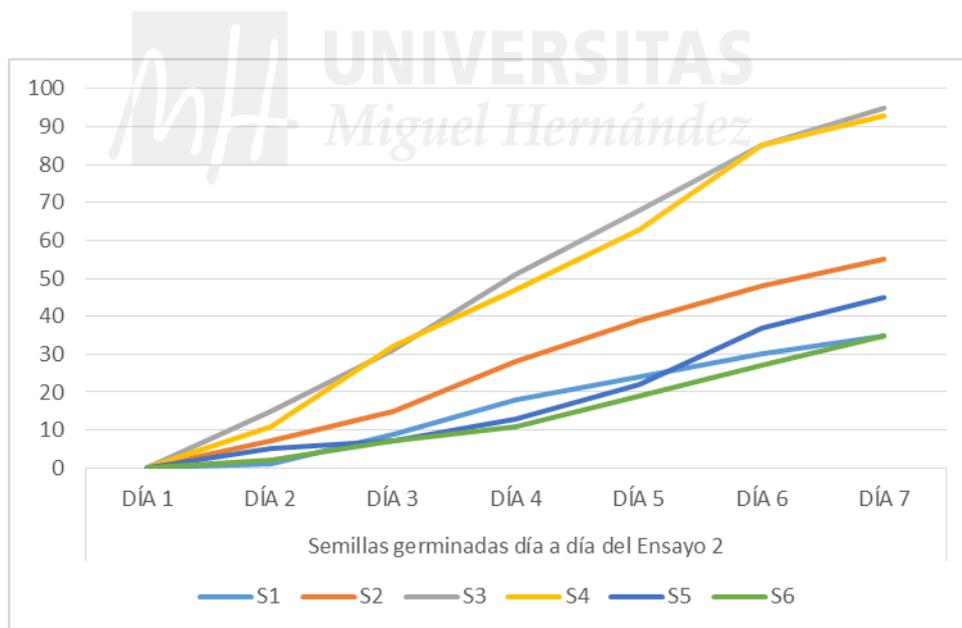


**Figura 42.** Semilla de Quinoa sevillana S4 germinada en ambiente controlado (Fuente: propia).

Las semillas germinadas, tanto S3 y S4, se desarrollaron según lo descrito por Mujica, *et al.* (2005) y Gómez – Aguilar (2016), en ambiente controlado, como se puede ver en las Figuras 40 y 41.

**Tabla 6.** Semillas germinadas día a día del Ensayo 2

SEMILLA	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7
S1	0	1	9	18	24	30	35
S2	0	7	15	28	39	48	55
S3	0	15	31	51	68	85	95
S4	0	11	32	47	63	85	93
S5	0	5	7	13	22	37	45
S6	0	2	7	11	19	27	35



**Figura 43.** Ensayo 2: número de semillas germinadas día a día (Fuente: propia).

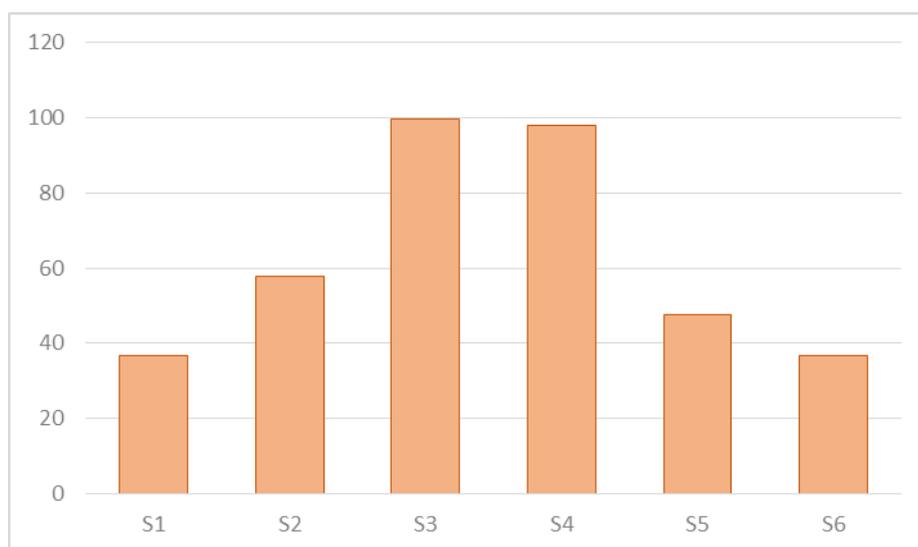
Los productos aplicados; ácidos fúlvicos y *Trichoderma harzianum*, han tenido un efecto positivo sobre la germinación de todas las semillas, como indica Ortuño, *et al.* (2010) en sus investigaciones sobre producción ecológica de quinua en el Altiplano.

Los productos ecológicos han adelantado la germinación de las semillas en un día y ha incrementado el porcentaje de germinación en general, como se puede apreciar en la Tabla 7 y Figura 44, del porcentaje de germinación.

Estos productos agroecológicos (ácidos fúlvicos y *Trichoderma harzianum*), han logrado proteger la semilla contra los hongos y han estimulado de forma natural la germinación de las semillas, por lo que se empleó en los sucesivos ensayos en las semillas de mayor germinación (S3 y S4).

**Tabla 7.** Porcentaje de germinación de las semillas en el Ensayo N° 2

SEMILLA	SEMILLAS GERMINADAS (U)	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN (%G)
S1	35	36,8
S2	55	57,9
S3	95	99,8
S4	93	97,9
S5	45	47,4
S6	35	36,8



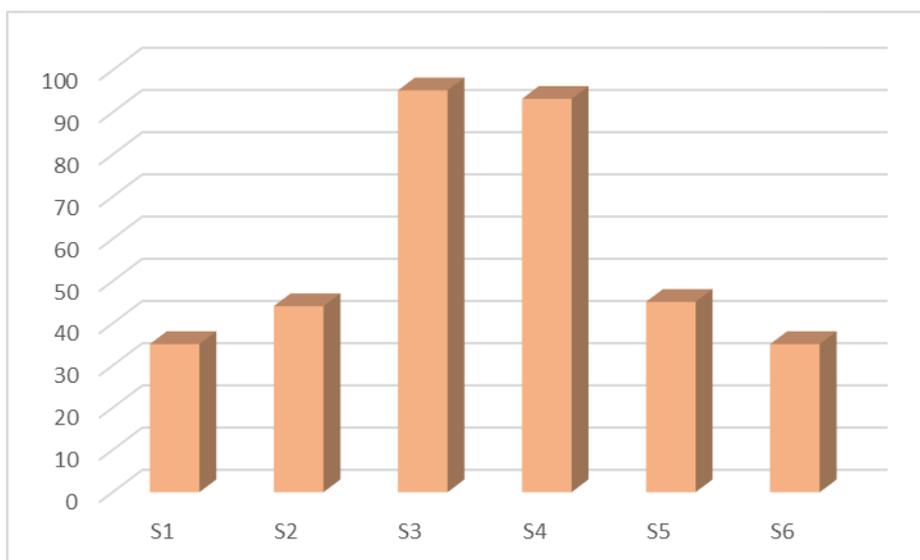
**Figura 44.** Ensayo 2: Porcentaje de germinación de las semillas (Fuente: propia).

El número de semillas germinadas de referencia es de 95 de las 100.

Las semillas con mayor porcentaje de crecimiento de raíces son las semillas de Quínoa Real S3 con un 95%, seguido por la semilla S4 con un 93%. La mayor sumatoria de raíces después de 7 días, fue de 475 mm de la semilla S3, como se puede ver en la Tabla 8 y Figura 45.

**Tabla 8.** Porcentaje del crecimiento de las raíces en el Ensayo N° 2

SEMILLA	SUMATORIA RAISES (mm)	PORCENTAJE DE CRECIMIENTO RAICES (%L)
S1	175	35,1
S2	220	44,1
S3	475	95,2
S4	465	93,2
S5	225	45,1
S6	175	35,1



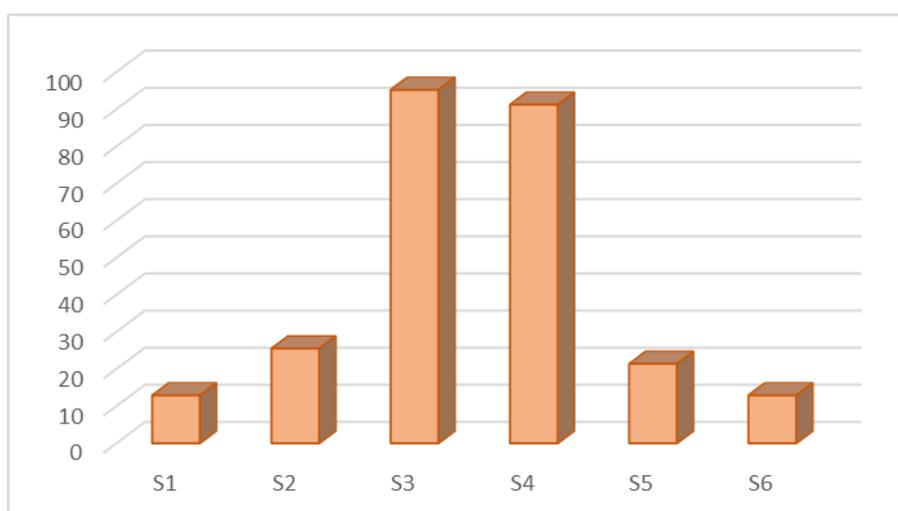
**Figura 45.** Ensayo 2: Porcentaje de crecimiento de las raíces (Fuente: propia).

La sumatoria de la longitud de las raíces de referencia: 499 mm

El Índice de Geminación (IG), como se puede ver en la Tabla 9 y Figura 46, el valor más elevado es de la semilla S3, la quínoa real, con un valor superior a 95%. El segundo mejor resultado fue obtenido por la semilla S4, con un valor de 91%. Ambas semillas obtuvieron mejores resultados que en el primer ensayo. Por lo que el uso de los productos agroecológicos de (ácidos fúlvicos y *Trichoderma harzianum*), han mejorado los resultados de IG.

**Tabla 9.** Calculo de Índice de Germinación (IG) el Ensayo N° 2

SEMILLA	INDICE DE GERMINACIÓN (%IG)
S1	12,9
S2	25,5
S3	95,2
S4	91,2
S5	21,4
S6	12,9



**Figura 46.** Ensayo 2: Índice de germinación (%IG) (Fuente: propia).

### 4.3. Ensayo N° 3: Siembra en macetas

Se eligieron las dos semillas con mejores resultados en los dos ensayos anteriores, para la prueba de germinación en macetas, con distintos porcentajes de sustrato (100% y 50%) las semillas elegidas son la de quinua real S3 y quínoa de Sevilla S4. En las 6 macetas se sembró 10 semillas. A temperatura ambiente. El conteo de semillas germinadas, se realizó a los 10 días de sembrarlas. Los resultados obtenidos están reflejados en la Tabla 10 y Figura 47.

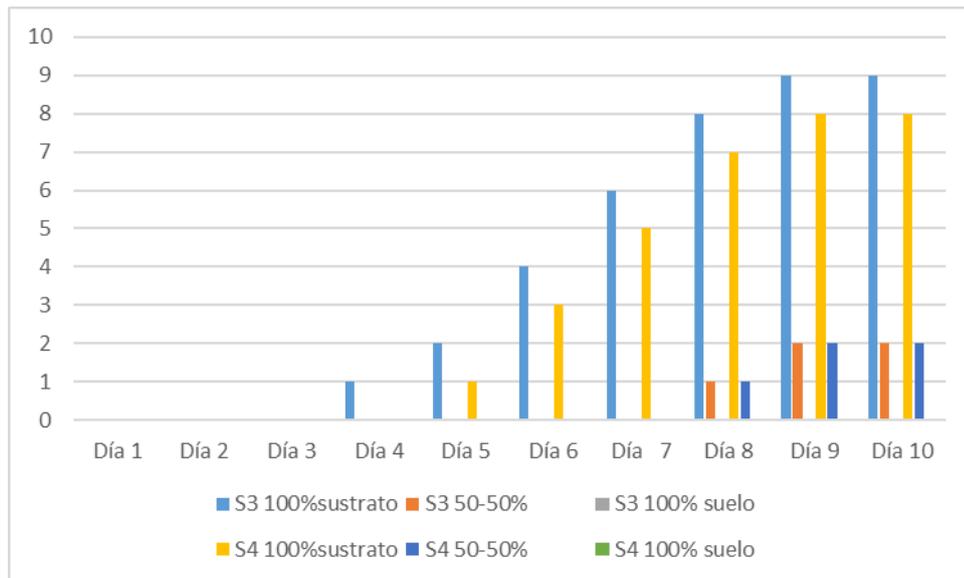
La semilla S3 obtuvo una germinación de 9 de 10 semillas sembradas, en la maceta con 100% de sustrato, y solo 2 en la maceta que tenía 50% de sustrato y 50% de suelo. Pero en la maceta que tenía 100% suelo, no se ha tenido ni una sola germinación.

En el caso de la semilla S4, la maceta con un 100% de sustrato se obtuvo un resultado de 8 semillas germinadas de 10 sembradas, y solo 2 germinaciones en la maceta 50% sustrato y 50% suelo. En la maceta que contenía 100% de suelo, no se ha tenido germinación (ver Tabla 10 y 11).

La temperatura ambiente, durante los 10 días del ensayo, oscilo entre los 25°C a 31°C. Por los resultados obtenidos, la temperatura no fue determinante en este ensayo.

**Tabla 10.** Germinación de semillas S3 y S4, en macetas con distintos porcentajes de sustratos

Semillas	Maceta \ T°	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
		25°C	27°C	31°C	36°C	24°C	18°C	25°C	31°C	31°C	29°C
S3	100% sustrato	0	0	0	1	2	4	6	8	9	9
	50-50%	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2
	100% suelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S4	100% sustrato	0	0	0	0	1	3	5	7	8	8
	50-50%	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2
	100% suelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



**Figura 47.** Ensayo 3: Germinación de las semillas S3 y S4, en macetas en distintos porcentajes de sustrato (Fuente: propia).

La maceta que contenía solo suelo, no germinaron las semillas de quinua, lo que puede indicar que no es conveniente sembrar en el suelo, sin previamente abonarlo, es fundamental mejorar el contenido de materia orgánica con un sustrato, como indica Mujica, *et al.* (2005). Por otra parte la semilla debe estar adaptada a las condiciones del suelo y a los factores climáticos para obtener el máximo rendimiento posible, que la semilla puede producir. Pero para ello se debe realizar adaptaciones graduales, variando el porcentaje de sustrato así como la exposición gradual a factores climáticos de la zona de estudios, a lo largo de diferentes campañas de producción, el objetivo de este trabajo es realizar los primeros intentos de adaptación, para una posterior adaptación a largo plazo.

**Tabla 11.** Resumen de resultados Ensayo 3

SEMILLA	SUSTRATO 100%	SUSTRATO 50% SUELO 50%	SUELO 100%
S3	9	2	0
S4	8	2	0

#### 4.4. Ensayo N° 4: Siembra en parcela

*Siembra a voleo*: la germinación por siembra al voleo de las dos semillas se puede ver en la Tabla 12 y Figura 52. La semilla S4, es la que tuvo mejores resultados, con un promedio de 21 plantas (ver Figura 50 y Figura 52), en comparación con el resultado de la semilla S3 (ver Figura 49 y Figura 53), que tiene como promedio 10 plantas en cada parcela (ver Figura 48). Ambos resultados son muy bajos considerando que la cantidad de semillas sembradas, de 100 semillas por cada 50 cm<sup>2</sup>. Siendo que cada repetición se realizó en parcelas de 6 m<sup>2</sup>.

Las razones por las cuales la germinación fue tan baja, podría ser por los vectores externos que han influido negativamente en la germinación, como son los pájaros, y las hormigas (entre otro insectos) que se sienten atraídos por la semilla de quínoa (ver Figura 51). Otro factor que pudiera haber influido es la falta de materia orgánica, así como un factor determinante puede haber sido la poca adaptación de la semilla al medio, tipo de suelo, clima de la ubicación de la parcela, donde la salinidad y la alcalinidad, son características determinantes en el tipo de suelo de esta zona próxima al Parque Natural del Hondo de Elche. Las semillas requieren un periodo de adaptación para lograr los resultados y rendimientos deseados.



**Figura 48.** Germinación y desarrollo del cultivo de quínoa 12 de Abril (Fuente: propia)



**Figura 49.** Germinación en parcela con semillas S3, 15 Abril (Fuente: propia)



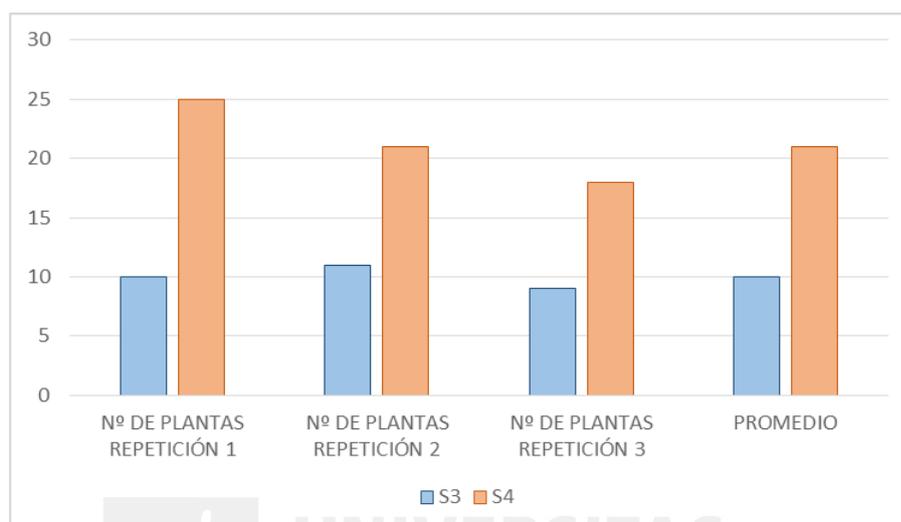
**Figura 50.** Germinación de las semillas de quínoa S4, 15 de Abril (Fuente: propia)



**Figura 51.** Huecos que las hormigas hicieron para extraer las semillas de quínoa del suelo (Fuente: propia)

**Tabla 12.** Germinación por siembra a voleo Ensayo N°4

SEMILLA	Nº DE PLANTAS REPETICIÓN 1	Nº DE PLANTAS REPETICIÓN 2	Nº DE PLANTAS REPETICIÓN 3	PROMEDIO
S3	10	11	9	10
S4	25	21	18	21



**Figura 52.** Ensayo 4: Germinación por siembra a voleo, semillas S3 y S4 (Fuente: propia).

**Siembra puntual:** después del armado de caballones, se procedió a la fertilización puntual y posterior sembrado en 12 hoyos separados por 25 cm uno detrás del otro. En total 8 surcos (ver Figura 53). En cada hoyo se siembra aproximadamente 10 semillas; para posteriormente cubrirlo con suelo abonado.



**Figura 53.** Hoyos abonados para sembrar semilla S3 y S4, 6 de Abril (Fuente: propia)

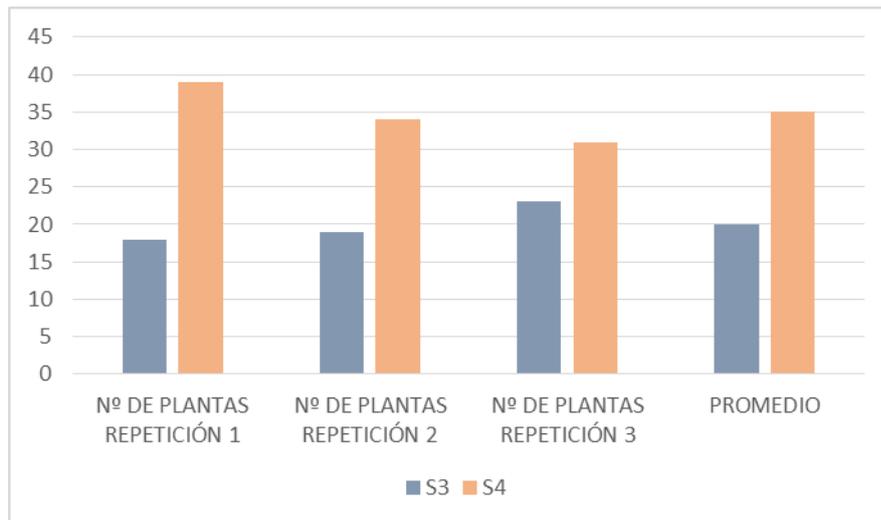
Los resultados obtenidos con la siembra puntual, se pueden ver en la Tabla 13 y Figura 55. La semilla S4, es la que obtuvo mejores resultados, con un promedio de 35 plantas, y el promedio de la semilla S3 de 20 plantas como promedio (ver Figura 54). En ambos casos se prueba que la germinación de ambas semillas mejoro, en algunos casos duplicando el número de plantas de quínoa (ver Figura 56 y 57). El ataque de los vectores fue inferior a los de la siembra a voleo. Pero el rendimiento en general es inferior a lo requerido para una producción a gran escala, siendo fundamental la adaptación de la semilla. Por otra parte la temperatura promedio fue superior a la siembra por voleo, superior de 30°C, cuando el óptimo es 27°C, lo cual también pudo afectar a la germinación de la semilla. La semilla que soporto mejor las variaciones de temperatura es la semilla de Sevilla (S4) (ver Figura 57).



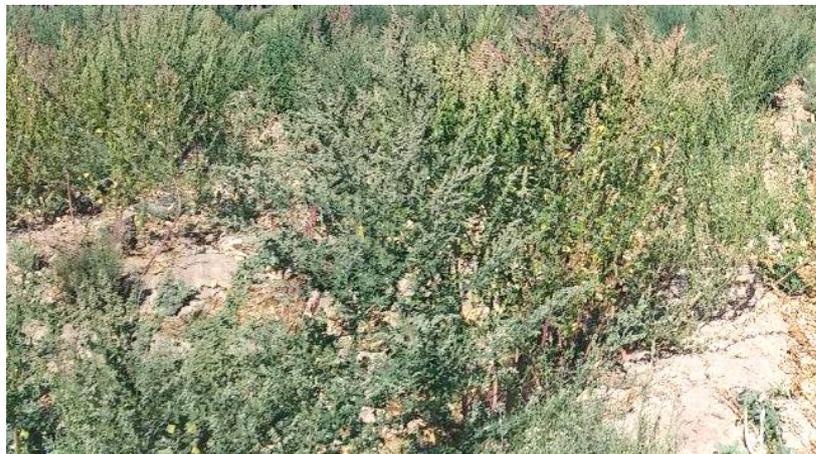
**Figura 54.** Cultivo de quínoa puntual, 1,5 meses después de la siembra (Fuente: propia).

**Tabla 13.** Germinación por siembra puntual Ensayo N°4

SEMILLA	Nº DE PLANTAS REPETICIÓN 1	Nº DE PLANTAS REPETICIÓN 2	Nº DE PLANTAS REPETICIÓN 3	PROMEDIO
S3	18	19	23	20
S4	39	34	31	35



**Figura 55.** Ensayo 4: Germinación por siembra puntual (Fuente: propia)



**Figura 56.** Plantas de quínoa en desarrollo, 3 meses de la siembra (Fuente: propia)



**Figura 57.** Plantas de quínoa, 1 m de altura, 5 meses de la siembra (Fuente: propia)

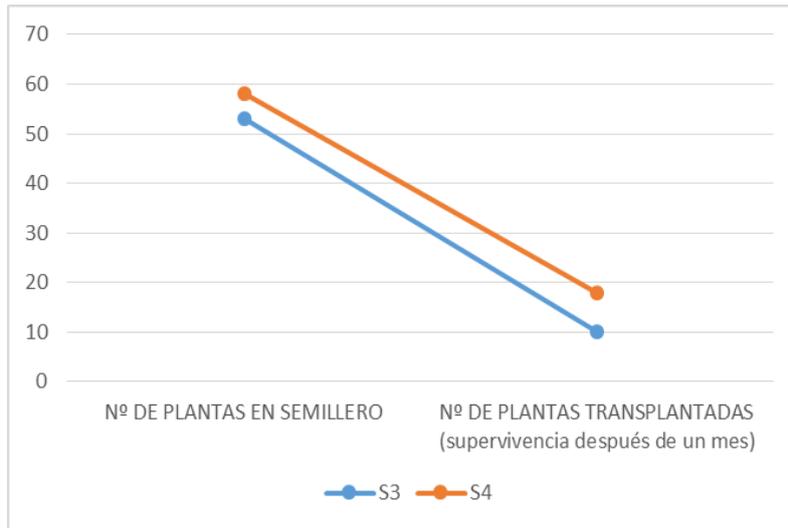
#### 4.5. Ensayo N° 5: Siembra en semilleros para trasplante

El ensayo se realiza con los dos tipos de semillas S3 y S4 y dos tipos de semilleros, uno de plástico (común) y el otro ecológico de cartón reciclado. Obteniendo mejores resultados la semilla S4, sobre la Semilla S3, en ambos tipos de semillero. Implica mayor mano de obra, pero no se observa mejores resultados que la siembra puntual en cuanto a la germinación, pero si a la hora de realizar la selección de las plantas más desarrolladas y se evita la proliferación de adventicias, eliminando la labor de desahije o entresaque, siendo favorable para el desarrollo del cultivo, como lo confirma Gómez y Aguilar (2016) en sus recomendaciones para trasplante de quínoa.

Los resultados no son significativamente diferentes en ambos tipos de semilleros (ecológico y de plástico), siendo los resultados muy similares (ver Tabla 14 y Figura 58) en el caso del semillero de plástico. Y el semillero ecológico (ver Tabla 15 y Figura 59), solo se observó el inconveniente, de que al ser de cartón, no soporta la humedad constante y se detectó la aparición de hongos en algunas unidades del semillero, lo que podría comprometer el desarrollo de las semillas a mediano plazo. Por otra parte no permite la reutilización de las unidades del semillero ecológico, incrementando a su vez el costo por unidad.

**Tabla 14.** Germinación y trasplante en semillero de plástico Ensayo N°5

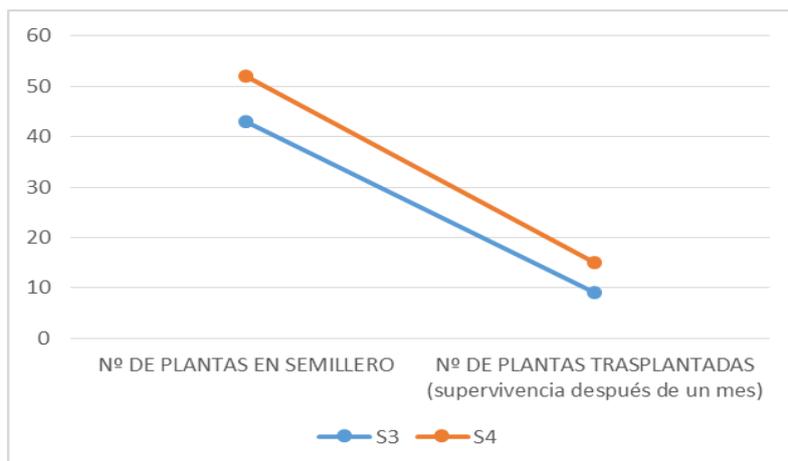
SEMILLA	Nº DE PLANTAS EN SEMILLERO	Nº DE PLANTAS TRASPLANTADAS (supervivencia después de un mes)
S3	53	10
S4	58	18



**Figura 58.** Ensayo 5: número de plantas en semillero y plantas en suelo después de un mes, S3 y S4. En semillero de plástico (Fuente: propia).

**Tabla 15.** Germinación y trasplante en semillero ecológico Ensayo N°5,

SEMILLA	Nº DE PLANTAS EN SEMILLERO	Nº DE PLANTAS TRASPLANTADAS (supervivencia después de un mes)
S3	43	9
S4	52	15



**Figura 59.** Ensayo 5: número de plantas en semillero y plantas en suelo después de un mes, S3 y S4 En semillero ecológico (Fuente: propia).

En la Figura 58 y 59, se puede observar el número de semillas que germinaron en el semillero para después ser trasplantados, y se puede comparar el número de plantas que llegaron a desarrollarse después de un mes en el semillero de plástico y en semillero ecológico.

Los plantines trasplantados (Figura 60), se desarrollaron durante un mes, que se observó su evolución y al contabilizarlos podemos ver que las semillas S4 son las que mejor adaptación tuvieron frente a las S3, aun que sigue siendo bajo el porcentaje, si tomamos en cuenta el número de semillas inicialmente empleadas, en ambos tipos de semilleros, lo cual nos indica al igual que los anteriores ensayos en suelo, que las semillas requieren un periodo de adaptación para lograr mayor germinación y desarrollo del cultivo.



**Figura 60.** Plantas de quínoa trasplantadas en desarrollo 07 de Junio (Fuente: propia)

## 5. CONCLUSIONES

- La germinación de la semilla de la quinua real (S3) y la quínoa común (S4), en condiciones controladas es la de los mejores resultados, con un índice de germinación del 81% y 85% respectivamente. Pero se ven afectados por hongos. Siendo estos porcentajes mejorados por los ácidos fúlvicos y *Trichoderma harzianum* que protegen la semilla de hongos y mejora el índice de germinación a 93% (S4) y 95% (S3).
- La germinación en macetas solo es factible si el suelo es previamente abonado (100% y 50%, 0%), cuanto menor es el porcentaje de abonado, menor será el porcentaje de germinación. La germinación es solo en suelo (sin abonado) es inexistente.
- La calidad del suelo de la parcela afectan significativamente a la producción; sobre todo a la semilla de origen Sevilla (S4). así como la humedad ambiental favorece el desarrollo de hongos, lo que limita el desarrollo del cultivo en sus estadios iniciales.
- La semilla de Quinoa Real (S3) origen Bolivia, es más tolerante al suelo de El Hondo, pero a su vez la más sensible a los vectores externos, como los insectos (hormigas), y aves (abundantes en el Parque Natural El Hondo), lo que afecta considerablemente su producción.
- La germinación por siembra puntual es mayor a la siembra a voleo, porque la incidencia de los vectores externos (insectos y aves) es mucho menor, y el abonado del suelo es más efectivo, tanto para las semillas S3 y S4.
- La germinación por trasplante, tiene resultados similares a la germinación por siembra puntual, para los dos tipos de semillas S3 y S4. Obteniendo mejores resultados la semilla S4.
- La germinación en semillero de plástico y semillero ecológico, no son significativamente diferentes, solo se observó que el semillero ecológico es menos resistente a la humedad y más propenso al desarrollo de hongos.
- El cultivo de la quínoa ecológica, para una óptima germinación y producción en el Parque Natural de El Hondo, se requiere un periodo de adaptación de la semilla, a los diferentes factores climáticos.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- A.E.M.E.T.2019. Temperatura, precipitación en Elche, Alicante. Disponible en: <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/municipios/elche-elx-id03065> [Consulta de Febrero- Agosto de 2019].
- AGROINFORMACIÓN, S. L. 2017. La quínoa, el cultivo que se está implantando poco a poco como alternativa al maíz y el girasol. Sección la buena noticia. 23 de Junio. Andalucía. Disponible en: <https://agroinformacion.com/la-quinoa-el-cultivo-que-se-esta-implantando-pocoo-poco-como-alternativa-al-maiz-y-el-girasol/> [Consulta de 25 de Mayo de 2019].
- AHUMADA, A., ORTEGA, A., CHITO, D. y BENÍTEZ, R. 2016. Saponinas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): un subproducto con alto potencial biológico. Revista Colomb. Científica Química. Farmacia. Vol. 45(3). p. 438-469.
- BAZILE D. 2014. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2014: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): p. 185-202.
- BERNUY, N., VILLANUEVA, M., DUÁREZ, S. y VILCHEZ C. 2018. Influencia del consumo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) sobre la acumulación del tejido adiposo y actividad antioxidante en tejidos de ratas obesas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Órgano Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Vol. 68 N° 2. Lima. p. 1-11.
- CASO, E. 2013. La quinua, el grano de oro de Los Andes. Biblioteca de cooperación. Biblioteca Hispánica. 22 de Julio. Madrid. Disponible en: <https://reinamares.hypotheses.org/5186> [Consulta de 11 de Junio 2019].
- CASTRO, C. 2018. La quínoa, la semilla que puede alimentar al mundo. El Independiente, Sección Alimentación, Nutrición, Salud. 05 de Abril. Andalucía. Disponible en: <https://www.elindependiente.com/vida-sana/2018/03/02/la-quinoa-la-semilla-puede-alimentar-al-mundo/> [Consulta de 13 de Junio 2019].
- DAZA, R., PEREYRA, E., BURIN, D. y HERAS, I. 2015. Quinua regalo ancestral. Historia, Contexto, Tecnología, Políticas. Ed. Nueva Gestión. Palpalá. p. 129, 34-50. Disponible en: <https://www.aacademica.org/david.burin/34.pdf> [Consulta 16 de Junio 2019].

- DRA (Dirección Regional de Agricultura) 2013. Ancash. Cultivo de la Quinoa en Ancash, una alternativa nutritiva para el mundo. p. 24. Perú. Disponible en: <https://agroancash.gob.pe/agro/wp-content/uploads/2016/06/libro-quinoa.pdf> [Consulta de 12 de Febrero 2019].
- GALLARDO, M.; GONZALES, A. Y PONESSA, G. 1997. Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd. (Quinoa). *Chenopodiaceae*. *Lilloa*. p. 39.
- GARCIA, E. 2018. La transición ecológica N° 125. Diciembre. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Secretaria General Técnica. p. 104. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf\\_AM%2FPDF\\_AM\\_Ambienta\\_2018\\_125\\_completa\\_2.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_AM%2FPDF_AM_Ambienta_2018_125_completa_2.pdf) [Consulta de 25 de Junio 2019].
- GARCIA-PARRA, M., GARCÍA-MOLANO, J. y CARVAJAL-RODRIGUEZ, D. 2018. Evaluación del efecto de la fertilización química y orgánica en la composición bromatológica de semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) en Boyacá – Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. Área Agrícola. Ingeniería Agropecuaria. Fundación Universitaria Juan de Castellanos. Vol. 9. 04 de junio de 2018. Tunja. p. 100-108.
- GONZÁLEZ, I. 2015. La quínoa es un cultivo en expansión y ya está adaptada a Europa. *Campo Galego*. 13 de Mayo. Madrid. Disponible en: <http://www.campogalego.com/es/huerta/la-quinoa-es-un-cultivo-en-expansion-y-ya-esta-adaptada-a-europa/> [Consulta de 10 de Abril 2019].
- GÓMEZ, P. y AGUILAR, C. 2016. Guía de cultivo de la quinoa. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Ed. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. p. 130. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5374s.pdf> [Consulta de 09 de Enero 2019].
- GRANADOS, O. 2016. La guerra por el grano de oro andino. *Economía*. El País. 03 Abril Madrid. Disponible en: [https://elpais.com/economia/2016/03/31/actualidad/1459422139\\_795680.html](https://elpais.com/economia/2016/03/31/actualidad/1459422139_795680.html) [Consulta 11 de Abril 2019].
- GVA, 2019. Gobierno Valenciano: El medio físico Capítulo 1. p. 10. Disponible es: [http://www.habitatge.gva.es/estatico/areas/urbanismo\\_ordenacion/infadm/publicaciones/pdf\\_entorno/Cap01.pdf](http://www.habitatge.gva.es/estatico/areas/urbanismo_ordenacion/infadm/publicaciones/pdf_entorno/Cap01.pdf). [Consulta 03 de Septiembre 2019].

- HERNÁNDEZ, Z. 2000. Plaguicidas Naturales. ¿Cómo mantener sus cultivos y animales libres de plagas con el uso de preparados asociaciones y rotaciones? Fitotecnia. INCA. Movimiento por la Paz, el Desarme y la Libertad. La Habana. p. 69, 20-24.
- ICV. (Instituto Cartográfico Valenciano) 2019. Cartografía del Parque Natural del Hondo y sus alrededores. <http://www.icv.gva.es/es>. [Consulta 09 de Marzo de 2019].
- INIA. 2015. Quínoa: Un súper alimentos para Chile y el mundo. Tierra Adentro. Edición Especial. Ministerio de Agricultura de Chile. p. 84. Santiago de Chile. Disponible en: [http://biblioteca.inia.cl/medios/revista-tierra-adentro/Tierra\\_Adentro\\_1\\_diciembre-Especial-Quinoa.pdf](http://biblioteca.inia.cl/medios/revista-tierra-adentro/Tierra_Adentro_1_diciembre-Especial-Quinoa.pdf) [Consulta de 13 de Junio de 2019].
- MACIÁ, A. y LLOVERAS, J. 2018. La quínoa y su posible adaptación en el valle del Ebro. Universidad de Lleida. 07 Febrero. Lleida. Disponible en: <https://www.innovagri.es/investigacion-desarrollo-inovacion/la-quinoa-y-su-posible-adaptacion-en-el-valle-del-ebro.html> [Consulta 23 de Mayo 2019].
- MUJICA, A., IZQUIERDO, J. y MARATHEE, J. 2005. Quinoa ancestral cultivo de Los Andes. Ed. Miranda. p. 219. La Paz. Disponible en: <https://es.slideshare.net/dioslokis/29879087-libroquinuaancestralcultivodelosandesmiranda> [Consulta de 02 de Abril de 2019].
- OLIVA, A., DUQUE, C. y STELLA, G. 2018. Physicochemical characterization of cereal and starch of Quinoa *Chenopodium quinoa*. Revisit Lon. ISSN 2145-8480. 23 de March de 2018. p. 25-30.
- ORTUÑO, N., NAVIA, O., MENECEs, E., BARJA, D. y VILLCA, S. 2010. Catálogo de Bioinsumos para mejorar la productividad de los cultivos ecológicos y convencionales. Fundación PROINPA. BIOTOP. Poligraf. La Paz (Bolivia). p. 44, 20-23.
- PRIETO, M., CRUZ, S., GARCIA, C. y GONZÁLEZ, P. 2017. Nuevos cultivos para la obtención de alimentos saludables. <https://www.unex.es/conoce-la-unex/centros/eia/archivos/iag/2015/2015-12-nuevos-cultivos-para-la-obtencion-de.pdf> [Consulta 11 de Febrero 2019].
- PELÁEZ, A. 2017. La quínoa conquista a los agricultores malagueños por su rentabilidad. 04 de Agosto. Diario Sur. Málaga. Disponible en: <https://www.diariosur.es/malaga-capital/quinoa-conquista-agricultores-20170804000629-ntvo.html>. [Consulta 15 de Junio 2019].

- PLACER, D. 2017. La fiebre de la quínoa en España (desde Mercadona hasta Amazon). Tecnología y tendencias. Economía y tecnología. 31 de Marzo. p. 7. Madrid. Disponible en: [https://www.economiadigital.es/tecnologia-y-tendencias/fiebre-quinoa-mercadona-amazon\\_402498\\_102.html](https://www.economiadigital.es/tecnologia-y-tendencias/fiebre-quinoa-mercadona-amazon_402498_102.html) [Consulta de 02 de Mayo de 2019].
- RAMOS. A., LIMAYLLA, K., ROMERO, T. y LOPES. F. 2016. Hydration kinetics of four quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties. Biotechnology and Agricultural Sciences. Rev. Colomb.investig.agroindustriales. ISSN 2422-0582 e- ISSN 2422-4456. 13 de Agosto. 2016 p- 23- 33.
- SALINAS, B., LOYOLA, D. y CARLES Y LEBERT Cía. Ltda. 2010. Resultados y Lecciones de Modelo de Gestión para producción y comercialización de quínoa. Proyectos de Innovación en Regiones de Tarapacá y del Libertador Bernardo O'Higgins. Serie Experiencias de innovación para el emprendimiento agrario. Fundación para la Innovación Agraria Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. p. 40. Disponible en: [https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75589\\_archivo\\_01.pdf](https://www.opia.cl/static/website/601/articles-75589_archivo_01.pdf) [Consulta de 07 de Febrero de 2019].
- SEPHU (Sociedad española de productos húmicos, S.A.). 2010. Cultivo de la quínoa orgánica (*Chenopodium quinoa* Willd) El grano dorado tesoro de los Quechuas y Aymaras. Noticias. Zaragoza, 15 de Julio. Disponible en: [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/81972/051---15.07.10---Cultivo-de-la-Qui--769-noa-Orga--769-nica-2.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/81972/051---15.07.10---Cultivo-de-la-Qui--769-noa-Orga--769-nica-2.pdf) [Consulta de 05 de Febrero de 2019].
- SIMBAÑA, V., ANDRADE, C. y MONCAYO, M. 2011. Evaluación del desempeño de microorganismos entomopatógenos en el cultivo de Quinoa. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Sede Ibarra. p. 41. Quito. Disponible en: <http://quinua.pe/wp-content/uploads/2014/03/cultivoquinua.pdf> [Consulta de 11 de Marzo de 2019].
- SOTO, E., MERCADO, W., ESTRADA, R., REPO, R., DIAZ, F. y DIAZ, G. 2019. Estudio El mercado y la producción de quinua en el Perú. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura (IICA). INIA. 2015. p. 178. 15-20 Lima. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2652/1/BVE17038730e.pdf> [Consulta de 23 de abril de 2019].
- SOLER, D. Quinoa: el grano de oro de los Andes. R. Marc. AECID. 2005. p. 76. La Paz (Bolivia).

- STOLBEN, S., MARTIN, S., SPEHAR, C., DEVILLA, I., y RODOLFO, J. 2017. Cinética de secado de granos de quínoa (*Chenopodium quinoa* W.). V.25, n 04. ISSN 2175-6813. p. 318-328.
- TEOMIRO, E. 2018. El “boom” de la quínoa. *Global Affairs and Strategic Studies*. Facultad de Derecho. Universidad de Navarra. p. 3. Navarra. Disponible en: <https://www.unav.edu/web/global-affairs/detalle/-/blogs/el-boom-de-la-quinoa> [Consulta de 24 de Mayo de 2019].
- THOMSON, J. 2017. ¿Cómo crece la quínoa? Así son sus plantas y cultivos. *Tendencias*. HufPost US. 08 de Junio. Disponible en: [https://www.huffingtonpost.es/2017/06/08/como-crece-la-quinoa-asi-son-sus-plantas-y-cultivos\\_a\\_22122580/](https://www.huffingtonpost.es/2017/06/08/como-crece-la-quinoa-asi-son-sus-plantas-y-cultivos_a_22122580/) [Consulta de 06 de Junio de 2019].
- TROPICOS, 2019. Names: *Chenopodium quinoa* Willd. Disponible en: <http://www.tropicos.org/Name/7200325>. [Consulta de 28 de Agosto de 2019].
- VISITEELX, 2019. Parque Natural El Hondo. Elche. Disponible en: <http://www.visitelche.com/naturaleza/parque-natural-el-hondo/>. [Consulta de 08 de Marzo 2019].
- WINKEL, T. 2013. Quinoa y quinueros. IRD. EQUECO. La Paz. Disponible en: <https://es.ird.fr/toda-la-actualidad/comunicados-de-prensa/cp-2013/publicacion-del-libro-quinoa-y-quinueros> [Consulta de 12 de Enero 2019].