

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Evaluación del crecimiento y producción de quínoa (*Chenopodium quinoa*
Willd.) en siembra directa y trasplante en la Comarca Lagunera.**

POR:

DAISY JULIA JIMÉNEZ BERISTAIN

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Evaluación del crecimiento y producción de quínoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) en siembra directa y trasplante en la Comarca Lagunera

Presentada por:

DAISY JULIA JIMÉNEZ BERISTAIN

TESIS

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

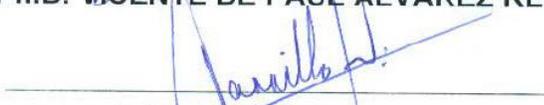
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

PRESIDENTE:


Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

VOCAL:


M.C. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

VOCAL:


M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

VOCAL SUPLENTE:


ING. ELISEO RAYGOZA SÁNCHEZ


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE, 2015



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

**Evaluación del crecimiento y producción de quínoa (*Chenopodium quinoa*
Willd.) en siembra directa y trasplante en la Comarca Lagunera**

**POR
DAISY JULIA JIMÉNEZ BERISTAIN**

TESIS

**QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:



Ph.D. VICENTE DE PAUL ALVAREZ REYNA

ASESOR:



M.C. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

ASESOR:



M.C. FEDERICO VEGA SOTELO

ASESOR:



ING. ELISEO RAYGOZA SÁNCHEZ



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas



**M.E VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

TORREÓN, COAHUILA

DICIEMBRE DE 2015

DEDICATORIA

A Dios, por iluminar mi camino y permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida.

A mis padres, por su apoyo en este viaje que estoy a punto de finalizar, sus sabios consejos, todo el amor que me han demostrado estando en cada etapa de mi vida y enseñarme por sobre todas las cosas la importancia del amor en una familia.

A mis hermanos, quienes forman parte invaluable en mi vida y que siempre han estado conmigo en los buenos y malos momentos. A mis sobrinos, ustedes son mi presente y futuro, parte impórtate del motor que me impulsa a seguir adelante.

A Gonzalo que me enseñaste el valor de la familia y la vida, para ti un abrazo y un beso hasta el cielo.

Para todos mi eterno agradecimiento, LOS AMO...

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” Unidad Laguna** por darme la oportunidad de realizar mis estudios en ella, prepararme como una profesional en sus aulas, y darme las bases para enfrentarme al mundo laboral.

Al Dr. Vicente De Paul Álvarez Reyna por su valioso apoyo y dedicación, tiempo, esfuerzo y los conocimientos que dedicó en la realización de esta investigación.

Al M. C. José Simón Carrillo Amaya y al Ing. Federico Vega Sotelo por el tiempo y conocimiento que dedicaron a este proyecto, al M.C. Héctor Armando Díaz Méndez por su apoyo en este proyecto.

A mis amigos que me acompañaron en esta etapa tan importante en mi formación personal y profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.1.1 Objetivos específicos.....	2
1.2 HIPOTESIS.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes arqueológicos e históricos.....	4
2.2 Centro de origen y de diversidad.....	5
2.2.1 Distribución geográfica.....	5
2.2.2 Diversidad genética.....	6
2.3 Descripción botánica y taxonómica.....	8
2.3.1 Quínoa.....	9
2.3.1.1 Raíz.....	9
2.3.1.2 Tallo.....	10
2.3.1.3 Hojas.....	11
2.3.1.4 Inflorescencia.....	11
2.3.1.5 Flores.....	12
2.3.1.6 Fruto.....	13
2.3.1.7 Semilla.....	13
2.4 Variedades:.....	14
2.5 Aspectos edáficos y climáticos.....	14
2.5.1 Radiación solar.....	15
2.5.2 Precipitación.....	15
2.5.3 Altitud.....	15
2.5.4 Temperatura.....	15
2.5.5 Suelo.....	16
2.6 Etapas fenológicas del ciclo de cultivo.....	16
2.6.1 Pre-emergencia.....	16
2.6.2 Emergencia.....	17
2.6.3 Dos hojas verdaderas.....	17
2.6.4 Cuatro a seis hojas verdaderas.....	17

2.6.5 Ramificación.....	17
2.6.6 Inicio y desarrollo de la panoja.....	18
2.6.7 Inicio de floración.....	18
2.6.8 Grano lechoso a pastoso	18
2.6.9 Madurez fisiológica.....	19
2.8 Siembra	19
2.8.1 Condiciones de siembra.....	19
2.8.2 Tasa de siembra.....	19
2.7 Labores agronómicas.....	20
2.7.1 Deshije o raleo	20
2.7.2 Deshierbe	20
2.7.3 Aporque	20
2.8 Fertilización.....	21
2.9 Insectos plaga del cultivo de la quínoa	22
2.9.1 La polilla de la quínoa	22
2.9.2 El Complejo Ticonas.....	23
2.9.3 Pulgones.....	23
2.10 Enfermedades	24
2.10.1 Mildiu	24
2.10.1.1 Síntomas	24
2.11 Cosecha y pos-cosecha	25
2.11.1 Cosecha.....	25
2.11.2 Pos-cosecha.....	26
2.12 Propiedades nutricionales	26
2.12.1 Valor Nutritivo	26
2.12.1.1 Proteínas	27
2.12.1.2 Vitaminas y minerales	27
2.13 Aspectos económicos de la quínoa en la zona andina y el mundo.....	28
2.13.1 Superficie cultivada y producción de quínoa en la región andina	28
2.13.2 Superficie cultivada y producción de quínoa en el resto del mundo.....	29
2.14 Aportes potenciales de la quínoa a la seguridad y soberanía alimentaria	30
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1 Descripción del sitio experimental	32

3.1.1 Localización geográfica.....	32
3.1.2 Clima.....	32
3.2 Descripción del experimento.....	32
3.3 Diseño experimental	33
3.4 Tratamientos	33
3.4.1 Croquis.....	34
3.5 Establecimiento del experimento.....	34
3.5.1 Preparación del terreno	34
3.5.2 Siembra en charola	34
3.5.3 Siembra y trasplante.....	35
3.6 Manejo del cultivo	35
3.6.1 Labores de cultivo.....	35
3.6.2 Riego.....	36
3.6.3 Fertilización.....	37
3.6.4 Control de maleza	37
3.6.5 Control de plagas y enfermedades.....	37
3.7 Cosecha	38
3.8 Características agronómicas evaluadas	38
3.8.1 Días a emergencia.....	38
3.8.2 Días a 50 % de floración	38
3.8.3 Días a madurez fisiológica.....	38
3.8.4 Altura de planta.....	39
3.8.5 Diámetro de tallo	39
3.8.6 Longitud de panoja principal	39
3.8.7 Diámetro de panoja principal	39
3.8.8 Peso total de panojas (gr)	40
3.8.9 Porcentaje de materia seca	40
3.8.10 Proporción grano / materia seca (%)	40
3.8.11 Peso de semilla (gr).....	41
3.8.12 Rendimiento (t ha ⁻¹)	41
3.9 Análisis estadístico.....	41
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
5.1 Días a emergencia, floración y madurez fisiológica.	42

5.2	Altura de planta y diámetro de tallo.....	42
5.3	Diámetro de panoja, peso total y longitud.....	43
5.4	Porcentaje materia seca	44
V.	CONCLUSIONES.....	46
VI.	RECOMENDACIONES	46
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos evaluados de quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	33
Cuadro 2. Fecha de aplicación de riegos durante el ciclo de cultivo de quínoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	36
Cuadro 3. Días a emergencia, floración y madurez fisiológica de quínoa variedad campesino en siembra directa y trasplante. UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015	42
Cuadro 4. Altura de planta y Diámetro de tallo de quínoa variedad campesino en siembra directa y trasplante. UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015	43
Cuadro 5. Longitud de panoja principal, Diámetro de panoja principal y Peso total de panoja de quínoa variedad campesino en siembra directa y trasplante. UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015.....	44
Cuadro 6. Porcentaje de materia seca (%) y Proporción grano / materia seca (%) de quínoa variedad campesino en siembra directa y trasplante. UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015	44
Cuadro 7. Peso de semilla (gr) y Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de quínoa variedad campesino en siembra directa y trasplante. UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de tratamientos y repeticiones del experimento.	34
---	----

RESUMEN

La quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un grano que se ha cultivado en la región andina durante miles de años. La planta muestra notable tolerancia a una amplia gama de factores abióticos desfavorables como a heladas, salinidad y sequía. La situación de producción y distribución de alimentos en el planeta presenta desafíos de gran magnitud a los cuatro pilares de la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, consumo y utilización biológica. En este contexto la quínoa constituye un cultivo estratégico para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria debido a: su calidad nutritiva, su variabilidad genética, adaptabilidad y bajo costo de producción. El experimento fue llevado a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna, ubicada a un costado del periférico Raúl López Sánchez km 2 y Carretera a Santa Fe en Torreón, Coahuila, en el ciclo otoño – invierno (2014-2015). El diseño experimental utilizado fue bloques completamente al azar con dos tratamientos y seis repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron siembra directa y trasplante. La variedad utilizada fue Campesino con un espaciamiento de 0.75 m entre hileras y 0.30 m entre plantas, bajo un sistema de riego por goteo. Las variables evaluadas fueron: días a emergencia, días a partir del 50% de floración, días a partir del 50% de madurez fisiológica, altura de planta, diámetro de tallo, diámetro de panoja principal, longitud de panoja principal, peso total de panoja, peso de semilla por planta, porcentaje de materia seca, relación grano/materia seca y rendimiento. Los resultados obtenidos muestran que el mejor método de establecimiento fue siembra directa el cual presentó un rendimiento de 3.208 t ha⁻¹. Lo cual indica que pudiera ser considerado como un cultivo alternativo para los productores de la región lagunera.

Palabras claves: Quínoa, siembra directa, trasplante, cultivo alternativo, rendimiento.

I.INTRODUCCIÓN

La quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un grano que se ha cultivado en la región andina durante miles de años. Planta anual de hoja ancha, de 1 a 2 m de altura con raíz profunda y penetrante, y puede ser cultivada desde el nivel del mar hasta una altitud de 3800 m. La planta muestra notable tolerancia a una amplia gama de factores abióticos desfavorables como a heladas, salinidad y sequía. Algunas variedades pueden crecer en concentraciones salinas similares a las encontradas en el agua de mar (40 dS m⁻¹) e incluso superior, por encima del umbral para cualquier cultivo conocido (Yuda *et al.*, 2011).

El cultivo de la quínoa es importante por su alto valor nutricional, con un contenido de proteína promedio de 17%. Debido al elevado y balanceado contenido de aminoácidos esenciales de su proteína, la quínoa es considerada como uno de los alimentos del reino vegetal que provee todos los aminoácidos esenciales, que se encuentran cerca de los estándares de nutrición humana establecidos por la FAO (Gabriel *et. al.*, 2011). A pesar de no pertenecer a la familia de las gramíneas, se clasifica como un pseudocereal por su alto contenido de almidón y su contenido y calidad proteínica, siendo rico en lisina y aminoácidos azufrados, los cuales son deficientes en los cereales (Cerezal, 2007).

La siembra de la quínoa es una de las actividades de mayor importancia porque de esta labor depende la emergencia de plántulas que tendrá incidencia en la densidad de plantas por superficie cultivada y el rendimiento a obtener (FAO, 2011). En la siembra influye bastante la densidad, distribución, profundidad y poder germinativo de la semilla. La emergencia de plántulas de quínoa ocurre a los cuatro días con humedad adecuada, sí después de ocho días no ha iniciado la emergencia de plántulas, es preferible resembrar (Sánchez, 2013).

La situación de producción y distribución de alimentos en el planeta presenta desafíos de gran magnitud a los cuatro pilares de la seguridad

alimentaria: disponibilidad, acceso, consumo y utilización biológica. En este contexto la quínoa constituye un cultivo estratégico para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria debido a: su calidad nutritiva, su variabilidad genética, adaptabilidad y bajo costo de producción. El cultivo de la Quínoa se constituye en una alternativa para que los países que tienen limitaciones en la producción de alimentos, y por lo tanto se ven obligados a importar o recibir ayuda alimentaria, pues no producen su propio alimento (FAO, 2011). La quínoa resulta altamente atractiva en distintas regiones del mundo, por la extraordinaria capacidad adaptativa que tiene a condiciones ecológicamente extremas (FAO, 2013).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), declaró el año 2013 como “El Año Internacional de la Quínoa” (IYQ). Declaración que implica que la quínoa sea reconocida alrededor del mundo como recurso alimenticio con alto valor nutritivo, que contribuye a la alimentación de las generaciones presentes y futuras (FAO, 2013).

La creciente demanda nacional e internacional de quínoa plantea la necesidad de incrementar el rendimiento y calidad así como ampliar la frontera agrícola de este cultivo (Sánchez, 2013).

1.1 Objetivo general

Determinar el mejor método de establecimiento de la quínoa en condiciones agroclimáticas de la Comarca Lagunera.

1.1.1 Objetivos específicos

Contar con un cultivo alternativo para los productores de la Comarca Lagunera que represente una nueva opción para la producción de alimento.

1.2 HIPOTESIS

El crecimiento y producción de la quínoa es similar en siembra directa y trasplante.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes arqueológicos e históricos

La quínoa es uno de los cultivos más antiguos de la región Andina, con aproximadamente 7000 años de antigüedad, en cuya domesticación y conservación han participado culturas como la Tiahuanacota y la Incaica (Jacobsen ,2003)

La quínoa fue ampliamente cultivada en la región Andina por culturas precolombinas y sus granos han sido utilizados en la dieta de los pobladores tanto de valles interandinos, zonas más altas (superiores a 3500 msnm), frías (temperatura promedio de 12 °C) y áridas (350 mm de precipitación promedio), como en el altiplano. A pesar de ser una especie completamente domesticada, los frutos contienen saponina, por lo que su extracción es necesaria antes de su consumo (Mujica, 1992). Su marginación y reemplazo se inició con la conquista y con la introducción de cereales como la cebada y trigo (Mujica, 1992). El cultivo nunca se perdió entre los pobladores andinos, sino que pasaba desapercibido entre los pobladores urbanos de la región por razones, económicas y sociales (Risi, 1997).

La crisis económica de los países andinos, en la década de los 80, estableció modelos de desarrollo económico diferentes a los tradicionales, que contemplaron el desarrollo de sistemas de exportación no tradicionales, teniendo en cuenta la apertura de nuevos mercados en los países de Europa y Estados Unidos, sobre todo de productos alimenticios como la quínoa (Risi, 1997), bienestar alcanzado por los países desarrollados ha hecho que su mercado de consumo de alimentos se expandiera hacia la búsqueda de alimentos nuevos, muchas veces ligados a cultivos ancestrales. Esta situación ha hecho que la quínoa pasara de un cultivo de auto subsistencia a un producto con potencial de exportación

2.2 Centro de origen y de diversidad

La quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ha sido descrita por primera vez en sus aspectos botánicos por Willdenow en 1778, como una especie nativa de Sudamérica, cuyo centro de origen, según Buskasov se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú. Su área de dispersión geográfica es bastante amplia, no sólo por su importancia social y económica, sino porque allí se encuentra la mayor diversidad de ecotipos tanto cultivados técnicamente como en estado silvestre (Gandarillas, 1979).

La región Andina corresponde a uno de los grandes centros de origen de las especies cultivadas (Lescano, 1994), y dentro de ella se encuentran diferentes sub-centros. En el caso de la quínoa se identifican cuatro grandes grupos según las condiciones agroecológicas donde se desarrolla: valles interandinos, altiplano, salares y nivel del mar, los que presentan características botánicas, agronómicas y de adaptación diferentes (Lescano, 1994). En el caso particular de Bolivia, al estudiar la variabilidad genética de la colección de germoplasma de quínoa, se han determinado seis sub-centros de diversidad, cuatro de ellos ubicados en el altiplano de La Paz, Oruro y Potosí y que albergan la mayor diversidad genética y dos en los valles interandinos de Cochabamba, Chuquisaca y Potosí (Rojas, 2003).

2.2.1 Distribución geográfica.

La quínoa se considera como una especie oligocéntrica, con centro de origen de amplia distribución y diversificación múltiple, considerándose las orillas del Lago Titicaca como la zona de mayor diversidad y variación genética (Mujica, 1992).

La quínoa está distribuida en toda la región andina, desde Colombia (Pasto) hasta el norte de Argentina (Jujuy y Salta) y Chile (Antofagasta), y se ha encontrado un grupo de quínoas de nivel del mar en la Región de Concepción

(Lescano, 1994). Las zonas de producción de la Quínoa en el tierra andina, están localizadas en el Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador principalmente, aunque se cultiva en Chile, Argentina y Venezuela (Mujica et al., 2006). La distribución geográfica de la quínoa en la región se extiende desde los 5° Latitud Norte al sur de Colombia, hasta los 43° Latitud Sur en la Décima Región de Chile, y su distribución altitudinal varía desde el nivel del mar en Chile hasta los 4000 msnm en el altiplano que comparten Perú y Bolivia, existiendo así, quínoas de costa, valles, valles interandinos, puna y altiplano (Rojas, 1998).

Los países con mayor producción son Bolivia, Perú y Ecuador. Sin embargo, producto de más de veinte años de trabajo que se viene desarrollando en países potenciales de Europa, Asia, África, Australia, Norte América y de la región andina, la producción de la quínoa se encuentra en un claro proceso de expansión hacia diferentes espacios geográficos del planeta por sus extraordinarias características de adaptación y adaptabilidad (FAO, 2013).

2.2.2 Diversidad genética

La Región Andina es considerada como uno de los ocho centros de origen y de diversidad de los cultivos. El lugar donde existe la mayor diversidad genética de quínoa tanto silvestre como cultivada que todavía se pueden encontrar en condiciones naturales y en campos de cultivo de los agricultores andinos.

Entre los cultivos andinos, la quínoa recibió mayor dedicación y apoyo principalmente en Ecuador, Perú y Bolivia. Las evaluaciones de la variabilidad genética disponible permitieron agrupar a las Quínoas en cinco grupos mayores según sus características de adaptación y algunas morfológicas de alta heredabilidad, fácilmente detectables y capaces de mantenerse en toda el área de difusión.

A continuación se describen los cinco grupos de quínoa de acuerdo a Lescano, 1989 y Tapia, 1990:

Quínoas de nivel del mar, se han encontrado en las zonas de Linares y Concepción (Chile) a 36° Latitud Sur. Plantas más o menos robustas, de 1,0 a 1,4 m de altura, de crecimiento ramificado, y producen granos de color crema transparente. Estas Quínoas guardan gran similitud con la *Chenopodium nuttalliae* (Huahzontle) que se cultiva en forma aislada en México.

Quínoas de valles interandinos, son las que se adaptan entre los 2500 a 3500 msnm, se caracterizan por su alto desarrollo hasta 2,5 m o más de altura y con muchas ramificaciones, con inflorescencia laxa y que normalmente presentan resistencia al mildiu (*Peronospora farinosa*).

Quínoas de altiplano, se desarrollan en áreas mayores como cultivos puros o únicos y, entre los 3600 a 3800 msnm, corresponde a la zona del altiplano peruano-boliviano. En esta área se encuentra la mayor variabilidad de caracteres y se producen los granos más especializados en su uso. Las plantas crecen con alturas entre 0,5 a 1,5 m, con un tallo que termina en una panoja principal y por lo general compacta. En este grupo es donde se encuentra el mayor número de variedades mejoradas y también los materiales más susceptibles al mildiu cuando son llevados a zonas más húmedas.

Quínoas de salares, crecen en las zonas de los salares al sur del altiplano boliviano, la zona más seca con 300 mm de precipitación. Se cultiva como cultivos únicos a distancias de 1 m x 1 m y en hoyos para aprovechar mejor la escasa humedad. Son quínoas con el mayor tamaño de grano (> a 2,2 mm de diámetro), se las conoce como “Quínoa Real” y sus granos se caracterizan por presentar un pericarpio grueso y con alto contenido de saponina.

Quínoas de los yungas: Es un grupo reducido de quínoas que se han adaptado a las condiciones de los Yungas de Bolivia a alturas entre los 1.500 y 2.000 msnm, y se caracterizan por ser de desarrollo algo ramificado. Alcanzan alturas de hasta 2,20 m, son plantas verdes, y cuando están en floración toda la planta íntegra, toman la coloración anaranjada.

Las quínoas cultivadas tienen una gran diversidad genética, mostrando variabilidad en la coloración de la planta, inflorescencia y semilla, en los tipos de inflorescencia, y contenido de proteína, saponina y betacianina en las hojas, con lo que se obtiene una amplia adaptación a diferentes condiciones agroecológicas (suelo, precipitación, temperatura, altitud, resistencia a heladas, sequía, salinidad o acidez) (Mujica, 1992).

2.3 Descripción botánica y taxonómica

Respecto a su clasificación taxonómica, la Quínoa es una especie que se clasifica en la división Magonoliophyta, clase Magnoliopsida, subclase Caryophyllidae, orden Caryophyllales, familia Chenopodiaceae, género *Chenopodium*, sección *Chenopodia* y subsección *Cellulata* (Wilson, 1980). El género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia *Chenopodiaceae* y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies (Giusti, 1970).

La quínoa (*Chenopodium quinoa* Will) es un pseudocereal perteneciente a la subfamilia *Chenopodioideae* de las amarantáceas.

Dentro del género *Chenopodium* existen especies cultivadas como plantas alimenticias: productoras de grano, *Chenopodium quinoa* Willd, y *Chenopodium pallidicaule* Aellen, en Sudamérica; como verduras *Chenopodium nuttalliae* Safford y *Chenopodium ambrosioides* L. en México; como verdura o medicinal *Chenopodium carnosolum* Moq. y *Chenopodium ambrosioides* L. en Sudamérica.

El género *Chenopodium* ha sido cultivado en varias áreas geográficas del mundo:

Chenopodium álbum L. en Europa; *Chenopodium giganteum* D. Don, o árbol de espinaca en Asia Central; *Chenopodium berlandieri* Moq. Var. *Nuttaliae* en América Central; y *Chenopodium pallidicaule* y *Chenopodium quinoa* en América del Sur. Asimismo, *Chenopodium berlandieri* se encuentra distribuida en Norte América y *Chenopodium hircinum* en los Andes y la pampa Argentina de Sudamérica (Fuentes *et al.*, 2009).

Las plantas silvestres de quínoa tienen una distribución mundial, son aquellas que se han desarrollado sin intervención del hombre, y poseen valiosos genes que representan un potencial genético que puede ser aprovechado en el futuro y diversas partes del planeta. Algunos taxones y poblaciones se caracterizan por tolerar y resistir el ataque de insectos y enfermedades, de heladas y sequías; además poseen características favorables en cuanto al valor nutritivo y duración del ciclo de producción (Rojas *et al.*, 2008).

2.3.1 Quínoa

La planta de quínoa alcanza altura variable desde .30 a 3 m, dependiendo del tipo de quínoa, genotipos, condiciones ambientales donde crece o de la fertilidad del suelo. Las de valle tienen mayor altura que las que crecen por encima de los 4000 metros sobre el nivel del mar y de zonas frías; en zonas abrigadas y fértiles las plantas alcanzan la mayor altura; su coloración varía con los genotipos y fases fenológicas.

2.3.1.1 Raíz

La raíz es pivotante, vigorosa, profunda, bastante ramificada y fibrosa, lo cual posiblemente le dé resistencia a la sequía y buena estabilidad a la planta. Se

diferencia fácilmente la raíz principal de las secundarias que son en gran número, a pesar de que se asemejan a una gran cabellera. Al germinar lo primero que se alarga es la radícula, que continúa creciendo y da lugar a la raíz, alcanzando en casos de sequía hasta 1,80 cm de profundidad y teniendo también alargamiento lateral. Sus raíces secundarias o los pelos absorbentes nacen a distintas alturas y en algunos casos son tenues y muy delgadas, muy excepcionalmente se observa vuelco por efecto de vientos, exceso de humedad y mayormente es por el peso de la panoja. La profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta (Mujica, 1992).

2.3.1.2 Tallo

El tallo es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, puesto que las hojas son alternas dando una configuración excepcional. El grosor del tallo también es variable.

Existen genotipos ampliamente ramificados (Quínoas de valle) incluso desde la base (Quínoas del nivel del mar) y otros de tallo único (Quínoas 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, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color rojo, o púrpura. El tallo posee una epidermis cutinizada, corteza firme, compacta con membranas celulósicas, interiormente contiene una medula, que a la madurez desaparece, quedando seca, esponjosa y vacía, este tallo por su riqueza y gran contenido de pectina y celulosa se puede utilizar en la fabricación de papel y cartón; la arquitectura de la planta puede ser modificada por el ataque de insectos, daños mecánicos o por algunas labores culturales como pueden ser la densidad de siembra o abonamiento orgánico.

El diámetro del tallo es variable con los genotipos, distanciamiento de siembra, fertilización, condiciones de cultivo, variando de 1 a 8 cm de diámetro (Tapia, 1990).

2.3.1.3 Hojas

Las hojas son alternas y están formadas por peciolo y lámina. Los peciolos son largos, finos y acanalados en su parte superior y de longitud variable dentro de la misma planta. 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. El tamaño de la hoja varía, en la parte inferior son grandes, romboidales y triangulares y en la superior pequeñas y lanceoladas, y muchas veces sobresalen de la inflorescencia, con apenas 10 mm de largo por 2 mm de ancho (Rojas, 2003).

Presenta nervaduras muy pronunciadas y fácilmente 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 quínoas de valle tienen un follaje abundante, incluso han permitido seleccionar como forrajeras por su alta producción de materia verde.

El color de las hojas es variable dependiendo de los genotipos, se han observado pigmentos rojos, púrpuras, amarillos, que están constituidos por betalaínas, tanto del tipo, betacianinas (rojo- violeta) y betaxantinas (amarillas) (Tapia, 1990).

2.3.1.4 Inflorescencia

Es una panoja típica, constituida por un eje central, ejes secundarios, terciarios y pedicelos que sostienen los glómérulos, así como por la disposición de

las flores y por qué 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. Es glomerulada cuando las inflorescencias forman grupos compactos y esféricos con pedicelos cortos y muy juntos, dando un aspecto apretado y compacto (racimo).

Es amarantiforme cuando los glomérulos son alargados y el eje central tiene numerosas ramas secundarias y terciarias y en ellas se agrupan las flores formando masas bastante laxas, se designan con este nombre por el parecido que tiene con la inflorescencia del género *Amaranthus* (Gandarillas, 1968)

La longitud de la panoja es variable, dependiendo del tipo de Quínoa, el lugar donde se desarrolla y las condiciones de fertilidad del suelo, alcanzando de 30 a 80 cm de longitud por 5 a 30 cm de diámetro. El número de glomérulos por panoja varía de 80 a 120 y el número de semilla por panoja de 100 a 3000, encontrando panojas grandes que rinden hasta 500 gramos de semilla por inflorescencia.

2.3.1.5 Flores

Son pequeñas, incompletas, sésiles y desprovistas de pétalos, constituida por una corola formada por cinco piezas florales petaloides, sepaloides, pudiendo ser hermafroditas, pistiladas (femeninas) y androestériles, lo que indica que podría tener hábito autógena como alógama.

Las flores presentan, por lo general un perigonio sepaloide, rodeado de cristales de oxalato de calcio generalmente cristalinas, con cinco sépalos, de color verde, un androceo con cinco estambres cortos, curvos de color amarillo y filamentos cortos y un gineceo con estigma central, plumoso y ramificado con dos

a tres ramificaciones estigmáticas, ovario elipsoidal, súpero, unilocular, las flores hermafroditas, en el glomérulo, son apicales y sobresalen a las pistiladas.

Las flores son muy pequeñas, alcanzan un tamaño máximo de 3 mm en caso de las hermafroditas y las pistiladas son más pequeñas, lo que dificulta su manejo para efectuar cruzamientos y emasculaciones (Lescano, 1994)

2.3.1.6 Fruto

El fruto es un aquenio indehisciente que contiene un grano que puede alcanzar hasta 2,66 mm de diámetro de acuerdo a la variedad (Rojas, 2003). Según Tapia (1990), el perigonio cubre a la semilla y se desprende con facilidad al frotarlo. El epispermo que envuelve al grano está compuesto por cuatro capas: la externa determina el color de la semilla, es de superficie rugosa, quebradiza, se desprende fácilmente con agua, y contiene a la saponina.

2.3.1.7 Semilla

Constituye el fruto maduro sin el perigonio. Es de forma lenticular, elipsoidal, cónica o esferoidal, presenta tres partes bien definidas: epispermo, embrión y perispermo. El epispermo, está constituido por cuatro capas: una externa de superficie rugosa, quebradiza, la cual se desprende fácilmente al frotarla. En ella se ubica la saponina que 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 es de coloración amarillenta, delgada y opaca y la cuarta, translúcida, constituida por un solo estrato de células (Gandarillas, 1968).

El embrión está formado por dos cotiledones y la radícula constituye el 30% del volumen total de la semilla. Envuelve al perispermo 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. En forma excepcional a otra semilla, en ella se encuentra la mayor cantidad de proteína que alcanza del 35-40%, mientras que en el perispermo solo del 6.3 al 8.3 % de la proteína total del grano. La radícula muestra una pigmentación de color castaño oscuro.

El perispermo es el principal tejido de almacenamiento y está constituido mayormente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla. Sus células son grandes, de mayor tamaño que las del endospermo, 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 hexagonal en la mayoría de los casos.

La quínoa también posee endospermo el cual es de tipo celular, formado por varias capas que rodean completamente al embrión y separado de él por una capa de aire. Probablemente, después de que la semilla se hidrata, las células del endospermo se ponen en contacto con el embrión que lo consume rápidamente durante su crecimiento.

2.4 Variedades:

Existen muchas variedades de quínoa, pero se clasifican básicamente en dulces y amargas. Siendo las dulces las de mayor precio.

2.5 Aspectos edáficos y climáticos

El cultivo de la quínoa en sus zonas de origen tiene un ciclo de cuatro a ocho meses, dependiendo de la variedad y condiciones ecológicas sobre todo la altura sobre el nivel del mar. El cultivo tradicional es en secano, estando la fecha

de siembra (agosto-diciembre), sujeta al inicio de la lluvia e incremento de la temperatura. En zonas con riegos y valles interandinos, puede prolongarse hasta finales de diciembre (Mujica, 1992)

2.5.1 Radiación solar.

La Quínoa, muestra una amplia adaptación a diferentes fotoperiodos, desde días cortos para su florecimiento, que se da en zonas cercanas a la línea ecuatorial, hasta la insensibilidad a las condiciones de luz para su desarrollo en Chile (Mujica, 1993).

2.5.2 Precipitación

Requiere de 300 a 1000 mm de agua durante su periodo vegetativo. En general crece bien con una buena distribución de lluvia durante su crecimiento y desarrollo, y condiciones de sequedad, especialmente durante la maduración y cosecha (Mujica, 1993).

2.5.3 Altitud

Crece desde el nivel del mar en Perú hasta los 4000 m de altura en los andes de sur. Pero la mayor predominancia de los campos de cultivo está entre los 2500 y 4000 m de altura (Mujica, 1993).

2.5.4 Temperatura

Tolera una amplia variedad de clima. La planta no se ve afectada por clima frío en cualquier etapa de desarrollo, excepto durante la floración. Las flores de la planta son sensibles al frío (esterilización del Polen). Una temperatura media anual de 10-18 °C y oscilación térmica de 5 a 7 °C son los más adecuados para el cultivo.

2.5.5 Suelo

Puede crecer en una amplia variedad de suelo cuyo pH varíe de 6 a 8,5. Prefiere suelo franco-arenoso con buen drenaje, ricos en nutrientes especialmente nitrógeno. Es susceptible al exceso de humedad en sus primeros estadios. Se ha observado producción aceptable en suelo arenoso con déficit de humedad (Mujica, 1993).

2.6 Etapas fenológicas del ciclo de cultivo

La duración de las fases fenológicas depende mucho de las condiciones edáficas y factores medio ambientales de la zona de cultivo que se presentan en cada ciclo agrícola. Por ejemplo, si se presentan precipitaciones largas y continuas durante los 4 meses de enero, febrero, marzo y abril, sin presentar verano, las fases fenológicas se alargan y por lo tanto el periodo vegetativo es mayor y su producción disminuye. Cuando hay presencia de verano sin heladas, la duración de las fases fenológicas se acortan y el periodo vegetativo es menor, mejorándose la cosecha. También influye la duración de la humedad del suelo, por ejemplo en un suelo franco arcilloso, las fases fenológicas se alargan debido al alto contenido de humedad en el suelo por su alta capacidad de retener agua; en cambio en un suelo franco arenoso sucede todo lo contrario.

2.6.1 Pre-emergencia

Se considera la etapa que corresponde a la siembra, germinación, enraizamiento y comienzo de la emergencia, y que aproximadamente es de una semana después de la siembra, y que puede variar en función a la humedad del suelo y clima.

2.6.2 Emergencia

Esta etapa se desarrolla durante la segunda semana después de la siembra y es cuando la plántula emerge del suelo y extiende las hojas cotiledonales.

2.6.3 Dos hojas verdaderas

Es cuando dos hojas verdaderas extendidas que ya poseen forma lanceolada y se encuentran en la yema apical el siguiente par de hojas, ocurre a los 10 a 15 días después de la siembra y muestra un crecimiento rápido en la raíz.

2.6.4 Cuatro a seis hojas verdaderas

De los 25 a 30 días de la siembra se observan dos pares de hojas extendidas y aún están presentes las hojas cotiledonales de color verde, encontrándose en la yema apical las siguientes hojas del ápice y el inicio de formación de yemas axilares.

De los 35 a 45 días después de la siembra se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas y las hojas cotiledonales se tornan de color amarillento, viéndose claramente la protección del ápice vegetativo por las hojas adultas.

2.6.5 Ramificación

Se observan ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo, las hojas cotiledonales se caen y dejan cicatrices en el tallo, también se nota presencia de inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja, ocurre aproximadamente a los 45 a 50 días de la siembra.

2.6.6 Inicio y desarrollo de la panoja

La inflorescencia se nota que va emergiendo del ápice de la planta, observado alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo la panoja en sus tres cuartas partes; ello puede ocurrir aproximadamente a los 55 a 60 días de la siembra, así mismo se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento.

2.6.7 Inicio de floración

Inicia la floración cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, aproximadamente ocurre a los 75 a 80 días después de la siembra, en esta fase es bastante sensible a la sequía con helada; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por es perigonio de un color verde limón, y se considera la etapa de floración cuando el 50% de las flores de la inflorescencia de las panojas se encuentran abiertas, puede ocurrir aproximadamente a los 80 a 90 días después de la siembra.

2.6.8 Grano lechoso a pastoso

El estado de grano lechoso es cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso, aproximadamente ocurre a los 100 a 130 días de la siembra, en esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento disminuyéndolo drásticamente el llenado del grano, especialmente en suelos franco-arenoso), pero en suelos franco arcilloso el llenado es más normal debido a la mayor retención de humedad. El estado de grano pastoso es cuando los granos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco, puede ocurrir aproximadamente a los 130 a 160 días de la siembra, en esta fase se presenta el ataque de aves (gorriones, palomas) causando daños considerables al cultivo, formando nidos y consumiendo el grano. En esta fase ya no es necesaria la lluvia.

2.6.9 Madurez fisiológica

Es cuando el grano formado es presionado por las uñas, presenta resistencia a la penetración, aproximadamente ocurre a los 160 a 180 días a más después de la siembra, el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16%, el lapso comprendido de la floración a la madurez fisiológica viene a constituir el periodo de llenado del grano, asimismo en esta etapa ocurre un amarillamiento y defoliación completa de la planta. En esta fase la presencia de lluvia es perjudicial porque hace perder la calidad y sabor del grano.

2.8 Siembra

Para la siembra el suelo debe ser óptimo, de buena textura y suficiente humedad para una rápida germinación y establecimiento de las plantas. El terreno debe estar libre de maleza en el momento de la siembra, (Jacobsen, 2014).

2.8.1 Condiciones de siembra

Las condiciones óptimas de siembra son creadas mediante el uso de semilla de alta calidad con vitalidad y un porcentaje de germinación alto, sembrado en profundidades de 0.5-1 cm en un suelo húmedo, bien estructurado y uniforme, con una temperatura del suelo por encima de 0 °C, (Jacobsen, 2014).

2.8.2 Tasa de siembra

No existe correlación entre la densidad de plantas y rendimiento, que demuestra la capacidad compensatoria de la Quínoa. Si hay pocas plantas, serán grandes con alto rendimiento por planta. Sin embargo, se prefiere una densidad relativamente alta para asegurar plantas y madurez uniforme, así que la recomendación es 100 plantas m², obtenidos con una tasa de siembra de aproximadamente 10 kg ha⁻¹(Jacobsen, 2014).

2.7 Labores agronómicas

Para que una planta logre un buen desarrollo y produzca más, necesita que se realicen ciertas labores culturales como el raleo, deshierbe y aporque.

2.7.1 Deshije o raleo

Durante el desarrollo de la quínoa, frecuentemente, se produce una doble competencia. La primera se da entre las mismas plantas de quínoa y la segunda, entre la maleza y las plantas de quínoa. El deshije o raleo es una actividad o labor de mantenimiento de mucha importancia, porque permite eliminar las plantas más pequeñas y de malas condiciones que no permiten el desarrollo de las plantas de mejores condiciones. Se realiza cuando las plantas tienen entre 20–60 cm de altura, dejando unas 15–20 plantas por metro lineal. Se deben eliminar las plantas débiles o fuera de tipo. Es más recomendable hacerlo en forma manual, para no dañar las plantas. En caso de requerir el uso de alguna herramienta, se recomienda utilizar una espátula.

2.7.2 Deshierbe

Dado que no existen herbicidas aplicables al cultivo de Quínoa, se recomienda deshierbar dos veces durante su ciclo vegetativo. El primero, cuando las plántulas tengan un tamaño de 15 cm-20 cm, o cuando hayan transcurrido 30 días después de la emergencia; el segundo, antes de la floración, o cuando hayan transcurrido 90 días después de la siembra, los métodos pueden ser de forma manual o mecanizada según la extensión del cultivo.

2.7.3 Aporque

El aporque es necesario porque permite evitar el acame o vuelco de las plantas, sobre todo en variedades de quínoa que crecen en forma exuberante y requieren acumulación de tierra para mantenerse en pie y sostener las enormes

panojas que desarrollan. También, permite a las plantas resistir los fuertes embates de los vientos, sobre todo en las zonas ventosas o de fuertes corrientes de aire. También, es importante porque posibilita: La aireación de la raíz del cultivo, La eliminación de maleza al extraer sus raíz. El reforzamiento de la planta contra el acame, La realización del segundo aporque, La liberación del cultivo cuando hay encharcamiento dentro del surco, El incremento del rendimiento de la planta (SOLID, 2010).

2.8 Fertilización

La quínoa es una planta exigente en nutrientes, principalmente de nitrógeno, calcio, fósforo, potasio; por ello requiere un buen abonamiento y fertilización. Los niveles a utilizar dependerán de la riqueza y contenido de nutrientes de los suelos donde se instalará la Quínoa, de la rotación utilizada y también del nivel de producción que se desea obtener (Mujica, 1977).

La quínoa responde positivamente al abonamiento nitrogenado y fosforado; aunque la cantidad de cada elemento depende del tipo de abono aplicado en el cultivo de la campaña anterior; pero responde en forma creciente con la producción de grano a la dosis 80–80 kg/ha de nitrógeno y fósforo, respectivamente (Mujica, 1977). En caso de nitrógeno en forma fraccionada hasta el inicio de panojamiento o en el momento del deshierbe, pero en mucho menos de 50% en el momento de la siembra.

Desde principios de la década del 80, se promovió la fertilización orgánica. Sin embargo, no hubo mucho interés de parte de los productores; porque, en ese entonces, los rendimientos de Quínoa eran relativamente altos. Al paso del tiempo, los suelos sufrieron empobrecimiento paulatino en toda la zona quínoa era del Altiplano Sur. Este aspecto ocasionó rendimiento bajo. Los abonos orgánicos como el estiércol y compost aplicados al suelo favorecen a las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo. La aplicación de estos

abonos en suelo del altiplano es de innegable importancia, se constituye una fuente de nutrientes disponibles para la planta a costo relativamente bajo. Las actividades de promoción para la incorporación de estiércol posibilitaron en los productores una toma de conciencia sobre la necesidad e importancia del abonamiento de las parcelas de quínoa con materia orgánica (OPD, 2010).

2.9 Insectos plaga del cultivo de la quínoa

Durante todo su periodo vegetativo, el cultivo de la quínoa es afectado por una amplia gama de insectos, de los cuales fueron identificadas alrededor de 17 especies que concurren al cultivo de la quínoa. Entre las plagas de mayor importancia económica se encuentran la polilla de la quínoa (*Eurysacca melanocampta* Meyrick) y el complejo ticonas (*Copitarsia turbata*, *Feltia* sp, *Heliosthíticaquensis*, *Spodoptera* sp). (Saravia y Quispe, 2005). Las pérdidas ocasionadas por estas plagas pueden oscilar entre un 5 a 67%, con un promedio de 33.37 % en el Altiplano Sur y entre 6 a 45% en el Altiplano Centro, con un promedio de 21.31% en la Región Andina.

2.9.1 La polilla de la quínoa

El adulto es una polilla pequeña de aproximadamente 8 a 9 mm de longitud y 14 a 16 mm de expansión alar. Se alimenta del néctar de las flores y no causa daño al cultivo de Quínoa. Las hembras ovipositan huevos que se caracterizan por ser diminutos, miden de 0,4 a 0,5 mm de longitud, su forma es subglobular, de superficie lisa, de color blanco cremoso en el momento de la oviposición y blancos cenizos dos días antes de la eclosión de las larvas. Las larvas atacan al cultivo en dos generaciones: en la primera generación (noviembre y diciembre), minan y destruyen las hojas e inflorescencias en formación, pegan las hojas tiernas de los brotes y las enrollan y, en la segunda generación (marzo y mayo), las larvas atacan plantas en la fase de maduración, se alimentan de los granos en formación y maduros en el interior de las panojas. En ataques severos el grano es pulverizado, apareciendo un polvo blanco alrededor de la base de la planta. Esta

segunda generación ocasiona los mayores daños económicos al cultivo de la quínoa (Espíndola, 1986)

2.9.2 El Complejo Ticonas

El adulto es una mariposa nocturna que es atraída por la luz, tiene un cuerpo corto y robusto tapizado de escamas o pelos de color café oscuro. Tienen una expansión alar de 40 mm, presentan alas anteriores de color pardo grisáceo con estrías transversales, sinuosas y con manchas pequeñas oscuras o claras. Las larvas recién emergidas son muy activas, raspan el mesófilo de las hojas y comen el parénquima dejándola en forma de ventanas transparentes. A partir del tercer estadio cuando sus mandíbulas están más desarrolladas cortan las plantas tiernas a la altura del cuello de la raíz provocando su caída y muerte. Cuando la población larval es alta destruyen botones florales, flores y glomérulos, además de barrenar brotes y tallos. Las larvas del cuarto y quinto estadio son las más peligrosas por la voracidad y selectividad alimenticia (Rojas, 2003).

2.9.3 Pulgones

Estos insectos son pequeños, miden de 1 a 4 mm de longitud; su cuerpo, blando y globoso; y pueden tener alas o no. En el abdomen, tienen apéndices llamados sifones. Su color es variado, pudiendo ser verde claro, verde oliva o verde oscuro. Es complicada la biología de este insecto por ser sexual y asexual. Puede tener de 5 a 8 generaciones por año. Causan daños directos (succión de la savia de las hojas, los brotes, de tallos tiernos o inflorescencias) e indirectos (transmisión de enfermedades por virus) en las plantas de Quínoa. Se les encuentra en colonias en ataques severos, causando la muerte de la planta por su debilitamiento y marchitez; esto se produce sobre todo en lugares con alta temperatura y poca humedad.

2.10 Enfermedades

2.10.1 Mildiu

El mildiu de la quínoa es causado por *Peronospora farinosaf.sp. chenopodii* (Fr.) un Oomicete, que pertenece a la familia Peronosporaceae, orden Peronosporales, cuyos miembros son parásitos obligados (biotróficos) altamente especializados que parasitan plantas vasculares causando mildiu en un rango limitado de especies, *P. farinosa* ataca especies de la familia Chenopodiaceae a la cual pertenecen los géneros *Beta*, *Spinacia* y *Chenopodium*.

La enfermedad puede iniciarse desde que la planta está pequeña, por el inóculo presente en el suelo o en la semilla infectada.

La quínoa puede ser afectada por mildiu en cualquier momento de su desarrollo, pero el mayor daño en cuanto a defoliación y pérdida de rendimiento se produce con la infección temprana. Se ha encontrado mildiu dondequiera que se siembre quínoa (Norte América, Sur América, Europa) siempre y cuando las condiciones climáticas lo permitan (Danielsen, *et al* 2003).

2.10.1.1 Síntomas

El mildiu afecta principalmente al follaje de la planta. Se hace evidente inicialmente como ligeros puntos cloróticos visibles en la cara superior de las hojas. Los puntos cloróticos crecen y forman áreas cloróticas grandes e irregulares que inicialmente se observan como clorosis en la cara superior y luego como necrosis. Simultáneamente, la zona clorótica en la cara inferior de la hoja se recubre de un afelpamiento de color gris violeta constituido por las estructuras esporulativas del patógeno. Generalmente al final de la época lluviosa sólo se encuentran hojas con manchas necróticas, pero no se observa la esporulación característica del patógeno en actividad (Danielsen, 2003).

2.11 Cosecha y pos-cosecha

La cosecha y pos-cosecha constituyen actividades de alta importancia en todo el proceso productivo del cultivo de Quínoa. De estas actividades dependen la calidad de grano, la incorporación de materia orgánica al suelo y la reducción de los costos de procesamiento. La cosecha y pos-cosecha comprende las labores de corte, secado, trilla, venteo y almacenamiento del grano. Con la aplicación de buenas prácticas en estas labores se logra obtener un grano que cumplan los parámetros de calidad (Mujica, 1994).

2.11.1 Cosecha

La época óptima para el corte de las plantas depende de varios factores como: la variedad, tipo de suelo, humedad y temperatura predominante. Por lo general las hojas de la planta de Quínoa se tornan de una coloración amarillenta o rojiza dependiendo de la variedad y en la panoja es posible ver los granos por la apertura que realiza el perigonio, característico en esta fase de madurez fisiológica (Aroni, 2005). Otra manera es golpeando suavemente la panoja con la mano, si existe caída de los granos ya se puede empezar con el corte.

Generalmente, existen tres formas de obtener las plantas: arrancado tradicional, corte con hoz y corte semimecanizado.

El arrancado tradicional: el trabajo consiste en arrancar las plantas seleccionando las panojas maduras de cada hoyo o surco, luego las plantas se procede a sacudir o golpear la parte de las raíces sobre las rodillas con el objeto de disminuir la presencia de terrones y piedrecillas. La desventaja de este método es que no deja la raíz en el suelo como materia orgánica, además contribuye a la erosión del suelo, bajando la fertilidad del mismo y favorece la mezcla del grano con la tierra e incrementa la existencia de impurezas en la trilla (Aroni, 2005)

Corte manual con hoz: consiste en cortar la planta entre 10 – 15 cm del suelo, dejando el rastrojo en el mismo suelo, lo cual ayuda a la conservación del suelo. Se debe realizar el corte de la planta en el momento oportuno, o sea cuando las panojas aún resisten la pérdida de grano por manipuleo, porque cuando se sobrepasa la madurez de las plantas se incrementan las pérdidas de grano. La desventaja de este método es que no se puede practicar en suelo muy arenoso en plantas grandes existe dificultad del corte por el grosor del tallo (Aroni, 2005)

Corte semimecanizado: consiste en cortar las plantas con una segadora con sierra mecánica y su aplicación se facilita cuando las plantas están distribuidas en hoyos o surcos. La ventaja de este método es que el avance de corte es rápido y se deja tallo y raíz en el suelo para la incorporación como materia orgánica (Aroni, 2005).

2.11.2 Pos-cosecha

Esta actividad comprende las labores de secado o emparve, trilla, venteo y almacenamiento, las cuales permite la obtención del grano.

2.12 Propiedades nutricionales

2.12.1 Valor Nutritivo

Debido a su alto poder nutricional se convirtió, junto con la papa y el maíz en el alimento básico de los incas. La quínoa no tiene gluten y es de fácil digestión, mucho mejor que el maíz y el trigo. Tiene un alto contenido de proteínas, y contiene los aminoácidos que necesita el cuerpo humano, por lo que hasta en algunos casos puede reemplazar a la leche materna. Al combinarse con cereales como la soya mejora su valor proteico. Es una excelente fuente de fósforo, calcio, hierro, almidón, azúcar, fibra, minerales y vitamina E (FAO, 2003).

Las propiedades alimenticias de la Quínoa son tan ricas que la NASA la ha incluido en la dieta de los astronautas. Es muy consumida internacionalmente en países como Canadá, Estados Unidos y Japón.

Una característica fundamental de la quínoa es que el grano, hojas y las inflorescencias son fuentes de proteínas de muy buena calidad. La calidad nutricional del grano es importante por su contenido y calidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que por ejemplo las proteínas de los cereales son deficientes en estos aminoácidos (Becerra y Paredes, 2000).

La quínoa posee un alto porcentaje de fibra dietética total (FDT), lo cual la convierte en un alimento ideal que actúa como un depurador del cuerpo, logrando eliminar toxinas y residuos que puedan dañar el organismo. Produce sensación de saciedad. El cereal en general y la Quínoa en particular, tiene la propiedad de absorber agua y permanecer más tiempo en el estómago (FAO, 2010).

2.12.1.1 Proteínas

Respecto a la calidad de proteínas en la quínoa todas las variedades presentan dentro de su composición del perfil aminoácidos, aminoácidos esenciales como la fenilalanina, metionina y lisina, la que particularmente es un elemento limitante en la mayor parte de los alimentos de origen vegetal (Torrez, 2002)

2.12.1.2 Vitaminas y minerales

La semilla de quínoa presenta un alto contenido de vitaminas del complejo B, C y E. Pero también, es importante su composición de sales minerales tales como: hierro, fósforo, potasio y calcio. Este último se encuentra en la misma concentración que en la leche descremada, mientras que el fósforo es cuatro veces más concentrado que el de ésta (Albarrán, 1993).

La harina de Quínoa contiene 11,2 % de humedad, 13,5 % de proteínas, 9,5 % de fibra, 58,3 % de carbohidratos y 1,2 % de minerales (Huaman, 2014).

2.13 Aspectos económicos de la quínoa en la zona andina y el mundo.

2.13.1 Superficie cultivada y producción de quínoa en la región andina

Las mayores superficies de producción de quínoa en la zona Andina se encuentran en Bolivia, Perú y Ecuador. Otros países como Chile reportan superficies de 1.474 ha ubicadas en un 90% en la comuna Colchane de la primera región de Tarapacá (Bazile, *et. al.* 2014).

Hasta el inicio de la década de los 80' las superficies cosechadas con quínoa a nivel andino no sobrepasan las 3,000 ha. Esta área productiva se reparte principalmente entre Bolivia y Perú y en menor escala (4%) con el Ecuador.

Para inicios de los 90 se observa un importante incremento de la superficie producida en Bolivia: de 15,000 ha en 1980, este país incrementa su área productiva de quínoa a casi 40,000 ha en 1990 debido a la implementación de la labranza mecanizada del suelo alrededor del Salar de Uyuni (Laguna, 2003).

En el año 2000 la superficie de producción de quínoa a nivel Andino se incrementa a más de 67.000 ha, con un notorio incremento de más de 20.000 ha en la superficie de producción del Perú y una estabilización de las superficie de cultivo en Bolivia y Ecuador. La ampliación de la frontera agrícola con quínoa en el Perú resulta de políticas nacionales para promover la producción y exportación (Suca-Apaza, 2008).

En estos últimos años se puede observar que el área productiva de quínoa sigue en aumento. A nivel Andino la FAO reporta, para el año 2009, 83,000 ha de quínoa producidas en la región (FAO, 2011). Esta tendencia se presenta en los principales países que producen este cultivo; de una forma más perceptible en

Bolivia y más moderada en el Perú (31% y 18% más de superficie comparativamente al año 2000, respectivamente).

El año 2000, la producción de la región andina se duplica comparativamente a los años 1980 y 1990 y pasa a superar las 50,000 t debido a un notorio incremento de la producción de Perú y Bolivia (350% y 48% más de producción que en el año 1990, respectivamente) que responde a la demanda de los nuevos mercados. Para este año la producción del Perú (28.191 t) supera a la de Bolivia (23,785 t) pese a contar con menores superficies productivas, sin embargo, existe un importante volumen que no es registrado y que sale de Bolivia hacia el Perú (FAO, 2011)

En estos últimos años la producción de la región Andina se acerca a las 70,000 t con casi 40,000 t producidas por el Perú, 28,000 t por Bolivia y 746 t por Ecuador. Estos datos reflejan que los principales países productores de quínoa en la región andina y en el mundo son Perú y Bolivia; hasta el año 2008 la producción de ambos países representaba el 92% de la Quínoa producida en el mundo (Suca Apaza, 2008). En el 2009 de acuerdo a las estadísticas de la FAO, ambos países producen 68,000 t. La producción en estos dos países ha sido históricamente variable.

2.13.2 Superficie cultivada y producción de quínoa en el resto del mundo

Después de Perú y de Bolivia los mayores productores de quínoa a nivel mundial son: Estados Unidos, Ecuador y Canadá con alrededor del 10% de los volúmenes globales de producción. Los Estados Unidos producen anualmente 3,000 TM que representan el 6% de la producción mundial. La producción en Canadá es más variable y figura entre 30 y 1,000 TM (Laguna 2003). La superficie reportada en ambos países alcanza las 2,300 ha (Laguna, 2003).

2.14 Aportes potenciales de la quínoa a la seguridad y soberanía alimentaria

La FAO en la década de los años 70 acuñó el término de seguridad alimentaria, con el propósito de sensibilizar a los países desarrollados a contribuir a la reducción del hambre en el mundo; definiendo dicho término como la responsabilidad de los gobiernos de garantizar el suministro de alimentos en cantidad, calidad y variedad suficientes para proveer de buena salud y nutrición a toda la población. Fue así como en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP, se desarrolló la tecnología de las mezclas vegetales; basada en la utilización de recursos vegetales de producción local en los países en desarrollo; con las cuales se buscaba complementar los nutrientes de las diferentes especies vegetales para lograr una mezcla altamente nutritiva de bajo costo y combatir la desnutrición calórico-proteica en la población infantil menor de dos años (Mujica, 2006).

La situación de la producción y distribución de alimentos en el planeta presenta desafíos de gran magnitud a los cuatro pilares de la seguridad alimentaria: disponibilidad, acceso, consumo y utilización biológica.

En este contexto la quínoa se constituye en un cultivo estratégico para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria debido a: su calidad nutritiva, su amplia variabilidad genética, su adaptabilidad y su bajo costo de producción (FAO, 2013).

El cultivo de la quínoa se constituye en una alternativa para que los países que tienen limitaciones en la producción de alimentos, y que por lo tanto se ven obligados a importar o recibir ayuda alimentaria y puedan producir su propio alimento.

En la Asamblea de las Naciones Unidas, la FAO ha hecho la ceremonia de lanzamiento del “2013, Año Internacional de la Quínoa”. Este grano andino, fue domesticado, mejorado, cultivado y conservado desde hace 5,000 años por las

culturas prehispánicas, como alimento de alto valor biológico y con un rango de adaptación en zonas agroecológicas. Actualmente debe ser revalorada de tal manera que, realmente, sea considerada una fuente de la seguridad alimentaria y nutricional de la población global en crecimiento.

Algunos aspectos importantes para la nutrición humana son la alta calidad de sus proteínas por el buen balance de los aminoácidos esenciales, vitaminas y minerales; ausencia del gluten; mayor rango de adaptación en ecologías desde los 4,000 msnm a nivel del mar; resistencia a sequía y a suelo salino; factores importantes para la adaptación al cambio climático, desertificación y a la salinización de los suelos; variabilidad genética, en contenido de la calidad de sus proteínas, de sabores, colores, etc.

Por estos aspectos, la quínoa, es una de las contribuciones más importantes de los países andinos a la seguridad alimentaria y nutricional mundial. Pero, también países como Bolivia, Ecuador y Cuba, señalan la importancia de considerar la soberanía alimentaria de los actuales países productores. Misma que puede peligrar, cuando algunas empresas transnacionales, con el uso de la ciencia y tecnología a su favor, pueden monopolizar la producción y comercialización, haciendo dependiente de la quínoa y sus derivados, a estos países (Mujica, 2006).

En los últimos años ha aumentado la exportación de quínoa más que el consumo interno en los países andinos. Los mercados locales podrían ser desplazados por los mercados externos. Por eso es importante trabajar primero en la seguridad alimentaria de la zona, motivar el consumo de quínoa interno y paralelamente trabajar con las ventas externas (Medrano, 2009).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del sitio experimental

3.1.1 Localización geográfica

El trabajo de campo de esta investigación se realizó en la Comarca Lagunera, de Coahuila, con ubicación geográfica de 25° 45' 01.764" Norte y 103° 17' 33.392" Oeste.

3.1.2 Clima

De acuerdo a la clasificación climática de Köppen, el clima de la Comarca Lagunera es seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e inviernos frescos, la precipitación pluvial media anual es 258 mm y la temperatura media anual es 22.1 °C, con rangos de 38.5 °C como media máxima y 16.1 °C como media mínima, la evaporación anual media es aproximadamente 2,396 mm, las heladas ocurren de noviembre a marzo y raras veces en octubre y abril; mientras que las granizadas ocurren entre mayo y junio.

3.2 Descripción del experimento

El experimento fue llevado a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna, ubicada en 25° 33' 26" latitud norte, 103° 22' 20" longitud oeste, periférico Raúl López Sánchez km 2 y Carretera a Santa Fe S/N, Col. Valle Verde, C.P. 27059, Torreón, Coahuila. En el ciclo otoño – invierno en un área de 108 m².

3.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar con seis repeticiones, donde fueron evaluados dos tratamientos, trasplante y siembra directa.

Las parcelas se conformaron de tres hileras a una distancia de .75 m y con 4 m de longitud, como unidad experimental, donde la parcela útil fue la hilera central de cada unidad. Teniendo así, seis parcelas experimentales por tratamiento.

3.4 Tratamientos

Los tratamientos evaluados fue siembra directa y trasplante, la variedad campesino fue la utilizada.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015

Tratamientos
Siembra directa
Trasplante

3.4.1 Croquis

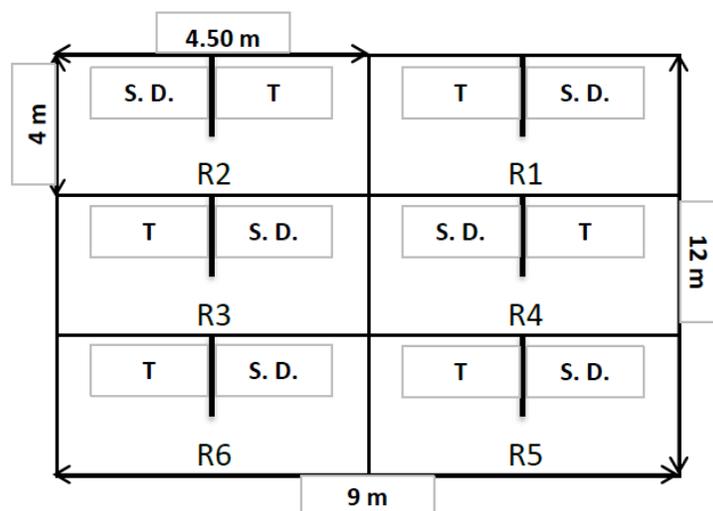


Figura 1. Distribución de tratamientos y repeticiones del experimento.

3.5 Establecimiento del experimento

3.5.1 Preparación del terreno

Con el fin de lograr una preparación adecuada del terreno y tenerlo listo para las exigencias del cultivo el día 15 de octubre del 2014 se realizó un barbecho a una profundidad de 30 cm aproximadamente, con dos pasos de rastra y posteriormente una seminivelación y marcación de surcos para posteriormente trazar la unidad experimental con sus respectivas repeticiones para el establecimiento del cultivo.

3.5.2 Siembra en charola

La siembra en charola se llevó a cabo el 20 de septiembre de 2014, utilizando la Variedad Campesino.

Requerimientos de la variedad Campesino: suelo bien drenado y fértil en condiciones de clima frío y con riego moderado, con una profundidad de siembra aproximada de 0.6 cm, con espaciamiento de 30 cm entre planta y planta, requerimiento de temperatura a 15° C. Con crecimiento cerca de 1.90 a 2 m, con panojas de color rosa, rojo o verde. El grano es de color claro, de mayor tamaño que otras variedades. Tiene alto porcentaje de germinación, es una variedad con buen equilibrio entre tamaño de semilla, sabor, rendimiento y biomasa. Días a germinación: 3-4 dds, Días a cosecha: 108-120 dds.

3.5.3 Siembra y trasplante

La siembra directa se llevó a cabo el día 13 de noviembre del 2014 y se realizó de forma manual en terreno plano, a una distancia de 0.75 m entre hileras y 0.30 m entre plantas, a una profundidad de 1 cm aproximadamente. Para la obtención de plántulas se utilizó peat moss como sustrato.

El trasplante se llevó a cabo a los 50 dds en charola (15 de noviembre) en forma manual en terreno plano, a una distancia de 0.75 m entre surcos y 0.30 m entre plantas cubriéndose adecuadamente la raíz de la plántula a una profundidad aproximada de 6 cm. La densidad de población fue de 3.3 plantas por metro lineal.

3.6 Manejo del cultivo

3.6.1 Labores de cultivo

Con ayuda de azadón y rastrillo se realizó un aporque a los 51 días después de la siembra (dds), con la finalidad de dar mayor soporte a las plantas, permitir la aireación del suelo y contribuir a conservar la humedad cerca del sistema radicular de las plantas, a los 72 dds se roturó la superficie del suelo y nuevamente se aporcó.

3.6.2 Riego

Sistema de riego por goteo utilizando cintilla de la marca Toro calibre 6000 espaciado entre goteros de 30 cm, con un gasto por gotero de 0.935 l/h a 8 PSI. Con un total de 8 riegos durante el ciclo. Cuadro 2

El método para determinar la precipitación efectiva fue el propuesto por Brouwer & Heibloem, aplicando las siguientes ecuaciones:

$P_f = 0.6 * P - 10$; para precipitación (P) menor o igual a 70 mm (mensual).

$P_f = 0.8 * P - 24$; para precipitación (P) mayor o igual a 70 mm (mensual).

La lámina de riego total fue de 211 mm, la cual se obtuvo sumando la lámina de riego aplicada y la precipitación efectiva.

Cuadro 2. Fecha de aplicación de riegos durante el ciclo de cultivo de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015

DDS	TIEMPO (hr)	FECHA
11	1	24-nov-14
13	3	26-nov-14
19	3	02-dic-14
27	2	10-dic-14
39	2	22-dic-14
70	3	23-ene-15
110	14	04-mar-15
113	6	07-mar-15

3.6.3 Fertilización

Los nutrientes necesarios fueron aportados a través del sistema de riego, complementándolo con aplicaciones foliares, basándose en la recomendación de Mujica, (1977) con 80 N-80 P-0K.

La aplicación foliar se realizó a los 32 y 82 dds, utilizando el fertilizante arrancador forte 15-10-5 en una dosis de 2 L ha⁻¹ en 100 L de agua ha⁻¹.

Mediante fertirriego se aplicó urea (46-0-0) y ácido fosfórico (0-61-0), a los 39 y 70 días después de la siembra.

3.6.4 Control de maleza

Hubo presencia de maleza, tal como: *Salsolatragus* (rodadora), *Rapistrum rugosum*(mostacilla) y *Buchloe dactyloides* (zacate chino).

Como medida de control se empleó el deshierbe manual para evitar competencia entre plantas y maleza.

3.6.5 Control de plagas y enfermedades

El cultivo fue atacado por pulgón verde (*Myzus persicae*) a los 32 dds; por lo cual se realizaron dos aplicaciones de insecticida, para el control se utilizó Dimetoato (Quiantor 400), la segunda aplicación se llevó a cabo a los 65 DDS, utilizando la dosis comercial recomendada en el producto (.950 l ha⁻¹).

A su vez se detectaron altas poblaciones de insectos benéficos tales como catarinitas (*Coccinella septempunctata*) y crisopas (*Chrysopa perla*), los cuales contribuyeron al control biológico de plagas por lo cual no fue necesario realizar más aplicaciones.

A los 95, se detectó la incidencia de mildiu (*Peronospora farinosa*), para su control se aplicó metalaxil como ingrediente activo a una dosis de 3.5 Kg por hectárea. De igual manera, se realizó una segunda aplicación a los 99 DDS.

3.7 Cosecha

La cosecha se realizó de forma manual, a partir de los 115 después de la siembra. Se cosechó cada planta y se almacenó individualmente en bolsas de papel, las cuales fueron etiquetadas respectivamente en cada tratamiento.

3.8 Características agronómicas evaluadas

3.8.1 Días a emergencia

Se determinó contando los días desde la siembra hasta el 50% de emergencia de plántulas.

3.8.2 Días a 50 % de floración

La floración en trasplante se registró en días transcurridos de la fecha de plantación hasta observar un 50% de plantas en floración; para siembra directa el registro de floración fue a partir de la siembra.

3.8.3 Días a madurez fisiológica

Se determinó contando los días desde la emergencia de la plántula hasta que el 50% de las plantas de la parcela útil se encontraron en etapa de madurez fisiológica, la cual fue determinada cuando el grano presentó un estado pastoso o que al golpear la panoja y el grano este se desprendía.

3.8.4 Altura de planta

La medición de la altura de planta se realizó desde los 70 días después de la siembra; considerando la lectura desde la base del cuello de la planta hasta el ápice de la misma, este valor fue muestreado semanalmente, considerando 10 plantas por cada tratamiento con valor representativo.

3.8.5 Diámetro de tallo

Se evaluó el diámetro de la parte media del tallo principal, con la ayuda de un calibrador vernier desde los 70 hasta 105 días después de la siembra, el dato se tomó semanalmente, evaluando 10 plantas por cada unidad experimental.

3.8.6 Longitud de panoja principal

La longitud de panoja fue evaluada en la etapa de madurez fisiológica, midiendo desde la base hasta el ápice de la panoja con la ayuda de una cinta métrica, se tomó en cuenta un metro lineal de la parcela útil de cada unidad experimental, el cual fue equivalente a 4 plantas.

3.8.7 Diámetro de panoja principal

Para obtener el diámetro de panoja se utilizó un calibrador vernier, tomando la parte media de la panoja en la etapa de madurez fisiológica, tomando en cuenta un metro lineal de la parcela útil de cada unidad experimental.

3.8.8 Peso total de panojas (g)

Con la ayuda de una balanza analítica, se pesó la panoja principal, panojas secundarias y terciarias por cada planta.

3.8.9 Porcentaje de materia seca

Para la determinación de la materia seca, por unidad experimental se cortó una planta al ras del suelo, incluyendo toda la parte aérea de la planta. Posteriormente, se colocó cada planta de manera individual en bolsas de papel canela perforadas y se rotuló con el nombre de la unidad experimental y fecha.

Se pesó cada bolsa individualmente para obtener el peso de materia verde (MV) y enseguida se colocaron en la estufa a una temperatura de 75 °C hasta alcanzar peso constante.

Diariamente, las bolsas se pesaron hasta que mantuvieron un peso estable, y de esta manera obtener el peso de materia seca (MS).

Al tener el peso de materia verde y materia seca, se calculó el porcentaje de materia seca, de la siguiente manera:

$$(MS/MV)*100$$

3.8.10 Proporción grano / materia seca (%)

Para determinar la proporción de grano/ materia seca, al momento de sacar las muestras de la estufa, se procedió a desprender el grano de las panojas y con la ayuda de cribas se limpió. Cuando se obtuvo el grano sin impurezas, se pesó cada muestra en una balanza analítica.

Al tener el peso, se hizo una relación entre el peso de materia seca (PMS) de la planta completa y el peso seco del grano (PSG) de la misma planta, de la siguiente manera:

$$(PSG*100)/PMS$$

3.8.11 Peso de semilla (g)

Para determinar el peso de semilla, primeramente se desprendió el grano de la panoja y se cribó para limpiar y eliminar impurezas. Posteriormente se pesó el grano en una balanza analítica.

3.8.12 Rendimiento (t ha⁻¹)

Para calcular el rendimiento de grano se tomó en cuenta los gramos producidos en un metro lineal de cada parcela experimental, el cual representa .75 m². Convirtiendo dicha cantidad a t ha⁻¹.

3.9 Análisis estadístico

En el análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.2 y la comparación de medias se efectuó por Tukey ($p \leq 0.05$).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados e interpretación de los mismos, obtenidos en estudio.

5.1 Días a emergencia, floración y madurez fisiológica.

Emergencia en charola y campo variaron por un día, para la floración 32 días y madurez fisiológica 23 días de diferencia en cada tratamiento.

Cuadro 3. Días a emergencia, floración y madurez fisiológica de quínoa variedad campesino en siembra directa y trasplante. UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015

	Emergencia (50%)*	Floración (50%)*	Madurez Fisiológica (50%)*
Siembra	6	86	113
Trasplante	5	54	90

)* Días después de las siembra y Días después del trasplante

5.2 Altura de planta y diámetro de tallo

En altura y diámetro de tallo el mejor tratamiento según el análisis estadístico fue siembra directa el cual presento una altura de 109.45 cm superando por 64.82 cm al trasplante cuadro 4.

La siembra directa superó lo reportado por Ticono (2013) en la variedad Phisankalla con alturas de 71.91cm y 70.46 cm en siembra directa y trasplante

respectivamente en donde señala que ambos tratamientos son estadísticamente iguales, aunque las variedades manejadas fueron diferentes.

Cuadro 4. Altura de planta y Diámetro de tallo de quínoa variedad campesino en siembra directa y trasplante. UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015

	Altura (cm)	Diámetro de tallo (mm)
Siembra	109.45 a	1.94 a
Trasplante	44.63 b	1.31 b

Tukey: Tratamientos agrupados con misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

5.3 Diámetro de panoja, peso total y longitud.

En el diámetro de panoja el mejor tratamiento según el análisis estadístico es la siembra directa con valores de 6.31 cm superando al trasplante por 1.7 cm. En peso total de panoja el mejor tratamiento, ya que se encontró diferencia significativa, fue la siembra directa presentado 90.24 superando por 25.85 g al trasplante. Para el caso de longitud de panoja ambos tratamientos estadísticamente son iguales Cuadro 5.

En siembra directa se reportaron valores de 6.31 cm en diámetro de panoja y 37.29 cm en longitud de panoja superando a lo reportado por Ticona, (2013) quien menciona que ambos tratamientos son estadísticamente iguales con valores de 4.26 cm y 20.36 cm respectivamente.

Cuadro 5. Longitud de panoja principal, Diámetro de panoja principal y Peso total de panoja de quínoa variedad campesino en siembra directa y trasplante. UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015

	Diámetro de panoja (cm)	Long panoja (cm)	Peso total de panoja (gr)
Siembra	6.3125 a	37.292	90.24 a
Trasplante	4.6333 b	35.458	64.38 b

Tukey: Tratamientos agrupados con misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

5.4 Porcentaje materia seca

El porcentaje de materia y proporción de grano-materia seca se mostró diferencia estadística significativa, resultando el trasplante el mejor tratamiento el cual presento 34.0983 de % MS y 32.178 en % de grano MS superando a la siembra directa por 5.5 % y 5.1 respectivamente, cuadro 6.

Cuadro 6. Porcentaje de materia seca (%) y Proporción grano / materia seca (%) de quínoa variedad campesino en siembra directa y trasplante. UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015

	Materia Seca (%)	Proporción grano/MS (%)
Siembra	28.605 b	27.07 b
Trasplante	34.098 a	32.178 a

Tukey: Tratamientos agrupados con misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

5.5 Peso de semilla y rendimiento

En el peso de semilla el mejor tratamiento estadísticamente fue la siembra directa presentando 60.12 gr por planta superando por 25.28 gr al trasplante, en cuanto al rendimiento el mejor tratamiento según el análisis estadístico fue la siembra directa presentando un rendimiento de 3.208 t ha⁻¹ superando el trasplante con una diferencia de 1.35 t ha⁻¹, cuadro 7

El rendimiento supera en ambos tratamientos de acuerdo a lo reportado por Ticona, (2013) que obtuvo rendimientos estadísticamente iguales en siembra directa tanto en trasplante (1.0638 t ha⁻¹ y 1.1648 ton ha⁻¹).

El rendimiento en siembra directa obtenido fue de 3.208 t ha⁻¹ superando el rendimiento reportado por Benlhabib (2014) en Marruecos el cual fue de 2.346 t ha⁻¹ con variedades provenientes de Chile y Perú; al igual que al rendimiento obtenido por Delgado (2009) al utilizar en su evaluación 16 genotipos de quínoa y cuyo resultado fue un rendimiento de 1.705.2 t ha⁻¹.

Cuadro 7. Peso de semilla (gr) y Rendimiento (t ha⁻¹) de quínoa variedad campesino en siembra directa y trasplante. UAAAN-UL. Ciclo 2014-2015

	Peso de semilla (g)	Rendimiento t ha ⁻¹
Siembra	60.12 a	3.208 a
Trasplante	34.84 b	1.858 b

Tukey: Tratamientos agrupados con misma letra son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

V. CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos y condiciones en que se realizó este experimento se concluye:

La siembra directa de quínoa destaca sobre el método de trasplante, en base a un diferencial de producción de grano del orden de $1,350 \text{ kg ha}^{-1}$, por lo tanto es el mejor método de establecimiento.

El cultivo de quínoa en base a su capacidad de adaptación a las condiciones de la región lagunera y a su potencial de rendimiento, representa una alternativa de producción de alimentos para los agricultores de la región.

VI. RECOMENDACIONES

Continuar con los estudios de investigación de quínoa en los diferentes aspectos del cultivo para determinar su potencial bajo las condiciones de la Comarca Lagunera al ser un cultivo en fase experimental y confirmar los resultados obtenidos en este estudio.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Aroni, JC., G. Aroni, R. Quispe y A. Bonifacio, 2003, Catálogo de Quinua Real. Fundación PROINPA. SIBTA – SINARGEAA. Fundación Altiplano. La Paz, Junio 2003. p 51
- Bazile, D. 2014. Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Santiago de Chile: FAO y Montpellier, Francia: CIRAD, 724.
- Benhabib,O., Jacobsen, S-E. y Jellen, R., 2014. El estado de la producción e investigación de la quinua en Marruecos. 6.15. IN: BAZILE D. “Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 574-591
- Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA. 2013. Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Bioversity International, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria Forestal y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.
- Bonamino, J., Carreño, V. y Cervilla, N., 2009, Elaboracion de sopas a partir de la molieda de semillas de quínoa, Invenio, 12 (23): 119-129.
- Brouwer & Heibloem. 1986. Método para calcular la precipitación efectiva. Disponible: <http://www.fao.org/docrep/x5560E/x5560E00.HTM>
- Cerezal, P., Carrasco, A., Pinto, K., Romero, N. y Arcos, R. 2007. Suplemento alimenticio de alto contenido proteico para niños de 2 - 5 años. Interciencia, 32 (12): 857-864.

- Cerezal, P., Acosta, E., Rojas, G., Romero, N y Arcos, R., 2012, Desarrollo de una bebida de alto contenido proteico a partir de algarrobo, lupino y quinoa para la dieta de preescolares, *Nutricion Hospitalaria*, 27 (1):232-243.
- Chilo, G., Carbajal, R. y Ochoa, M., 2009, Efecto de la temperatura y salinidad sobre la germinación y crecimiento de plántulas de dos variedades de *Chenopodium quinoa*, *Agriscientia*, XXVI (1): 15-22
- Danielsen S, Ames T. 2003. El Mildiu (*Peronospora farinosa*) de la Quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la zona Andina. Manual práctico para el estudio de la enfermedad y del patógeno. Lima Perú 61 p.
- Danielsen, S., Jacobsen, S., Echegaray, J. and Ames, T. 2000. Impact of Downy Mildew on the Yield of Quinoa. Program Report: Andean Roots and Tubers and other Crops. Lima, Perú: CIP, pp. 397-401.
- Delgado, A. 2009. Evaluación de 16 genotipos de quinua dulce (*Chenopodium quinoa Willd*) en el municipio de Iles, Nariño. *Agronomía Colombiana*, 27 (2): 159-167.
- Delgado, C. y Albarracín, H., 2012, Microestructura y propiedades funcionales de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) y chachafruto (*Erythrina edulis*): potenciales extensores cárnicos, *Vitae*, 10 (1):S430-S432.
- Espíndola, G. 1986. Respuestas fisiológicas, morfológicas y agronómicas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) al déficit hídrico. Tesis M.Sc., Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Chapingo México. 101 p.
- FAO. 2011. La Quinoa: cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Disponible: <http://www.fao.org/docrep/017/aq287s/aq287s.pdf>. Consulta: Marzo, 2015.

- FAO. 2013. Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. Disponible: <http://www.fao.org/3/a-as890s.pdf> Consulta: Mayo, 2015.
- Fuentes, F., Maughan, P. y Jellen, E. 2009. Diversidad genética y recursos genéticos para el mejoramiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Revista geográfica de Valparaíso, 42, 20-33.
- Flores P., D.V. 2011. Recopilación de saberes ancestrales sobre las especies andinas alimenticias: Mashua (*Tropaeolum tuberosum*), Melloco (*Oxalis tuberosa*) y Quinua (*Chenopodium quinoa*) en la comunidad de Pesillo, Coyambe-Ecuador. Tesis. Licenciatura. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, Cayambe. 108 p.
- Fischer, S., Wilckens, R., Jara, J. and Aranda, M., 2013, Controlled water stress to improve functional and nutritional quality in quinoa seed, Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas, 2 (5):457-468.
- Gabriel, J., Luna, N., Vargas, A., Magne, J., Angulo, A. La Torre, J. y Bonifacio, A. 2012. Quinua del valle (*Chenopodium quinoa* Willd.): fuente valiosa de resistencia genética al mildiu (*Peronospora farinosa* Willd.) Journal of the Selva Andina Research Society, 3 (2): 27-44
- Gandarillas, H. 1968. Caracteres botánicos más importantes para la clasificación de la quinua. In: Universidad Nacional Técnica del Altiplano. Anales de la Primera convención de Quenopodiáceas quinua - cañahua. Puno, Perú. pp 41-49.
- Gandarillas, H. y Tapia, M. (1979). La quinua y la kañiwa, cultivos andinos. Bogotá: IICA, pp. 227.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones climáticas de la República Mexicana. Tercera edición. México, D. F.: Offset Larios.

- Giusti, K. 1970. El género *Chenopodium* en la Argentina. I. Número de cromosomas. *Darwiniana* 16: 98-105.
- Gutiérrez, A., Soto, M., López, C y Mendoza, G. 2004. Nitratos, oxalatos y alcaloides en dos etapas fenológicas de quinua (*Chenopodium quinoa*) en riego y temporal, *Revista Fitotecnia Mexicana*, 24 (4): 313-322
- Huaman, F., Toscano, E., Acosta, O., Rojas, D., Inocente, M., Garrido, D. y Guevara-Fujita, M. (2014). Estudio genotóxico de una bebida experimental de quinua, kiwicha y kañiwa. *Revista Peruana de Biología*, 21 (3): 251-258.
- INEGI (Instituto Nacional de Geografía y Estadística). 2008. Atlas nacional interactivo de México. En línea. Estado de Coahuila. Disponible: <http://www.inegi.org.mx>. Consulta: 23 de marzo del 2015.
- Jacobsen, S. y Sherwood, S. 2002. Cultivo de granos andinos en Ecuador: informe sobre los rubros quinua chocho y amaranto. Quito: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), pp. 90.
- Jacobsen, S. 2003. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) *Food Reviews International*, 19 (1): 167-177.
- Jacobsen, S-E. 2014. Adaptación y posibilidades para la quinua en las latitudes septentrionales de Europa. Capítulo Numero 6.11. IN: BAZILE, "Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013": FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 520-531
- Lescano, J.L. 1994. Genética y mejoramiento de cultivos altoandinos: quinua, kañihua, tarwi, kiwicha, papa amarga, olluco, mashua y oca. Convenio INADE/PELT - COTESU. 459 p.
- Lescano, J.L. 1989. Recursos fitogenéticos altoandinos y bancos de germoplas. In: Curso: "Cultivos altoandinos". Potosí, Bolivia. p 118.

- López, B., Dyner, M., Valencia, M. y Vidueiros, S., 2010, Determinación del contenido de glándulas en alimentos elaborados con amaranto, quinoa y chía, *Revista Chilena de Nutrición*, 37 (1):80-86
- López, M., Capparelli, A, y Nielsen, A., 2012, Procesamiento post-cosecha de quinoa (*Chenopodium quinoa*) en el periodo prehispánico tardío en el norte de Lipez (Potosí, Bolivia), *Darwiniana*, 50 (2): 187-206.
- Medrano, A. y Torrico, J. 2009. Consecuencias del incremento de la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el altiplano sur de Bolivia. *Journal de Ciencia y Tecnología Agraria*, 1 (4): 116-122.
- Mujica, A. 1977. Tecnología del cultivo de la quinua. Fondo Simón Bolívar. Ministerio de alimentación. Zona Agraria XII. Puno, Perú: IICA. UNTA.
- Mujica, A. 1992. Granos y leguminosas andinas. Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp 129-146.
- Mujica, A., A. Cahahua y R. Saravia. 2006. Agronomía de la quinua. Quinua: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO. UNA. CIP. Santiago, Chile. pp 26-59.
- Suca Apaza, F. and C. A. Suca Apaza. 2008. Competitividad de la Quinua Una Aplicación del Modelo de Michael Porter. EUMED, Lima.
- Tapia, M. 1990. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial INIAA – FAO, Oficina para América Latina y El Caribe, Santiago de Chile.
- Tapia, M. y Fries, A. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos. Lima: FAO y ANPE.
- Ticona, E. y Bernal, I. 2013. Evaluación comparativa del rendimiento de la quinua, bajo siembra directa y trasplante en el inicio de la época lluviosa, Capítulo II.

- IN: Vargas, M. et al. (Editores), "congreso científico de la quinua (Memorias): La Paz, Bolivia. pp. 137-147
- Torrez, M., Guzmán, A., y Carbajal, R., 2002., Valoración nutricional de 10 variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Will) del Altiplano de Bolivia., Biofarbo., volumen X., pp. 6
- Risi, J. 1997. La quinua: actualidad y perspectivas. In: Taller sobre desarrollo sostenible de la quinua. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA, Cámara de Exportadores. La Paz, Bolivia. 21 de noviembre de 1997.
- Rojas, W. 2008. Manejo, Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Genéticos de Granos Alto andinos, en el marco del SINARGEAA. Informe Fase 2003-2008, Fundación PROINPA. La Paz, Bolivia. 49 p.
- Rojas, W., M.R. Cayoja y G. Espindola. 2001. Catálogo de la colección de quinua conservado en el Banco Nacional de Granos Altoandinos. La Paz, Bolivia. 128 p.
- Vargas, M. (Ed). 2013. Congreso Científico de la Quínoa (Memorias). La Paz, Bolivia. pp 682.
- Yuda, H., Maradon, K., Tian, Y., Jacobsen, S. and Shabala, S. 2010. Ionic and osmotic relations in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) plants grown at various salinity levels. Journal of Experimental Botany, 62 (1): 185-193.
- Zurita-Silva, A., Fuentes, F., Zamora, P., Jacobsen, S. and Schwember, A. 2014. Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. Mol Breeding Journal, 34 (1).