



Viabilidad del cultivo de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) en Castilla y León

Autor: Sergio Calvo García

Institución: Universidad Católica de Ávila

Otros autores: Alicia Tabasco Pérez (Universidad Católica de Ávila); María del Monte Maíz (Universidad Católica de Ávila); Cristina Lucini Baquero (Universidad Católica de Ávila)

Resumen

La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) es una planta anual cultivada en zonas áridas y semiáridas de los Andes (Mujica A., et al., 1999), seleccionada y domesticada por los pueblos andinos (ANAPQUI, 2001).

Sus excepcionales cualidades, tales como la adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos, su amplia variabilidad genética, su bajo costo de producción, su valor medicinal o su calidad nutritiva, evidencian el gran potencial del cultivo (FAO, 2011).

Es uno de los pocos alimentos de origen vegetal nutricionalmente completo. Presenta un balance adecuado de aminoácidos, proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales, que evidencia su alta calidad nutritiva. Además, no posee gluten lo que lo hace un alimento apto para los celíacos (Carrasco, R. et al., 2003).

La demanda creciente por este alimento en las dos últimas décadas ha generado un proceso de expansión del cultivo a escala mundial. Constituye un cultivo estratégico para contribuir a la seguridad nutricional a nivel mundial (Ayala, G. et al., 2004).

Actualmente se está estudiando la viabilidad de este pseudocereal en Castilla y León (España), concretamente en la provincia de Ávila, enclave estratégico donde las condiciones edafoclimáticas favorecerán la calidad nutricional y las características agronómicas del cultivo y contribuirán en su implantación.

Palabras clave: Pseudocereal; *Chenopodium quinoa* Willd; calidad nutricional

INTRODUCCIÓN

Situación actual del cultivo de *Ch. quinoa W.*

Ch. quinoa W. es un cultivo oriundo de la región andina de América del Sur, seleccionado y domesticado durante miles de años (Pearsall, 1992); conocido como el “cereal del imperio Inca”. Rivas, (2013) afirmó que la expansión del cultivo se inició con las culturas preincaicas y se consolidó con el imperio Inca. En la lengua quechua recibe el nombre de chisiya (National Research Council, 1989), cuya traducción es “grano madre” (Muñoz *et al.*, 2002).

El cultivo de *Ch. quinoa W.* es una buena alternativa de futuro frente a la emergente necesidad en el ámbito global de identificar cultivos que tengan el potencial de producir alimentos de calidad. Las Naciones Unidas (UN) declaró el 2013 como el “Año Internacional de la Quinoa (AIQ)”. El objetivo del AIQ es: “Centrar la atención mundial sobre el papel que juega la biodiversidad de la quinua y su valor nutricional en la seguridad alimentaria y en la erradicación de la pobreza, en apoyo al logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio” (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2012). Por sus bondades nutritivas y su versatilidad agronómica, la FAO (2011) comunicó que *Ch. quinoa W.* constituye un cultivo estratégico que contribuirá a la seguridad y soberanía alimentaria global. Especialmente en aquellos países donde la población no tiene acceso a alimentos ricos en proteínas, o donde la producción de alimentos es limitada. El interés científico que ha generado este cultivo en el ámbito mundial se traduce en la implantación de nuevas líneas de investigación: estudios de calidad nutricional, de rendimiento, de mejoramiento genético, de resistencia a plagas, etc.

Esta especie es extraordinariamente resistente a condiciones ambientales adversas (Muñoz *et al.*, 2002). La planta se adapta bien a suelos pobres en nutrientes (Vilche *et al.*, 2003) y a condiciones climáticas desfavorables (García *et al.*, 2003). Además, posee mecanismos de escape y tolerancia a heladas (Bois *et al.*, 2006), sequías (Vacher, 1998) y suelos salinos (Adolf *et al.*, 2012; Jacobsen *et al.*, 2003). *Ch. quinoa W.* es resistente a la sequía pudiendo desarrollarse en zonas cuyo rango de precipitaciones anuales se encuentre entre los 200-400 mm (Valencia-Chamorro, 2003). Es una especie que tolera un amplio rango de temperaturas. Puede soportar temperaturas extremas de hasta 35 °C (Valencia-Chamorro, 2003) y no se ve afectada normalmente por heladas suaves en determinadas etapas fenológicas, siendo la etapa de ramificación la más tolerante y la etapa de floración la más susceptible (Mujica *et al.*, 2004). Numerosos estudios demuestran que *Ch. quinoa W.* es una especie tolerante a la sal (Adolf *et al.*, 2012; Eisa *et al.*, 2012; Burrieza *et al.*, 2012), se ha observado que algunos genotipos sometidos a dosis altas de sales, tales como sodio o boro, pueden germinar (Jacobsen *et al.*, 1997) y comportarse como plantas semihalófitas (Muñoz *et al.*, 2002), aunque evidentemente su rendimiento disminuye.

Por todo ello, *Ch. quinoa W.* tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos (FAO, 2011), el área de cultivo en América del Sur se extiende desde los 2° Latitud Norte en Colombia hasta 40° Latitud Sur en Chile (Risi *et al.*, 1989), y desde el nivel del mar hasta 4.000 m.s.n.m. (Muñoz *et al.*, 2002). Es uno de los pocos cultivos capaces de adaptarse a las condiciones ambientales adversas del Altiplano Boliviano (Geerts *et al.*, 2006).

Según su adaptación a los diferentes pisos agroecológicos se pueden clasificar sus más de tres mil ecotipos conocidos (Rojas *et al.*, 2010) en cinco categorías básicas: *Ch. quinoa W.* del valle, *Ch. quinoa W.* del altiplano, *Ch. quinoa W.* de terrenos salinos, *Ch. quinoa W.* del nivel del mar y *Ch. quinoa W.* subtropical (Rojas *et al.*, n.d; Reyes, 2006.).

Interés del cultivo de Ch. quinoa W.

El interés de este cultivo recae en su reconocido valor nutricional (Muñoz *et al.*, 2002). Los granos de *Ch. quinoa W.* presentan un excepcional equilibrio de proteínas, grasas y carbohidratos (almidón), y un balance adecuado en su composición de aminoácidos esenciales, tales como lisina y metionina (Repo-Carrasco *et al.*, 2003; Prego *et al.*, 1998), que evidencia su alta calidad nutritiva (Mujica *et al.*, 2006a). Las semillas contienen un elevado porcentaje de proteínas (Reyes, 2006), en torno al 16 % (Repo-Carrasco *et al.*, 2003), localizadas principalmente en el endosperma y en el embrión, que supera en contenido y calidad a los cereales tradicionales (Tapia, 1997), tales como el trigo (Muñoz *et al.*, 2002). La mitad del total de la materia grasa contiene ácido linoleico (omega 6), ácido graso poliinsaturado esencial para la dieta humana (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

Las semillas son ricas en vitaminas y minerales (Ayala *et al.*, 2004), tales como calcio, magnesio, zinc, hierro y fósforo (Comai *et al.*, 2007; Repo-Carrasco *et al.*, 2003). En comparación con otros granos la quinua es una buena fuente de vitaminas, cabe destacar su contenido de ácido fólico y de riboflavina, mientras que su contenido en tiamina es similar al de otros granos y el de niacina es inferior (Ahamed *et al.*, 1998). Es un alimento que pueden consumir los celíacos porque no posee gluten y posee un alto porcentaje de fibra dietética total (Reyes, 2006; Ahamed, *et al.*, 1998).

Entre sus aplicaciones destaca la amplia gama de productos procesados que se pueden obtener a base de *Ch. quinoa W.*, tales como: harina (Romo *et al.*, 2006), pastas (Astaiza *et al.*, 2010), leche, extruidos (Repo-Carrasco *et al.*, 2011), almidones, saponina, proteínas concentradas, granos perlados, germinados, expandidos (Villacrés *et al.*, 2011), malteado, néctares, golosinas, toffes, dulces, chocolates nutritivos (Oyola *et al.*, 2012), panes, mermeladas, etc. (Mujica *et al.*, 2006b). Es considerada una planta medicinal, preparando adecuadamente los granos, los tallos y las hojas se puede tratar abscesos, hemorragias, luxaciones, ansiedad, diabetes, osteoporosis o migrañas, además es un buen antiinflamatorio, cicatrizante (Herencia *et al.*, n.d.) y analgésico dental, elimina el ardor de estómago, desinflama la garganta, elimina náuseas, etc. (Oyola *et al.*, 2012; SESAN, 2013).

Zonas de producción de Ch. quinoa W.

Las principales zonas productoras de *Ch. quinoa W.* de la región andina y del mundo están ubicadas en Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador (Mujica *et al.*, 2006a). Los mayores exportadores de grano de quinoa con el 88% de la producción mundial son Bolivia y Perú (Vilche *et al.*, 2003). Rivas, (2013) publicó que en el año 2009 la suma de las hectáreas cosechadas en Perú, Bolivia y Ecuador ascendió a 80.000 hectáreas, obteniendo una producción de 70.000 toneladas. En el año 2013 la Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional, Gobierno de Guatemala (SESAN) publicó que el Altiplano Boliviano es el principal productor mundial de *Ch. quinoa W.* con un área

sembrada de 104.000 hectáreas, seguido de Perú cuya superficie cultivada alcanza las 55.000 ha y obtiene una producción de 41.000 ton.

Su excelente calidad nutritiva, su amplia variabilidad genética, su adaptabilidad a distintos ambientes y su bajo costo de producción (FAO, 2011) han generado un interés, que unido al incremento en la demanda por este alimento, ha desencadenado en las dos últimas décadas un proceso de expansión del cultivo a escala mundial (Rojas *et al.*, n.d.; Reyes, 2006.).

A nivel mundial está presente en distintas etapas de implantación en países como Francia, Reino Unido, Holanda, Alemania, Italia, Suecia, Dinamarca, Estados Unidos, Canadá, Méjico, Colombia, Chile, Brasil, Marruecos, Kenia, India, China, y Argentina (Rivas, 2013). Ya en el año 1993, Braeckelaer inició un Proyecto Europeo denominado “Quinoa: A multipurpose crop for EC’s agricultural diversification” (Herencia *et al.*, 1999), trabajó en tres líneas: producción, composición y valor nutritivo, y usos industriales de *Ch. quinoa W.* (De Braeckelaer, 1997).

A nivel nacional se ha estudiado su adaptación al clima mediterráneo (Herencia *et al.*, 1998). Se realizaron ensayos en la región centro de la Península Ibérica, concretamente en parcelas experimentales seleccionadas dentro de los límites provinciales de Madrid y Toledo (Herencia *et al.*, 1999).

En Castilla y León es un cultivo totalmente desconocido, no existen referencias bibliográficas relacionadas con este campo. Pero a su vez, es un cultivo con un potencial enorme, visiblemente emergente y con una proyección ascendente y fuerte de futuro, que sin lugar a dudas ha venido Castilla y León, concretamente a la provincia de Ávila, para quedarse e impulsar la economía local.

Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es estudiar y determinar la viabilidad del cultivo de *Ch. quinoa W.* en Castilla y León (España), concretamente en la provincia de Ávila, enclave estratégico donde las condiciones edafoclimáticas favorecerán la calidad nutricional y las características agronómicas del cultivo y contribuirán en su implantación.

El objetivo específico es realizar un estudio agronómico del cultivo de las variedades de *Ch. quinoa W.*, Perlada Tricolor y Perlada Blanca, en la provincia de Ávila, mediante la evaluación de características morfológicas y agronómicas del cultivo, y mediante el estudio de los requerimientos edáficos del cultivo, comparando los resultados obtenidos en los análisis de material edáfico de las parcelas experimentales situadas en término municipal El Oso y término municipal La Colilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Selección de las parcelas

El estudio agronómico del cultivo de *Ch. quinoa* W. en Castilla y León (España), se realizó dentro de los límites provinciales de Ávila, concretamente en los municipios de La Colilla y El Oso (figura 1).



Figura 1. Localización de los municipios de El Oso y La Colilla en la provincia de Ávila.

En el término municipal de La Colilla se halla enclavada la primera parcela experimental (figura 2) a una latitud $40^{\circ} 38' 36.29''$ N, longitud $4^{\circ} 46' 3.86''$ W (Sistema de Información Nacional Geográfico de Parcelas Agrícolas SIGPAC), a una altitud de 1130 m (Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)). El municipio de La Colilla está situado dentro de la comarca del Valle de Amblés, a tan solo 5 km de Ávila capital (SIGPAC). Políticamente pertenece al Partido Judicial de Ávila; provincia del centro de España, ubicada en la comunidad autónoma de Castilla y León. El término municipal presenta una importante variación topográfica. Al noroeste predomina un relieve montañoso, compuesto principalmente por roca plutónica, y al sureste un relieve de fondo de valle. Comparte características tanto con el Valle de Amblés como con la Sierra de Ávila (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1991). Hidrológicamente, el municipio se caracteriza por presentar dos cauces fluviales que permanecen con agua la mayor parte del año: el arroyo de las Angosturas y el río Duruelo.

El clima del municipio de La Colilla, se caracteriza por ser un clima mediterráneo continentalizado, con un periodo seco o árido de 3 meses y medio (junio-septiembre), un periodo frío o de heladas que abarca 9 meses al año, y un periodo cálido 2 meses. Presenta una gran amplitud térmica. Duro invierno, llegando a alcanzar una temperatura media de las mínimas absolutas en el mes de enero de $-11,4^{\circ}\text{C}$, para el periodo 1983-1995. Verano caluroso, llegando a alcanzar una temperatura media de las máximas absolutas en el mes de julio de $36,3^{\circ}\text{C}$, para el periodo 1983-1995. Con una precipitación

anual de 408 mm, repartida en otoño y primavera (Sistema de Información Geográfico Agrario (SIGA)).

En el término municipal de El Oso se halla enclavada la segunda parcela experimental (figura 3) a una latitud $40^{\circ} 50' 22.83''$ N, longitud $4^{\circ} 45' 57.59''$ W (SIGPAC), a una altitud de 893 m (AEMET). El municipio de El Oso está situado en la submeseta norte, dentro de la llanura cerealista abulense, localmente conocida con el nombre de “La Moraña”. Políticamente pertenece al Partido Judicial de Ávila; provincia del centro de España, ubicada en la comunidad autónoma de Castilla y León. El municipio tiene una orografía con relieves muy poco pronunciados, que facilita la aparición de endorreísmos asociados a un nivel freático localmente alto (Martín, 2010), que favorece la deposición de sales solubles, conformando zonas húmedas muy salinas de carácter eminentemente alcalino. Su máximo exponente se encuentra en la laguna y los diferentes lugares de saladares (Jubete *et al.*, 2012). Hidrológicamente, el municipio se caracteriza por procesos de endorreísmo y anastomosis de cursos fluviales, que favorecen la deposición de sales, y la aparición de vegetación hidrófila y halófila (Martín, 2010). El cauce fluvial permanente más próximo es el del río Adaja situado al este, pero se sitúa fuera de los límites políticos del municipio. El resto de los cauces de agua presentan una acusada estacionalidad, permaneciendo secos varios meses al año (de verano a otoño) (Jubete *et al.*, 2012).

El clima del municipio de El Oso, se caracteriza por ser un clima típicamente mediterráneo (Martín, 2010), con un periodo seco o árido de 3 meses y medio (junio-septiembre), y un periodo frío o de heladas que abarca 7 meses al año. En invierno llega a alcanzar una temperatura media de las mínimas absolutas en el mes de enero de -7°C , para el periodo 1966-2003. Verano caluroso, llegando a alcanzar una temperatura media de las máximas absolutas en el mes de julio de $35,9^{\circ}\text{C}$, para el periodo 1966-2003. Enero es un mes de helada segura, mientras que febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre los son de helada probable. Las plantas se ven influenciadas por este clima porque no existe ningún mes libre de helada que no sea libre de sequía. Con una relativa pequeña precipitación anual (386 mm), repartida en otoño y primavera (SIGA).



Figura 2. Localización de la parcela I en el municipio de La Colilla (Ávila). Modificado a partir de SIGPAC.



Figura 3. Localización de la parcela II en el municipio de El Oso (Ávila). Modificado a partir de SIGPAC

Se seleccionaron los municipios de La Colilla y de El Oso porque existen catálogos florísticos en los cuales la familia a la que pertenece *Ch. quinoa* W., es decir, la familia *Chenopodiaceae*, está muy bien representada. En el estudio botánico llevado a cabo por Martín (2010) en el municipio de El Oso se observó que la quinta familia mejor representada en cuanto al número de individuos muestreados en las parcelas es la familia *Chenopodiaceae*, por detrás de las familias *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Poaceae* y *Cyperaceae*. Las especies y subespecies pertenecientes a la familia *Chenopodiaceae* que recogió Martín (2010) en El Oso durante la campaña de herborización son: *Camphorosma monspeliaca* subsp. *monspeliaca* L.; *Chenopodium rubrum* L.; *Chenopodium urbicum* L.; *Salsola kali* L. Además, según Jubete *et al.* (2012) también están presentes: *Chenopodium album* L.; *Chenopodium opusifolium* Schrader ex Koch y Ziz.

Estudio edáfico

La recolección de muestras de material edáfico se efectuó los días 23 de Julio del 2014 para la parcela I y 25 de Julio del 2014 para la parcela II. Se ha elegido el mes de Julio porque la pluviometría media mensual es la más baja de todo el año. Es importante evitar épocas muy lluviosas debido a que hay elementos como el nitrógeno que son fácilmente lixiviados.

Se recogió un total de ocho muestras edáficas, cuatro de ellas en la parcela I y otras cuatro en la parcela II. El proceso seguido para la recolección de muestras edáficas fue el siguiente: se retiró con una azada la capa vegetal de los puntos de muestreo, posteriormente se retiró los 15 primeros centímetros de suelo. A continuación se hizo una calicata en forma de "V" y se cogieron rebanadas del costado. El suelo recogido se introdujo en bolsas de plástico correctamente etiquetadas, las cuales se transportaron hasta el laboratorio.

El primer paso para conservar la muestra fue extender el material edáfico en una bandeja de plástico durante tres días. Una vez secas al aire se procedió a su fase de preparación que consistió en tres procesos: homogenización, molienda y tamizado. Finalmente, las muestras de material edáfico se almacenaron en bolsas de plástico, que se guardaron en un lugar fresco y seco.

Las propiedades determinadas en el laboratorio de Química de la Universidad Católica de Ávila “Santa Teresa de Jesús” de las muestras de material edáfico recogidas son las siguientes: pH, conductividad eléctrica (mS/cm), textura (porcentaje de arena, porcentaje de limo y porcentaje de arcilla), porcentaje de carbono orgánico y porcentaje de materia orgánica (Ritas *et al.*, 1990; Mañares *et al.*, 1998; Soriano *et al.*, 2001).

Material vegetal

Las muestras de material de *Ch. quinoa W.* empleadas en el estudio agronómico del cultivo en la provincia de Ávila y en la determinación de la calidad agroalimentaria del material cultivado en dicho estudio procedió de la partida solicitada por el grupo de investigación Producción Vegetal y Calidad Agroalimentaria de la Universidad Católica de Ávila “Santa Teresa de Jesús” a la compañía Purorgánico en el mes de Marzo del 2014. Purorgánico es una compañía mexicana que ofrece una amplia gama de productos alimenticios orgánicos, sin alergénicos, libres de gluten y caseína, etc. La partida está constituida por dos variedades distintas de grano: *Ch. quinoa W.* Perlada Tricolor y *Ch. quinoa W.* Perlada Blanca.

Se denomina *Ch. quinoa W.* perlada al grano procesado libre de impurezas y sustancias antinutricionales. El grano de *Ch. quinoa W.* es apto para el consumo humano cuando pasa por un proceso de desaponificado, denominado también escarificado, el cual elimina las impurezas y las sustancias antinutricionales, como es la saponina.

Las saponinas se encuentran en el pericarpio, son compuestos del tipo esteroide o triterpenoide que le transfiere sabor amargo a *Ch. quinoa W.* (Mujica *et al.*, 2006a). Son el principal factor antinutricional. El contenido de saponina varía en *Ch. quinoa W.* entre el 0,1% y el 5% (Repo-Carrasco *et al.*, 2003). Si la saponina es consumida por el hombre puede causar serios problemas de salud, ya que desencadena procesos de hemólisis en los eritrocitos (Villacrés *et al.*, 2011). Por lo tanto, para nutrición humana la saponina debe ser eliminada completamente.

Metodología para el estudio agronómico

1. Caracterización agromorfológica

Estudio de los descriptores de la planta

Se observó, describió, midió y registró unos descriptores de caracterización determinados, con el objetivo de realizar una caracterización agromorfológica completa de las dos variedades objeto de estudio. Generalmente estos caracteres son fácilmente observables a simple vista, razón por la cual todo el material de campo empleado en esta parte del estudio se redujo a una cinta métrica empleada para tomar determinadas medidas necesarias.

Una parte de la caracterización agromorfológica se realizó con base en los descriptores para *Ch. quinoa W.* y sus parientes silvestres, propuestos por Bioversity International, *et al.* (2013). Los descriptores de caracterización permiten una discriminación fácil y rápida entre los fenotipos de las dos variedades utilizadas en el presente estudio. La observación, descripción, medición y registro de cada uno de los descriptores de caracterización se llevo a cabo durante la fase fenológica propuesta por Bioversity International, *et al.* (2013).

Estudio de la fenología

La SESAN definió en el año 2013 fenología como “los cambios externos visibles del proceso de desarrollo de la planta”. La *Ch. quinoa W.* presenta 12 fases fenológicas bien marcadas y diferenciadas (Mujica *et al.*, 1998): emergencia, dos hojas verdaderas, cuatro hojas verdaderas, seis hojas verdaderas, ramificación, inicio de panojamiento, panojamiento, inicio de floración, floración, grano lechoso, grano pastoso y madurez fisiológica.

Durante el periodo de seguimiento de las fases fenológicas se prestó especial interés a cuatro caracteres, ya que representan bien los cambios externos visibles que ocurren en la planta a lo largo de su proceso de desarrollo a través de las 12 fases fenológicas de la planta. Dichos caracteres son altura de la planta (medida desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la panoja), amplitud máxima de la planta, longitud de la panoja (medida desde la base hasta el ápice de la panoja) y número de hojas (recuento total del número de hojas de cada planta).

2. Ensayos de germinación

Se realizó cuatro tipos de ensayos de germinación: germinación de semillas en placas con agar, germinación de semillas en placas sobre papel de filtro, germinación de semillas en macetas y germinación de semillas en campo.

3. Manejo del cultivo

Las dos parcelas experimentales delimitadas para realizar el estudio presentan una superficie de 20 m². A su vez, cada parcela completa se dividió en dos subparcelas. La subparcela I se sembró con la variedad de *Ch. quinoa W.* Perlada Blanca y la subparcela II con la variedad *Ch. quinoa W.* Perlada Tricolor. Se utilizó el sistema de siembra en surco. Antes de realizar la siembra se realizaron seis surcos en cada subparcela, con una profundidad de 4 cm y con distanciamientos de 30 cm entre cada surco. La siembra se realizó de forma manual, sembrando 14 puntos de siembra por cada uno de los seis surcos, con distanciamientos de 35 cm entre cada punto de siembra. Se sembraron 3 semillas en cada uno de los puntos de siembra. La profundidad de siembra osciló entre 1 y 2 cm. Con el objetivo de minimizar el efecto borde al cual se ve sometida la parcela de experimentación se distanció 20 cm el primero de los surcos de la periferia de la parcela.

La época de siembra se puede adelantar o retrasar atendiendo a factores, tales como, la disponibilidad de agua, la variedad de *Ch. quinoa W.* que se desea cultivar, la altitud, etc. En el presente estudio se eligió el día 11 de abril del 2014 para sembrar la parcela I y el día 14 de abril del 2014 para sembrar la parcela II.

En el presente estudio se manejaron densidades de siembra bajas para ambas parcelas, debido al escaso material vegetal de *Ch. quinoa W.* a nuestra disposición. La densidad de siembra empleada fue de 0,6244 kg/ha en las dos subparcelas sembradas con la variedad de *Ch. quinoa W.* Perlada Tricolor y de 1,0629 kg/ha en las dos subparcelas sembradas con la variedad de *Ch. quinoa W.* Perlada Blanca. Todas las subparcelas se sembraron con 258 granos, pero el promedio del peso de las semillas de la variedad de *Ch. quinoa W.* Perlada Tricolor es menor, por esta razón la densidad de siembra en las subparcelas sembradas con dicha variedad es menor.

Para que la planta logre un buen desarrollo y produzca más, se realizaron una serie de labores de mantenimiento. Se deshirió una vez durante su ciclo vegetativo, el momento elegido fue a los 30 días después de la emergencia de las plántulas. Esta labor consistió en eliminar las malezas manualmente y con la ayuda de una azada. Otra de las labores realizadas consistió en acumular tierra al pie de cada una de las plantas para evitar el acame o tumbado, especialmente en la parcela I donde las plantas han tenido que soportar fuertes embates de vientos. Por otro lado, se realizó un total de 24 riegos en la parcela I, aportando 2L de agua en cada uno de los riegos. Sin embargo, en la parcela II se realizó un total de 17 riegos, siete menos que en la parcela I, pero el aporte de agua en cada uno de los riegos fue de 5L, más del doble que para la parcela I. La mayor parte de los riegos se realizaron al atardecer para evitar pérdidas por evapotranspiración. Es de destacar que en ningún momento se abonó o fertilizó en las parcelas experimentales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio agronómico del cultivo de las variedades de *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor y *Ch. quinoa* W. Perlada Blanca, en la provincia de Ávila.

1. Análisis de los descriptores de caracterización cualitativos observados y descritos:

En la **parcela I** emergieron ocho plántulas de la variedad Perlada Tricolor. De las cuales seis alcanzaron la madurez fisiológica. Los datos que se exponen en este apartado han sido observados y descritos a partir de estas seis plantas.

Los descriptores de caracterización cualitativos de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor en la parcela I son los siguientes: Densidad de siembra: Escasa (3); Tipo de crecimiento: Arbustivo (2); Porte de la planta: Erecto (1); Hábito de crecimiento: Simple (1); Forma del tallo principal: Sin ángulo (0); Presencia de axilas pigmentadas: Presentes (1); Color de las axilas pigmentadas: Verde (10); Presencia de estrías: Presentes (+); Color de las estrías: Rosado (5) o Púrpura (3); Color del tallo principal: Verde(10) o Púrpura (2); Presencia de ramificación: Ausente (0); Posición de las ramas primarias: Salen oblicuamente del tallo principal (1); Forma de la hoja: Triangular (2); Borde de las hojas: Dentado (2); Número de dientes en la hoja: De 3 a 12 dientes (5); Color del pecíolo: Verde (1); Color de la lámina foliar: Verde (1); Color de gránulos en las hojas: Blanco (1); Presencia de androesterilidad: Ausente (0); Color de la panoja en la floración: Verde (10); Color de la panoja en la madurez fisiológica: Amarillo (5), Gris (8) o Verde (10); Intensidad del color de la panoja en la floración: Medio (2); Intensidad del color de la panoja en la madurez fisiológica: Claro (1); Tipo de panoja: Diferencial y terminada (1); Forma de la panoja: Glomerulada (1); Densidad de la panoja: Compacta (3); Grado de dehiscencia: Regular (2); Aspecto del perigonio: Cerrado (2); Color del perigonio: Amarillo (5); Apariencia del episperma: Vítreo (1); Color del episperma: Blanco (1), Marrón (7) o Negro (9); Forma del grano: Cilíndrico (2); Existencia de pigmentación en los cotiledones: Pigmentado (+); Intensidad del color: Medio (2); Existencia de pigmentación en el hipocótilo: Pigmentado (+); Intensidad de la pigmentación del hipocótilo: Claro (1).

En la parcela I emergieron tan solo dos plántulas de la variedad Perlada Blanca. Una de las plántulas alcanzó la fase fenológica de dos hojas verdaderas, pero dejó de ser viable entre el 22-34 día después de siembra, en adelante: dps. Sin embargo la otra planta alcanzó la madurez fisiológica. Los datos que se exponen en este apartado han sido observados y descritos a partir de la planta que alcanzó la madurez fisiológica.

Los descriptores de caracterización cualitativos de la variedad *Ch. quinoa W.* Perlada Blanca en la parcela I son los siguientes: Densidad de siembra: Escasa (3); Tipo de crecimiento: Arbustivo (2); Porte de la planta: Erecto (1); Hábito de crecimiento: Simple (1); Forma del tallo principal: Sin ángulo (0); Presencia de axilas pigmentadas: Presentes (1); Color de las axilas pigmentadas: Púrpura (2); Presencia de estrías: Presentes (+); Color de las estrías: Púrpura (3); Color del tallo principal: Púrpura (2); Presencia de ramificación: Ausente (0); Posición de las ramas primarias: Salen oblicuamente del tallo principal (1); Forma de la hoja: Triangular (2); Borde de las hojas: Dentado(2); Número de dientes en la hoja: Pocos dientes (3); Color del peciolo: Verde (1); Color de la lámina foliar: Verde (1); Color de gránulos en las hojas: Blanco (1); Presencia de androesterilidad: Ausente (0); Color de la panoja en la floración: Verde (10); Color de la panoja en la madurez fisiológica: Verde (10); Intensidad del color de la panoja en la floración: Medio (2); Intensidad del color de la panoja en la madurez fisiológica: Claro (1); Tipo de panoja: Diferencial y terminada (1); Forma de la panoja: Glomerulada (1); Densidad de la panoja: Intermedia (2); Grado de dehiscencia: Regular (2); Aspecto del perigonio: Cerrada (2); Color del perigonio: Amarillo (5); Apariencia del episperma: Vítreo (1); Color del episperma: Blanco (1); Forma del grano: Elipsoidal (3); Existencia de pigmentación en los cotiledones: Pigmentado (+);Intensidad del color: Medio (2); Existencia de pigmentación en el hipocótilo: Pigmentado (+);Intensidad de la pigmentación del hipocótilo: Claro (1).

En la **parcela II** emergieron ocho plántulas de la variedad Perlada Tricolor. De las cuales siete alcanzaron la fase fenológica de grano pastoso. Los datos que se exponen en este apartado han sido observados y descritos a partir de estas siete plantas.

Los descriptores de caracterización cualitativos de la variedad *Ch. quinoa W.* Perlada Tricolor en la parcela II son los siguientes: Densidad de siembra: Escasa (3); Tipo de crecimiento: Arbustivo (2); Porte de la planta: Erecto (1); Hábito de crecimiento: Ramificado con panoja principal no definida (4); Forma del tallo principal: Anguloso (+); Presencia de axilas pigmentadas: Presentes (1); Color de las axilas pigmentadas: Púrpura (2); Presencia de estrías: Presentes (+); Color de las estrías: Púrpuras (3); Color del tallo principal: Verde(10) o Púrpura (2); Presencia de ramificación: Presentes (+);Posición de las ramas primarias: Salen de la base con una cierta curvatura (2); Forma de la hoja: Triangular (2); Borde de las hojas: Dentado (2); Número de dientes en la hoja: De 3 a 12 dientes (5); Color del peciolo: Verde (1); Color de la lámina foliar: Verde (1); Color de gránulos en las hojas: Blanco (1); Presencia de androesterilidad: Ausente (0); Color de la panoja en la floración: Verde (10); Intensidad del color de la panoja en la floración: Medio (2); Tipo de panoja: No diferenciada (2); Forma de la panoja: Glomerulada (1); Densidad de la panoja: Intermedia (2); Grado de dehiscencia: Regular (2); Aspecto del perigonio: Cerrada (2); Color del perigonio: Amarillo (5); Apariencia del episperma: Vítreo (1); Color del episperma: Blanco (1), Marrón (7) o Negro (9); Forma del grano: Cilíndrico (2); Existencia de pigmentación en los cotiledones: Pigmentado (+);Intensidad del color: Medio (2); Existencia de pigmentación en el hipocótilo: Pigmentado (+);Intensidad de la pigmentación del hipocótilo: Claro (1).

En lo relativo a la comparativa de los descriptores cualitativos obtenidos para la variedad Perlada Tricolor entre la parcela I y la parcela II, en general se han obtenido caracteres cualitativos muy similares. Este hecho muestra que la expresión de los caracteres analizados es independiente del medio ambiente, y correspondería a caracteres con alta heredabilidad (Lucini, 2012). Sin embargo, hay tres caracteres

descritos que contrastan entre las dos parcelas. Uno de ellos es la forma del tallo principal, en la parcela II es anguloso, pero en la parcela I no tiene ángulo. La segunda característica que difiere entre parcelas es el tipo de panoja, en la parcela I es diferencial y terminada, mientras que en la parcela dos no está diferenciada. Finalmente cabe destacar el hábito de crecimiento, en la parcela I es simple y en la parcela II es ramificado con panoja principal no definida.

En la parcela II emergieron tan solo dos plántulas de la variedad Perlada Blanca. Una de las plántulas alcanzó la fase fenológica de dos hojas verdaderas, pero dejó de ser viable entre el 25-36 dps. La otra plántula alcanzó la fase fenológica de seis hojas verdaderas, pero dejó de ser viable entre el 36-42 dps. Perecieron las dos plantas, por esta razón no se ha podido observar y describir los descriptores de caracterización cualitativos de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Blanca en la parcela II, ni contrastar los resultados obtenidos para la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Blanca de la parcela I con los de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Blanca de la parcela II.

2. Análisis de los descriptores de caracterización cuantitativos observados y descritos:

Los descriptores de caracterización cuantitativos de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor en la **parcela I** son los siguientes: Altura de la planta: 88,33 cm; Diámetro del tallo principal: 0,86 cm; Porcentaje de plantas acamadas: 0%; Número de ramas primarias: 12; Longitud del peciolo: 3,64 cm; Longitud máxima del limbo: 3,61 cm; Anchura máxima de las hojas: 5,22 cm; Longitud de la panoja: 44,33 cm; Diámetro de la panoja: 25,33 cm; Longitud de los glomérulos: 0,93 cm; Diámetro del grano: 2,04 mm; Espesor del grano: 1,05 mm; Peso de 100 granos: 0,23 g; Longitud de los cotiledones: 0,44 cm; Longitud del hipocótilo: 2,21 cm.

Los descriptores de caracterización cuantitativos de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Blanca en la parcela I son los siguientes: Altura de la planta: 95 cm; Diámetro del tallo principal: 0,9 cm; Porcentaje de plantas acamadas: 0%; Número de ramas primarias: 12; Longitud del peciolo: 3,26 cm; Longitud máxima del limbo: 5,10 cm; Anchura máxima de las hojas: 5,30 cm; Longitud de la panoja: 44 cm; Diámetro de la panoja: 20 cm; Longitud de los glomérulos: 0,8 cm; Diámetro del grano: 2,52 mm; Espesor del grano: 1,40 mm; Peso de 100 granos: 0,41g; Longitud de los cotiledones: 0,68 cm; Longitud del hipocótilo: 2,91 cm.

Los descriptores de caracterización cuantitativos de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor en la **parcela II** son los siguientes: Altura de la planta: 117,14 cm; Diámetro del tallo principal: 2,42 cm; Porcentaje de plantas acamadas: 0%; Número de ramas primarias: 27,71; Longitud del peciolo: 4,36 cm; Longitud máxima del limbo: 5,34 cm; Anchura máxima de las hojas: 4,64 cm; Longitud de la panoja: 36,82 cm; Diámetro de la panoja: 15,57 cm; Longitud de los glomérulos: 1,04 cm; Diámetro del grano: 2,04 mm; Espesor del grano: 1,05 mm; Peso de 100 granos: 0,23 g; Longitud de los cotiledones: 0,44 cm; Longitud del hipocótilo: 2,21 cm.

No se ha podido observar y describir los descriptores de caracterización cuantitativos de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Blanca en la parcela II, las razones son las expuestas en el apartado de los descriptores de caracterización cualitativos de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Blanca en la parcela II.

En cuanto a las diferencias observadas para la variedad Perlada Tricolor entre la parcela I y la parcela II, en general se han obtenido medias para los distintos descriptores cuantitativos más altas en la parcela II, especialmente en los descriptores generales, del tallo y de ramificación relacionados con el porte de la planta. Este hecho muestra que la expresión de los caracteres analizados no es independiente del medio ambiente, y correspondería a caracteres con baja heredabilidad (Lucini, 2012). Es de destacar que en la parcela I las plantas no alcanzaron alturas superiores a los 100 cm, la media obtenida fue de 88,33 cm, sin embargo en la parcela II alcanzaron alturas superiores a 120 cm, la media obtenida fue de 117,14. Algo similar ocurre con el diámetro medio del tallo principal, en la parcela I tan solo es de 0,86 cm, mientras que en la parcela II es de 2,42 cm.

No obstante, en la parcela I se ha observado que las dimensiones de la inflorescencia son más elevadas. En la parcela I se ha obtenido una longitud media de la panoja de 44,33 cm y un diámetro medio de la panoja de 25,33 cm, mientras que en la parcela II ha sido menor, una longitud media de la panoja de 36,82 cm y un diámetro medio de la panoja de 15,57 cm. Esto se debe al desfase en las fases fenológicas experimentado en la parcela II. La fase fenológica de panojamiento (formación de la panoja) comenzó 10 días después en la parcela II y se alargó excesivamente.

3. Análisis de las fases fenológicas:

Las fases fenológicas nos permiten identificar los cambios externos visibles que ocurren en la planta a lo largo de su proceso de desarrollo. Dichos cambios son el resultado de las condiciones ambientales, cuyo seguimiento nos permitirá tener una idea y programar futuras labores culturales, control de plagas, identificación de épocas críticas, rendimiento del cultivo, etc. (SESAN, 2013).

En la **parcela I** se observó que las plántulas emergieron del suelo y extendieron las hojas cotiledonales al 7-10 día de la siembra (emergencia). La aparición de las dos primeras hojas verdaderas, que poseen forma lanceolada, ocurrió al 14-22 dps (2 hojas verdaderas). A los 20-30 dps se observó dos pares de hojas extendidas (4 hojas verdaderas) y a los 30-37 días se observó tres pares de hojas extendidas (6 hojas verdaderas). Las hojas cotiledonales tornaron a color amarillo y posteriormente se cayeron. A los 37-48 dps se observó varias hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares (ramificación). Aproximadamente a los 55-78 dps la inflorescencia comenzó a emerger del ápice de la planta protegida por las hojas (inicio panojamiento). Finalmente se observó que al 65-80 dps la inflorescencia sobresale con claridad por encima de las hojas, haciéndose visibles los glomérulos que la conforman (panojamiento).

Una vez formada la panoja se observó que entre el día 70-80 las flores se abrieron mostrando los estambres separados (inicio de floración). A los 80-88 dps se observó que el 50% de las flores de las panojas se encontraban abiertas (floración). Entre el día 90-120 los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja sueltan un líquido lechoso al ser presionados (grano lechoso). Antes de alcanzar la madurez fisiológica, al 120-165 dps, al presionar los granos, estos presentan una consistencia pastosa de color blanco (grano pastoso). Finalmente se observó que alcanzan la madurez fisiológica el día 155-192 (madurez fisiológica) (tabla 1).

El seguimiento de las fases fenológicas en la parcela I se realizó entre el 11/04/2014 día en el cual se sembraron las semillas y el 20/10/2014 día en el cual se realizó la última observación, descripción medición y registro de datos (192 dps) (Figura 4).

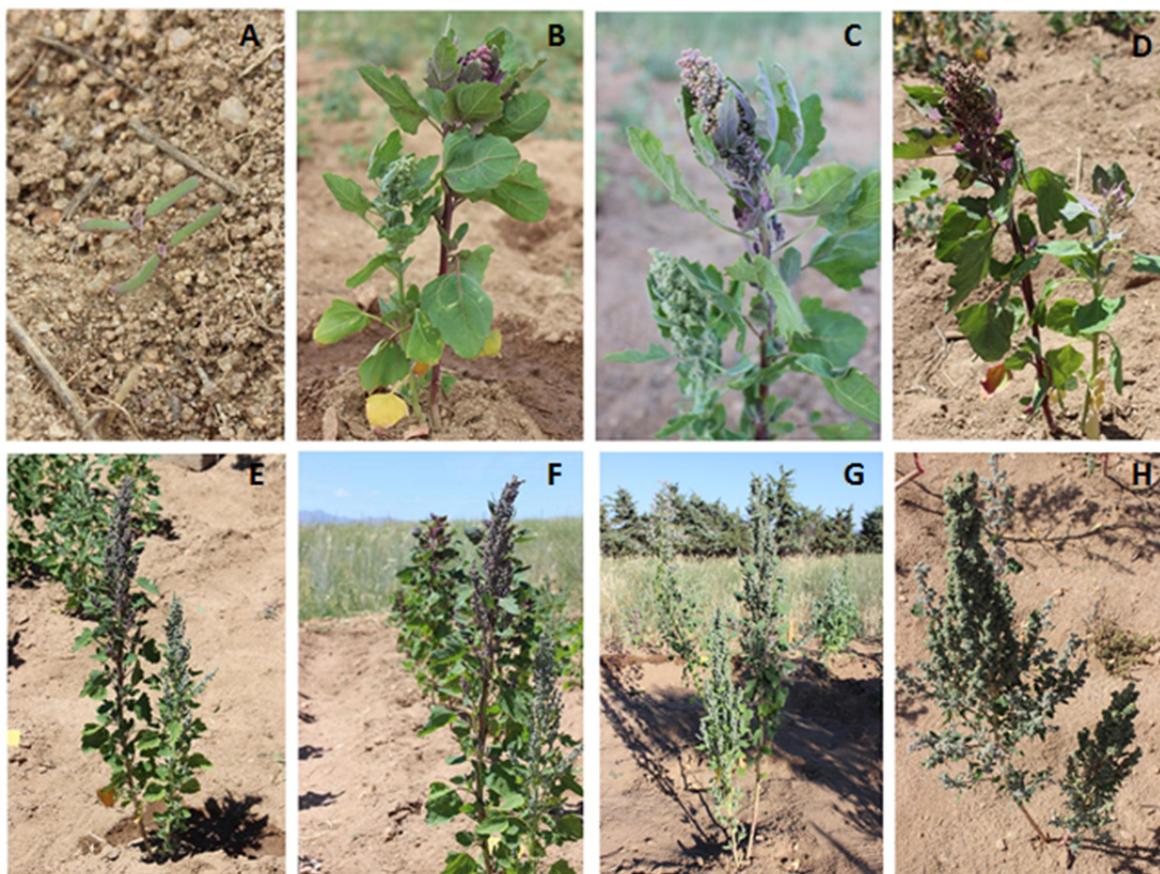


Figura 4: Fotografías del desarrollo de dos plantas perteneciente a la variedad de *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor en la parcela I (La Colilla). A) 12 dps; B) 59 dps; C) Día 67 dps; D) Día 70 dps; E) Día 87 dps; F) Día 98 dps; G) Día 107 dps; H) Día 151 dps.

En la **parcela II** las principales fases fenológicas de *Ch. quinoa* W. ocurrieron en los siguientes días (tabla 1): la emergencia a los 10-14 dps; la aparición de dos hojas verdaderas a los 14-25 dps; la aparición de cuatro hojas verdaderas a los 28-32 dps; la aparición de seis hojas verdaderas a los 37-46 dps; la ramificación aproximadamente a los 46-58 dps; el inicio del panojamiento aproximadamente a los 58-88 dps; el panojamiento a los 75-102 dps; el inicio de la floración a los 95-100 dps; la floración a los 100-125 dps; la fase fenológica de grano lechoso a los 125-150 dps; la fase fenológica de grano pastoso a los 147-190 dps; la madurez fisiológica a los 182-190 dps.

El seguimiento de las fases fenológicas en la parcela II se realizó entre el 14/04/2014 día en el cual se sembraron las semillas y el 20/10/2014 día en el cual se realizó la última observación, descripción medición y registro de datos (190 dps).

Tabla 1: Duración de las fases fenológicas en Sudamérica (Mujica *et al.*, 1998), en la parcela I (La Colilla) y en la parcela II (El Oso).

	Sudamérica (dps)	Parcela I (dps)	Parcela II (dps)
Emergencia	7-10	7-10	10-14
2 hojas verdaderas	15-20	14-22	14-25
4 hojas verdaderas	25-30	20-30	28-32
6 hojas verdaderas	35-45	30-37	37-46
Ramificación	45-50	37-48	46-58
Inicio panojamiento	55-60	55-78	58-88
Panojamiento	65-70	65-80	75-102
Inicio floración	75-80	70-80	75-100
Floración	90-100	80-88	100-125
Grano lechoso	100-130	90-120	125-150
Grano pastoso	130-160	120-165	147-190
Madurez fisiológica	160-180	155-192	182-190

¿Coincide la duración de las fases fenológicas observadas en las dos parcelas experimentales con la duración de las fases fenológicas descritas en Sudamérica?

Según Mujica *et al* (1998), en Sudamérica las principales fases fenológicas de *Ch. quinoa* W. ocurren: la emergencia a los 7-10 dps; la aparición de dos hojas verdaderas a los 15-20 dps; la aparición de cuatro hojas verdaderas a los 25-30 dps; la aparición de seis hojas verdaderas a los 35-45 dps; la ramificación aproximadamente a los 45-50 dps; el inicio del panojamiento aproximadamente a los 55-60 dps; el panojamiento a los 65-70 dps; el inicio de la floración a los 75-80 dps; la floración a los 90-100 dps; la fase fenológica de grano lechoso a los 100-130 dps; la fase fenológica de grano pastoso a los 130-160 dps; la madurez fisiológica a los 160-180 dps.

La fenología de las plantas de las variedades *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor y *Ch. quinoa* W. Perlada Blanca para la **parcela I** es muy similar a la expuesta por Mujica *et al* (1998) para Sudamérica, especialmente en las primeras fases fenológicas, similitud que se puede observar en la tabla 1. Ambas coinciden en el desarrollo de las primeras fases fenológicas, por ejemplo, en la emergencia de las plántulas a los 7-10 dps. Pero a partir de la fase fenológica de panojamiento (a los 65 dps), el resto de fases fenológicas en la parcela I se acortan, acortando la duración total de su fenología. La floración comienza diez días antes (a los 80 dps) y alcanzan la madurez fisiológica cinco días antes (155- 192 dps).

Sin embargo, la fenología de las plantas de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor observadas en la **parcela II** difiere bastante de la expuesta por Mujica *et al* (1998) para Sudamérica, como se puede observar en la tabla 1. En la parcela II el desfase de todas las etapas de desarrollo es grande, especialmente en las últimas fases fenológicas. Por ejemplo, el periodo de panojamiento (75-102 dps) y floración (100-125 dps) se alargó excesivamente, alargando por lo tanto la duración total de su ciclo vital. Las plantas de la parcela II alcanzaron la madurez fisiológica veintisiete días después que en la parcela I.

La fecha de siembra es diferente entre ambas parcelas (11 de abril para la parcela I y el 14 de abril para la parcela II), pero estos tres días no es diferencia significativa, por

lo tanto son los factores edafoclimáticos del piso agroecológico donde *Ch. quinoa W.* tienen que adaptarse, en el presente estudio los factores edafoclimáticos correspondientes a las parcelas experimentales, los que han influido en el desarrollo del cultivo y en la duración del ciclo vital de las plantas.

El ciclo vital observado en las plantas de las parcela I abarca un periodo aproximado de seis meses y medio (periodo de tiempo contabilizado desde emergencia de las plántulas hasta que estas alcanzan la madurez fisiológica), concretamente las plantas más adelantadas alcanzaron la madurez fisiológica a los 157 dps. Sin embargo el ciclo vital de las plantas de la parcela II abarca un periodo aproximado de siete meses, concretamente las plantas más adelantadas alcanzaron la madurez fisiológica a los 182 dps. El ciclo agrícola del cultivo prácticamente coincide con el ciclo vital de las plantas. El ciclo agrícola observado para la parcela I abarca un periodo aproximado de seis meses y medio a siete meses y medio (hasta que más del 90% de los granos de la panoja han alcanzado la madurez). El ciclo agrícola observado para la parcela II abarca un periodo aproximado de siete meses a ocho meses.

El 157 dps se recolectó una partida de semillas (primera generación de semillas) en la parcela I pertenecientes a la variedad de *Ch. quinoa W.* Perlada Tricolor. Con este material vegetal se realizó un ensayo de germinación en placas sobre papel de filtro, el porcentaje de germinación obtenido en dicho ensayo es del 57%. Si comparamos estos resultados con los obtenidos en cualquiera de los cuatro ensayos de germinación realizados para el material vegetal de partida (porcentaje de germinación del 33,85 % en el ensayo de germinación en placas sobre papel de filtro), podemos observar como el resultado obtenido en el ensayo de germinación en placas sobre papel de filtro para la primera generación de semillas es bastante más elevado.

Durante el periodo de seguimiento de las fases fenológicas se observó, describió, midió y registró cuatro caracteres: altura de la planta, amplitud máxima de la planta, longitud de la panoja (figura 9) y número de hojas. A partir de los datos registrados durante el periodo de seguimiento se realizó una gráfica para cada uno de los caracteres. Estos caracteres representan bien los cambios externos visibles que ocurren en la planta a lo largo de su proceso de desarrollo a través de las 12 fases fenológicas de la planta.

En las figuras siguientes (Figura 5; Figura 6; Figura 7; Figura 8) se expone gráficamente el proceso de desarrollo de los cuatro caracteres señalados anteriormente a través de las 12 fases fenológicas de la planta. El eje vertical nos proporciona información acerca del carácter cuantitativo seleccionado y el eje horizontal nos proporciona información acerca de los días después de siembra transcurridos en el momento del seguimiento en las parcelas experimentales.

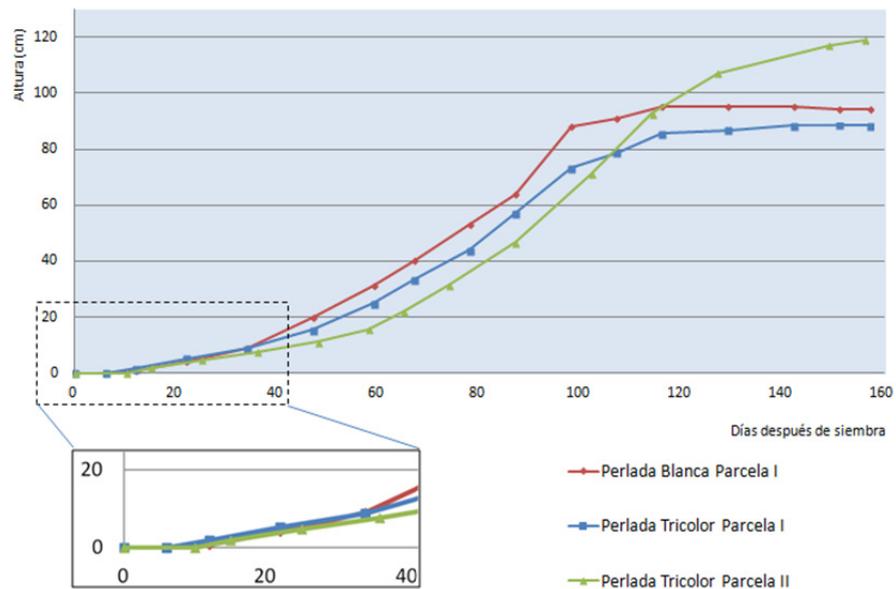


Figura 5: Evolución de la altura de las plantas pertenecientes a la variedad *Ch. quinoa* W., Perlada Tricolor y Perlada Blanca en la parcela I (La Colilla) y de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor en la parcela II (El Oso).

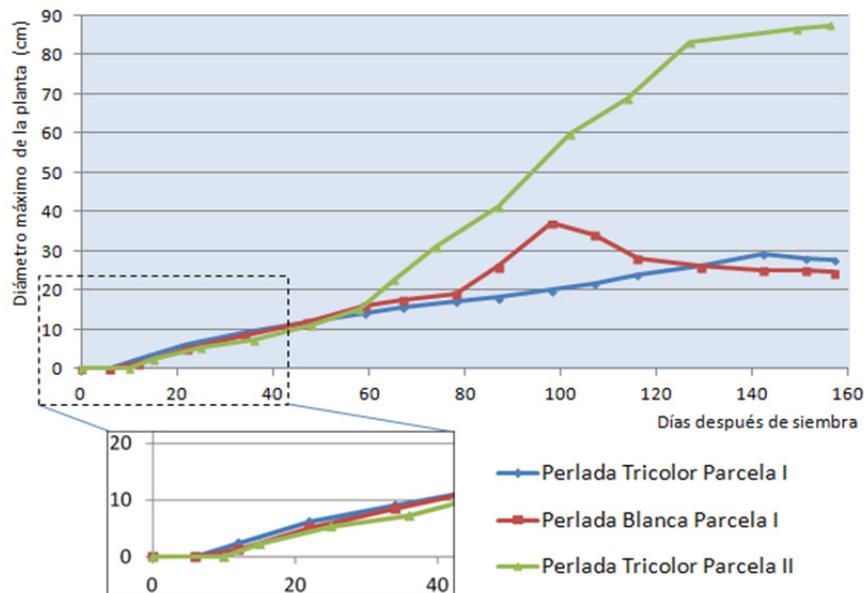


Figura 6: Evolución del diámetro máximo de las plantas pertenecientes a la variedad *Ch. quinoa* W., Perlada Tricolor y Perlada Blanca en la parcela I (La Colilla) y de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor en la parcela II (El Oso).

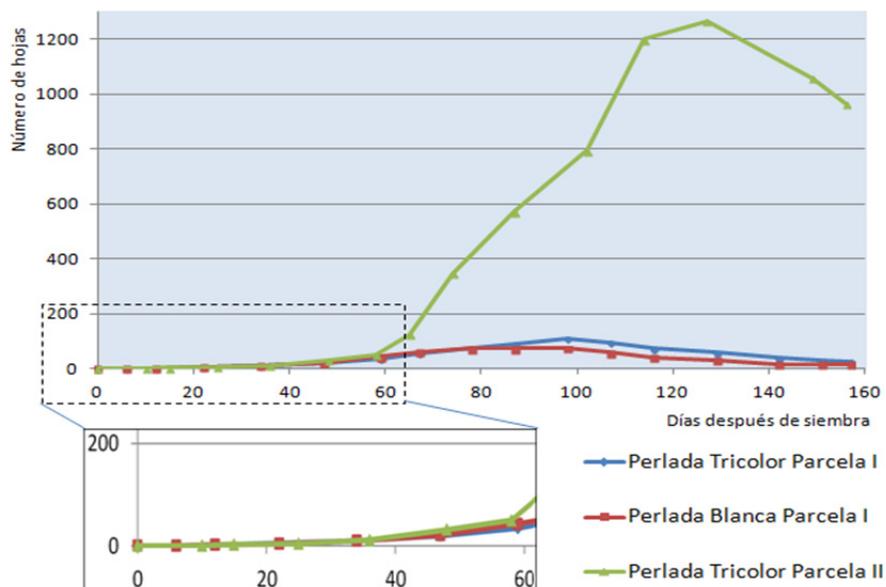


Figura 7: Evolución del número de hojas de las plantas pertenecientes a la variedad *Ch. quinoa* W., Perlada Tricolor y Perlada Blanca en la parcela I (La Colilla) y de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor en la parcela II (El Oso).

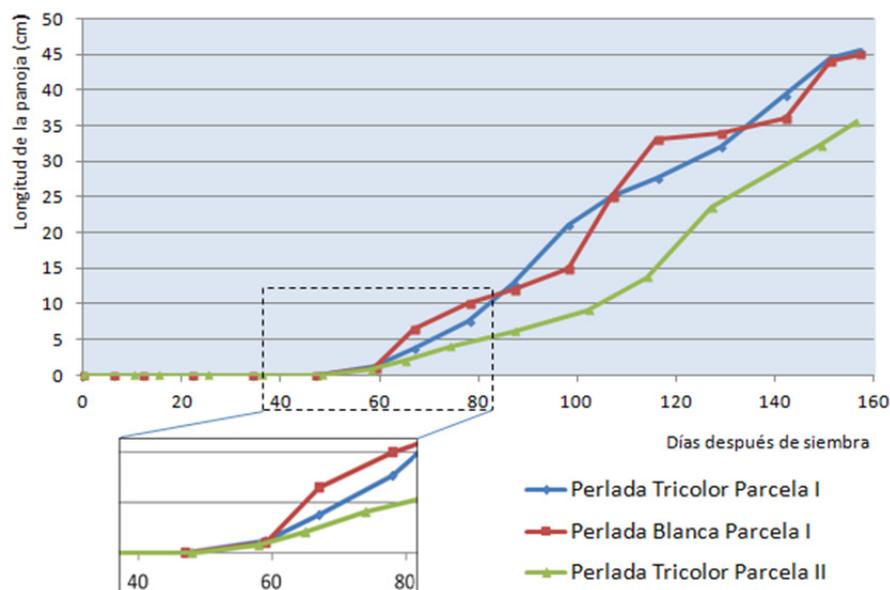


Figura 8: Evolución de la longitud de la panoja de las plantas pertenecientes a la variedad *Ch. quinoa* W., Perlada Tricolor y Perlada Blanca en la parcela I (La Colilla) y de la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor en la parcela II (El Oso).

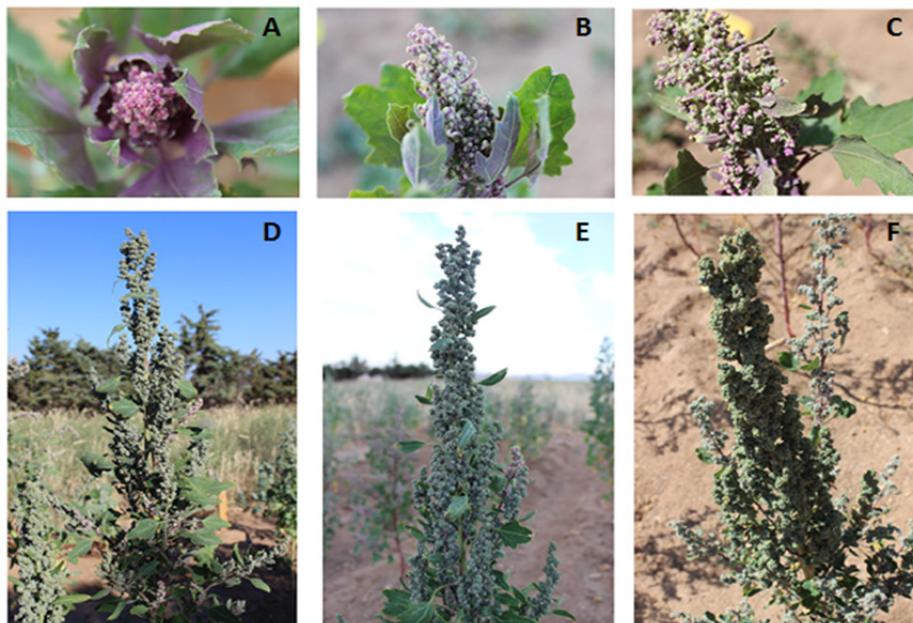


Figura 9: Fotografías de la evolución de la panoja durante el periodo de estudio de una planta perteneciente a la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor en la parcela I (La Colilla). A) 59 dps; B) 67 dps; C) 70 dps; D) 107 dps; E) 115 dps; F) 151 dps.

4. Ensayos de germinación

En general los porcentajes obtenidos en los ensayos de germinación fueron bajos, especialmente los obtenidos en el ensayo de germinación en campo, donde solo germinaron el 3,10 % de las semillas sembradas para la variedad perlada tricolor y el 0,77% de las semillas sembradas para la variedad perlada blanca (datos observados y registrados 25 dps). Los porcentajes de germinación más elevados se obtuvieron en el ensayo de germinación en placas con agar, en el cual germinaron el 41,56% de las semillas sembradas en placa para la variedad perlada tricolor y el 33,23% de las semillas sembradas en placa para la variedad blanca tricolor (datos observados y registrados 1 semana dps).

En cuanto al ensayo de germinación en placas sobre papel de filtro, como se puede observar en la tabla 2, cabe destacar que germinaron el 33,85% de las semillas sembradas en placa para la variedad perlada tricolor y tan solo un 12,67% de las semillas sembradas en placa para la variedad blanca tricolor (datos observados y registrados 1 semana dps). El contraste más grande de resultados se obtuvo en el ensayo de germinación en macetas, en el cual germinaron el 28,14 % de las semillas sembradas en placa para la variedad perlada tricolor y tan solo el 2,77 % de las semillas sembradas en placa para la variedad perlada blanca (datos observados y registrados 15 dps).

El poder germinativo del material vegetal de las dos variedades utilizadas en el estudio fue bajo. Las dos variedades presentaron porcentajes bajos de germinación en todos los ensayos realizados, especialmente la variedad de *Ch. quinoa* W. Perlada Blanca.

Si comparamos las dos variedades de *Ch. quinoa* W. utilizadas es de destacar que la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor presentó porcentajes de germinación más altos

en todos los ensayos realizados, por lo tanto, su poder germinativo fue mayor que el de la variedad *Ch. quinoa W.* Perlada Blanca.

Tabla 2: Porcentajes obtenidos en los ensayos de germinación para la variedad *Ch. quinoa W.*, Perlada Tricolor y Perlada Blanca.

Ensayo de germinación	Días después de la siembra	% Germinación Perlada Tricolor	% Germinación Perlada Blanca
Placas con agar	1 dps	36,69 ± 1,52	17,97 ± 1,34
	7 dps	41,56 ± 10,35	33,23 ± 1,13
Placas sobre papel de filtro	1 dps	31,01 ± 17,25	11,65 ± 7,70
	7 dps	33,85 ± 11,47	12,67 ± 0,25
Macetas	7 dps	25,92 ± 10,47	2,77 ± 3,92
	15 dps	28,14 ± 13,61	2,77 ± 3,92
Campo	15 dps	3,10 ± 0	0,77 ± 0
	25 dps	3,10 ± 0	0,77 ± 0

5. Requerimientos edafoclimáticos de *Ch. quinoa W.* en la provincia de Ávila

El suelo posee una serie de funciones fundamentales para las plantas como son la de absorber, retener y suministrar agua (Domingo *et al.*, 2006).

El **pH** se utiliza como un indicador de la concentración de los iones hidrógeno en el suelo. El valor del pH de un suelo refleja muchas condiciones de éste, tales como la disponibilidad de nutrientes. En general los pH de la parcela I son ácidos: ligeramente ácidos (6,1-6,5), medianamente ácidos (5,6-6,0) o fuertemente ácidos (5,1-5,5) (USDA Natural Resources Conservation Service, 1998), presentan una alta concentración de iones hidrógeno, su valor oscila entre 5,21 y 6,28, tal y como se pone de manifiesto en la tabla 3. Los pH de la parcela II son básicos: medianamente básicos (7,4-7,8) o moderadamente básicos (7,9-8,4) (USDA Natural Resources Conservation Service, 1998), presentan una baja concentración de iones hidrógeno, su valor oscila entre 7,74 y 7,97, como se pone de manifiesto en la tabla 4.

Ch. quinoa W. presenta un rango amplio de germinación, desarrollo y producción a diferentes pH del suelo. Se ha observado que es un cultivo viable y con buenos rendimientos en suelos ligeramente alcalinos o alcalinos hasta el extremo de pH 9 en salares de Bolivia o Perú (Mujica *et al.*, 2004). En suelos muy fuertemente ácidos también prospera (Tapia, 1997), hasta el extremo de pH 4,5, en la zona de Michiquillay en Cajamarca, Perú (Mujica *et al.*, 2004). Muñoz *et al.*, (2002) afirmó que el pH óptimo del suelo para el desarrollo del cultivo de *Ch. quinoa W.* tiene que ser de neutro a ligeramente alcalino. Con relación a lo expuesto por Muñoz *et al.* (2002), los suelos básicos de la parcela II son mejores para el desarrollo del cultivo de *Ch. quinoa W.* que los suelos de la parcela I. Sin embargo queda demostrado que el material vegetal utilizado en el presente estudio se desarrolla tanto en suelos medianamente básicos o moderadamente básicos, como en suelos ligeramente ácidos, medianamente ácidos y fuertemente ácidos, corroborando lo expuesto por Mujica *et al.* (2004).

La **conductividad** obtenida en los análisis depende de la concentración de sales presentes en las muestras de material edáfico recogidas en las parcelas experimentales. Al aumentar la concentración de sales, aumentará la conductividad. Este análisis sirve para evaluar la salinidad de un suelo, la cual actúa empeorando la capacidad de nutrición

de las plantas, disminuye la diferencia de presión osmótica entre el interior de la planta y el exterior dificultando el que las raíces asimilen agua y reduciendo su velocidad de crecimiento. En general la conductividad eléctrica en las dos parcelas experimentales es muy baja (<2 mS/cm) (Mañares *et al.*, 1998), lo que implica suelos no salinos. Los valores obtenidos para la parcela I oscilan entre 0,04 mS/cm y 0,12 mS/cm, tal y como se pone de manifiesto en la tabla 3. Los resultados obtenidos al analizar los datos de la parcela II han sido más elevados, pero al igual que en la parcela I la conductividad eléctrica es muy baja (<2 mS/cm), oscilan entre 0,30 mS/cm y 0,60 mS/cm, tal y como se pone de manifiesto en la tabla 4. Al ser suelos no salinos, la salinidad del suelo no empeorará la capacidad de nutrición de las plantas de *Ch. quinoa* W.

El **análisis de texturas** de los suelos es una forma común y rápida de clasificación e interpretación de las capacidades edáficas. La textura o granulometría del suelo nos informará de la proporción en que se encuentran las diferentes partículas minerales atendiendo a su tamaño. Conocer la textura de cada uno de los suelos de las parcelas es interesante para interpretar el comportamiento del suelo frente al laboreo, para conocer la relación agua-suelo, por su interés taxonómico, etc. Podemos obtener la clase textural interpretando el triángulo textural del USDA. Las muestras II, III y IV de suelo de la parcela I pertenecen a la clase textural Franco arenosa y la muestra I pertenece a la clase textural Franco arcillo arenosa (Triángulo textural según la clasificación del USDA). Respecto a la parcela II, las muestras I, II y III, pertenecen a la clase textural Arcillo arenosa y la muestra IV se encuentra en el límite entre la clase textural Arcillosa y Franco arcillosa (Triángulo textural según la clasificación del USDA). Estos resultados se pueden contrastar con lo expuesto por Muñoz y Acevedo, (2002), que afirmó que *Ch. quinoa* W. crece bien en suelos francos con un alto contenido de materia orgánica.

El interés del análisis del porcentaje de **materia orgánica** que contiene una determinada muestra de material edáfico reside en varios aspectos, tales como: obtener información indirecta de las propiedades físicas del suelo (retención de agua, estructuración o aireación del suelo), analizar aspectos relacionados con la nutrición de las plantas, conocer la relación C/N, etc. Los porcentajes de materia orgánica obtenidos en los análisis para la parcela I son muy bajos ($<0,9\%$) (USDA Natural Resources Conservation Service, 1998), oscilan entre 0,23 % y 0,68 %, lo que implica suelos con muy poca materia orgánica. Por otro lado, los resultados obtenidos en los análisis para la parcela II, oscilan entre 1,38 % y 2,03 %, en general son porcentajes bajos (1,0% - 1,9%), excepto la muestra IV que presenta porcentajes normales de materia orgánica (2,03%). Respecto a los datos obtenidos en los análisis de materia orgánica, podemos decir que los suelos de la parcela II son mejores para el desarrollo del cultivo de *Ch. quinoa* W. que los de la parcela I, porque los porcentajes de materia orgánica son más elevados.

Tabla 3: Resultados de pH, conductividad, % carbono orgánico, % materia orgánica, % arena, % limo y % arcilla obtenidos en el estudio edáfico para la parcela I (La Colilla).

	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV
pH	5,21 ± 0,11	6,28 ± 0,06	5,89 ± 0,05	6,26 ± 0,01
Conductividad	0,12 ± 0,01	0,11 ± 0,01	0,04 ± 0,00	0,04 ± 0,00
% Carbono Orgánico	0,39 ± 0,00	0,13 ± 0,01	0,27 ± 0,03	0,14 ± 0,11
% Materia orgánica	0,68 ± 0,01	0,23 ± 0,01	0,48 ± 0,05	0,25 ± 0,20
% Arena	60 ± 14,14	69 ± 7,93	75 ± 13,22	75 ± 0,00
% Limo	15 ± 7,07	13,66 ± 1,15	15,66 ± 9,07	9 ± 3,46
% Arcilla	25 ± 7,07	17,33 ± 6,80	9,33 ± 7,57	16 ± 3,46

Tabla 4: Resultados de pH, conductividad, % carbono orgánico, % materia orgánica, % arena, % limo y % arcilla obtenidos en el estudio edáfico para la parcela II (El Oso).

	Muestra I	Muestra II	Muestra III	Muestra IV
pH	7,74 ± 0,04	7,76 ± 0,07	7,81 ± 0,01	7,97 ± 0,11
Conductividad	0,30 ± 0,06	0,51 ± 0,03	0,55 ± 0,02	0,60 ± 0,00
% Carbono Orgánico	0,8 ± 0,10	0,78 ± 0,11	0,86 ± 0,07	1,16 ± 0,12
% Materia orgánica	1,40 ± 0,19	1,38 ± 0,20	1,50 ± 0,13	2,03 ± 0,21
% Arena	45 ± 1,00	47,33 ± 2,51	47,66 ± 8,73	41,33 ± 6,50
% Limo	13,66 ± 3,21	10,66 ± 4,04	10,66 ± 5,50	19,66 ± 5,03
% Arcilla	41,33 ± 2,30	42 ± 5,29	41,66 ± 3,51	39 ± 1,73

CONCLUSIONES

1. El poder germinativo del material vegetal utilizado (*Ch. quinoa* W. variedad Perlada Tricolor, *Ch. quinoa* W. variedad Perlada Blanca) en el estudio fue bajo, especialmente el de las semillas de la variedad Perlada Blanca.
2. Los caracteres cualitativos fueron muy similares para la variedad *Ch. quinoa* W. Perlada Tricolor en la parcela I (La Colilla) y en la parcela II (El Oso).
3. Los caracteres cuantitativos presentaron medias más altas en la parcela II, exceptuando los relativos a las dimensiones de la inflorescencia, que fueron mayores en la parcela I, lo que se traducirá probablemente en una producción de grano más elevada.
4. Las características edáficas de la parcela II fueron mejores para el desarrollo del cultivo de *Ch. quinoa* W. que las características edáficas de la parcela I.
5. La duración de las fases fenológicas guarda relación con las características edafoclimáticas del piso agroecológico donde *Ch. quinoa* W. tienen que adaptarse.
6. En la parcela I las plantas acortaron la duración de su ciclo vital. Sin embargo, en la parcela II las plantas alargaron excesivamente determinadas fases fenológicas, alcanzando la madurez fisiológica veintisiete días después que en la parcela I.
7. La fenología de las plantas observadas en la parcela I fue muy similar a la expuesta por los autores para Sudamérica. Sin embargo, la fenología de las plantas observadas en la parcela II difiere de la expuesta por los autores para Sudamérica.
8. El cultivo de *Ch. quinoa* W. es una buena alternativa a la agricultura tradicional en Ávila (Castilla y León), enclave estratégico donde las condiciones edafoclimáticas han favorecido a las características agronómicas del cultivo y han contribuido a su desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Al Grupo de Investigación de Producción Vegetal y Calidad Agroalimentaria de la Universidad Católica Santa Teresa de Jesús de Ávila.

Al programa “Prácticas ADE en Empresas” destinado a la formación práctica de titulados universitarios en materia de I+D+I e internacionalización.

BIBLIOGRAFÍA

- ADOLF, V., SHABALA, S., ANDERSEN, M., RAZZAGHI, F. y JACOBSEN, S. (2012). Varietal differences of quinoa's tolerance to saline conditions.
- AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA (AEMET) (Accesible el día 10 de Julio de 2014 en: www.aemet.es).
- AHAMED, T., SINGHAL, R., KULKAMI, P. y PAL, M. (1998). A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: review of the chemical composition of its edible parts. Food and Nutrition Bulletin, Vol. 19.
- ASTAÍZA, M., RUÍZ, L. y ELIZALDE, A. (2010). Elaboración de pastas alimenticias enriquecidas a partir de harina de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y zanahoria (*Daucus carota*).
- AYALA, G., ORTEGA, L. y MORÓN, C. (2004). Valor nutritivo y usos de la quinua. In: Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J. y Marathe, J.P. Quinoa: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro.
- BIOVERSITY INTERNATIONAL, FAO, PROINPA, SNIAP y FIDA. (2013). Descriptores para quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Bioversity International, Roma, Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.
- BOIS, J., WINKEL, J., LHOMME, J., AILLAC, R. y ROCHETEAU, A. (2006). Response of some Andean cultivars of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to temperature: Effects on germination, phenology, growth and freezing. Eur. J. Agron. 25:299–308.
- BURRIEZA, H., KOYRO, H., MARTÍNEZ, L., KOBAYASHI, K. y MALDONADO, S. (2012). High salinity induces dehydrin accumulation in *Chenopodium quinoa* Willd. cv. Hualhuas embryos.
- CALLA, J. (2012). Guía técnica. Manejo agronómico del cultivo de la quinua.
- COMAI, S., BERTAZZO, A., BAILONI, L., ZANCATO, M., COSTA, C., y ALLEGRI, G. (2007). The content of proteic and nonproteic (free and protein-bound) tryptophan in quinoa and cereal flours. Food Chem. 100:1350–1355.
- DE BRAECKELAER, P. (1997). The Quinoa Project. Agro-Industrial Research Information Dissemination. EU DG XII. Project AIR2-CT93-1426 (NF-2000, NF1/131).
- EISA, S., HUSSIN, S., GEISLER, N. y KOYRO, H. (2012). Effect of NaCl salinity on water relations, photosynthesis and chemical composition of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a potential cash crop halophyte.

- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2011). La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional para América Latina y el Caribe; elaborado por PROINPA. 58 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2012). Plan Maestro para la Celebración del Año Internacional de la Quinoa. Un futuro sembrado hace Miles de Años.
- GARCÍA, M., RAES, D. y JACOBSEN, S. (2003). Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. *Agric. Water Manage.* 60:119–134.
- GEERTS, S. *et al.* (2009). Simulating yield response of quinoa to water availability with aquacrop
- HERENCIA, L. (1998). Comportamiento y Actividad Biológica de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivada en Ambiente Mediterraneo. Tesis doctoral UPM. 450p.
- HERENCIA, L., ALÍA, M., GONZÁLEZ, J. y URBANO, P. (1999). Cultivo de la quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd.) en la región Centro. *Rural*, Año VI, No. 87, pp. 28–33.
- HERENCIA, L., GONZÁLEZ, F. y URBANO, P. (n.d.). La quinua. Un cultivo para la zona mediterránea.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA. (1991). Mapa hidrogeológico de España. Escala 1:200.000. Primera edición.
- JACOBSEN, S., MUJICA, A., y JENSEN, C. (2003). The Resistance of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to adverse abiotic factors. *Food Rev. Int.* 19:99–109.
- JACOBSEN, S., STOLEN, O. y MUJICA, A. (1997). Mejoramiento de la productividad de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) con énfasis en la resistencia a sequía, frío y sales. Libro de resúmenes, IX Congreso Internacional de Cultivos Andinos “Oscar Blanco Galdos”, 22-25/4 1997, Cusco, Perú, p.97.
- JUBETE, F., RODRÍGUEZ, A., RODRÍGUEZ, J. y GARCÍA, J. (2012). Plan de gestión del término municipal de El Oso (Ávila). Tomo I- Inventario y diagnosis. Este trabajo se enmarca en el proyecto “Plan integral de desarrollo sostenible en El Oso”, subvencionado por la Fundación Biodiversidad y el ayuntamiento de El Oso.
- LUCINI BAQUERO, C. (2012) “Genética y mejora vegetal.” Ed. Universidad Católica de Ávila, (reimpresión de la edición de 2010), ISBN 978-84-9040-107-1
- MAÑARES, A., SÁNCHEZ, J., DE HARO, S., SÁNCHEZ, S.T y DEL MORAL, F. (1998). Análisis de suelos, metodología e interpretación; Servicio de Publicaciones Universidad de Almería; Almería.

- MARTÍN, L. (2010). Flora y vegetación del término municipal de El Oso (Ávila). Proj. Fin Carrera. Univ. Católica de Ávila. Facultad de Ciencias y Artes.
- MUJICA, A., JACOBSEN, S., IZQUIERDO, J. y MARATHEE, J. (1998). Libro de Campo Prueba Americana y Europea de la Quinoa. Red de Cooperación Técnica en Producción de Cultivos Alimenticios de la Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Puno, Perú. pp 19-21
- MUJICA, A., ORTIZ, R., BONIFACION, A., SARAVIA, R., CORREDOR, G., ROMERO, A. y JACOBSEN, S. (2006a). Agroindustria de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en los países Andinos. UNDP, Concytec (Peru), UNA (Peru), PROINPA (Bolivia), UNC (Colombia), Puno, Peru.
- MUJICA, A., ORTIZ, R., BONIFACIO, A., SARAVIA, R., CORREDOR, G. y ROMERO, A. (2006b). Informe final de actividades del Proyecto Quinua: Cultivo multipropósito para los países andinos.
- MUJICA, A., ORTIZ, R., ROSSEL, R., CANAHUA, J., RUÍZ, A., y APAZA, V. (2004). Diversidad genética de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Pp 121-136.
- MUÑOZ, R. y ACEVEDO, E. (2002). Evaluación del rendimiento potencial y bajo estrés hídrico de 11 genotipos de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Laboratorio de Relación Suelo-Agua- Planta. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1989). Lost Crops of the Incas: little known plants of the Andes with promise for world-wide cultivation. Washington, DC: National Academy Press.
- OYOLA, Y. y CARVAJAL, N.(2012). Mujeres rurales organizadas en torno al cultivo de la quinua.
- PEARSALL, D. (1992). The origins of plant cultivation in south america. In, The origins of agriculture. An International Perspective (eds. C. Wesley Cowan & P. Jo Watson). Smithsonian Institution Press, Washington, London, pp. 173-205.
- PREGO, I., MALDONADO, S. y OTEGUI, M. (1998). Seed structure and localization of reserves in (*Chenopodium quinoa* Willd.). Annals of Botany 82: 481-488.
- REPO-CARRASCO, R., ESPINOZA, C. y JACOBSEN, S. (2003). Nutritional value and use of the andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and cañihua (*Chenopodium pallidicaule*). Food reviews international, Vol. 19, pp. 179–189.
- REPO-CARRASCO, R., PILCO, J. y RENE, C. (2011). Desarrollo y elaboración de un snack extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y maíz (*Zea mays* L.).

- REYES, E. (2006). Componente nutricional de diferentes variedades de quinua de la región andina.
- RISI, J. y GALWEY, N. (1989). *Chenopodium* grains of the Andes: a crop for temperate latitudes, p. 222-224. In: New crops for food and industry.
- RITAS, J.L. y MELIDA, J.L. (1990). El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio.
- RIVAS, J. (2013). Avances en el cultivo de quínoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el sur de Argentina.
- ROJAS, W. y PINTO, M. (n.d.). La diversidad genética de quinua de Bolivia.
- ROJAS, W., PINTO, M., BONIFACIO, A. y GANDARILLAS, A. (2010). Banco de germoplasma de granos andinos. In: Rojas, W., Pinto, M., Soto, J., Jagger, M. y Padulosi, S. (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersivity International, Roma, Italia. pp 24-38.
- ROMO, S., ROSERO, A., FORERO, L. y CERON, E. (2006). Potencial nutricional de harinas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) variedad piartal en los andes colombianos.
- SESAN (SECRETARÍA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL, GOBIERNO DE GUATEMALA). (2013). Investigación sobre el cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). Gobierno de Guatemala.
- SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO AGRARIO (SIGA) (Accesible el día 24 de 2014 en: www.sigpac.jcyl.es/visor/).
- SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL GEOGRÁFICO DE PARCELAS (SIGPAC) (Accesible el día 24 de Julio de 2014 en: sig.mapa.es/siga/).
- SORIANO, M. y PONS, V. (2001). Prácticas de edafología y climatología; Ediciones Universidad Politécnica de Valencia; Valencia.
- TAPIA, M. (1997). Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. pp 30-52, 188-204, 242-245.
- USDA NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICES. (1998). Soil quality indicators: pH; Nebraska (EE.UU).
- VACHER, J. (1998). Responses of two main Andean crops, quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and papa amarga (*Solanum juzepczukii* Buk.) to drought on the Bolivian Altiplano: Significance of local adaptation. Agric. Ecosyst. Environ. 68:99–108.
- VALENCIA-CHAMORRO, S. (2003). Quinoa. In: Caballero B.: Encyclopedia of Food Science and Nutrition. Vol. 8. Academic Press, Amsterdam: 4895–4902.

- VILCHE, C., GELY, M. y SANTALLA, E. (2003). Physical Properties of Quinoa Seeds. *Biosystems Engineering* ; 86 (1): 59–65.
- VILLACRÉS, E., PERALTE, E., EGA, L. y MAZÓN, N. (2011). Potencial agroindustrial de la quinua.