UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE
VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN

QUINUA

(Chenopodium quinoa)

"Cultivo del pasado presente y futuro"

Dr. Roberto Mañuico Mendoza



FONDO EDITORIAL
DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CAÑETE

FONDO EDITORIAL DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAÑETE

QUINUA (*Chenopodium quinoa*), "CULTIVO DEL PASADO, PRESENTE Y FUTURO"

Dr. Roberto Mañuico Mendoza

QUINUA (*Chenopodium quinoa*), "CULTIVO DEL PASADO, PRESENTE Y FUTURO"

Primera Edición - Octubre 2024
Publicado: Octubre 2024
Tiraje: 1000 ejemplares

Dr. Roberto Mañuico Mendoza

Jurado Evaluador de Concurso de Publicación para docentes de la Universidad Nacional de Cañete 2024
Dr., Edwin Julio Palomino Cadenas.
Dr., Haiber Policarpo Echevarría Rodríguez.
Dra., Judith Enit Roldán Rodríguez.

Fondo Editorial de la Universidad Nacional de Cañete
Jr. San Agustín nro. 124, San Vicente de Cañete - Lima - Perú.

Diseño de portada por:
Br. Diana Cristina Tello Huapaya
Ing. Ethell Tatiana Rivera Gutierrez

Se terminó de imprimir en Octubre del 2024 en:
Editores Maraucano S.A.C.
RUC: 20518283210
Av. Tingo Maria 635 - Breña - Lima
Telf.: (51-1) 505 3493

Hecho el depósito legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2024-11561
ISBN: 978-612-49822-3-1

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede ser reproducida o transmitida por ningún medio sin permiso del autor.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento al Fondo Editorial de la Universidad Nacional de Cañete por hacer posible la publicación de este libro, Quinua (*Chenopodium quinoa*): Cultivo del Pasado, Presente. Su apoyo invaluable ha sido fundamental para que esta obra vea la luz, permitiéndonos compartir conocimientos que promueven la investigación y la sostenibilidad en el cultivo de la quinua.

Aprecio profundamente la confianza depositada en este proyecto y el compromiso con la difusión del saber, que no solo enriquece a la comunidad académica, sino que también contribuye al desarrollo de nuestra región y país. Este libro es un reflejo del esfuerzo conjunto y la dedicación hacia la mejora del sector agrícola y la seguridad alimentaria.

Gracias por su constante respaldo a iniciativas que, como esta, buscan un impacto positivo en la sociedad.

DEDICATORIA

Dedico este libro a los agricultores andinos, guardianes de la quinua, quienes con su sabiduría ancestral ha cultivado y preservado este grano milenario a lo largo de los siglos. Su esfuerzo inquebrantable y su conexión con la tierra han permitido que la quinua, el "grano madre", resurja como una solución global para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad.

A todos los investigadores, académicos y estudiantes que trabajan incansablemente para continuar ampliando el conocimiento sobre este cultivo tan valioso, les agradecemos su dedicación en la búsqueda de un futuro más sostenible y saludable.

Finalmente, a las generaciones futuras, que encontrarán en la quinua no solo un alimento nutritivo, sino también un legado de resiliencia y esperanza.

Roberto Mañuico Mendoza

PRÓLOGO

La quinua, conocida en la antigüedad como el "grano madre" de los Andes, ha resurgido como uno de los cultivos más emblemáticos del siglo XXI, tanto por su alto valor nutricional como por su adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y su impacto socioeconómico en las comunidades rurales. Este libro, "Quinua (*Chenopodium quinoa*): Cultivo del Pasado, Presente y Futuro" se presenta como una obra exhaustiva que recopila siglos de sabiduría tradicional andina, complementada con las más recientes investigaciones científicas sobre el manejo agronómico de este grano milenario.

A lo largo de los capítulos, el lector encontrará un análisis profundo de los aspectos botánicos, genéticos, agroecológicos, y nutricionales de la quinua, así como un enfoque práctico sobre las mejores técnicas de cultivo, fertilización y manejo de plagas. Además, se destacan las innovaciones tecnológicas y las oportunidades de comercialización que están impulsando la expansión global de este cultivo.

La quinua no solo representa una fuente de alimento nutritivo para las generaciones actuales, sino también una esperanza para enfrentar desafíos globales como la seguridad alimentaria y el cambio climático. Este libro es una invitación a productores, científicos y estudiantes a continuar explorando el vasto potencial de la quinua, contribuyendo así al desarrollo sostenible y al bienestar global.

Roberto Mañuico Mendoza.

ÍNDICE

Capítulo 1: Generalidades 13
1.1. Importancia de la Quinua a Nivel Mundial 13
1.1.1. Valor Nutricional y Salud 13
1.1.2. Adaptabilidad y Resiliencia 13
1.1.3. Importancia Socioeconómica 14
1.1.4. Contribución a la Sostenibilidad 14
1.1.5. Perspectivas Futuras 14
1.2. Historia y Origen del Cultivo de Quinua 14
1.2.1. Origen y Domesticación 14
1.2.2. Importancia en las Civilizaciones Andinas 15
1.2.3. Declive y Resurgimiento 15
1.2.4. Expansión Global 16
1.2.5. Preservación y Futuro 16
1.3. Objetivos del libro 17
1.3.1. Proporcionar un Conocimiento Integral sobre la Quinua 17
1.3.2. Fomentar Prácticas Agrícolas Sostenibles 17
1.3.3. Mejorar la Productividad y la Calidad del Cultivo 17
1.3.4. Promover la Investigación y el Desarrollo 17
1.3.5. Aumentar la Conciencia sobre el Valor Nutricional de la Quinua 18
1.3.6. Facilitar el Acceso a Mercados Internacionales 18

Capítulo 2: Botánica y Genética de la Quinua 19
2.1. Descripción Botánica 19
2.1.1. Morfología de la Planta 19
2.1.2. Ciclo de Vida 22
2.2. Variedades y Ecotipos de Chenopodium quinoa 23
2.2.1. Diversidad Genética y Adaptación 23
2.2.2. Variedades Principales 23
2.2.3. Ecotipos de Quinua 25
2.3. Genética y Mejoramiento Genético de Chenopodium quinoa 25
2.3.1. Estructura Genómica y Diversidad Genética 25
2.3.2. Técnicas de Mejoramiento Genético 25
2.3.3. Aplicación de la Biotecnología 26

2.3.4. Desafíos y Oportunidades 26
2.3.5. Casos de Éxito en el Mejoramiento Genético 26

Capítulo 3: Requerimientos Agroecológicos 27
3.1. Condiciones Climáticas 27
3.1.1. Tolerancia a la Temperatura 27
3.1.2. Necesidades de Precipitación 27
3.1.3. Fotoperiodo y Altitud 27
3.1.4. Impacto del Cambio Climático 28
3.2. Tipos de Suelo y su Manejo 28
3.2.1. Suelos Arenosos 28
3.2.2. Suelos Francos 29
3.2.3. Suelos Arcillosos 29
3.2.4. Suelos Salinos 29
3.2.5. Manejo de Suelos para Optimizar la Producción 29
3.2.6. Prácticas de Fertilización 30
3.2.7. Técnicas de Conservación del Suelo 30
3.3. Requerimientos Hídricos 30
3.3.1. Tolerancia a la Sequía 31
3.3.2. Requerimientos de Riego 31
3.3.3. Eficiencia en el Uso del Agua 31
3.3.4. Estrategias de Manejo del Agua 31

Capítulo 4: Prácticas de Cultivo 33
4.1. Preparación del Suelo 33
4.1.1. Análisis del Suelo 33
4.1.2. Labranza y Preparación del Suelo 33
4.1.3. Incorporación de Materia Orgánica 34
4.1.4. Control de Malezas 35
4.1.5. Compactación del Suelo 35
4.2. Fechas y Métodos de Siembra 35
4.2.1. Fechas de Siembra 35
4.2.2. Métodos de Siembra 36
4.3. Densidad y Espaciamiento 37

Capítulo 5: Manejo Nutricional y Fertilización 39
5.1. Necesidades Nutricionales de Chenopodium quinoa 39
5.1.1. Macronutrientes 39
5.1.2. Micronutrientes 40
5.1.3. Enmiendas Orgánicas 40

5.1.4. Fertilización Foliar 41
5.2. Fertilización Orgánica e Inorgánica 41
5.2.1. Fertilización Inorgánica 41
5.2.2. Fertilización Orgánica 42
5.2.3. Integración de Fertilización Orgánica e Inorgánica 43
5.3. Estrategias para la Mejora de la Fertilidad del Suelo 43
5.3.1. Manejo de Nutrientes 43
5.3.2. Prácticas de Cultivo Sostenibles 44

Capítulo 6: Control de Plagas y Enfermedades 45
6.1. Principales Insectos Plagas y Métodos de Control 45
6.1.1. Principales Insectos Plagas 45
6.1.2. Métodos de Control 46
6.2 Enfermedades Comunes y su Manejo 47
6.2.1. Principales Enfermedades 47
6.2.2. Métodos de Manejo 49
6.3. Uso de Extractos Naturales y Biocontroladores para Plagas y Enfermedades 50
6.3.1. Extractos Naturales 51
6.3.2. Biocontroladores 51

Capítulo 7: Técnicas de Cosecha y Postcosecha 53
7.1. Momento Óptimo de Cosecha 53
7.1.1. Indicadores del Momento Óptimo de Cosecha 53
7.1.2. Técnicas para Determinar el Momento de Cosecha 54
7.2. Técnicas de Recolección y Trilla 54
7.2.1. Técnicas de Recolección 54
7.2.2. Técnicas de Trilla 56
7.2.3. Recomendaciones para Optimizar la Recolección y Trilla 57
7.3. Manejo y Almacenamiento Postcosecha 57
7.3.1. Secado Postcosecha 58
7.3.2. Limpieza y Clasificación 58
7.3.3. Almacenamiento 59
7.3.4. Control de Calidad 59

Capítulo 8: Valor Nutricional y Usos de la Quinua 61
8.1. Composición Nutricional 61
8.1.1. Proteínas y Aminoácidos 61
8.1.2. Carbohidratos y Fibra Dietética 62
8.1.3. Grasas y Ácidos Grasos 62

8.1.4. Vitaminas y Minerales 62
8.1.5. Compuestos Bioactivos y Antioxidantes 62
8.2. Beneficios para la Salud 63
8.2.1. Mejora de la Salud Cardiovascular 63
8.2.2. Control de la Diabetes 63
8.2.3. Apoyo a la Pérdida de Peso 64
8.2.4. Propiedades Antiinflamatorias y Antioxidantes 64
8.2.5. Beneficios Digestivos 64
8.3. Aplicaciones Culinarias y No Culinarias 65
8.3.1. Aplicaciones Culinarias 65
8.3.2. Aplicaciones No Culinarias 66

Capítulo 9: Mercados y Comercialización 67
9.1. Demanda y Tendencias del Mercado 67
9.1.1 Crecimiento de la Demanda 67
9.1.2 Tendencias del Mercado 67
9.1.3 Desafíos y Oportunidades 68
9.2 Estrategias de Comercialización 69
9.2.1 Estrategias de Marketing 69
9.2.2 Estrategias de Distribución 70
9.2.3 Estrategias Internacionales 71
9.3 Normativas y Certificaciones 71
9.3.1 Normativas Internacionales 71
9.3.2 Certificaciones Relevantes 72
9.3.3 Impacto de las Certificaciones en el Mercado 73

Capítulo 10: Innovaciones y Futuro del Cultivo de Quinua 75
10.1 Avances Tecnológicos 75
10.1.2 Tecnología de Cultivo 75
10.1.3 Agricultura de Precisión 76
10.1.4 Tecnologías de Postcosecha 76

Referencias 79

Capítulo 1

GENERALIDADES

1.1 Importancia de la Quinua a Nivel Mundial

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), originaria de los Andes de Sudamérica, ha sido cultivada y consumida durante miles de años por las civilizaciones precolombinas. En las últimas décadas, ha ganado reconocimiento global por su extraordinario valor nutricional y su capacidad para adaptarse a diversas condiciones ambientales. Este reconocimiento ha llevado a un aumento significativo en su producción y consumo a nivel mundial, destacando su importancia en múltiples aspectos que van desde la nutrición hasta la sostenibilidad ambiental.

1.1.1 Valor Nutricional y Salud

La quinua es apreciada por su perfil nutricional excepcional, que incluye una alta concentración de proteínas, vitaminas, minerales y aminoácidos esenciales (Bastidas Eg et al., 2016 ; Hernández-Ledesma, 2019). A diferencia de otros granos, la quinua contiene todos los aminoácidos esenciales, lo que la convierte en una fuente completa de proteínas (Bastidas Eg et al., 2016). Además, es rica en fibra, antioxidantes y grasas saludables, contribuyendo a una dieta equilibrada y saludable. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) ha destacado la quinua como un alimento con un potencial significativo para mejorar la seguridad alimentaria global (Jaikishun et al., 2019; Alandia et al., 2020).

1.1.2 Adaptabilidad y Resiliencia

Una de las características más notables de la quinua es su capacidad para crecer en condiciones ambientales extremas, incluyendo suelos pobres, alta salinidad, y climas áridos y fríos. Esta adaptabilidad permite su cultivo en regiones donde otros cultivos fracasan, ofreciendo una solución viable para áreas afectadas por el cambio climático y la degradación del suelo (Torreblanca, 2019; Liuhto et al., 2016). La resiliencia de la quinua la posiciona como un cultivo estratégico para la diversificación agrícola y la reducción de riesgos asociados a la variabilidad climática.

1.1.3 Importancia Socioeconómica

El cultivo de quinua ha tenido un impacto positivo significativo en las economías locales de los países andinos, especialmente en Bolivia, Perú y Ecuador. La creciente demanda internacional ha impulsado los ingresos de los pequeños agricultores, mejorando su calidad de vida y promoviendo el desarrollo rural (Huanca et al., 2015). Además, la quinua ha sido promovida como un cultivo de alto valor agregado, con aplicaciones que van desde la alimentación hasta productos cosméticos y farmacéuticos.

1.1.4 Contribución a la Sostenibilidad

La quinua también juega un papel crucial en la sostenibilidad ambiental. Su cultivo requiere menos agua en comparación con otros granos y puede contribuir a la recuperación de suelos degradados mediante la mejora de la estructura del suelo y la adición de materia orgánica. Asimismo, el uso de prácticas agrícolas sostenibles en la producción de quinua puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas, minimizando el impacto ambiental (Pinedo-Taco et al., 2018; Gamboa et al., 2020).

1.1.5 Perspectivas Futuras

El interés global en la quinua continúa creciendo, impulsado por su reconocimiento como un superalimento y su potencial para contribuir a la seguridad alimentaria y nutricional. La investigación y el desarrollo en el cultivo de quinua están centrados en mejorar sus rendimientos, ampliar su adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas y desarrollar nuevas variedades con características específicas. La promoción de la quinua como un cultivo sostenible y nutritivo tiene el potencial de transformar los sistemas agrícolas y mejorar la salud y el bienestar de las poblaciones a nivel mundial (Bazile et al., 2016; Bazile & Baudron, 2014).

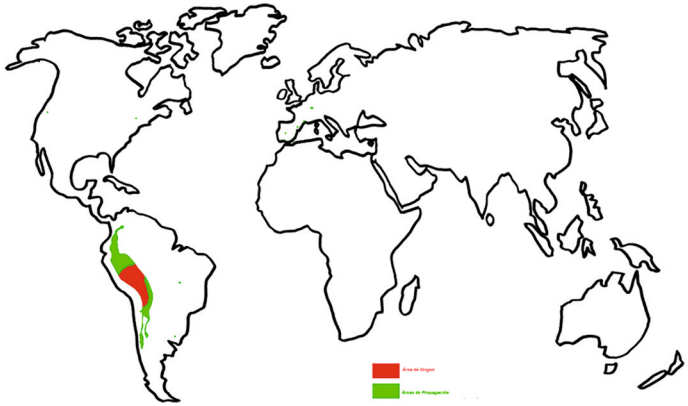
1.2 Historia y Origen del Cultivo de Quinua

1.2.1 Origen y Domesticación

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta originaria de los Andes, donde ha sido cultivada por más de 5000 años. Se cree que su domesticación comenzó en la región que actualmente comprende Perú y Bolivia, alrededor del lago Titicaca, un área conocida por su biodiversidad y su importancia como centro de origen de varios cultivos importantes (Bazile & Baudron, 2014).

Figura 1

Áreas de origen y propagación del cultivo de quinoa



Fuente: Wikipedia. (2024).

La evidencia arqueológica indica que las antiguas civilizaciones andinas, como los Tiahuanaco y los Incas, ya cultivaban y consumían quinua, valorándola por su capacidad de crecer en condiciones extremas y por su alto valor nutricional (R. Repo-Carrasco et al., 2003 ; Bastidas Eg et al., 2016).

1.2.2 Importancia en las Civilizaciones Andinas

Para las civilizaciones andinas, la quinua era un alimento esencial. Los Incas la llamaban "chisaya mama", que significa "madre de todos los granos". Este título refleja su importancia en la dieta y la cultura de estos pueblos, quienes utilizaban la quinua no solo como alimento, sino también en ceremonias religiosas y como ofrenda a sus dioses (López-García, 2007; Fundación de Biodiversidad Alimentaria, 2021). La quinua era tan valorada que se incluía en los rituales agrícolas y era una parte fundamental de la agricultura incaica, junto con otros cultivos como la papa y el maíz (Laura Sucasaca, 2023).

1.2.3 Declive y Resurgimiento

Con la llegada de los conquistadores españoles en el siglo XVI, el cultivo de la quinua sufrió un declive significativo. Los colonizadores promovieron otros cultivos europeos como el trigo y la cebada, relegando la quinua a áreas marginales. Además, la quinua fue estigmatizada y asociada con las prácticas culturales de los pueblos indígenas, lo que contribuyó a su

desvalorización (Bazile et al., 2014; Ruiz et al., 2013). A pesar de esto, las comunidades indígenas continuaron cultivándola en pequeñas parcelas, preservando su diversidad genética y sus conocimientos tradicionales asociados.

El resurgimiento de la quinua comenzó en la segunda mitad del siglo XX, impulsado por investigaciones científicas que redescubrieron sus excepcionales propiedades nutricionales y su adaptabilidad a diferentes condiciones agroecológicas (Lutz y Bascuñán-Godoy, 2017). En la década de 1970, los investigadores empezaron a promover la quinua como una solución viable para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola (Vizcaíno Guerra et al., 2021). Este interés fue acompañado por esfuerzos para mejorar las técnicas de cultivo y desarrollar nuevas variedades que pudieran ser cultivadas en diferentes partes del mundo.

1.2.4 Expansión Global

En el siglo XXI, la quinua ha experimentado una expansión global significativa. La declaración del Año Internacional de la Quinua en 2013 por las Naciones Unidas fue un hito que destacó su importancia mundial (Bazile, 2016 ; Murphy et al., 2016). Esta iniciativa reconoció el potencial de la quinua para contribuir a la seguridad alimentaria, la nutrición y la erradicación de la pobreza, promoviendo su cultivo y consumo a nivel internacional (Fao, 2016). Actualmente, la quinua se cultiva en más de 70 países, incluyendo Estados Unidos, Canadá, Francia, India y China, adaptándose a diversos ambientes desde el nivel del mar hasta altitudes de 4000 metros (Jacobsen, 2003 ; Bazile y Baudron, 2014).

1.2.5 Preservación y Futuro

El crecimiento de la popularidad de la quinua también ha planteado desafíos y oportunidades para su preservación y desarrollo. La expansión del cultivo en nuevas regiones debe manejarse cuidadosamente para evitar la erosión genética y asegurar que las comunidades andinas se beneficien equitativamente de esta demanda global (Alandia et al., 2020). La investigación continua en genética, agronomía y sostenibilidad es crucial para maximizar los beneficios de la quinua, mientras se preservan sus variedades tradicionales y se respeta el conocimiento ancestral de las comunidades indígenas.

1.3 Objetivos del libro

1.3.1 Proporcionar un Conocimiento Integral sobre la Quinua

El objetivo principal de este libro es ofrecer un compendio exhaustivo y actualizado sobre la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), abordando tanto los aspectos científicos como prácticos del cultivo. La quinua ha captado la atención mundial debido a sus excepcionales propiedades nutricionales y su capacidad para crecer en condiciones ambientales adversas (Angeli et al., 2020). Este libro pretende consolidar la información disponible, facilitando el acceso a conocimientos vitales para investigadores, agricultores, estudiantes y profesionales del campo de la agronomía.

1.3.2 Fomentar Prácticas Agrícolas Sostenibles

Otro objetivo fundamental es promover prácticas agrícolas sostenibles que maximicen la productividad y, al mismo tiempo, minimicen el impacto ambiental. La agricultura sostenible es esencial para la preservación de los recursos naturales y la mejora de la calidad de vida de las comunidades agrícolas. A través de este libro, se busca proporcionar estrategias y técnicas de cultivo que favorezcan la sostenibilidad, tales como el manejo integrado de plagas, la rotación de cultivos y el uso de fertilizantes orgánicos (Joffre Alvarado Gastesi et al., 2024 ; EJ Martínez, 2009).

1.3.3 Mejorar la Productividad y la Calidad del Cultivo

Uno de los desafíos actuales en la agricultura de quinua es aumentar su productividad sin comprometer la calidad del grano. Este libro se propone explorar diversas metodologías y tecnologías para mejorar los rendimientos del cultivo, incluyendo el mejoramiento genético, la optimización de las prácticas de manejo del suelo y el uso eficiente del agua (Á. Mujica et al., 2003). Al proporcionar una guía detallada sobre estas técnicas, el libro pretende ser una herramienta útil para mejorar la productividad de la quinua a nivel global.

1.3.4 Promover la Investigación y el Desarrollo

La investigación continua es crucial para el desarrollo de nuevas variedades de quinua que sean más resistentes a plagas, enfermedades y condiciones climáticas extremas (Gómez, 2015). Este libro tiene como objetivo incentivar la investigación y el desarrollo en el cultivo de quinua, destacando las áreas de estudio más prometedoras y las técnicas de investigación más efectivas. Al reunir los conocimientos más recientes, se espera estimular la innovación y el avance en este campo.

1.3.5 Aumentar la Conciencia sobre el Valor Nutricional de la Quinua

El libro también busca aumentar la conciencia sobre los beneficios nutricionales de la quinua, tanto a nivel de consumidores como de productores. La quinua es una fuente completa de proteínas y contiene una variedad de vitaminas y minerales esenciales, lo que la convierte en un alimento ideal para combatir la desnutrición y promover una dieta saludable (Vega-Gálvez et al., 2010). A través de la difusión de información sobre su valor nutricional, se espera fomentar un mayor consumo de quinua a nivel global.

1.3.6 Facilitar el Acceso a Mercados Internacionales

Finalmente, el libro tiene como objetivo ayudar a los agricultores y productores de quinua a acceder a mercados internacionales, proporcionando información sobre estándares de calidad, certificaciones y estrategias de comercialización. Con el aumento de la demanda global de quinua, es crucial que los productores puedan competir eficazmente en el mercado internacional, garantizando que sus productos cumplan con las expectativas de calidad y sostenibilidad de los consumidores.

Capítulo 2

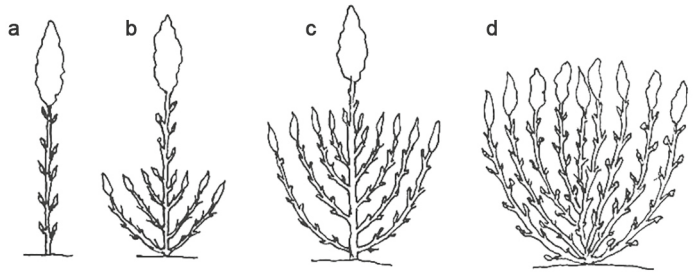
BOTÁNICA Y GENÉTICA DE LA QUINUA

2.1 Descripción Botánica

Chenopodium quinoa Willd., comúnmente conocida como quinua, es una planta anual que pertenece a la familia Amaranthaceae. Esta especie es notable por su adaptabilidad y resistencia a condiciones climáticas adversas, lo que ha permitido su cultivo en diversas regiones del mundo. La quinua es una planta dicotiledónea que puede alcanzar alturas de entre 0.5 a 3 metros, dependiendo de las condiciones ambientales y la variedad cultivada (Mestanza Uquillas et al., 2019).

Figura 2

Tipo de ramificación de tallo de la quinua



Nota: (a) Simple, (b) ramificado hasta el tercio inferior, (c) ramificado hasta el segundo tercio y (d) ramificado con panoja principal no diferenciada. Fuente: Gómez P. et al. (2016)

2.1.1 Morfología de la Planta

La quinua presenta un tallo erecto, robusto y ramificado, que puede variar en color desde verde hasta púrpura, dependiendo de la variedad y el grado de maduración. Las hojas son alternas, anchas y dentadas, con una forma que va de triangular a romboidal. Estas hojas también pueden mostrar una gama de colores, incluyendo verde, rojo y púrpura, contribuyendo a la diversidad visual del cultivo (Muñoz et al., 2015).

2.1.1.1 Inflorescencia y Flores

La inflorescencia de la quinua es una panícula compuesta que puede medir hasta 80 centímetros de largo. Las flores son pequeñas, hermafroditas y generalmente se agrupan en glomérulos densos. No poseen pétalos y su polinización es predominantemente anemófila (por el viento). Esta característica es importante para la reproducción de la planta y la formación de semillas (Castro-Albán et al., 2023 ; Laura Sucasaca, 2023).

Figura 3

Inflorescencia



Nota: (a) Inflorescencia Amarantiforme y (b) Inflorescencia Glomerulata. Fuente Gómez P. et al. (2016)

2.1.1.2 Semillas

Las semillas de la quinua son pequeñas y pueden variar en color desde blanco, amarillo y rojo hasta negro, dependiendo de la variedad. Cada semilla está cubierta por una capa de saponina, una sustancia amarga que debe ser eliminada antes del consumo humano. Esta capa protectora también ayuda a la planta a disuadir a los herbívoros y a resistir ciertas plagas (García-Parra et al., 2018). Las semillas son ricas en proteínas, aminoácidos esenciales y otros nutrientes, lo que las convierte en un alimento valioso

tanto para la alimentación humana como animal (Valderrama & Antonio, 2017; Filho et al., 2017).

Figura 4

Fruto de color rosado, crema, amarillo, negro, marrón



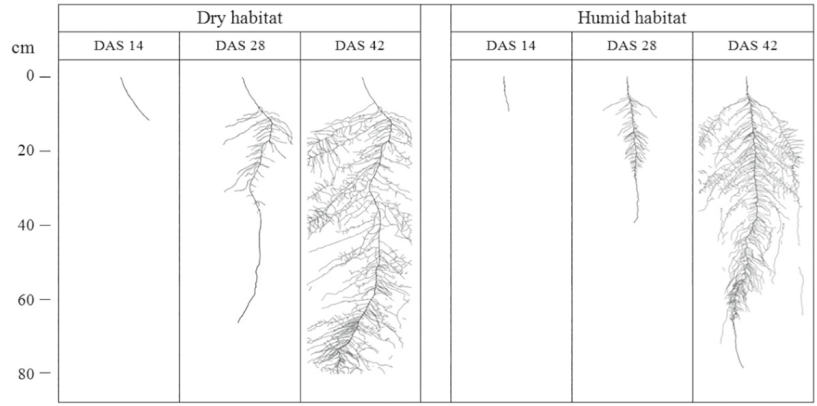
Fuente: Gómez P. et al. (2016)

2.1.1.3 Raíces

El sistema radicular de la quinua es pivotante y profundo, permitiendo a la planta acceder a nutrientes y agua en suelos pobres y secos. Esta característica es clave para su supervivencia en ambientes áridos y su capacidad para crecer en suelos con alta salinidad (Ruiz et al., 2014). Las raíces también contribuyen a la estabilidad de la planta y su capacidad para soportar vientos fuertes y otros factores ambientales.

Figura 5

Crecimiento de las raíces en dos ecotipos de quinua de hábitats



Fuente: s/n.

2.1.2 Ciclo de Vida

El ciclo de vida de la quinua, desde la siembra hasta la cosecha, varía entre 90 a 150 días, dependiendo de las condiciones climáticas y la variedad cultivada (Mestanza Uquillas et al., 2019 ; Tenorio Bautista & Romero Viacava, 2020). La fase de crecimiento incluye la germinación, el desarrollo vegetativo, la floración y la maduración de las semillas (Coronado et al., 2021). Cada una de estas etapas es crucial para el desarrollo de la planta y la calidad final del grano cosechado.

Tabla 1

Valores promedios de la duración de las fases fenológicas de 17 genotipos de quinua en condiciones de la costa peruana

FASES Y SUB FASES	Promedio / Días	Rango / Días
0.0 - 0.9. GERMINACIÓN	05	3 - 8
1.0 - 1.9. DESARROLO VEGETATIVO	33	33 - 38
2.0 - 2.9. RAMIFICACIÓN		
3.0 - 3.9. DESARROLO DEL BOTÓN FLORAL	45	31 - 68
4.0 - 4.9. DESARROLLO DE LA INFLORESCENCIA	60	39 - 97
5.0 - 5.9. FLORACIÓN	77	45 - 132

6.0 - 6.9. ANTESIS	82	52 - 136
7.0 - 7.9. CRECIMIENTO Y ESTADO ACUOSO	100	61 - 147
8.0 - 8.9. FRUTO ESTADO LECHERO	114	70 - 164
9.0 - 9.9. FRUTO ESTADO DE MASA	136	83 - 190

Fuente: Gómez P. et al. (2016)

2.2 Variedades y Ecotipos de *Chenopodium quinoa*

2.2.1 Diversidad Genética y Adaptación

Chenopodium quinoa Willd., conocida comúnmente como quinua, exhibe una notable diversidad genética que le permite adaptarse a una amplia gama de condiciones ambientales. Esta diversidad se manifiesta en las numerosas variedades y ecotipos desarrollados a lo largo de siglos de cultivo en los Andes y otras regiones del mundo. La diversidad genética de la quinua es esencial para su adaptación a diferentes altitudes, climas y tipos de suelo, y es uno de los factores clave que ha permitido su expansión global (W. Rojas et al., 2015).

2.2.2 Variedades Principales

Existen cientos de variedades de quinua, cada una con características específicas que las hacen adecuadas para distintos ambientes y usos. Entre las más conocidas se encuentran la quinua blanca, roja y negra. La quinua blanca, como la variedad 'Real', es altamente apreciada por su sabor suave y textura ligera. La quinua roja y negra, por otro lado, son valoradas por su mayor contenido de antioxidantes y su textura más crujiente, lo que las hace populares en ensaladas y platos fríos (Alfonso Ruiz Rodríguez et al., 2024).

Tabla 2

Variedades comerciales Peruanas y características principales de calidad y Región de Adaptación

Nombre	Contenido Saponina	Color de Grano		Tamaño	Región Recomendada
		Pericarpio (capa - fruto)	Episperma (capa - semilla)		
Inia 431 - Altiplano	Dulce	Crema	Blanca	Grande	Altiplano y Costa
Inia 427 - Amarilla Sacaca	Amarga	Amarilla	Blanca	Grande	Valles interandinos
Inia 420 - Negra Ccollana	Dulce	Gris	Negra	Pequeña	Altiplano, valles interandinos y costa
Inia 415 Pasankalla	Dulce	Gris	Roja	Mediana	Altiplano, valles interandinos y costa
Illpa Inia	Dulce	Crema	Blanca	Grande	Altiplano
Salcedo Inia	Dulce	Crema	Blanca	Grande	Altiplano, valles interandinos y costa
Qillahuaman Inia	Semi Dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos
Ayacuchana Inia	Semi Dulce	Crema	Blanca	Pequeña	Valles interandinos
Amarilla Maranganí	Amarga	Naranja	Blanca	Grande	Valles interandinos
Blanca de Juli	Semi Dulce	Crema	Blanca	Pequeña	Altiplano
Blanca De Junín	Semi Dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos y costa
Cheweca	Semi Dulce	Crema	Blanca	Mediana	Altiplano
Huacariz	Semi Dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos
Hualhuas	Dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos
Huancayo	Semi Dulce	Crema	Crema	Mediana	Valles interandinos
Kancolla	Semi Dulce	Crema	Blanca	Mediana	Altiplano
Mantaro	Dulce	Crema	Crema	Mediana	Valles interandinos
Rosada De Junín	Semi Dulce	Crema	Blanca	Pequeña	Valles interandinos
Rosada Taraco	Amarga	Crema	Blanca	Pequeña	Altiplano
Rosada De Yanamango	Semi Dulce	Crema	Blanca	Mediana	Valles interandinos

Fuente: Gómez P. et al. (2016)

2.2.3 Ecotipos de Quinua

Los ecotipos de quinua son grupos de plantas adaptadas a condiciones ambientales específicas, lo que les permite prosperar en áreas con características particulares. Estos ecotipos se han desarrollado principalmente en las regiones andinas, donde la variabilidad de altitudes y climas es significativa. Por ejemplo, en las áreas altas de Bolivia y Perú, se cultivan ecotipos que toleran bien las heladas y las bajas temperaturas nocturnas, mientras que en las regiones costeras y valles interandinos, se encuentran ecotipos que son más tolerantes a la salinidad y la sequía (Torreblanca, 2019 ; Arlitt Lozano et al., 2023).

2.3 Genética y Mejoramiento Genético de *Chenopodium quinoa*

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una planta de gran importancia nutricional y económica, lo que ha motivado numerosas investigaciones genéticas y programas de mejoramiento. Esta planta presenta una gran diversidad genética, lo que facilita su adaptación a diversas condiciones ambientales y su mejoramiento para características deseadas (Böndel & Schmid, 2021). El estudio de la genética de la quinua abarca desde la identificación de marcadores moleculares hasta la comprensión de su estructura genómica y las bases genéticas de su resistencia a factores bióticos y abióticos (Gutiérrez & Mollinedo Portugal, 2022).

2.3.1 Estructura Genómica y Diversidad Genética

El genoma de la quinua es complejo, con un tamaño aproximado de 1.45 Gb distribuido en 18 cromosomas. Los avances en la secuenciación del genoma de la quinua han permitido identificar numerosos genes responsables de características agronómicas clave, como la tolerancia a la salinidad y la resistencia a enfermedades (Gutiérrez & Mollinedo Portugal, 2022). La variabilidad genética dentro de las poblaciones de quinua es alta, lo que es beneficioso para los programas de mejoramiento genético, ya que proporciona una amplia base de recursos genéticos para seleccionar y desarrollar nuevas variedades (Rojas et al., 2016).

2.3.2 Técnicas de Mejoramiento Genético

El mejoramiento genético de la quinua utiliza tanto métodos tradicionales como biotecnológicos. Los métodos tradicionales incluyen la selección masal y la hibridación, que han sido utilizados durante siglos por los agricultores andinos para mejorar las variedades locales. La

selección masal se basa en la identificación y propagación de plantas con características deseables, mientras que la hibridación implica el cruce de diferentes variedades para combinar características beneficiosas (Peterson et al., 2015).

2.3.3 Aplicación de la Biotecnología

La biotecnología moderna ha ampliado significativamente las posibilidades del mejoramiento genético de la quinua. Técnicas como la selección asistida por marcadores (MAS) y la edición de genes (CRISPR/Cas9) permiten una mejora más precisa y eficiente. La MAS utiliza marcadores moleculares ligados a genes de interés para acelerar el proceso de selección, mientras que la edición de genes permite la modificación directa de secuencias genéticas específicas para introducir o eliminar características (Pérez Almeida y Angulo Gratero, 2020).

2.3.4 Desafíos y Oportunidades

A pesar de los avances, el mejoramiento genético de la quinua enfrenta varios desafíos. La complejidad del genoma, la baja fertilidad de algunas líneas híbridas y la necesidad de adaptaciones específicas a diferentes condiciones ambientales son obstáculos importantes. Sin embargo, la rica diversidad genética y la creciente demanda global de quinua ofrecen grandes oportunidades. El desarrollo de variedades que combinan alto rendimiento, resistencia a enfermedades y adaptación a condiciones climáticas adversas puede contribuir significativamente a la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola (Ruiz et al., 2014).

2.3.5 Casos de Éxito en el Mejoramiento Genético

Algunos programas de mejoramiento han logrado avances notables. Por ejemplo, la creación de variedades de quinua con baja o nula concentración de saponinas ha mejorado su aceptación y consumo, ya que elimina el sabor amargo sin la necesidad de un procesamiento intensivo (Suárez-Estrella et al., 2018). Además, se han desarrollado variedades con mayor tolerancia a la salinidad y sequía, ampliando las áreas donde la quinua puede ser cultivada con éxito (Ruiz et al., 2016).

Capítulo 3

REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS

3.1. Condiciones Climáticas

Chenopodium quinoa Willd., conocida simplemente como quinua, es una planta que se destaca por su notable adaptabilidad a diversas condiciones climáticas. Originaria de la región andina de Sudamérica, la quinua ha sido cultivada en altitudes que van desde el nivel del mar hasta más de 4,000 metros. Su capacidad para prosperar en ambientes tan variados se debe a su resistencia inherente a una amplia gama de factores climáticos, lo que la convierte en un cultivo versátil y robusto (Lozano et al., 2023).

3.1.1 Tolerancia a la Temperatura

La quinua muestra una gran tolerancia a diferentes rangos de temperatura. Estudios han demostrado que puede germinar y crecer en temperaturas que varían entre 5°C y 35°C, aunque las temperaturas óptimas para su crecimiento y desarrollo se sitúan entre 15°C y 20°C (Torreblanca, 2019 ; Ccoyllar-Quintanilla et al., 2021). Esta capacidad de adaptarse a temperaturas extremas, tanto altas como bajas, es una de las razones por las que la quinua puede cultivarse en regiones tan diversas como los altiplanos andinos y las zonas costeras.

3.1.2 Necesidades de Precipitación

Aunque la quinua es resistente a la sequía, también responde positivamente a la disponibilidad de agua. La cantidad ideal de precipitación para la quinua varía entre 300 mm y 1,000 mm anuales, dependiendo de la variedad y las condiciones locales (Bialic-Murphy & Gaoue, 2017). La distribución de la precipitación es también crucial; la quinua requiere agua principalmente durante sus fases de germinación y crecimiento temprano, mientras que un exceso de humedad durante la fase de maduración puede afectar negativamente el rendimiento y la calidad de las semillas.

3.1.3 Fotoperiodo y Altitud

El fotoperiodo, o la duración del día y la noche, es otro factor importante en el crecimiento de la quinua. Algunas variedades de quinua son sensibles

al fotoperiodo y requieren días cortos para florecer, mientras que otras son más flexibles y pueden adaptarse a diferentes duraciones de luz diurna (Wu et al., 2023). La altitud también juega un papel importante, ya que afecta tanto la temperatura como el fotoperiodo. En general, las variedades de quinua cultivadas a mayor altitud tienden a ser más resistentes a las bajas temperaturas y a las heladas, lo que les permite sobrevivir y producir en condiciones extremas (Xie et al., 2023).

3.1.4 Impacto del Cambio Climático

El cambio climático presenta tanto desafíos como oportunidades para el cultivo de la quinua. Por un lado, el aumento de las temperaturas y la variabilidad en los patrones de precipitación pueden afectar negativamente a las áreas de cultivo tradicionales (Zhang et al., 2024; Cui et al., 2024). Por otro lado, la resistencia de la quinua a condiciones adversas la convierte en un cultivo potencialmente valioso en la adaptación a los cambios climáticos. La investigación y el mejoramiento genético continuos son esenciales para desarrollar variedades que puedan enfrentar los desafíos del cambio climático y seguir proporcionando rendimientos altos y estables (Pathan et al., 2023).

3.2. Tipos de Suelo y su Manejo

Chenopodium quinoa Willd., conocida comúnmente como quinua, es una planta que destaca por su adaptabilidad a diversos tipos de suelo. Sin embargo, para maximizar su rendimiento y calidad, es esencial entender los requisitos específicos del suelo y las mejores prácticas de manejo. Los suelos ideales para la quinua son aquellos que ofrecen un buen drenaje, una estructura adecuada y un pH óptimo de 6.0 a 8.5 . Este capítulo explora los diferentes tipos de suelos en los que se puede cultivar la quinua y las técnicas de manejo que aseguran un crecimiento saludable y productivo (Taaime et al., 2024; Sanandaji et al., 2024).

3.2.1 Suelos Arenosos

Los suelos arenosos se caracterizan por tener partículas grandes y espacios porosos, lo que facilita un excelente drenaje, pero también implica una baja retención de nutrientes y agua. La quinua puede crecer en suelos arenosos, especialmente si se implementan prácticas de manejo adecuadas para mejorar la retención de nutrientes y la capacidad de retención de agua. La adición de materia orgánica, como compost o estiércol, puede mejorar significativamente la fertilidad y la estructura del suelo, permitiendo un crecimiento más robusto de la planta (Torreblanca, 2019).

3.2.2 Suelos Francos

Los suelos francos son ideales para el cultivo de la quinua debido a su equilibrio entre retención de agua y drenaje. Estos suelos tienen una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, lo que proporciona un entorno favorable para el desarrollo de las raíces y la absorción de nutrientes. Los suelos francos también permiten una buena aireación, lo cual es crucial para la salud de las raíces. Mantener un nivel adecuado de materia orgánica y asegurar una buena rotación de cultivos son prácticas recomendadas para mantener la fertilidad de los suelos francos (Quisbert & Hervé, 2021; Alfonso-Linares & Monedero-García, 2004; Barrientos et al., 2017).

3.2.3 Suelos Arcillosos

Los suelos arcillosos presentan desafíos particulares para el cultivo de quinua debido a su alta retención de agua y su pobre drenaje, lo que puede llevar a problemas de anegamiento y compactación del suelo. Sin embargo, con un manejo adecuado, la quinua puede cultivarse en suelos arcillosos. La incorporación de materia orgánica es esencial para mejorar la estructura del suelo y su capacidad de drenaje. Además, la implementación de prácticas de cultivo en camas elevadas puede ayudar a evitar problemas de anegamiento (Torreblanca, 2019 ; Piedra et al., 2015).

3.2.4 Suelos Salinos

Uno de los atributos más destacados de la quinua es su capacidad para tolerar altos niveles de salinidad en el suelo. Esta planta puede crecer en suelos que contienen una concentración de sales que sería perjudicial para muchos otros cultivos. La quinua emplea mecanismos fisiológicos para regular el contenido de sal dentro de sus células, permitiéndole sobrevivir y producir en condiciones salinas. Para manejar suelos salinos de manera efectiva, es recomendable realizar prácticas de lixiviación para reducir la acumulación de sales en la zona radicular, además de utilizar variedades de quinua especialmente seleccionadas por su alta tolerancia a la salinidad (Iqbal et al., 2020).

3.2.5 Manejo de Suelos para Optimizar la Producción

El manejo adecuado del suelo es crucial para maximizar la productividad de la quinua. Esto incluye prácticas como la rotación de cultivos, la incorporación de abonos verdes y la aplicación de enmiendas orgánicas. La rotación de cultivos ayuda a romper los ciclos de plagas y enfermedades, además de mejorar la estructura y la fertilidad del suelo. Los abonos verdes, como las leguminosas, pueden fijar nitrógeno en el suelo, mejorando su

contenido nutricional. Las enmiendas orgánicas, por su parte, aumentan la materia orgánica del suelo, mejorando su capacidad de retención de agua y nutrientes (Salcedo et al., 2022).

3.2.6 Prácticas de Fertilización

La fertilización adecuada es otro aspecto fundamental en el manejo del suelo para la quinua. Es importante realizar análisis de suelo periódicos para determinar las necesidades nutricionales específicas y aplicar fertilizantes de manera equilibrada. La quinua responde bien a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio, pero es crucial evitar la sobre-fertilización que puede causar problemas ambientales y afectar la calidad del cultivo. La fertilización orgánica, utilizando compost y estiércol bien descompuesto, es preferible para mantener la salud del suelo a largo plazo (Chaudhary et al., 2024).

3.2.7 Técnicas de Conservación del Suelo

La conservación del suelo es vital para la sostenibilidad del cultivo de quinua. Prácticas como la cobertura del suelo con residuos de cultivos, la siembra directa y la construcción de terrazas pueden ayudar a prevenir la erosión y mantener la estructura del suelo. La cobertura del suelo reduce la evaporación de agua, mantiene la temperatura del suelo y previene la erosión por viento y agua. La siembra directa minimiza la perturbación del suelo, preservando su estructura natural y reduciendo la erosión. Las terrazas son especialmente útiles en áreas de pendiente, donde ayudan a controlar la escorrentía y a conservar el suelo (Akram et al., 2023; Nilahyane et al., 2023).

3.3. Requerimientos Hídricos

Chenopodium quinoa Willd., comúnmente conocida como quinua, es una planta que ha captado la atención mundial por su notable adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, incluida su eficiencia en el uso del agua. Originaria de las regiones andinas de Sudamérica, la quinua ha evolucionado para prosperar en entornos con variabilidad hídrica significativa. Este capítulo aborda los requerimientos hídricos de la quinua, destacando su capacidad de adaptación y las mejores prácticas de manejo del agua para optimizar su rendimiento (Cruces et al., 2024; Belguet et al., 2024; Mendoza et al., 2023).

3.3.1 Tolerancia a la Sequía

La quinua es conocida por su alta tolerancia a la sequía, una característica que la hace especialmente valiosa en regiones con disponibilidad limitada de agua. La planta puede reducir la transpiración cerrando sus estomas durante períodos de estrés hídrico, lo que minimiza la pérdida de agua. Además, su sistema radicular profundo permite la absorción de agua desde capas más profundas del suelo, lo que es crucial durante la escasez hídrica (Raza et al., 2024). Esta capacidad para manejar el estrés hídrico la hace adecuada para cultivos en áreas áridas y semiáridas, donde otros cultivos no prosperarían.

3.3.2 Requerimientos de Riego

Aunque la quinua puede tolerar la sequía, la disponibilidad adecuada de agua durante ciertas etapas de su ciclo de crecimiento es crucial para maximizar el rendimiento. Los requerimientos de riego de la quinua varían según la fase de desarrollo de la planta. Durante la fase de germinación y establecimiento, la quinua requiere suficiente humedad en el suelo para asegurar una emergencia uniforme de las plántulas. Posteriormente, durante las fases de crecimiento vegetativo y floración, la demanda hídrica aumenta. La fase de maduración, sin embargo, requiere menos agua, y el exceso de humedad durante este período puede afectar negativamente la calidad de las semillas (Mirsafi et al., 2024).

3.3.3 Eficiencia en el Uso del Agua

La quinua es altamente eficiente en el uso del agua. Estudios han demostrado que su coeficiente de transpiración es menor en comparación con otros cultivos, lo que indica una mayor eficiencia en la conversión del agua en biomasa. Esta eficiencia es una ventaja en regiones donde el agua es un recurso limitado. La implementación de sistemas de riego por goteo puede mejorar aún más la eficiencia del uso del agua en el cultivo de quinua, asegurando que el agua se aplique directamente a la zona radicular, minimizando la evaporación y el desperdicio (Chaganti & Ganjegunte, 2024).

3.3.4 Estrategias de Manejo del Agua

Para optimizar el uso del agua en el cultivo de quinua, es esencial implementar estrategias de manejo hídrico adecuadas. Estas estrategias incluyen la programación de riegos en función de las necesidades específicas del cultivo y las condiciones climáticas locales. El uso de tensiómetros y sensores de humedad del suelo puede ayudar a los agricultores a monitorear el contenido de agua en el suelo y programar los riegos de

manera más precisa. Además, la práctica de la agricultura de conservación, que incluye el uso de coberturas vegetales y la mínima labranza, puede ayudar a conservar la humedad del suelo y reducir la necesidad de riego adicional (Mirsafi et al., 2024).

Capítulo 4

PRÁCTICAS DE CULTIVO

4.1. Preparación del Suelo

La preparación adecuada del suelo es fundamental para el éxito del cultivo de *Chenopodium quinoa* Willd., conocida comúnmente como quinua. Esta planta se adapta bien a una variedad de condiciones de suelo, pero su rendimiento óptimo se logra cuando se implementan prácticas adecuadas de preparación del suelo. Este capítulo explora las técnicas recomendadas para preparar el suelo antes de la siembra de quinua, destacando la importancia de la estructura del suelo, la fertilidad y la eliminación de malezas para maximizar la productividad del cultivo (García-Parra & Plazas-Leguizamón, 2018).

4.1.1 Análisis del Suelo

Antes de la preparación, es crucial realizar un análisis exhaustivo del suelo. Este análisis proporciona información sobre la textura del suelo, el pH, la disponibilidad de nutrientes y la presencia de posibles problemas como la salinidad o la compactación. Con base en estos resultados, se pueden tomar decisiones informadas sobre las enmiendas necesarias para corregir deficiencias nutricionales y mejorar la estructura del suelo. La quinua responde favorablemente a suelos ligeramente ácidos a neutros con una buena capacidad de retención de nutrientes (Piedra et al., 2015).

4.1.2 Labranza y Preparación del Suelo

La labranza es una práctica común para preparar el suelo antes de sembrar quinua. El objetivo de la labranza es romper el suelo compactado, mejorar la aireación y mezclar enmiendas como compost o estiércol. Sin embargo, el exceso de labranza puede llevar a la pérdida de materia orgánica y aumentar el riesgo de erosión. Para minimizar estos impactos negativos, se recomienda la labranza mínima o la labranza cero en sistemas de agricultura de conservación. Estas prácticas mantienen la estructura del suelo y preservan la biodiversidad microbiana (García et al., 2018).

Figura 6

Preparación de terreno



Nota: (a) Aradura con arado de discos, (b) Desterronado del campo con grada de discos en dos sentidos o grada cruzada, (c) Nivelación de campo y (d) Surcado del campo. Fuente: Gómez P. et al. (2016)

4.1.3 Incorporación de Materia Orgánica

La materia orgánica juega un papel crucial en la fertilidad y la salud del suelo para el cultivo de quinua. La adición de compost, estiércol u otros materiales orgánicos mejora la estructura del suelo, aumenta la capacidad de retención de agua y nutrientes, y promueve la actividad microbiana beneficiosa. La cantidad de materia orgánica a aplicar depende de las

características específicas del suelo, determinadas por el análisis previo al cultivo. Además, la incorporación de materia orgánica puede ayudar a reducir la dependencia de fertilizantes químicos, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles (Torre et al., 2020 ; Galecio-Julca et al., 2023).

4.1.4. Control de Malezas

El control efectivo de malezas es esencial durante la preparación del suelo y durante todo el ciclo de cultivo de la quinua. Las malezas compiten con el cultivo por nutrientes, agua y luz solar, afectando negativamente el rendimiento y la calidad de la quinua. Antes de la siembra, se deben eliminar las malezas existentes y asegurar que el suelo esté libre de semillas de malezas. Durante el cultivo, se recomienda el uso de métodos de control integrado de malezas, que pueden incluir la rotación de cultivos, el mulching orgánico y el uso selectivo de herbicidas si es necesario (Hernández-Ríos et al., 2022).

4.1.5 Compactación del Suelo

La compactación del suelo puede limitar el crecimiento de las raíces de la quinua y reducir la infiltración de agua y aire. Para prevenir la compactación, es importante evitar trabajar el suelo cuando está demasiado húmedo y utilizar técnicas de labranza que minimicen la presión sobre el suelo. La implementación de prácticas de agricultura de conservación, como la siembra directa y la construcción de camas elevadas, también puede ayudar a reducir la compactación y mejorar la salud del suelo (Cerisola et al., 2015).

4.2 Fechas y Métodos de Siembra

La elección de las fechas y los métodos de siembra es crucial para maximizar el rendimiento y la calidad del cultivo de *Chenopodium quinoa* Willd., conocida comúnmente como quinua. Estos factores influyen directamente en la adaptación del cultivo a las condiciones climáticas y edafológicas específicas de cada región. Este capítulo explora las prácticas recomendadas para la siembra de quinua, considerando tanto el calendario agrícola como las técnicas de siembra más efectivas (Montoya & Patricia, 2018; Piedra et al., 2015).

4.2.1 Fechas de Siembra

La quinua es una planta altamente adaptable, pero su respuesta al calendario de siembra puede variar significativamente según la región y las condiciones climáticas. En las zonas andinas, tradicionalmente, la siembra se realiza al inicio de la temporada de lluvias, que generalmente

ocurre entre septiembre y noviembre. Este período asegura una adecuada disponibilidad de agua durante las etapas críticas de desarrollo de la planta, como la germinación y el establecimiento inicial (Hirich et al., 2014).

En regiones fuera de los Andes, como en áreas de cultivo emergente en Norteamérica y Europa, la fecha de siembra debe ajustarse a las condiciones locales. En estos casos, se recomienda sembrar cuando las temperaturas del suelo superan los 7-10°C para asegurar una buena emergencia de las plántulas. La primavera suele ser la estación más adecuada para la siembra en estas regiones, evitando así las heladas tardías que podrían dañar las plántulas jóvenes (Meier et al., 2005).

4.2.2 Métodos de Siembra

La siembra de quinua puede realizarse utilizando varios métodos, cada uno con sus ventajas y desventajas. A continuación, se describen los métodos más comunes:

4.2.2.1 Siembra Directa

Este es el método más tradicional y comúnmente utilizado. Implica la dispersión de semillas directamente en el campo preparado. La densidad de siembra y la profundidad son cruciales; generalmente, las semillas se siembran a una profundidad de 1-2 cm y con una densidad de 150.000 a 300.000 plantas por hectárea, dependiendo de la variedad y las condiciones del suelo (Abdalla et al., 2020 ; Díaz et al., 2021). Este método es sencillo y económico, pero puede requerir un mayor manejo de malezas.

4.2.2.2 Siembra en Almácigos

Este método implica la siembra de semillas en un vivero o almácigo, seguido del trasplante de plántulas al campo. Esta técnica permite un mejor control de las condiciones iniciales de crecimiento, como la humedad y la temperatura, mejorando las tasas de germinación y el establecimiento inicial. Aunque es más laborioso y costoso, puede ser beneficioso en suelos con problemas de germinación o en condiciones climáticas adversas (Villalobos et al., 1992).

4.2.2.3 Siembra en Camellones o Camas Elevadas

Este método consiste en sembrar en hileras elevadas para mejorar el drenaje y evitar la compactación del suelo. Es especialmente útil en áreas con problemas de encharcamiento o suelos pesados. Las camas elevadas también facilitan el manejo de malezas y la aplicación de fertilizantes y riegos (Navarro et al., 2023).

4.3. Densidad y Espaciamiento

La densidad y el espaciamiento de siembra son factores clave que afectan el rendimiento y la salud del cultivo de quinua. Un espaciamiento adecuado permite una mejor penetración de la luz y reduce la competencia entre plantas. En general, se recomienda un espaciamiento entre hileras de 25-35 cm y un espaciamiento entre plantas dentro de la hilera de 10-20 cm. Estas recomendaciones pueden variar según la variedad y las condiciones específicas del suelo y el clima (Sief et al., 2015 ; Asher et al., 2022).

Capítulo 5

MANEJO NUTRICONAL Y FERTILIZACIÓN

5.1 Necesidades Nutricionales de *Chenopodium quinoa*

Chenopodium quinoa Willd., conocida comúnmente como quinua, es una planta altamente nutritiva y adaptable, que se cultiva en diversas regiones del mundo. Para maximizar su rendimiento y calidad, es esencial comprender y satisfacer sus necesidades nutricionales. Este capítulo aborda los principales nutrientes necesarios para el cultivo de quinua, destacando la importancia de cada uno y las mejores prácticas de fertilización (Taouil et al., 2024; Belguet et al., 2024; Ranjan et al., 2023).

5.1.1 Macronutrientes

Los macronutrientes son esenciales para el crecimiento y desarrollo de la quinua. Estos incluyen nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que son absorbidos en grandes cantidades por las plantas.

5.1.1.1 Nitrógeno (N)

El nitrógeno es fundamental para la síntesis de proteínas y el crecimiento vegetativo. La quinua responde bien a la fertilización nitrogenada, especialmente en las primeras etapas de crecimiento. Sin embargo, el exceso de nitrógeno puede llevar a un crecimiento vegetativo excesivo y a un retraso en la maduración. Se recomienda aplicar nitrógeno en dosis divididas, comenzando con una aplicación basal y continuando con aplicaciones laterales durante el crecimiento (Li et al., 2024).

5.1.1.2 Fósforo (P)

El fósforo es crucial para la formación de raíces y la maduración de las semillas. Es particularmente importante durante las etapas iniciales del desarrollo de la planta. La disponibilidad de fósforo en el suelo puede ser limitada, por lo que la aplicación de fertilizantes fosforados antes de la siembra es una práctica común. Las fuentes de fósforo, como el superfosfato triple, pueden mejorar significativamente el establecimiento y el rendimiento de la quinua (Sanandaji et al., 2024).

5.1.1.3 Potasio (K)

El potasio es vital para la regulación de la osmosis y la translocación de nutrientes. Ayuda a la planta a tolerar el estrés abiótico, como la sequía y la salinidad. La aplicación adecuada de potasio puede mejorar la calidad del grano y aumentar la resistencia a enfermedades. Los fertilizantes potásicos, como el sulfato de potasio, son recomendados para asegurar una adecuada disponibilidad de este nutriente (Zaheen et al., 2023).

5.1.2. Micronutrientes

Aunque los micronutrientes son requeridos en menores cantidades, son igualmente esenciales para el crecimiento saludable de la quinua. Entre los más importantes se encuentran el hierro (Fe), el zinc (Zn), el cobre (Cu) y el manganeso (Mn).

5.1.2.1 Hierro (Fe)

El hierro es necesario para la síntesis de clorofila y la fotosíntesis. La deficiencia de hierro puede causar clorosis, afectando negativamente el crecimiento de la planta. Se recomienda monitorear los niveles de hierro en el suelo y aplicar quelatos de hierro si es necesario (Puente-Ramírez et al., 2022).

5.1.2.2 Zinc (Zn)

El zinc juega un papel crucial en la síntesis de proteínas y la regulación del crecimiento. La deficiencia de zinc puede llevar a un desarrollo deficiente de las raíces y una menor resistencia a enfermedades. La aplicación de fertilizantes con zinc puede corregir estas deficiencias y mejorar el rendimiento del cultivo (Krishna Vadlamudi et al., 2020 ; Vinicius de Souza Oliveira et al., 2023).

5.1.2.3 Cobre (Cu) y Manganeso (Mn)

Ambos micronutrientes son esenciales para la actividad enzimática y la fotosíntesis. La deficiencia de cobre puede resultar en la decoloración de las hojas, mientras que la falta de manganeso puede afectar la síntesis de clorofila. La aplicación de sulfato de cobre y sulfato de manganeso puede ser necesaria en suelos deficientes en estos nutrientes (Wege, 2022).

5.1.3 Enmiendas Orgánicas

Las enmiendas orgánicas, como el compost y el estiércol, son excelentes fuentes de nutrientes para la quinua. Además de proporcionar nutrientes esenciales, estas enmiendas mejoran la estructura del suelo, aumentan

la capacidad de retención de agua y fomentan la actividad microbiana beneficiosa. La aplicación regular de materia orgánica puede reducir la dependencia de fertilizantes químicos y promover la sostenibilidad del cultivo (Taaime et al., 2024; El-Gendy et al., 2024).

5.1.4 Fertilización Foliar

La fertilización foliar puede ser una estrategia complementaria para suministrar nutrientes a la quinua, especialmente durante etapas críticas del desarrollo o en condiciones de estrés. Los fertilizantes foliares que contienen micronutrientes pueden corregir rápidamente deficiencias y mejorar la salud de la planta. Sin embargo, es importante seguir las recomendaciones específicas de dosificación para evitar la fitotoxicidad (Li et al., 2024).

5.2. Fertilización Orgánica e Inorgánica

La fertilización adecuada es esencial para maximizar el rendimiento y la calidad del cultivo de *Chenopodium quinoa* Willd., conocida comúnmente como quinua. Este capítulo explora las prácticas de fertilización orgánica e inorgánica, analizando sus beneficios, desafíos y recomendaciones basadas en investigaciones científicas.

5.2.1. Fertilización Inorgánica

La fertilización inorgánica implica el uso de fertilizantes químicos que proporcionan nutrientes esenciales de forma rápida y eficiente. Los principales nutrientes requeridos por la quinua son el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K).

5.2.1.1 Nitrógeno (N)

El nitrógeno es fundamental para el crecimiento vegetativo y la síntesis de proteínas. La quinua muestra una respuesta positiva a la fertilización nitrogenada, especialmente durante las etapas de crecimiento inicial y desarrollo de hojas. Sin embargo, el exceso de nitrógeno puede retrasar la maduración y aumentar la susceptibilidad a enfermedades. Se recomienda aplicar nitrógeno en dosis fraccionadas para maximizar la eficiencia de uso y minimizar las pérdidas por lixiviación (Almadini et al., 2019 ; Basra et al., 2014).

5.2.1.2 Fósforo (P)

El fósforo es crucial para el desarrollo de raíces y la formación de semillas. La disponibilidad de fósforo en el suelo puede ser limitada, por lo que se

recomienda la aplicación de fertilizantes fosfatados, como el superfosfato triple, antes de la siembra. Esto asegura un buen establecimiento de las plántulas y un desarrollo radicular robusto (Rodrigues et al., 2020).

5.2.1.3 Potasio (K)

El potasio regula la osmosis y mejora la resistencia de la planta al estrés abiótico, como la sequía y la salinidad. Los fertilizantes potásicos, como el cloruro de potasio, son esenciales para mejorar la calidad del grano y la resistencia a enfermedades (Torreblanca, 2019).

5.2.2 Fertilización Orgánica

La fertilización orgánica implica el uso de materiales de origen biológico, como compost, estiércol y residuos de cultivos. Estos materiales no solo proporcionan nutrientes esenciales, sino que también mejoran la estructura del suelo, aumentan la capacidad de retención de agua y promueven la actividad microbiana.

5.2.2.1 Compost

El compost es una excelente fuente de materia orgánica y nutrientes. Su aplicación regular mejora la estructura del suelo y aumenta su fertilidad a largo plazo. El compost también ayuda a retener la humedad y reducir la erosión del suelo. Para maximizar los beneficios, el compost debe estar bien descompuesto y libre de patógenos y semillas de malezas (Taaime et al., 2024).

5.2.2.2 Estiércol

El estiércol proporciona nutrientes esenciales y mejora la actividad microbiana en el suelo. Sin embargo, su composición nutricional puede variar, por lo que es importante analizar el estiércol antes de su aplicación para ajustar las dosis adecuadas. El estiércol debe aplicarse preferentemente antes de la siembra y bien incorporado al suelo para evitar la volatilización de nutrientes y mejorar su disponibilidad para las plantas (Pérez et al., 2022).

5.2.2.3 Residuos de Cultivos

Los residuos de cultivos, como los restos de cosechas anteriores, pueden ser incorporados al suelo para mejorar su contenido de materia orgánica y nutrientes. Esta práctica también ayuda a reducir la erosión y mejorar la retención de humedad. Los residuos deben ser bien triturados y distribuidos uniformemente para asegurar una descomposición eficiente

y una liberación gradual de nutrientes (Mamani-Rojas y Calisaya-Vargas, 2019).

5.2.3. Integración de Fertilización Orgánica e Inorgánica

La combinación de fertilización orgánica e inorgánica puede ofrecer beneficios sinérgicos para el cultivo de quinua. Esta práctica, conocida como manejo integrado de nutrientes, maximiza la eficiencia del uso de fertilizantes y mejora la sostenibilidad del sistema agrícola. La fertilización orgánica mejora la estructura y la fertilidad del suelo a largo plazo, mientras que los fertilizantes inorgánicos proporcionan nutrientes de forma rápida y precisa durante las etapas críticas del crecimiento de la planta (Aguilera et al., 2012 ; Casas, 2012).

5.3. Estrategias para la Mejora de la Fertilidad del Suelo

El cultivo exitoso de *Chenopodium quinoa* Willd., comúnmente conocida como quinua, depende en gran medida de la fertilidad del suelo. La mejora y el mantenimiento de la fertilidad del suelo son esenciales para garantizar altos rendimientos y calidad del grano. Este capítulo examina diversas estrategias para mejorar la fertilidad del suelo, incluyendo la gestión de nutrientes, el uso de enmiendas orgánicas y prácticas de cultivo sostenibles, respaldadas por investigaciones científicas.

5.3.1. Manejo de Nutrientes

El manejo adecuado de nutrientes es fundamental para la fertilidad del suelo y el crecimiento óptimo de la quinua. Esto implica la aplicación de fertilizantes en cantidades y momentos precisos para satisfacer las necesidades de la planta sin causar desequilibrios nutricionales.

5.3.1.1 Análisis de Suelo

Realizar análisis de suelo antes de la siembra es crucial para determinar las necesidades específicas de nutrientes y ajustar las dosis de fertilizantes en consecuencia. Este análisis debe incluir macronutrientes (N, P, K) y micronutrientes esenciales (Fe, Zn, Cu, Mn) (Paneque-Pérez, 2010).

5.3.1.2 Fertilización Equilibrada

La aplicación equilibrada de fertilizantes es esencial para evitar deficiencias o excesos de nutrientes. Se recomienda una combinación de fertilizantes nitrogenados, fosforados y potásicos, ajustados según los resultados del análisis de suelo. La fertilización fraccionada, especialmente

del nitrógeno, puede mejorar la eficiencia del uso de nutrientes y minimizar las pérdidas por lixiviación (Nieto et al., 2016).

5.3.1.3 Uso de Micronutrientes

Aunque se requieren en menores cantidades, los micronutrientes son esenciales para el crecimiento y desarrollo de la quinua. La deficiencia de micronutrientes puede corregirse mediante la aplicación de fertilizantes específicos o quelatos, según las necesidades del suelo (Alfonso et al., 2017).

5.3.2. Prácticas de Cultivo Sostenibles

Las prácticas de cultivo sostenibles no solo mejoran la fertilidad del suelo, sino que también promueven la sostenibilidad a largo plazo del sistema agrícola.

5.3.2.1 Rotación de Cultivos

La rotación de cultivos con leguminosas puede mejorar la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno. Esta práctica también ayuda a romper ciclos de plagas y enfermedades, mejorando la salud general del suelo y la productividad del cultivo de quinua (Barrientos et al., 2017).

5.3.2.2 Cobertura Vegetal

El uso de cultivos de cobertura protege el suelo de la erosión, mejora la estructura del suelo y aumenta su contenido de materia orgánica. Los cultivos de cobertura también pueden ayudar a suprimir malezas y mejorar la infiltración de agua (Salcedo-Mayta et al., 2022).

5.3.2.3 No Labranza

La reducción de la labranza ayuda a mantener la estructura del suelo y reduce la pérdida de materia orgánica. La no labranza o labranza mínima puede mejorar la biodiversidad del suelo y su capacidad para retener nutrientes y agua (Gómez-Calderón y Estrada-León, 2020 ; Ceja et al., 2006).

Capítulo 6

CONTROL DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

6.1 Principales Insectos Plagas y Métodos de Control

El cultivo de *Chenopodium quinoa* Willd., conocido comúnmente como quinua, ha ganado popularidad debido a su alto valor nutritivo y su capacidad de adaptarse a condiciones ambientales adversas. Sin embargo, como cualquier otro cultivo, la quinua es susceptible a diversas plagas de insectos que pueden afectar significativamente su rendimiento y calidad. Este capítulo aborda los principales insectos plagas que afectan la quinua y los métodos de control recomendados, basados en investigaciones científicas y prácticas agrícolas sostenibles.

6.1.1. Principales Insectos Plagas

6.1.1.1 Polilla de la Quinua (Eurysacca melanocampta y E. quinoae)

Las polillas de la quinua, Eurysacca melanocampta y Eurysacca quinoae, son consideradas las plagas más devastadoras de este cultivo. Sus larvas se alimentan de las hojas y las inflorescencias, causando daños significativos que pueden llevar a la pérdida total del rendimiento si no se controlan adecuadamente (Rasmussen et al., 2003).

Figura 7

Daños de inflorescencia y granos causado por el complejo Eurysacca sp.



Fuente: Gómez P. et al. (2016)

6.1.1.2 Pulgón de la Quinua (Myzus persicae)

El pulgón verde del duraznero, Myzus persicae, es otra plaga importante que afecta la quinua. Estos insectos succionadores de savia debilitan las plantas al extraer nutrientes esenciales, además de ser vectores de enfermedades virales. La infestación de pulgones puede reducir el crecimiento de la planta y la producción de grano (Soca-Flores et al., 2022).

6.1.1.3 Oruga de la Quinua (Copitarsia turbata)

La oruga de la quinua, Copitarsia turbata, es una plaga polífaga que se alimenta de las hojas, tallos y granos en desarrollo. Esta plaga puede causar defoliación severa y daños directos a los granos, afectando la calidad y el rendimiento del cultivo (Araya et al., 1999; Pogue, 2011).

6.1.2. Métodos de Control

6.1.2.1 Control Cultural

El manejo cultural incluye prácticas agrícolas que pueden reducir la incidencia de plagas sin necesidad de productos químicos.

- Rotación de Cultivos: La rotación de cultivos con especies no hospederas puede romper el ciclo de vida de las plagas y reducir sus poblaciones (Ermindo Barrientos et al., 2017).
- Fecha de Siembra Ajustada: Modificar las fechas de siembra para evitar los períodos de mayor actividad de las plagas puede ser una estrategia efectiva para minimizar los daños (Cayllante Tapia, 2024).
- Eliminación de Residuos de Cultivos: La eliminación y destrucción de residuos de cultivos después de la cosecha ayuda a reducir las fuentes de infestación de plagas para la siguiente temporada (Cayllante Tapia, 2024).

6.1.2.2 Control Biológico: El control biológico utiliza organismos naturales para reducir las poblaciones de plagas.

- Uso de Enemigos Naturales: Los parasitoides y depredadores naturales, como las avispas parasitoides y las mariquitas, pueden ser efectivos para controlar las poblaciones de pulgones y otros insectos plagas (Badii et al., 2015).
- Hongos Entomopatógenos: Hongos como Beauveria bassiana han mostrado eficacia en el control de polillas y orugas de la quinua, reduciendo sus poblaciones a niveles manejables (Pacheco Hernández et al., 2019).

6.1.2.3 Control Químico

El control químico debe ser utilizado como última opción y en combinación con otras prácticas de manejo integrado de plagas (MIP) para minimizar los impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana.

- Insecticidas Selectivos: El uso de insecticidas específicos para las plagas de quinua, aplicados en el momento adecuado y en dosis correctas, puede ser efectivo para reducir las infestaciones. Es importante alternar los insecticidas para evitar el desarrollo de resistencia (Iannacone-Oliver & Quispe, 2004).
- Tratamientos Preventivos: La aplicación de tratamientos preventivos, como recubrimientos de semillas con insecticidas, puede proteger las plántulas jóvenes de ataques tempranos de plagas (Chávez-Centeno et al., 2024).

6.2 Enfermedades Comunes y su Manejo

Chenopodium quinoa Willd., comúnmente conocida como quinua, es un cultivo de creciente importancia a nivel mundial debido a su alto valor nutritivo y su capacidad de adaptarse a condiciones ambientales adversas. Sin embargo, como cualquier otro cultivo, la quinua es susceptible a diversas enfermedades que pueden afectar su rendimiento y calidad. Este capítulo aborda las principales enfermedades que afectan a la quinua y los métodos de manejo recomendados, respaldados por investigaciones científicas y prácticas agrícolas sostenibles.

6.2.1 Principales Enfermedades

6.2.1.1 Mildiu (*Peronospora variabilis*)

El mildiu, causado por el oomiceto *Peronospora variabilis*, es una de las enfermedades más devastadoras de la quinua. Esta enfermedad se manifiesta mediante la aparición de manchas cloróticas en las hojas que luego se tornan necróticas, afectando gravemente el crecimiento y desarrollo de la planta. En condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas, el mildiu puede proliferar rápidamente, causando pérdidas significativas en el rendimiento del cultivo (Chávez-Centeno et al., 2024 ; Testen et al., 2012).

Figura 8

Mildiu: Enfermedad causada por el hongo Perenospora variabilis



Fuente: Soca-Flores (2014)

6.2.1.2 Oídio (Erysiphe betae)

El oídio es una enfermedad fúngica causada por Erysiphe betae. Se caracteriza por la aparición de un polvo blanco sobre las hojas, tallos y flores, lo que interfiere con la fotosíntesis y reduce la vigorosidad de la planta. Esta enfermedad se desarrolla principalmente en condiciones de alta humedad y temperaturas templadas, y puede ser especialmente problemática en cultivos densos (Campbell et al., 2007).

6.2.1.3 Podredumbre de la raíz (Fusarium spp.)

Las especies de Fusarium causan la podredumbre de la raíz, una enfermedad que afecta el sistema radicular de la quinua. Los síntomas incluyen el marchitamiento de las plantas, la decoloración de las raíces y la muerte prematura de las plantas afectadas. Esta enfermedad se favorece en suelos mal drenados y condiciones de estrés hídrico, y puede causar pérdidas severas si no se maneja adecuadamente (Fonseca-Guerra et al., 2022).

6.2.2. Métodos de Manejo

6.2.2.1 Control Cultural

El manejo cultural incluye prácticas agrícolas que pueden reducir la incidencia de enfermedades sin necesidad de productos químicos.

- Rotación de Cultivos: La rotación de cultivos con especies no susceptibles a las mismas enfermedades puede ayudar a reducir la acumulación de patógenos en el suelo. Esta práctica es particularmente efectiva contra enfermedades como la podredumbre de la raíz (Barrientos et al., 2017).
- Manejo de la Densidad de Siembra: Mantener una densidad de siembra adecuada puede mejorar la circulación del aire y reducir la humedad en el dosel del cultivo, lo que disminuye la incidencia de enfermedades fúngicas como el mildiu y el oídio (Cruz Díaz et al., 2021).
- Saneamiento del Campo: La eliminación de residuos de cultivos y plantas infectadas después de la cosecha puede reducir la fuente de inóculo de enfermedades para la siguiente temporada (Apaza Ticona et al., 2022).

6.2.2.2 Control Biológico

El control biológico utiliza organismos naturales para reducir las poblaciones de patógenos.

- Micorrizas Arbusculares: La inoculación de las plantas con hongos micorrízicos arbusculares puede mejorar la resistencia de la quinua a enfermedades de la raíz, mejorando la absorción de nutrientes y la salud general de las plantas (Cuenca et al., 2007).
- Bacterias Antagonistas: La aplicación de bacterias antagonistas como Bacillus spp. y Pseudomonas spp. puede ayudar a suprimir patógenos del suelo como Fusarium spp. mediante la producción de antibióticos y la competencia por nutrientes y espacio (Fernández-Larrea Vega, 2001).

6.2.2.3 Control Químico

El control químico debe ser utilizado como última opción y en combinación con otras prácticas de manejo integrado de enfermedades (MIE) para minimizar los impactos negativos en el medio ambiente y la salud humana.

- Fungicidas: La aplicación de fungicidas específicos puede ser efectiva para controlar enfermedades fúngicas como el mildiu y el oídio. Es esencial seguir las recomendaciones de uso y aplicar los productos en el momento adecuado para maximizar su eficacia (Risco & Mattos, 2015 ; Bautista Gómez, 2021).
- Tratamientos Preventivos: La aplicación de fungicidas de forma preventiva, especialmente en áreas con historial de alta incidencia de enfermedades, puede ayudar a proteger las plantas durante las fases críticas de su desarrollo.

6.3 Uso de Extractos Naturales y Biocontroladores para Plagas y Enfermedades

El cultivo de *Chenopodium quinoa* Willd., conocido comúnmente como quinua, enfrenta numerosos desafíos debido a la presencia de plagas y enfermedades. En un esfuerzo por reducir la dependencia de pesticidas químicos y promover prácticas agrícolas sostenibles, el uso de extractos naturales y biocontroladores se ha convertido en una estrategia prometedora. Este capítulo examina la efectividad y aplicación de estos métodos en el manejo de plagas y enfermedades en la quinua, respaldado por investigaciones científicas y prácticas agrícolas tradicionales.

6.3.1 Extractos Naturales

6.3.1.1 Extracto de Ajo (*Allium sativum*)

El extracto de ajo es conocido por sus propiedades antimicrobianas y repelentes de insectos. Los compuestos organosulfurados presentes en el ajo, como la alicina, han demostrado ser efectivos contra una variedad de patógenos y plagas. Investigaciones han mostrado que la aplicación de extracto de ajo puede reducir significativamente la incidencia de enfermedades fúngicas como el mildiu y el oídio en la quinua (Bautista Gómez, 2021 ; Chávez-Centeno et al., 2024). Además, su uso como repelente natural ayuda a minimizar el ataque de insectos plaga como el pulgón verde del duraznero (Myzus persicae).

6.3.1.2 Extracto de Paico (*Chenopodium ambrosioides*)

El paico, una planta estrechamente relacionada con la quinua, también posee propiedades insecticidas y fungicidas. Su extracto contiene compuestos como el ascaridol y otros monoterpenos que han demostrado eficacia en el control de diversas plagas y enfermedades. Estudios han indicado que el extracto de paico puede ser utilizado para controlar la polilla de la quinua (Eurysacca melanocampta) y enfermedades de la raíz causadas por Fusarium spp. (Hoyos LLatas & Maria Catherine Brighit, 2016).

6.3.1.3 Extracto de Cola de Caballo (*Equisetum arvense*)

La cola de caballo es una planta rica en sílice, conocida por sus propiedades fungicidas. El extracto de cola de caballo se ha utilizado tradicionalmente para controlar enfermedades fúngicas en diversos cultivos. En el caso de la quinua, se ha observado que el extracto de cola de caballo puede reducir la incidencia de mildiu y oídio, al fortalecer las paredes celulares de las plantas y crear un ambiente desfavorable para el desarrollo de patógenos (Bautista Gómez, 2021).

6.3.2. Biocontroladores

6.3.2.1 Hongos Entomopatógenos

Hongos como Beauveria bassiana y Metarhizium anisopliae son utilizados como biocontroladores efectivos contra plagas de insectos. Estos hongos infectan y matan a los insectos plaga al penetrar su cutícula y proliferar internamente. En estudios con quinua, la aplicación de Beauveria bassiana ha demostrado controlar eficientemente las poblaciones de la polilla de la quinua y la oruga de la quinua (Copitarsia turbata), reduciendo la necesidad de insecticidas químicos (Díaz et al., 2006).

6.3.2.2 Bacterias Antagonistas

Las bacterias antagonistas como Bacillus subtilis y Pseudomonas fluorescens son ampliamente utilizadas en el control biológico de enfermedades del suelo. Estas bacterias producen compuestos antibióticos y enzimas que inhiben el crecimiento de patógenos fúngicos como Fusarium spp. y *Peronospora variabilis*. En ensayos con quinua, la inoculación con estas bacterias ha mostrado una reducción significativa en la incidencia de podredumbre de la raíz y mildiu (Fernández-Larrea Vega, 2001).

6.3.2.3 Nematodos Entomopatógenos

Los nematodos entomopatógenos, como los del género Steinernema y Heterorhabditis, son utilizados para el control de insectos plaga en diversos cultivos. Estos nematodos buscan activamente y parasitan a los insectos plaga, causando su muerte. En estudios con quinua, se ha demostrado que estos nematodos son efectivos contra la polilla de la quinua y otras plagas de suelo, proporcionando una alternativa sostenible a los insecticidas químicos (Sáenz, 2005 ; Pino, 1994).

Capítulo 7

TÉCNICAS DE COSECHA Y POSTCOSECHA

7.1. Momento Óptimo de Cosecha

El momento óptimo de cosecha es un factor crucial para asegurar la calidad y el rendimiento del cultivo de *Chenopodium quinoa* Willd. Identificar el momento adecuado para la cosecha puede maximizar la producción y garantizar que los granos alcancen su potencial nutricional y comercial. Este capítulo examina los indicadores y técnicas utilizados para determinar el momento óptimo de cosecha de la quinua, respaldado por investigaciones científicas y prácticas agrícolas.

7.1.1. Indicadores del Momento Óptimo de Cosecha

7.1.1.1 Madurez Fisiológica

La madurez fisiológica se refiere al punto en el que los granos de quinua han alcanzado su máximo desarrollo y contenido nutricional. Este momento es crucial para garantizar la calidad del producto final. La madurez fisiológica se puede identificar cuando las hojas inferiores de la planta comienzan a secarse y la mayoría de las hojas superiores han caído. Además, los granos deben tener una consistencia firme y un color característico dependiendo de la variedad cultivada (Carcasi, 2020).

7.1.1.2 Contenido de Humedad

El contenido de humedad de los granos es otro indicador clave del momento óptimo de cosecha. Para la quinua, el contenido de humedad ideal al momento de la cosecha suele ser del 10 al 15% (Carcasi, 2020). Un contenido de humedad demasiado alto puede llevar a problemas de almacenamiento y calidad del grano, mientras que un contenido muy bajo puede causar pérdidas por deshidratación.

7.1.1.3 Color y Consistencia del Grano

El cambio de color en los granos de quinua es un buen indicador de madurez. Dependiendo de la variedad, los granos pueden cambiar de verde a dorado, rojo o negro. Además, los granos deben ser duros y difíciles de

romper con la mano, lo que indica que han alcanzado la madurez completa (Carcasi, 2020).

7.1.2. Técnicas para Determinar el Momento de Cosecha

7.1.2.1 Inspección Visual

La inspección visual es una técnica tradicional y ampliamente utilizada para determinar la madurez de la quinua. Los agricultores observan el color de los granos y el estado de las hojas para decidir el momento de la cosecha. Aunque esta técnica puede ser subjetiva, es efectiva cuando se combina con otros métodos de evaluación (Carcasi, 2020).

7.1.2.2 Medición del Contenido de Humedad

El uso de medidores de humedad es una práctica moderna que permite determinar con precisión el contenido de humedad de los granos. Estos dispositivos son esenciales para garantizar que los granos se cosechen en el punto óptimo, evitando problemas de calidad y almacenamiento (Carcasi, 2020).

7.1.2.3 Pruebas de Dureza del Grano

Las pruebas de dureza, como el método de la mordida o el uso de penetrómetros, pueden ayudar a evaluar la madurez del grano. Los granos deben ser duros y resistentes a la presión para asegurar que han alcanzado la madurez fisiológica (Carcasi, 2020).

7.2. Técnicas de Recolección y Trilla

La recolección y trilla del cultivo de *Chenopodium quinoa* Willd. son procesos críticos que determinan la calidad y el rendimiento final del producto. Estas etapas requieren técnicas precisas para minimizar las pérdidas y daños a los granos, asegurando así un producto de alta calidad para el mercado. Este capítulo explora las técnicas de recolección y trilla, comparando métodos manuales y mecanizados, y ofreciendo recomendaciones basadas en investigaciones científicas y prácticas agrícolas.

7.2.1. Técnicas de Recolección

7.2.1.1 Recolección Manual

La recolección manual es una técnica tradicional utilizada en pequeñas parcelas y áreas donde el acceso a maquinaria es limitado. Este método

permite a los agricultores seleccionar y cortar las plantas con cuidado, lo que puede reducir las pérdidas y asegurar una alta calidad del grano.

La recolección manual se realiza cortando las plantas cerca del suelo y dejándolas secar en el campo durante varios días antes de recogerlas. Este proceso permite que los granos alcancen un contenido de humedad adecuado para la trilla. Además, la recolección manual facilita la eliminación de plantas no deseadas y el control de la calidad de los granos cosechados.

Figura 9

Cosecha manual



Fuente: Gómez P. et al. (2016)

7.2.1.2 Recolección Mecánica

La recolección mecánica es más eficiente y se utiliza en grandes extensiones de cultivo. Las cosechadoras están diseñadas para cortar, recoger y trillar las plantas de quinua en un solo paso, lo que ahorra tiempo y reduce el trabajo manual.

Indican que las cosechadoras modernas deben estar ajustadas adecuadamente para evitar daños a los granos y minimizar las pérdidas durante la recolección. Las configuraciones incluyen la velocidad del tambor y la distancia entre el tambor y el cóncavo, que deben ajustarse según las condiciones del cultivo y la variedad de quinua (Chaparro Castro, 1997).

7.2.2. Técnicas de Trilla

7.2.2.1 Trilla Manual

La trilla manual es común en áreas rurales y en cultivos a pequeña escala. Este método implica golpear las plantas secas contra una superficie dura para liberar los granos de las espigas. Aunque es laboriosa, la trilla manual puede ser efectiva y económica en ausencia de maquinaria especializada.

Señalan que la trilla manual permite a los agricultores controlar la presión aplicada, lo que reduce el riesgo de dañar los granos. Sin embargo, este método puede ser ineficiente en términos de tiempo y esfuerzo, especialmente en grandes volúmenes de producción (Mercado et al., 2020).

Figura 10

Trilla manual



Fuente: Gómez P. et al. (2016)

7.2.2.2 Trilla Mecánica

La trilla mecánica es más rápida y eficiente, ideal para grandes producciones de quinua. Las trilladoras mecánicas separan los granos de las espigas utilizando tambores giratorios y corrientes de aire. Este proceso es más uniforme y puede manejar grandes cantidades de material en menos tiempo.

Destacan que las trilladoras modernas deben ajustarse cuidadosamente para evitar la fractura de los granos. Los ajustes incluyen la velocidad del tambor, la presión de los rodillos y la intensidad del flujo de aire. Un ajuste incorrecto puede resultar en una alta proporción de granos dañados,

afectando negativamente la calidad del producto final (Shunta-Ronquillo et al., 2021).

7.2.3. Recomendaciones para Optimizar la Recolección y Trilla

7.2.3.1 Selección del Momento de Cosecha

El momento óptimo para la recolección es crucial para maximizar la calidad y el rendimiento de los granos. La cosecha debe realizarse cuando los granos han alcanzado la madurez fisiológica y el contenido de humedad es adecuado, generalmente entre el 10 y el 15% (Carcasi, 2020).

7.2.3.2 Ajuste de la Maquinaria

El ajuste preciso de las cosechadoras y trilladoras es esencial para minimizar los daños a los granos. La velocidad y la presión de las máquinas deben ajustarse según las características específicas del cultivo y las condiciones del campo (Chaparro Castro, 1997).

7.2.3.3 Prácticas de Secado

El secado adecuado de las plantas antes de la trilla es importante para reducir el contenido de humedad de los granos y evitar problemas de almacenamiento. Las plantas deben secarse al aire libre o en secadores solares o mecánicos, dependiendo de los recursos disponibles (Rivera-Palma et al., 2022).

7.2.3.4 Manejo Post-Cosecha

Después de la trilla, los granos deben limpiarse y clasificarse para eliminar impurezas y asegurar una calidad uniforme. Este proceso puede incluir la eliminación de polvo, piedras y material vegetal no deseado, utilizando tamices y corrientes de aire (Montalvo Samame et al., 2018).

7.3 Manejo y Almacenamiento Postcosecha

El manejo y almacenamiento postcosecha de *Chenopodium quinoa* Willd. son etapas críticas que influyen directamente en la calidad del producto final y en su valor en el mercado. Este capítulo aborda las prácticas recomendadas para el manejo y almacenamiento de quinua después de la cosecha, incluyendo el secado, limpieza, almacenamiento y control de calidad, respaldado por investigaciones científicas y prácticas agrícolas efectivas.

7.3.1 Secado Postcosecha

El secado es una de las primeras etapas cruciales en el manejo postcosecha. Los granos de quinua deben secarse adecuadamente para reducir su contenido de humedad a niveles seguros para el almacenamiento, generalmente alrededor del 10% al 12% (Rivera-Palma et al., 2022).

7.3.1.1 Métodos de Secado

- Secado al Aire Libre: El secado al aire libre es una práctica tradicional que implica extender los granos sobre superficies planas bajo la luz solar. Aunque es económico, este método depende de las condiciones climáticas y puede ser menos eficiente en términos de tiempo.
- Secadores Solares: Los secadores solares ofrecen una alternativa más controlada al secado al aire libre, utilizando estructuras cubiertas para capturar el calor del sol y acelerar el proceso de secado. Este método protege los granos de la humedad y los contaminantes ambientales (Rivera-Palma et al., 2022).
- Secadores Mecánicos: Los secadores mecánicos son más eficientes y consistentes, utilizando aire caliente controlado para secar los granos. Este método es especialmente útil en regiones con alta humedad o en grandes operaciones comerciales donde el tiempo es un factor crítico (Rivera-Palma et al., 2022).

7.3.2. Limpieza y Clasificación

Después del secado, los granos de quinua deben someterse a procesos de limpieza y clasificación para eliminar impurezas y asegurar una calidad uniforme. Este paso es vital para aumentar el valor comercial del producto y cumplir con los estándares de calidad del mercado.

7.3.2.1. Equipos de Limpieza

- Tamices y Cribas: Los tamices y cribas se utilizan para separar los granos de las partículas más grandes y las impurezas. Este equipo clasifica los granos por tamaño, asegurando que solo los granos de la calidad deseada continúen en el proceso (Chagua Aduviri et al., 2022).
- Separadores por Aire: Los separadores por aire utilizan corrientes de aire para eliminar el polvo, cáscaras y otras partículas ligeras. Este método es efectivo para mejorar la pureza del producto final.

7.3.3 Almacenamiento

El almacenamiento adecuado es crucial para mantener la calidad de los granos de quinua y prolongar su vida útil. Los granos deben almacenarse en condiciones que prevengan la absorción de humedad, el ataque de plagas y el deterioro por microorganismos.

7.3.3.1. Condiciones de Almacenamiento

- Ambientes Secos y Frescos: Los granos deben almacenarse en ambientes secos y frescos con temperaturas controladas para prevenir la absorción de humedad y el crecimiento de mohos. La temperatura ideal para el almacenamiento es entre 10°C y 15°C (Kibar et al., 2021).
- Contenedores Herméticos: El uso de contenedores herméticos puede prevenir la entrada de humedad y plagas. Los recipientes deben ser de materiales que no reactivos y que no permitan la entrada de luz para proteger los granos de la oxidación (Via et al., 2016 ; Granado-Rodríguez et al., 2022).

7.3.4. Control de Calidad

El control de calidad postcosecha incluye la inspección regular de los granos almacenados para asegurar que no se deterioren. Este proceso puede incluir la monitorización de la humedad, la temperatura y la presencia de plagas.

7.3.4.1. Procedimientos de Control

- Monitoreo de Humedad: La monitorización regular del contenido de humedad es esencial para evitar problemas de almacenamiento. Los medidores de humedad portátiles pueden ser utilizados para evaluar rápidamente la condición de los granos (Carcasi, 2020).
- Inspección de Plagas: Inspecciones periódicas pueden identificar la presencia de plagas. El uso de trampas y métodos biológicos de control puede ayudar a mantener las plagas bajo control sin recurrir a pesticidas químicos (Cayllante Tapia, 2024).

Capítulo 8

VALOR NUTRICIONAL Y USOS DE LA QUINUA

8.1 Composición Nutricional

Chenopodium quinoa, comúnmente conocida como quinua, es una planta andina que ha ganado reconocimiento mundial debido a su excepcional perfil nutricional. La quinua es considerada un "superalimento" por su alto contenido de proteínas, aminoácidos esenciales, vitaminas, minerales y compuestos bioactivos. Este capítulo explora en detalle la composición nutricional de la quinua, respaldado por estudios científicos y análisis nutricionales.

Tabla 3

Contenido de macronutrientes en 100gr de peso seco en distintos granos

100 grs	Quinoa	Arroz	Trigo
Energía (Kcal)	306	387	314
Proteína (gr)	13,8	7	11,7
Grasa (gr)	5,5	0,9	2
Carbohidratos (gr)	49,2	86	61
Fibra dietética (gr)	7,9	0,2	10,3

Fuente; Nutricionycocina. (2024)

8.1.1 Proteínas y Aminoácidos

La quinua es una fuente rica en proteínas de alta calidad. A diferencia de la mayoría de los cereales, la quinua contiene todos los aminoácidos esenciales, lo que la convierte en una proteína completa. Esto es particularmente importante para las dietas vegetarianas y veganas.

Blanco Blasco et al., 2002, González et al., 2012 y Rojas et al., 2016, señalan que el contenido de proteína en la quinua varía entre el 9,15% y el 15,53% dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo. Estudios han demostrado que la composición de aminoácidos de la quinua es

comparable a la de la caseína, la proteína de referencia de la leche, con niveles significativos de lisina, metionina y cisteína.

8.1.2 Carbohidratos y Fibra Dietética

Los carbohidratos representan aproximadamente el 58% al 68% del contenido seco de la quinua. La mayor parte de estos carbohidratos son almidones complejos, que proporcionan una liberación sostenida de energía.

Según Lamothe et al. (2015) y Repo-Carrasco-Valencia y Serna (2011), la quinua también es una buena fuente de fibra dietética, tanto soluble como insoluble. La fibra insoluble ayuda a la salud digestiva, mientras que la fibra soluble puede ayudar a controlar los niveles de azúcar en sangre y colesterol. En promedio, la quinua contiene alrededor del 10% al 11% de fibra dietética.

8.1.3 Grasas y Ácidos Grasos

La quinua contiene una baja cantidad de grasas, aproximadamente del 4% al 7%. Sin embargo, es notable por su perfil de ácidos grasos saludables, incluyendo ácido linoleico (omega-6) y ácido alfa-linolénico (omega-3).

Según Rojas et al. (2016), indican que los ácidos grasos poliinsaturados constituyen alrededor del 50% del contenido total de grasa en la quinua, lo que es beneficioso para la salud cardiovascular. Estos ácidos grasos esenciales deben obtenerse a través de la dieta, ya que el cuerpo humano no puede sintetizarlos.

8.1.4 Vitaminas y Minerales

La quinua es una excelente fuente de vitaminas y minerales esenciales. Contiene niveles significativos de vitamina E, vitaminas del complejo B (especialmente B2 y B6), y ácido fólico.

Nazar Covarrubias et al. (2020), destacan que la quinua es rica en minerales como hierro, magnesio, fósforo, potasio y zinc. El contenido de hierro en la quinua es particularmente notable, con niveles que varían entre 7.71 mg a 10.76 mg por 100 g, lo que la hace beneficiosa para prevenir la anemia.

8.1.5 Compuestos Bioactivos y Antioxidantes

Además de sus macronutrientes y micronutrientes, la quinua contiene una variedad de compuestos bioactivos que contribuyen a su

valor nutricional. Estos incluyen flavonoides, saponinas, fitoesteroles y compuestos fenólicos.

Ocampo et al., 2023 informan que la quinua tiene una alta capacidad antioxidante debido a estos compuestos, lo que puede ayudar a reducir el estrés oxidativo en el cuerpo. Los flavonoides, como la quercetina y el kaempferol, han mostrado efectos antiinflamatorios y anticancerígenos en estudios preclínicos.

8.2 Beneficios para la Salud

Chenopodium quinoa, conocida comúnmente como quinua, ha sido valorada por sus beneficios para la salud debido a su excepcional perfil nutricional y la presencia de compuestos bioactivos. Este capítulo explora en detalle los diversos beneficios para la salud que ofrece la quinua, respaldados por investigaciones científicas y estudios clínicos.

8.2.1 Mejora de la Salud Cardiovascular

Uno de los principales beneficios de la quinua es su capacidad para mejorar la salud cardiovascular. La quinua es rica en ácidos grasos poliinsaturados, particularmente en ácido alfa-linolénico (ALA), un tipo de ácido graso omega-3 que se ha asociado con una reducción del riesgo de enfermedades cardíacas. Estudios han demostrado que el consumo de quinua puede ayudar a reducir los niveles de colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad) y aumentar los niveles de colesterol HDL (lipoproteínas de alta densidad), lo que es beneficioso para la salud del corazón (Farinazzi-Machado et al., 2012; López-Cervantes et al., 2021).

Además, la quinua contiene una alta cantidad de fibra dietética, que ayuda a reducir la presión arterial y los niveles de colesterol en sangre. La fibra soluble presente en la quinua puede unirse a los ácidos biliares en el intestino y promover su excreción, reduciendo así la cantidad de colesterol absorbido por el cuerpo (Farinazzi-Machado et al., 2012).

8.2.2 Control de la Diabetes

La quinua tiene un bajo índice glucémico, lo que significa que su consumo no provoca picos rápidos en los niveles de glucosa en sangre. Esto la hace particularmente adecuada para personas con diabetes o aquellas que buscan prevenir la enfermedad. Estudios han mostrado que los alimentos con bajo índice glucémico, como la quinua, pueden ayudar a controlar los niveles de azúcar en sangre y mejorar la sensibilidad a la insulina (Ruiz et al., 2017).

Los compuestos fenólicos y flavonoides presentes en la quinua también tienen propiedades antioxidantes que pueden proteger las células del daño oxidativo asociado con la diabetes y otras enfermedades crónicas (Tang et al., 2016).

8.2.3 Apoyo a la Pérdida de Peso

La quinua es una excelente opción para quienes buscan perder peso de manera saludable. Su alto contenido de proteínas y fibra puede aumentar la sensación de saciedad, reduciendo así el apetito y la ingesta calórica total. Las proteínas de la quinua tienen un efecto termogénico más alto en comparación con los carbohidratos y las grasas, lo que significa que el cuerpo quema más calorías para digerirlas y metabolizarlas (Ruiz et al., 2017).

Un estudio realizado por Navarro-Pérez et al., 2017 encontró que el consumo de quinua puede ayudar a reducir la acumulación de grasa en el cuerpo y mejorar la composición corporal, lo que es beneficioso para la gestión del peso y la salud metabólica.

8.2.4 Propiedades Antiinflamatorias y Antioxidantes

La quinua es rica en compuestos antioxidantes como los flavonoides quercetina y kaempferol. Estos compuestos tienen efectos antiinflamatorios y antioxidantes potentes que pueden ayudar a reducir el riesgo de enfermedades crónicas como el cáncer, las enfermedades cardíacas y la diabetes (Tang & Tsao, 2017 ; Agarwal et al., 2023).

Los antioxidantes neutralizan los radicales libres en el cuerpo, que son moléculas inestables que pueden dañar las células y contribuir al envejecimiento y a diversas enfermedades. Al consumir quinua, se puede aumentar la capacidad antioxidante del cuerpo y mejorar la salud general (S. Zamora & J. Diego, 2007).

8.2.5 Beneficios Digestivos

La fibra dietética en la quinua no solo ayuda a controlar el colesterol y los niveles de azúcar en sangre, sino que también promueve una digestión saludable. La fibra insoluble en la quinua agrega volumen a las heces y facilita el tránsito intestinal, previniendo el estreñimiento (Chamorro y Chambilla Mamani, 2010).

Además, la quinua contiene saponinas, compuestos naturales que pueden tener efectos prebióticos (Hernández-Ledesma, 2019). Los prebióticos son sustancias que promueven el crecimiento de bacterias

beneficiosas en el intestino, mejorando la salud digestiva y fortaleciendo el sistema inmunológico.

8.3 Aplicaciones Culinarias y No Culinarias

Chenopodium quinoa, comúnmente conocida como quinua, no solo es apreciada por sus beneficios nutricionales, sino también por su versatilidad en la cocina y sus aplicaciones no culinarias. Este capítulo explora las diversas formas en que la quinua puede ser utilizada en la gastronomía y otros campos, respaldado por estudios y referencias científicas.

8.3.1 Aplicaciones Culinarias

La quinua es un ingrediente extremadamente versátil que puede ser utilizado en una variedad de preparaciones culinarias. Su textura y sabor únicos la hacen adecuada para una amplia gama de platos, desde sopas y ensaladas hasta postres.

8.3.1.1 Platos Principales

La quinua se puede utilizar como un sustituto saludable del arroz, la pasta y otros granos en muchos platos principales. Puede ser hervida y utilizada como base para ensaladas, mezclada con verduras y proteínas para hacer platos de un solo tazón, o incorporada en guisos y sopas.

Según Ancco Vizcarra et al. (2019), la quinua cocida tiene una textura esponjosa y un sabor suave a nuez, lo que la hace ideal para absorber los sabores de otros ingredientes en el plato. Además, su capacidad para mantener su forma después de la cocción la convierte en un ingrediente atractivo para ensaladas y platos fríos.

8.3.1.2 Productos de Panadería y Repostería

La harina de quinua es un excelente sustituto de la harina de trigo en productos de panadería y repostería, especialmente para aquellos que buscan opciones sin gluten. La harina de quinua puede ser utilizada en la elaboración de panes, galletas, pasteles y otros productos horneados.

Ballester-Sánchez et al. (2019) señala que la quinua tiene un alto contenido de proteínas y fibra, lo que puede mejorar el valor nutricional de los productos horneados. Además, los estudios han demostrado que la incorporación de harina de quinua en productos de panadería puede mejorar la textura y el sabor, proporcionando una alternativa saludable y deliciosa a los productos convencionales de trigo.

8.3.1.3 Bebidas y Postres

La quinua también puede ser utilizada en la elaboración de bebidas y postres. La leche de quinua, similar a la leche de almendra o de soja, es una alternativa nutritiva y sin lactosa a la leche de vaca. Puede ser utilizada en batidos, café y otras bebidas.

Mendoza Rodas & Miranda Peralda (2019) mencionan que la quinua puede ser utilizada en la preparación de postres como pudines, galletas y barras energéticas, aprovechando su perfil nutricional y su capacidad para combinarse bien con otros ingredientes.

8.3.2 Aplicaciones No Culinarias

Además de sus aplicaciones culinarias, la quinua tiene varios usos no culinarios que la convierten en una planta versátil y valiosa.

8.3.2.1 Productos Cosméticos

La quinua ha encontrado su lugar en la industria cosmética debido a sus propiedades beneficiosas para la piel y el cabello. Los extractos de quinua son utilizados en productos para el cuidado de la piel debido a su capacidad para hidratar y nutrir la piel. Los péptidos de quinua, en particular, han demostrado tener propiedades antioxidantes y antiinflamatorias que pueden mejorar la salud de la piel (Rivera Henao & Colquichagua Sinche, 2018).

8.3.2.2 Aplicaciones Industriales

La saponina, un compuesto presente en la capa exterior de las semillas de quinua, tiene varias aplicaciones industriales. Las saponinas son conocidas por sus propiedades espumantes y pueden ser utilizadas en la producción de detergentes, champús y productos de limpieza ecológicos (Villacrés Alvarez et al., 2019).

Además, las saponinas de la quinua pueden ser utilizadas en la agricultura como pesticidas naturales debido a sus propiedades insecticidas y fungicidas (Bonilla et al., 2019).

8.3.2.3 Alimentación Animal

Los residuos de la producción de quinua, como las cáscaras y otros subproductos, pueden ser utilizados como alimento para animales. Estos subproductos son ricos en nutrientes y pueden ser una fuente valiosa de alimentación para el ganado, contribuyendo a una agricultura más sostenible y eficiente (Torres Navarrete et al., 2017).

Capítulo 9

MERCADOS Y COMERCIALIZACIÓN

9.1 Demanda y Tendencias del Mercado

El mercado de Chenopodium quinoa, comúnmente conocido como quinua, ha experimentado un notable crecimiento en las últimas décadas. Su alto valor nutricional y su adaptabilidad a diversas condiciones climáticas han impulsado su popularidad tanto en los mercados nacionales como internacionales. Este capítulo explora las tendencias y la demanda de la quinua en el mercado global, respaldado por estudios y referencias científicas.

9.1.1 Crecimiento de la Demanda

La demanda de quinua ha crecido exponencialmente desde principios del siglo XXI, impulsada por el creciente interés en alimentos saludables y sostenibles. La quinua es reconocida por su perfil nutricional, que incluye proteínas de alta calidad, aminoácidos esenciales, fibra, vitaminas y minerales (Huillca et al., nd ; Hernández-Ledesma, 2019). Este perfil la convierte en un alimento ideal para consumidores preocupados por la salud.

Bazile y Baudron (2014) y Vega Gálvez et al. (2010) destaca que la quinua ha sido adoptada por diversas culturas alrededor del mundo, no solo como un alimento básico, sino también como un ingrediente gourmet en restaurantes de alta cocina. Su versatilidad en la cocina y sus beneficios para la salud han sido factores clave en el aumento de su demanda.

9.1.2 Tendencias del Mercado

9.1.2.1 Aumento del Consumo en Países Desarrollados

El consumo de quinua ha aumentado significativamente en países desarrollados, particularmente en América del Norte y Europa. Este incremento está asociado con la tendencia hacia dietas más saludables y la preferencia por alimentos orgánicos y sin gluten (Andrango et al., 2021). La quinua, al ser libre de gluten y altamente nutritiva, ha encontrado un nicho importante entre los consumidores con intolerancias alimentarias y aquellos que buscan opciones alimenticias más saludables.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) declaró 2013 como el "Año Internacional de la Quinua", lo que contribuyó a elevar el perfil de este grano a nivel mundial y a aumentar su demanda (Pamela Ku Soria, 2017).

9.1.2.2 Expansión de la Producción

La producción de quinua, que históricamente se ha concentrado en los países andinos de América del Sur, ha comenzado a expandirse a otras regiones del mundo. El número de países que cultivan quinua aumentó de 8 en 1980 a 75 en 2014, y 20 países más iniciaron el cultivo en 2015 (Bazile et al., 2016). Países como Estados Unidos, Canadá, y varios en Europa y Asia están incrementando su producción de quinua para satisfacer la creciente demanda interna (Hinostroza et al., 2021).

Esta expansión también está siendo impulsada por la investigación y desarrollo en agricultura, que busca adaptar la quinua a diferentes condiciones climáticas y tipos de suelo. Investigaciones han demostrado que la quinua puede ser cultivada en una variedad de entornos, lo que facilita su producción en regiones fuera de los Andes.

9.1.2.3 Innovaciones en Productos Derivados

La industria alimentaria ha respondido a la creciente demanda de quinua con una amplia gama de productos derivados. Estos incluyen no solo la quinua en su forma tradicional de grano, sino también harina de quinua, pasta, cereales, snacks y bebidas. La incorporación de quinua en productos procesados ha permitido que los consumidores la integren fácilmente en sus dietas diarias (Huillca et al., nd).

La diversificación de productos derivados de la quinua ha sido clave para su aceptación en mercados globales, facilitando su inclusión en diferentes tipos de comidas y estilos de vida.

9.1.3 Desafíos y Oportunidades

9.1.3.1 Desafíos en la Cadena de Suministro

A pesar del crecimiento en la demanda y la producción, la cadena de suministro de la quinua enfrenta varios desafíos. Estos incluyen problemas de sostenibilidad, fluctuaciones en los precios y la necesidad de mantener la calidad del producto (Pinedo-Taco et al., 2018). Las variaciones climáticas y la dependencia de ciertos métodos tradicionales de cultivo pueden afectar la estabilidad de la producción y los precios.

9.1.3.2 Oportunidades de Mercado

La quinua presenta numerosas oportunidades de mercado, especialmente en el contexto de la alimentación saludable y sostenible. La demanda de productos orgánicos y naturales sigue creciendo, y la quinua se encuentra en una posición favorable para capitalizar estas tendencias. Además, la investigación continua en el mejoramiento genético y las prácticas agrícolas sostenibles puede ayudar a estabilizar la producción y mejorar los rendimientos (Santos-Martínez, 2020; Carimentrand et al., 2015).

9.2 Estrategias de Comercialización

La creciente demanda global de *Chenopodium quinoa*, comúnmente conocida como quinua, ha generado una necesidad de estrategias de comercialización efectivas para maximizar su potencial de mercado. Este capítulo explora diversas estrategias de comercialización que pueden ser implementadas para promover la quinua, tanto a nivel local como internacional, respaldadas por estudios y referencias científicas.

9.2.1 Estrategias de Marketing

9.2.1.1 Branding y Posicionamiento

Una estrategia fundamental para la comercialización de la quinua es el desarrollo de una marca sólida y un posicionamiento claro en el mercado. La quinua puede ser comercializada como un "superalimento" debido a sus beneficios nutricionales, lo cual puede atraer a consumidores preocupados por la salud (Córdova-Palacios et al., 2023). Destacan que la quinua es rica en proteínas, fibra, vitaminas y minerales, lo que la convierte en una opción atractiva para dietas saludables.

El branding puede incluir la creación de una identidad visual atractiva, el uso de empaques ecológicos y la comunicación de los beneficios de la quinua a través de etiquetas y campañas de marketing. Además, resaltar aspectos como la sostenibilidad y el comercio justo puede aumentar el atractivo del producto para consumidores conscientes de estos temas (Felix y Javier (2013).

9.2.1.2 Diversificación de Productos

La diversificación de productos es otra estrategia clave para ampliar el mercado de la quinua. Además de vender la quinua en su forma de grano, se pueden desarrollar productos derivados como harina de quinua, pasta, snacks, bebidas y productos horneados. Esta diversificación no solo

aumenta las oportunidades de ventas, sino que también facilita la inclusión de la quinua en una variedad de dietas y estilos de vida (Rojas et al., 2016).

Los productos innovadores, como barras energéticas de quinua, leche de quinua y cereales para el desayuno, pueden captar la atención de diferentes segmentos del mercado. Además, la inclusión de quinua en productos gourmet y de alta cocina puede posicionar la quinua como un ingrediente premium.

9.2.1.3 Educación del Consumidor

Educar a los consumidores sobre los beneficios de la quinua es crucial para su comercialización. Las campañas de marketing deben enfocarse en informar a los consumidores sobre las propiedades nutricionales de la quinua, sus beneficios para la salud y las diferentes formas de incorporarla en la dieta diaria. Bravo et al. (2021) sugiere que la falta de conocimiento sobre la quinua puede ser una barrera para su adopción, por lo que la educación del consumidor es esencial.

Los eventos de degustación, las demostraciones de cocina, los folletos informativos y el contenido en línea, como videos de recetas y blogs, pueden ser herramientas efectivas para educar a los consumidores y aumentar la demanda.

9.2.2 Estrategias de Distribución

9.2.2.1 Expansión de Canales de Venta

Ampliar los canales de venta es fundamental para aumentar la accesibilidad de la quinua. Esto incluye la venta a través de supermercados, tiendas de alimentos naturales, mercados de agricultores y plataformas de comercio electrónico. La venta en línea, en particular, puede llegar a un público más amplio y facilitar las compras para los consumidores que buscan productos saludables (Once & Suasti, 2024).

9.2.2.2 Alianzas y Colaboraciones

Formar alianzas con empresas de alimentos, restaurantes y chefs reconocidos puede ayudar a promover la quinua. Estas colaboraciones pueden incluir la inclusión de quinua en menús de restaurantes, el desarrollo de productos alimenticios con marcas conocidas y la promoción a través de influencers y expertos en nutrición (Mercado, 2018).

9.2.2.3 Certificaciones y Etiquetas

Obtener certificaciones como "orgánico", "sin gluten" y "comercio justo" puede aumentar la credibilidad y el atractivo de la quinua. Estas certificaciones pueden ser destacadas en el empaque y en las campañas de marketing para atraer a consumidores que buscan productos con estas características (Carimentrand et al., 2015).

9.2.3 Estrategias Internacionales

9.2.3.1 Penetración en Nuevos Mercados

Identificar y penetrar en nuevos mercados internacionales es una estrategia clave para la expansión de la quinua. Los estudios de mercado pueden ayudar a identificar países con una alta demanda de productos saludables y sostenibles. La participación en ferias comerciales y exposiciones internacionales también puede ayudar a establecer contactos y abrir nuevas oportunidades de mercado (Córdova-Palacios et al., 2023).

9.2.3.2 Adaptación Cultural: Adaptar los productos y las estrategias de marketing a las preferencias y culturas locales puede mejorar la aceptación de la quinua en diferentes mercados. Esto puede incluir la adaptación de recetas, el desarrollo de productos específicos para ciertos mercados y la colaboración con chefs y expertos locales para promover la quinua.

9.3 Normativas y Certificaciones

La creciente popularidad de *Chenopodium quinoa*, conocida comúnmente como quinua, en los mercados globales ha llevado a la necesidad de establecer normativas y certificaciones específicas para garantizar la calidad, seguridad y sostenibilidad de su producción y comercialización. Este capítulo analiza las principales normativas y certificaciones relacionadas con la quinua, y cómo estas impactan su aceptación y competitividad en el mercado internacional, respaldado por estudios y referencias científicas.

9.3.1 Normativas Internacionales

9.3.1.1 Codex Alimentarius

El Codex Alimentarius, creado por la FAO y la OMS, establece normas internacionales para asegurar la calidad y seguridad de los alimentos. En el caso de la quinua, el Codex proporciona directrices sobre los límites de contaminantes, pesticidas y otros agentes que podrían afectar la seguridad del producto (Antônio César Ortega & M. Borges, 2015). Estas normas son

cruciales para el comercio internacional, ya que ayudan a garantizar que la quinua exportada cumpla con los requisitos de los diferentes mercados.

9.3.1.2 Reglamentos de la Unión Europea

La Unión Europea (UE) es uno de los principales mercados para la quinua, y sus regulaciones sobre la importación de productos agrícolas son rigurosas. Los Reglamentos (CE) No 834/2007 y (CE) No 889/2008 de la UE establecen normas para la producción y etiquetado de productos orgánicos, incluyendo la quinua. Estas normativas especifican los métodos de cultivo permitidos, los tipos de insumos que pueden utilizarse y las prácticas de manejo post-cosecha (Lazíková et al., 2022).

9.3.1.3 Normativas de Estados Unidos

En Estados Unidos, la quinua importada debe cumplir con las regulaciones de la FDA (Food and Drug Administration) y el USDA (United States Department of Agriculture). La FDA regula aspectos relacionados con la seguridad alimentaria, mientras que el USDA supervisa la certificación orgánica a través del Programa Nacional Orgánico (NOP). Estas regulaciones aseguran que la quinua cumple con los estándares de seguridad y calidad requeridos para su venta en el mercado estadounidense (Santos-Martínez, 2020).

9.3.2 Certificaciones Relevantes

9.3.2.1 Certificación Orgánica

La certificación orgánica es una de las más importantes para la quinua, ya que responde a la creciente demanda de productos orgánicos por parte de los consumidores. Esta certificación garantiza que la quinua se ha producido sin el uso de pesticidas, fertilizantes sintéticos, organismos genéticamente modificados (OGM) y otros insumos prohibidos (Nascimento et al., 2013). La obtención de esta certificación puede aumentar significativamente el valor de mercado de la quinua.

9.3.2.2 Certificación Fair Trade

La certificación de Comercio Justo (Fair Trade) asegura que los productores de quinua reciben un precio justo por su producto, además de cumplir con estándares sociales, económicos y ambientales. Esta certificación es especialmente relevante para los pequeños agricultores en los países andinos, ya que promueve prácticas de comercio equitativo y contribuye al desarrollo sostenible de las comunidades agrícolas (Ríos y Surco Ocas, 2020).

9.3.2.3 Certificación sin Gluten

Dado que la quinua es naturalmente libre de gluten, la certificación sin gluten es importante para asegurar a los consumidores con intolerancia al gluten o enfermedad celíaca que el producto es seguro para su consumo. Esta certificación requiere que la quinua sea procesada y empaquetada en instalaciones que eviten la contaminación cruzada con productos que contienen gluten (Herencia y Ciclitira, 2015).

9.3.3 Impacto de las Certificaciones en el Mercado

Las certificaciones no solo aseguran la calidad y seguridad del producto, sino que también pueden proporcionar una ventaja competitiva en el mercado. Los consumidores están cada vez más dispuestos a pagar precios premium por productos certificados orgánicos, de comercio justo y sin gluten (Mora-Córdova et al., 2020). Estas certificaciones pueden abrir nuevos mercados y mejorar la reputación de los productores de quinua, fomentando prácticas agrícolas sostenibles y equitativas.

Capítulo 10

INNOVACIONES Y FUTURO DEL CULTIVO DE QUINUA

10.1 Avances Tecnológicos

El cultivo de *Chenopodium quinoa*, comúnmente conocida como quinua, ha experimentado avances significativos gracias a la aplicación de tecnologías modernas. Estos avances han mejorado la eficiencia de la producción, la resistencia a condiciones adversas y la calidad del producto final. Este capítulo aborda los principales avances tecnológicos en el cultivo de quinua, respaldados por investigaciones y estudios recientes.

10.1.1 Mejora Genética y Biotecnología

10.1.1.1 Selección y Mejoramiento Genético

El mejoramiento genético ha sido fundamental para desarrollar variedades de quinua que sean más resistentes a enfermedades, plagas y condiciones climáticas adversas. Programas de mejoramiento genético, como los liderados por la FAO, han logrado desarrollar variedades que pueden prosperar en suelos salinos y resistir sequías prolongadas (Bonifacio, 2019). Estas variedades mejoradas también han mostrado una mayor productividad y calidad nutricional.

10.1.1.2 Técnicas de Biotecnología: La biotecnología ha permitido avances significativos en la comprensión y manipulación genética de la quinua. Técnicas como la edición genética CRISPR/Cas9 han sido utilizadas para mejorar la resistencia a enfermedades y optimizar el contenido nutricional de la quinua (Gutiérrez & Mollinedo Portugal, 2022). Estas técnicas permiten modificaciones precisas en el genoma de la planta, acelerando el proceso de mejoramiento y superando las limitaciones de los métodos tradicionales.

10.1.2 Tecnología de Cultivo

10.1.2.1 Sistemas de Riego Automatizados

Los sistemas de riego automatizados, como el riego por goteo y el riego por aspersión controlados por sensores, han transformado la gestión del agua en el cultivo de quinua. Estos sistemas permiten una aplicación precisa del agua, reduciendo el desperdicio y optimizando el uso de recursos

hídricos. Estudios han demostrado que el riego por goteo puede aumentar la eficiencia del uso del agua y mejorar los rendimientos en regiones áridas (Gabriel et al., 2015; Lescano Veloz & Vásconez Acuña, 2023).

10.1.2.2 Sensores y Monitoreo Remoto

El uso de sensores para monitorear condiciones del suelo y el clima ha permitido a los agricultores tomar decisiones informadas en tiempo real. Sensores de humedad del suelo, temperatura y nutrientes pueden integrarse en plataformas digitales que proporcionan recomendaciones precisas sobre el riego y la fertilización (García Aldape et al., 2022 ; Fernández, 2023). Esta tecnología ayuda a reducir los costos operativos y aumentar la productividad.

10.1.3 Agricultura de Precisión

10.1.3.1 Drones y Tecnología de Imágenes

Los drones equipados con cámaras multiespectrales y térmicas han revolucionado el monitoreo de cultivos. Estas imágenes permiten la detección temprana de enfermedades, estrés hídrico y deficiencias nutricionales, proporcionando datos precisos para intervenciones oportunas (Berrio et al., 2015; Berrio et al., 2018). La agricultura de precisión, respaldada por estas tecnologías, permite un manejo más eficiente y sostenible del cultivo de quinua.

10.1.3.2 Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se utilizan para mapear y analizar datos espaciales del cultivo de quinua. Estos sistemas permiten la evaluación detallada de la topografía, el uso del suelo y las condiciones climáticas, facilitando la planificación y gestión del cultivo (Vea & Chia, 2017). El uso de SIG puede mejorar la toma de decisiones y optimizar la producción agrícola.

10.1.4 Tecnologías de Postcosecha

10.1.4.1 Técnicas de Secado y Almacenamiento

La implementación de tecnologías avanzadas de secado y almacenamiento ha mejorado la calidad y la vida útil de la quinua. Sistemas de secado solar y cámaras de almacenamiento con control de humedad y temperatura ayudan a preservar las propiedades nutricionales y evitar la contaminación por hongos y plagas (Bakhtavar y Afzal, 2020).

10.1.4.2 Trazabilidad y Seguridad Alimentaria

La tecnología de trazabilidad permite rastrear la quinua desde su origen hasta el consumidor final, asegurando la seguridad y calidad del producto. La implementación de sistemas de trazabilidad basados en blockchain ha comenzado a ser explorada para garantizar la transparencia y confianza en la cadena de suministro (Andrade Albán et al., 2019).

REFERENCIAS

Abdalla, D., Jorge, A., Abdou, G., Amidou, G., Louis, N., & Jacob, S. (2020). Effect of different planting techniques and sowing density rates on the development of quinoa. *African Journal of Agricultural Research, 16, 1325-1333.*

Abellán Ruiz, M.S., Barnuevo Espinosa, M.D., García Santamaría, C., Contreras Fernández, C.J., Aldeguer García, M., Soto Méndez, F., Guillén Guillén, I., Luque Rubia, A.J., Quinde Ràzuri, F.J., Martínez Garrido, A., & López Román, F.J. (2017). [Effect of quinua (*Chenopodium quinoa*)consumption as a coadjuvant in nutritional intervention in prediabetic subjects]. *Nutricion hospitalaria, 34 5, 1163-1169 .*

A., Belguet., Radia, Bouchareb., Mohamed, Djoudi., Ali, Guendouz. (2024). 2. Agro-nutritionnel Characterisation of Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.). Journal of Agronomy, Technology and Engineering Management, doi: 10.55817/ytvl5757

Abdelaziz, Nilahyane., Rajan, Ghimire., Meagan, E., Schipanski., Charles, P., West., Augustine, K., Obour. (2023). 2. Overcoming agricultural sustainability challenges in water-limited environments through soil health and water conservation: insights from the Ogallala Aquifer Region, USA. International Journal of Agricultural Sustainability, doi: 10.1080/14735903.2023.2211484

Agarwal, A., Tripathi, A.D., Kumar, T., Prakash, K., Kumar, S., & Patel, S. (2023). Nutritional and Functional New Perspectives and Potential Health Benefits of Quinoa and Chia Seeds. *Antioxidants, 12.*

Aguilera, J., Motavalli, P.P., Gonzales, M.A., & Valdivia, C.B. (2012). Initial and Residual Effects of Organic and Inorganic Amendments on Soil Properties in a Potato-Based Cropping System in the Bolivian Andean Highlands. *American Journal of Experimental Agriculture, 2, 641-666.*

Alandia, G., Rodríguez, J.P., Jacobsen, S., Bazile, D., & Condori, B. (2020). Global expansion of quinoa and challenges for the Andean region. Global Food Security.

Albán, M.J., Vallejo, C., Cevallos, M.D., Herrera, J.C., Peralta, A.V., & Rodríguez, F.E. (2019). Diseño de un Sistema de Gestión de Inocuidad Alimentaria Bajo la Norma ISO 22000:2005 para Una Planta Procesadora de Quinua. *European Scientific Journal ESJ.*

Alejandro Once, E., & Orlando Suasti, K. (2024). E-commerce para facilitar las compras de productos naturales de salud en usuarios del Ecuador. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS.*

Alfonso, G., Alvarado-Ochoa, S., & Cartagena, Y. (2017). Evaluación de deficiencias nutricionales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) bajo invernadero.

Alfonso-Linares, C.A., & Monedero-García., M. (2004). Uso, Manejo y Conservación de los Suelos.

Alimentaria, F.D. (2021). Quinua: una historia de injusticias y contradicciones. Cuadernos Médico Sociales.

Almadini, A.M., Badran, A.E., & Algosaibi, A. (2019). Evaluation of Efficiency and Response of Quinoa Plant to Nitrogen Fertilization levels. *Middle East Journal of Applied Sciences.*

Alvarado Gastesi, J., Cobos Mora, F., Gómez Villalva, J.C., & Medina Litardo, R.C. (2024). Manejo integrado de cultivos y desarrollo sostenible. Magazine de las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación.

Andrango, G.C., Johnson, A.M., & Bellemare, M.F. (2021). Quinoa Production and Growth Potential in Bolivia, Ecuador, and Peru.

Angeli, V., Miguel Silva, P., Crispim Massuela, D., Khan, M.W., Hamar, A., Khajehei, F., Graeff-Hönninger, S., & Piatti, C. (2020). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): An Overview of the Potentials of the "Golden Grain" and Socio-Economic and Environmental Aspects of Its Cultivation and Marketization. Foods, 9.

Araya, J.E., Guerrero, M.A., & Lamborot, L. (1999). Lepidópteros asociados al cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willdenow) en la zona central de Chile.

Asher, A., Dagan, R., Galili, S., & Rubinovich, L. (2022). Effect of Row Spacing on Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Growth, Yield, and Grain Quality under a Mediterranean Climate. *Agriculture.*

Ashok., N., Chaudhary., N., N., Prajapati., Jigar, Desai. (2024). 1. Response of Quinoa to Different Levels of Spacing and Fertilizer. doi: 10.9734/ijpss/2024/v36i84858

Bakhtavar, M.A., & Afzal, I. (2020). Climate smart Dry Chain Technology for safe storage of quinoa seeds. *Scientific Reports, 10.*

Ballester-Sánchez, J., Millán-Linares, M.D., Fernández-Espinar, M.T., & Haros, C.M. (2019). Development of Healthy, Nutritious Bakery Products by Incorporation of Quinoa. *Foods, 8.*

Barrientos, E., Carevic, F.S., & Delatorre, J. (2017). La sustentabilidad del altiplano sur de Bolivia y su relación con la ampliación de superficies de cultivo de quinua. *Idesia (arica)*, 35, 7-15.

Basra, S.M., Iqbal, S., & Afzal, I. (2014). Evaluating the Response of Nitrogen Application on Growth, Development and Yield of Quinoa Genotypes. *International Journal of Agriculture and Biology, 16*, 886-892.

Bautista Gómez, R. (2021). REGULACIÓN DE *PERONOSPORA VARIABILIS* CON ECOFUNGICIDAS EN *Chenopodium quinoa* Willd., BAJO SISTEMA DE LABRANZA DE CONSERVACIÓN. AYACUCHO. *Investigación.*

Bazile, D. (2016). La quínoa. Los desafíos de una conquista.

Bazile, D., Pulvento, C., Verniau, A., Al-Nusairi, M.S., Ba, D., Breidy, J., Hassan, L., Mohammed, M.I., Mambetov, O., Otambekova, M., Sepahvand, N.A., Shams, A.S., Souici, D., Miri, K., & Padulosi, S. (2016). Worldwide Evaluations of Quinoa: Preliminary Results from Post International Year of Quinoa FAO Projects in Nine Countries. Frontiers in Plant Science, 7.

Bazile, D., & Baudron, F. (2014). Dinámica de expansión mundial del cultivo de la quinua respecto a su alta biodiversidad.

Bazile, D., Martínez, E.A., & Fuentes, F. (2014). Diversity of quinoa in a biogeographical island: a review of constraints and potential from arid to temperate regions of Chile. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-napoca, 42, 289-298.

Berrio, V., Alzate, D.A., Ramón, J.A., & Ramon, J.L. (2018). Sistema de optimización de las técnicas de planificación en agricultura de precisión por medio de drones.

Blanco Blasco, T., Alvarado-Ortiz Ureta, C., Muñoz Jáuregui, A.M., & Muñoz Jáuregui, C. (2002). Evaluación de la composición nutricional de la quinua (*chenopodium quinoa* willd) procedente de los departamentos de Junín, Puno, Apurímac, Cusco y Ancash. *Horizonte Médico (Lima).*

Blanco Navarro, M.A., Mendieta, B., & Rocha, L. (2023). Asocios de cultivos en camellones prehispánicos y su efecto en las propiedades del suelo. *La Calera.*

Bonifacio, A. (2019). Improvement of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and Qañawa (Chenopodium pallidicaule Aellen) in the context of climate change in the high Andes. *Ciencia e investigación agraria.*

Bonilla, H., Carbajal, Y.C., Gonzáles, M.E., Vásquez, V.S., & López, A.P. (2019). Determination of the insecticide activity of the saponine of the quinua (*Chenopodium quinoa*) in larvas of Drosophila melanogaster. *Scientia Agropecuaria.*

Böndel, K.B., & Schmid, K.J. (2021). Quinoa Diversity and Its Implications for Breeding.

Bravo, B., Miranda, M.M., & López, J. (2021). Economic Impact of Quinoa Consumption in the Diet of University Students Case: ESPOCH Agroindustry Career. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M..*

Campbell, P., Bendek, C., & Latorre, B.A. (2007). Riesgo de oídio (Erysiphe necator) de la vid en relación con el desarrollo de los racimos. *Ciencia E Investigacion Agraria, 34*, 5-11.

Carcasi, P.A. (2020). Estudio del contenido de humedad y el color de panoja como indicador del tiempo adecuado de cosecha de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

Carimentrand, A., Baudoin, A., Lacroix, P., Bazile, D., & Chia, E. (2015). Quinoa trade in Andean countries: Opportunities and challenges for family.

Casas, R.M. (2012). Adubação orgânica em condições de irrigação suplementar e seu efeito na produtividade da quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) no planalto da Bolívia.

Castro-Albán, H.A., Castro-Gómez, R.D., & Alvarado-Capó, Y. (2023). Variabilidad morfoagronómica de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) nativa tipo Chimborazo en Ecuador. Agronomía Mesoamericana.

Cayllante Tapia, J.A. (2024). Modelo de Aprendizaje Profundo para identificar plagas en la producción de quinua. *Revista Ingeniería.*

Ccoyllar-Quintanilla, K.P., Zaravia-Povis, A.F., Lozano-Povis, A.A., & Cornejo-Tueros, J.V. (2021). Vulnerability of quinoa (*Chenopodium quinoa*Willd) to environmental stress events in the high Andean regions of Peru. *Scientia Agropecuaria.*

Ceja, E.S., Sandoval, B.F., Oleschko, K., Delgadillo, M.D., Menes, M.M., & Cossío, F.V. (2006). Efecto de la estructura del suelo sobre el desarrollo radical del maíz con dos sistemas de labranza. *Agrociencia*, 40, 27-38.

Cerisola, C.P., Draghi, L., & Collazo, D.J. (2015). Compactación en siembra directa. Consecuencias del tránsito durante la operación de siembra sobre la pérdida de porosidad libre al aire del suelo. *Revista De La Facultad De Agronomia De La Universidad Del Zulia*, 113, 123-133.

Córdova-Palacios, E., Caraguay-Salinas, J., & Zamora-Campoverde, M.A. (2023). Los superfoods como una estrategia en el comercio sostenible de las exportadoras ecuatorianas al mercado europeo. 593 *Digital Publisher CEIT.*

Coronado, A.C., Hernández, E.H., Coronado, Y.M., & Mendoza, L.A. (2021). Una mirada al cultivo de la quinua en el departamento de Boyacá.

Covarrubias, N., Sandoval, S., Vera, J., Nuñez, C.I., Alfaro, C.R., & Lutz, M. (2020). Contenido de humedad, proteínas y minerales en diez variedades de quínoa chilena cultivadas en distintas zonas geográficas.

Cruz Díaz, I., Chaparro, H.N., Díaz, L.I., & Romero Guerrero, G.A. (2021). Effect of sowing density on the agronomic performance of Quinoa Nariño cultivar and the transmissivity of photosynthetically active radiation in the high tropics of Colombia.

Cuenca, G., Cáceres, A., Oirdobro, G., Hasmy, Z., & Urdaneta, C.E. (2007). Las micorrizas arbusculares como alternativa para una agricultura sustentable en areas tropicales. *Interciencia*, 32, 23-29.

Chagua Aduviri, I.L., Quispe-Barra, M.A., & Ortega Achata, O.A. (2022). Diseño y construcción de prototipo de máquina clasificadora de quinua por color usando sensores IR. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research.*

Chamorro, R.A., & Mamani, E.C. (2010). Importancia de la Fibra Dietética, sus Propiedades Funcionales en la Alimentación Humana y en la Industria Alimentaria.

Chaparro Castro, J.M. (1997). Parámetros de operación en las combinadas. *Ingeniería e Investigación.*

Chávez-Centeno, V., Mancilla-Condor, J.L., & Carbajal-Cuadros, L.N. (2024). Mildiu de la quinua (*Peronospora variabilis*): Una revisión sobre respuesta y tratamiento de la enfermedad. *Agronomía Mesoamericana.*

Díaz, M.P., Macías, A.F., Navarro, S.R., & Torre, M.D. (2006). Mecanismo de acción de los hongos entomopatógenos. Interciencia, 31, 856-860.

Diba, Sheykhi, Sanandaji., Gholamreza, Heidari., P, Fathi., Habib, Khodaverdiloo., Zahed, Sharifi. (2024). 3. Soil properties and quinoa yield as affected by irrigation and vermicompost application under a

drip-tape irrigation system. Frontiers in sustainable food systems, doi: 10.3389/fsufs.2024.1277934

Eg, B., R, R., Dad, R., T, M., & R, G. (2016). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), from Nutritional Value to Potential Health Benefits: An Integrative Review. Journal of Nutrition and Food Sciences, 6, 1-10.

Fao, F. (2016). La Quinua: Alimento estratégico para la seguridad alimentaria y nutricional.

Farinazzi-Machado, F.M., Barbalho, S.M., Oshiiwa, M., Goulart, R.D., & Junior, O.P. (2012). Use of cereal bars with quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. *Food Science and Technology International, 32, 239-244.*

Fatma, EL-Shahat, El-Gendy., Mohamed, Mubarak., eman, ismail, el, sarag., Maha, El-Maleh. (2024). 4. REPLACING OF CHEMICAL FERTILIZER WITH ORGANIC FERTILIZER ON QUINOA (*Chenopodium quinoa* Willd.) YIELD And QUALITY UNDER NORTH SINAI CONDITIONS, EGYPT.. Sinai Journal of Applied Sciences (Print), doi: 10.21608/sinjas.2024.272678.1253

Felix, A.Á., & Javier, F. (2013). Desarrollo de estrategias de posicionamiento. Caso: Producto Quinua. *Revista Perspectivas*, 39-56.

Fernández, F. (2023). IoT aplicado al monitoreo en tiempo real de cultivos agrícolas. *Reportes científicos de la FACEN*.

Filho, A.M., Pirozi, M.R., Borges, J.T., Pinheiro Sant'Ana, H.M., Chaves, J.B., & Coimbra, J.S. (2017). Quinoa: Nutritional, functional, and antinutritional aspects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57, 1618 - 1630.

Fonseca-Guerra, I.R., Chiquillo-Pompeyo, J.C., Benavides Rozo, M.E., & Díaz Ovalle, J.F. (2022). Fusarium spp. associated with *Chenopodium quinoa* crops in Colombia. *Scientific Reports*, 12.

Gabriel, C.P., Cavalca, D.L., & Sales, L.F. (2015). SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DE IRRIGAÇÃO DO PLANTIO.

Galecio-Julca, M., Neira-Ojeda, M., Chanduví-García, R., Peña-Castillo, R., Álvarez-Bernaola, L.A., Granda-Wong, C., Lindo-Seminario, D., Saavedra-Alberca, E., Javier-Alva, J., & Morales-Pizarro, D.A. (2023). Efecto de la eficacia de los microorganismos nativos y la composta en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad INIA 415-Pasankalla. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA.*

Gamboa, C., Bojacá, C.R., Schrevens, E., & Maertens, M. (2020). Sustainability of smallholder quinoa production in the Peruvian Andes. Journal of Cleaner Production, 264, 121657.

García Aldape, H., Chávez López, E., Reyes del Ángel, C., & Oyarvide Martínez, O. (2022). MONITOREO DE CULTIVOS CON INTERNET DE LAS COSAS POR MEDIO DE UNA RED DE SENSORES. *TECTZAPIC. Revista Académico-Científica.*

García-Parra, M.Á., Plazas-Leguizamón, N.Z., Rodríguez, D.C., Torrado, S.C., & Parra, J. (2018). Descripción de las saponinas en quinua (*Chenopodium quinoa* willd) en relación con el suelo y el clima: Una revisión. Informador Técnico.

García, R.D., Cárdenas, H.J., & Parra, A.S. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físico-químicas y microbiológicas en un Inceptisol.

Gómez-Calderón, N., & Estrada-León, R.J. (2020). Conservación de suelos mediante la modificación de la frecuencia de labranza: Un caso en Costa Rica.

Gómez, L.Q. (2015). Evaluación del potencial de rendimiento y calidad de líneas mutantes de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) var. Pasankalla en condiciones de costa central.

Gómez Pando, L., & Aguilar Castellanos, E. (2016). Guía de cultivo de la quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Universidad Nacional Agraria La Molina. https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf

González, J.A., Konishi, Y., Bruno, M., Valoy, M.E., & Prado, F.E. (2012). Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions. *Journal of the science of food and agriculture*, 92 6, 1222-9 .

Gutiérrez, A.F., & Mollinedo Portugal, P. (2022). Estudio genómico de la Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd): Técnicas de secuenciación e identificación genómica. Una revision. *REVISTA CON-CIENCIA.*

Granado-Rodríguez, S., Maestro-Gaitán, I., Matías, J., Rodriguez, M.J., Calvo, P., Hernández, L.E., Bolaños, L., & Reguera, M. (2022). Changes in nutritional quality-related traits of quinoa seeds under different storage conditions. *Frontiers in Nutrition*, 9.

Henao, D.A., & Sinche, F.C. (2018). Estudio de factibilidad para la creación de una empresa dedicada al desarrollo, producción, promoción, comercialización y distribución de productos para el cuidado del cabello con derivados de la quinua.

HERENCIAb, L.I., & Ciclitira, P.J. (2015). quinoa , coeliac disease and gluten-free diet *.

Hernández-Ledesma, B. (2019). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) as a source of nutrients and bioactive compounds: a review.

Hernández-Ríos, I., Osuna-Ceja, E.S., Pimentel-López, J., & García-Saucedo, P. (2022). CONTROL DE MALEZAS EN MAÍZ, FRIJOL, GIRASOL Y SORGO: Efecto de métodos de control bajo dos sistemas de siembra. *Agro-Divulgación.*

He-Qiu, Xie., Ping, Zhang., Chunhe, Jiang., Qianchao, Wang., Yirui, Guo., Xue, Zhang., Ting-Xu, Huang., Junna, Liu., Li, Li., Han, Dong, Li., Peng, Qin. (2023). 1. Combined transcriptomic and metabolomic analyses of high temperature stress response of quinoa seedlings. BMC Plant Biology, doi: 10.1186/s12870-023-04310-y

Hinojosa, L., Leguizamo, A., Carpio, C., Muñoz, D., Mestanza, C., Ochoa, J., Castillo, C., Murillo, Á., Villacréz, E., Monar, C., Pichazaca, N., & Murphy, K.M. (2021). Quinoa in Ecuador: Recent Advances under Global Expansion. *Plant*s, 10.

Hirich, A., Choukr-allah, R., & Jacobsen, S. (2014). Quinoa in Morocco – Effect of Sowing Dates on Development and Yield. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 200, 371-377.

Hong-Liang, Cui., Qing, Yao., Bao, Xing., Bangwei, Zhou., Xiaoxiao, Song., Sirna, Ee, Abdurah., Delimurati, Turahun., Minfeng, Gu., Xiushi, Yang., Syed, Sadaqat, Shah., Peiyou, Qin. (2024). 3. The Performance of Agronomic and Quality Traits of Quinoa under Different Altitude in Northwest of China. doi: 10.20944/preprints202405.0292.v1

Huanca, D.E., Boada, M., Araca, L., Vargas, W., & Vargas, R. (2015). Agrobiodiversidad y economía de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en comunidades aymaras de la cuenca del Titicaca. Idesia (arica), 33, 81-87.

IANNACONE-OLIVER, J.A., & Quispe, C.C. (2004). Efecto insecticida de dos extractos vegetales sobre el gorgojo del maíz, Sitophilus zeamais Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) en Perú.

Iqbal, S., Basra, S.M., Saddiq, M.S., Yang, A., Akhtar, S.S., & Jacobsen, S. (2020). The Extraordinary Salt Tolerance of Quinoa.

Iqra, Zaheen., Shahid, Iqbal., Hafsa, Naeem., Muhammad, Ateeq., Muhammad, Afzal., S., -., Nimra, Shahzadi., Burhan, Khalid. (2023). 3. Enhancing Drought Tolerance of Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Through Potassium and Boron Application. Asian journal of soil science and plant nutrition, doi: 10.9734/ajsspn/2023/v9i1169

Jacobsen, S. (2003). The Worldwide Potential for Quinoa (*Chenopodium quinoa*Willd.). *Food Reviews International*, 19, 167 - 177.

Jaikishun, S., Li, W., Yang, Z., & Song, S. (2019). Quinoa: In Perspective of Global Challenges. Agronomy.

Jhon, H., Baldomero, S., Luzvenia, M., Aquilino, Á., Rubén, C., & Wendel, O. Efectos del boom de quinoa sobre los sistemas tradicionales de producción andina: caso de estudio en Anta, Cusco, Perú. *XIII Congreso de Economía Agroalimentaria.*

Kibar, H., Temel, S., & Yücesan, B. (2021). Kinetic modeling and multivariate analysis on germination parameters of quinoa varieties: Effects of storage temperatures and durations. *Journal of Stored Products Research.*

Lalasia, Bialic-Murphy., Orou, G., Gaoue. (2017). 3. Low interannual precipitation has a greater negative effect than seedling herbivory on the population dynamics of a short-lived shrub, Schiedea obovata.. Ecology and Evolution, doi: 10.1002/ECE3.3595

Lamothe, L.M., Srichuwong, S., Reuhs, B.L., & Hamaker, B.R. (2015). Quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) and amaranth (Amaranthus caudatus L.) provide dietary fibres high in pectic substances and xyloglucans. *Food chemistry*, 167, 490-6 .

Laura Sucasaca, R. (2023). CARACTERIZACIÓN AGRONÓMICA Y MORFOLÓGICA DE LAS ACCESIONES DE QUINUA (Chenopodium quínoa Willd) OBTENIDAS ANCESTRALMENTE VÍA DESCRIPTOR BIOVERSITY INTERNATIONAL. Revista de Investigaciones.

Lazíková, J., Takáč, I., Rendón Schneir, E., & Rumanovská, Ľ. (2022). Legal Aspects of the Quinoa Imports Into the *EU. EU agrarian Law*, 11, 13 - 21.

Leiva Piedra, J.L., Horna Inga, D.H., & Sialer Guerrero, C.A. (2015). EVALUACIÓN DEL CULTIVO DE *Chenopodium quinoa* "QUINOA" BAJO CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICA DEL DISTRITO DE PUERTO ETEN - LAMBAYEQUE. INGENIERÍA: *Ciencia, Tecnología e Innovación*.

Lescano Veloz, A., & Vásconez Acuña, D. (2023). Sistema de riego automatizado en el caserío Sigualo del Cantón Pelileo. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS.*

Linghong, Li., Jiang, Zhao., Xinhui, Yang., Yulai, Zhang., Jianxun, Huang., Jing, Dai., Hafeez, Noor., Xiangyun, Wu., Aixia, Ren., Zhiqiang, Gao., Min, Sun. (2024). 1. Effects of Nitrogen Accumulation, Transportation, and Grain Nutritional Quality and Advances in Fungal Endophyte Research

in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Plants. Journal of Fungi, doi: 10.3390/jof10070504

Lingyuan, Zhang., Guanghong, Jia., Xuqin, Wang., Yuchen, Bai., Ping, Zhang., Junna, Liu., Li, Li., Lei, Huang., Peng, Qin. (2024). 2. Identifying Core Genes Related to Low-Temperature Stress Resistance in Quinoa Seedlings Based on WGCNA. International Journal of Molecular Sciences, doi: 10.3390/ijms25136885

López-Cervantes, J., Sánchez-Machado, D.I., Mora-López, D.S., & Sanches-Silva, A. (2021). Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): exploring a superfood from Andean indigenous cultures with potential to reduce cardiovascular disease (CVD) risk markers. Current molecular pharmacology.

LÓPEZ-GARCÍA (2007). Quinoa: A Traditional Andean Crop with New Horizons. Cereal Foods World.

Lorabi, Taouil., Rami, Rahmani., Sameh, Sassi, Aydi., Djilani, Ghemam, Amara., Mohammed, Messaoudi., Barbara, Sawicka., Maria, Atanassova., Wafa, Zahnit., Samir, Aydi., Sheikh, F., Ahmad., Mohamed, Mars. (2024). 1. Nutritional potential, phytochemical analysis, and biological activities of quinoa (<i><i>Chenopodium quinoa* Willd.</i>) seeds from arid zone culture. Italian Journal of Food Science, doi: 10.15586/ijfs.v36i3.2531

Lozano, A., Povis Condori, B.L., Zaravia Povis, A., & Ccoyllar Quintanilla, K. (2023). *Chenopodium quinoa* Willd: Un cultivo resiliente al cambio climático en regiones altoandinas del Perú. *South Sustainability.*

Luis, Cruces., Panagiotis, Milonas., Patrick, De, Clercq. (2024). 1. Advances in the Integrated Pest Management of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): A Global Perspective. Insects, doi: 10.3390/insects15070540

Lutz, M.C., & Bascuñán-Godoy, L. (2017). The Revival of Quinoa: A Crop for Health.

LLatas, H., & Brighit, M.C. (2016). Acción antifúngica in vitro del extracto etanólico de *Chenopodium ambrosioides* "paico" sobre el crecimiento de Fusarium oxyporum procedente del cultivo de Asparagus officialis "espárrago".

Mamani-Rojas, P., & Calisaya-Vargas, J.J. (2019). Efecto de la incorporación de residuos de cosecha de tarwi (Lupinus mutabilis Sweet) en sistemas marginales de producción de papa de regiones andinas semiáridas de Cochabamba, Bolivia. *Revista Latinoamericana de la Papa*.

Martínez, E.J. (2009). Métodos de control de plagas.

Meier, A.M., Mondino, V., & Gallo, L.A. (2005). Evaluación de daños por heladas tardías en ensayos de procedencias de pino oregón introducidos en el norte de la Región Andino Patagónica Argentina. Bosque (*valdivia*), 26, 113-120.

Meneses, V.A., Téllez, J.M., & Velásquez, D.F. (2015). USO DE DRONES PARA EL ANALISIS DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN.

Mercado, W., Estrada, M., & Rendón, E. (2020). La Tipología de productores y eficiencia técnica en la producción de quinua en la Región Junín. *Natura@ economía.*

Mestanza Uquillas, C.A., Zambrano Calderón, K., Pinargote Alava, J.J., Véliz Zamora, D.V., Vásconez Montúfar, G.H., Fernández-García, N., & Olmos, E.G. (2019). Evaluación agronómica de genotipos de quinua (*Chenopodium Quinoa* willd.) En condiciones agroclimáticas en la zona de mocache. Ciencia y Tecnología.

Mita Quisbert, V.F., & Hervé, D. (2021). Diagnóstico de la fertilidad del suelo y análisis de la introducción de la mecanización agrícola en las familias Uru Chipayas. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales.

Montalvo Samame, J.C., Tuesta Monteza, V.A., Arcila Díaz, J.C., & Mejía Cabrera, H.I. (2018). Clasificación automática de tipos de semilla de quinua a través de descriptores de color. INGENIERÍA: *Ciencia, Tecnología e Innovación.*

Montoya, D.L., & Patricia, D. (2018). Rendimiento y calidad de la quinua (Chenopodium quinoa Willd) con dos densidades de siembra y dos sistemas de fertilización en condiciones de La Molina.

Mora-Córdova, D.E., Lituma-Loja, A.A., & González-Illescas, M.L. (2020). Las certificaciones como estrategia para la competitividad de las empresas exportadoras. *INNOVA Research Journal*, 5, 113-132.

Muhammad, Aown, Sammar, Raza., Muhammad, Aslam., Mohammad, Valipour., Rashid, Iqbal., Imran, Haider., A., E., M., Mustafa., Mohamed, Soliman, Elshikh., Iftikhar, Ali., Rana, Roy., Ayman, M., S., Elshamly. (2024). 5. Seed priming with selenium improves growth and yield of quinoa plants suffering drought. Dental science reports, doi: 10.1038/s41598-024-51371-6

Muhammad, Zubair, Akram., Angela, Libutti., Anna, Rita, Rivelli. (2023). 1.

Evaluation of Vegetative Development of Quinoa under Water Stress by Applying Different Organic Amendments. Agronomy, doi: 10.3390/agronomy13051412

Mujica, Á., Marca, S.D., & Jacobsen, S. (2003). Current Production and Potential of Quinoa (*Chenopodium quinoa*Willd.) in Peru. Food Reviews International, 19, 149 - 154.

Muñoz, A.L., Alvarado, A.J., & Almanza-Merchán, P.J. (2015). Caracterización preliminar del cultivo de arracacha Arracacia xanthorrhiza Bancroft en el departamento de Boyacá.

Murphy, K.M., Bazile, D., Kellogg, J.A., & Rahmanian, M. (2016). Development of a Worldwide Consortium on Evolutionary Participatory Breeding in Quinoa. Frontiers in Plant Science, 7.

Nascimento, K.D., Marques, E.C., Costa, S.R., Takeiti, C.Y., & Barbosa, M.I. (2013). A importância do estímulo à certificação de produtos orgânicos.

Navarro-Perez, D., Radcliffe, J., Tierney, A.C., & Jois, M. (2017). Quinoa Seed Lowers Serum Triglycerides in Overweight and Obese Subjects: A Dose-Response Randomized Controlled Clinical Trial. *Current Developments in Nutrition*, 1.

Nawal, Taaime., Khalil, El, Mejahed., Abdallah, Oukarroum., Redouane, Choukr-Allah., Cameron, M., Pittelkow., Rachid, Bouabid., Mohamed, El, Gharous. (2024). 1. Residual Effects of Compost and Manure Fertilizers on Quinoa Production and Nutrient Uptake. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, doi: 10.1007/s42729-024-01838-2

Nieto, E.M., Olivas, D.L., Domínguez, C.M., & Cochagne, J.G. (2016). Fertilización nitrogenada en el rendimiento de dos variedades de quinua.

Nutricionycocina. (2024). Contenido de macronutrientes en 100gr de peso seco en distintos granos. En Propiedades nutricionales de la quinoa. Nutricionycocina. https://nutricionycocina.es/propiedades-nutricionales-de-la-quinoa/

Ocampo, M., Fischer, S., Folch-Cano, C., Pinto, A., & Figueroa, I. (2023). Content and antioxidant capacity of phenolic compounds in quinoa seed: A review. *Chilean journal of agricultural research.*

Oliveira, V.D., Marchiori, J.J., Ferreira, L.D., Boone, G., Pereira, L.L., Carriço, E., & Bolsoni, E.Z. (2023). The Nutrient Zinc in Soil and Plant: A Review. *International Journal of Plant & Soil Science*.

Ortega, A.C., & Borges, M.D. (2015). Codex Alimentarius: a segurança alimentar sob a ótica da qualidade.

Paco Pérez, V., Gonzales Torrico, M., Barrientos, E., & Carevic, F.S. (2022). Influencia bacteriana y fúngica en la mineralización de estiércol bovino: evidencia sobre la fertilidad del suelo en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research.*

Pacheco Hernández, M.D., Reséndiz Martínez, J.F., & Arriola Padilla, V.J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales.*

Paneque-Pérez, V.M. (2010). Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos.

Pérez Almeida, I.B., & Angulo Gratero, L.R. (2020). Marcadores moleculares como apoyo al fitomejoramiento. *TAYACAJA.*

Peterson, A.J., Jacobsen, S., Bonifacio, A., & Murphy, K.M. (2015). A Crossing Method for Quinoa. *Sustainability*, 7, 3230-3243.

Pinedo-Taco, R.E., Gómez-Pando, L.R., & Julca-Otiniano, A.M. (2018). Sostenibilidad de sistemas de producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.).

Pogue, M.G. (2011). Larval Description of Copitarsia incommoda (Lepidoptera: Noctuidae).

Qi, Wu., Xue, Bai., Yiming, Luo., Li, Li., Mengping, Nie., Changying, Liu., Xueling, Ye., Liang, Zou., Da-Bing, Xiang. (2023). 4. Identification of the global diurnal rhythmic transcripts, transcription factors and time-of-day specific cis elements in *Chenopodium quinoa*. BMC Plant Biology, doi: 10.1186/s12870-023-04107-z

Rasmussen, C., Lagnaoui, A., & Esbjerg, P. (2003). Advances in the Knowledge of Quinoa Pests. *Food Reviews International*, 19, 61 - 75.

Repo-Carrasco-Valencia, R., & Serna, L.A. (2011). Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd.) as a source of dietary fiber and other functional components. Food Science and Technology International, 31, 225-230.

Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. (2003). Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and Kañiwa (Chenopodium pallidicaule). Food Reviews International, 19, 179 - 189.

Ríos, V., & Ocas, A.B. (2020). Efecto positivo del Comercio Justo en la comunidad puneña con respecto a las exportaciones de quinua hacia Francia, dentro del marco de vigencia del Acuerdo Comercial entre Perú y la Unión Europea, durante los años 2008 – 2018.

Risco, M.A., & Mattos, C. (2015). Severidad de *Peronospora variabilis* GÄUM. En *Chenopodium quinoa* WILLD. 'Pasankalla' como respuesta a aplicaciones de fungicidas sintéticos y bioestimulantes.

Rivera-Palma, D.G., Orozco-Ramos, J.M., Moyano-Alulema, J.C., & Guamán-Lozano, Á.G. (2022). Automatización del proceso de secado de Quinua. Caso: Asociación de emprendedores NUTRIANDINA, Ecuador. *Ingenium et Potentia.*

Rodas, Z.L., & Peralda, A.M. (2019). INDUSTRIALIZACIÓN DE LA QUINUA. *Ciencia & Desarrollo.*

Rodrigues, D.B., Almeida, A.D., Konzen, L.H., Reis, N.D., & Tunes, L. (2020). Adubação fosfatada no desenvolvimento inicial de quinoa.

Rojas, W., Mena, A.V., & Porcel, M.P. (2016). La diversidad genética de quinua: potenciales usos en el mejoramiento y agroindustria.

Rojas, W., Pinto, M., Alanoca, C., Pando, L.G., León-Lobos, P., Alercia, A., Diulgheroff, S., Padulosi, S., & Bazile, D. (2015). Quinoa genetic resources and ex situ conservation.

Ruiz, M.S., Espinosa, M.D., Santamaría, C., Fernández, C.J., García, M.A., Méndez, F.S., Guillén, I.G., Rubia, A.L., Ràzuri, F.J., Garrido, A.M., & Román, F.J. (2017). Efecto del consumo de quinua (*Chenopodium quinoa*)como coadyuvante en la intervención nutricional en sujetos prediabéticos. *Nutricion Hospitalaria*, 34, 1163-1169.

Ruiz, K.B., Biondi, S., Martínez, E.A., Orsini, F., Antognoni, F., & Jacobsen, S. (2016). Quinoa – a Model Crop for Understanding Salt-tolerance Mechanisms in Halophytes. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 150, 357 - 371.

Ruiz, K.B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I.S., Antognoni, F., Martinez-Mosqueira, E.A., Coulibaly, A., Canahua-Murillo, A., Pinto, M., Zurita-Silva, A., Bazile, D., Jacobsen, S., & Molina-Montenegro, M.A. (2013). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 349 - 359.

Ruiz, K.B., Biondi, S., Oses, R., Acuña-Rodríguez, I.S., Antognoni, F., Martinez-Mosqueira, E.A., Coulibaly, A., Canahua-Murillo, A., Pinto, M., Zurita-Silva, A., Bazile, D., Jacobsen, S., & Molina-Montenegro, M.A. (2014). Quinoa biodiversity and sustainability for food security under climate change. A review. Agronomy for Sustainable Development, 34, 349-359.

Ruiz Rodríguez, A., De la Cruz, Z.L., & Chagua Rodríguez, P. (2024). Caracterización del contenido de polifenoles y capacidad antioxidante

del aceite de diez variedades de quinua (Chenopodium quinua). Revista Alfa.

Sáenz, A. (2005). Importancia de los nematodos entomopatógenos para el control biológico de plagas en palma de aceite.

Safiullah, Pathan., Grato, Ndunguru., Kerry, Clark., Addissu, G., Ayele. (2023). 5. Yield and nutritional responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes to irrigated, rainfed, and drought-stress environments. Frontiers in sustainable food systems, doi: 10.3389/fsufs.2023.1242187

Salcedo, S., Canihua Rojas, J., Quispe, M., & Cosme, R. (2022). Influence of organic amendments on the soil and agronomic behavior of *Chenopodium quinoa*Willd. in the Peruvian Altiplano. *Agroindustrial Science*.

Salcedo-Mayta, S.M., Canihua-Rojas, J., Samaniego-Vivanco, T., Cruz-Luis, J., Pérez-Porras, W., & Cosme De La Cruz, R.C. (2022). Cover crops associated with quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) in the Peruvian Altiplano: Erosion reduction, improved soil health and agricultural yield. *Scientia Agropecuaria.*

Santos-Martinez, T.L. (2020). Mercado potencial para la Quinua colombiana.

Sayyed, Mohammad, Mirsafi., Ali, Reza, Sepaskhah., Seyed, Hamid, Ahmadi. (2024). 2. Quinoa growth and yield, soil water dynamics, root growth, and water use indicators in response to deficit irrigation and planting methods. Journal of agriculture and food research, doi: 10.1016/j.jafr.2024.100970

Shivani, Ranjan., Sumit, Sow., Mainak, Ghosh., Smruti, Ranjan, Padhan., Sanjay, Kumar., Harun, H., Gitari., Akello, Mirriam., Dibyajyoti, Nath. (2023). 4. Nutraceutical properties and secondary metabolites of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): a review. International Journal of Food Properties, doi: 10.1080/10942912.2023.2286895

Shunta-Ronquillo, J.C., García-Cabezas, E.F., Orozco-Ramos, J.M., & Cayán-Martínez, J.C. (2021). Desaponificado de la Quinua en productos elaborados con una máquina escarificadora. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía.*

Sief, A., El-Deepah, H.R., Kamel, A., & Ibrahim, J. (2015). EFFECT OF VARIOUS INTER AND INTRA SPACES ON THE YIELD AND QUALITY OF QUINOA (*Chenopodium quinoa* willd.).

Soca-Flores, M.N., Vergara, C.E., Callohuari, Y., & Chávez, A.J. (2022). Phytophagous insects associated with quinoa crop (*Chenopodium quinoa* Willd) in winter and its biological controllers. *Manglar*.

Soria, P.K. (2017). PERÚ COMO PRIMER EXPORTADOR DE QUINUA A NIVEL MUNDIAL.

Suárez-Estrella, D., Torri, L., Pagani, M.A., & Marti, A. (2018). Quinoa bitterness: causes and solutions for improving product acceptability. *Journal of the science of food and agriculture*, 98 11, 4033-4041 .

Stefanie, Wege. (2022). 5. Manganese management in plants: Golgi transporter determines manganese allocation and cell wall composition. Plant Physiology, doi: 10.1093/plphys/kiac429

Taaime, N., El Mejahed, K., Oukarroum, A., Choukr-Allah, R., Pittelkow, C., Bouabid, R., & Gharous, M.E. (2024). Residual Effects of Compost and Manure Fertilizers on Quinoa Production and Nutrient Uptake. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.*

Tang, Y., Zhang, B., Li, X., Chen, P.X., Zhang, H., Liu, R., & Tsao, R. (2016). Bound Phenolics of Quinoa Seeds Released by Acid, Alkaline, and Enzymatic Treatments and Their Antioxidant and -Glucosidase and Pancreatic Lipase Inhibitory Effects. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64 8, 1712-9 .

Tang, Y., & Tsao, R. (2017). Phytochemicals in quinoa and amaranth grains and their antioxidant, anti-inflammatory, and potential health beneficial effects: a review. *Molecular nutrition & food research*, 61 7.

Tenorio Bautista, S.M., & Romero Viacava, M. (2020). Fenología de tres accesiones de "Quinua silvestre" Chenopodium sp. Ayacucho - 2019. Investigación.

Testen, A.L., Mckemy, J.M., & Backman, P.A. (2012). First Report of Quinoa Downy Mildew Caused by *Peronospora variabilis* in the United States. *Plant disease*, 96 1, 146 .

Torre, Y.O., Cruz, W.V., & Maldonado, J.R. (2020). Efecto de tres dosis de materia orgánica con la inoculación de microorganismos mejoradores del suelo en el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*Will.), variedad Pasankalla, en centro poblado de Huanchac, Independencia-Ancash.

Torreblanca, N.N. (2019). LA QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) ALTERNATIVA DE SEGURIDAD ALIMENTARIA PARA ZONAS DESÉRTICAS. Ciencia & Desarrollo.

Torres Navarrete, E.D., Sánchez Laíño, A.R., Díaz Ocampo, R.G., Solórzano Robinson, M., Barrera Álvarez, A.E., & Jácome López, G.A. (2017). Composición química de productos y subproductos agrícolas utilizados

en alimentación animal por pequeños productores de la zona de Quevedo, Ecuador. *Revista Amazónica. Ciencia y Tecnología.*

Vadlamudi, K., Upadhyay, H., Singh, A., & Reddy, M.L. (2020). Influence Of Zinc Application In Plant Growth: An Overview.

Valderrama, C.J., & Antonio., M. (2017). Aplicaciones de la Semilla Germinada de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la mejora Nutricional de los preparados Alimentarios.

Veas, C., & Chia, E. (2017). APRENDIZAJES DE LA UTILIZACIÓN DE LOS SIG EN LOS PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN DE GOBERNANZA TERRITORIAL: EL CASO DE LA RE-INTRODUCCION DE LA PRODUCCION DE QUINUA EN LA REGION DEL LIBERTADOR B. O'HIGGINS. *Revista Geográfica de Valparaíso*.

Vega, O.F. (2001). Microorganismos antagonistas para el control fitosanitario.

Vega-Gálvez, A., Miranda, M., Vergara, J., Uribe, E., Puente, L., & Martínez, E.A. (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the science of food and agriculture*, 90 15, 2541-7 .

Via, F.D., Ivano, A.D., Raniele, T.G., Itamar, R.T., & Carlos, R.S. (2016). Physiological quality of quinoa seeds submitted to different storage conditions. *African Journal of Agricultural Research*, 11, 1299-1308.

Villacrés Alvarez, M., Calderón Tapia, C.G., Cauja Moyón, L., & Arcos Guamán, T. (2019). OBTENCIÓN DE DETERGENTE LÍQUIDO USANDO SAPONINA DE QUINUA (*chenopodium quinoa* willd), CHOCHO (lupinus mutabilis sweet) CABUYA (sisalana perrine) Y SU DISEÑO DE PRODUCCIÓN. *Perfiles*.

Villalobos, R.S., Herrera, J.C., & Urpí, J.M. (1992). Germinacion de la semilla de pejibaye (Bactris gasipaes). III. Efecto del contenido de agua y de las condiciones de almacenamiento. *Agronomía Costarricense.*

Vijayasatya, N., Chaganti., Girisha, Ganjegunte. (2024). 1. Quinoa growth and yield performance under salinity stress in arid West Texas. doi: 10.1002/agg2.20493

Vizcaíno Guerra, M.J., Gómez Donoso, A.M., & Buitrón Cañadas, V.M. (2021). Una mirada al trabajo femenino del cultivo de la quinua, en la Región Andina. Revista Geográfica.

Vizcarra, T.A., Rodríguez, G.G., Huallpartupa, D.J., & Prieto, J.M. (2019). EFECTO DE LA RELACIÓN DE AGUA Y TIEMPO DE PROCESO TÉRMICO SOBRE EL VOLUMEN DE EXPANSIÓN Y ATRIBUTOS SENSORIALES DE *Chenopodium quinoa* Willd. *Ciencia & Desarrollo.*

Wikipedia. (2024). Áreas de origen y propagación del cultivo de quinoa [Imagen]. En Wikipedia. https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Quinoa_Ursprung_Verbreitung.png

Zamora, S.B., & Diego, J.A. (2007). Antioxidantes:micronutrientes en lucha por la salud.

Este libro ofrece una exploración exhaustiva del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa*), un grano ancestral que ha pasado de ser alimento básico en las civilizaciones andinas a convertirse en un cultivo de interés global. A lo largo de sus páginas, el lector encontrará un análisis integral sobre la historia, la botánica, las técnicas de cultivo, la gestión agroecológica y las innovaciones científicas que han permitido la expansión y el éxito de la quinua en diferentes partes del mundo.

Los autores examinan desde sus propiedades nutricionales hasta las prácticas sostenibles que hacen de la quinua una solución viable frente a los desafíos del cambio climático y la seguridad alimentaria. Además, se abordan aspectos clave como el manejo de plagas, la fertilización, la cosecha y la postcosecha, con el fin de mejorar la productividad y la calidad de este cultivo en diversas condiciones agroecológicas.

Quinua: Cultivo del Pasado, Presente y Futuro es una herramienta indispensable tanto para agricultores, investigadores y estudiantes de agronomía, como para aquellos interesados en el desarrollo de una agricultura más sostenible y en el potencial de la quinua como recurso alimentario del futuro.

Dr. Roberto Mañuico Mendoza

UNDC
VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN

ISBN: 978-612-49822-3-1