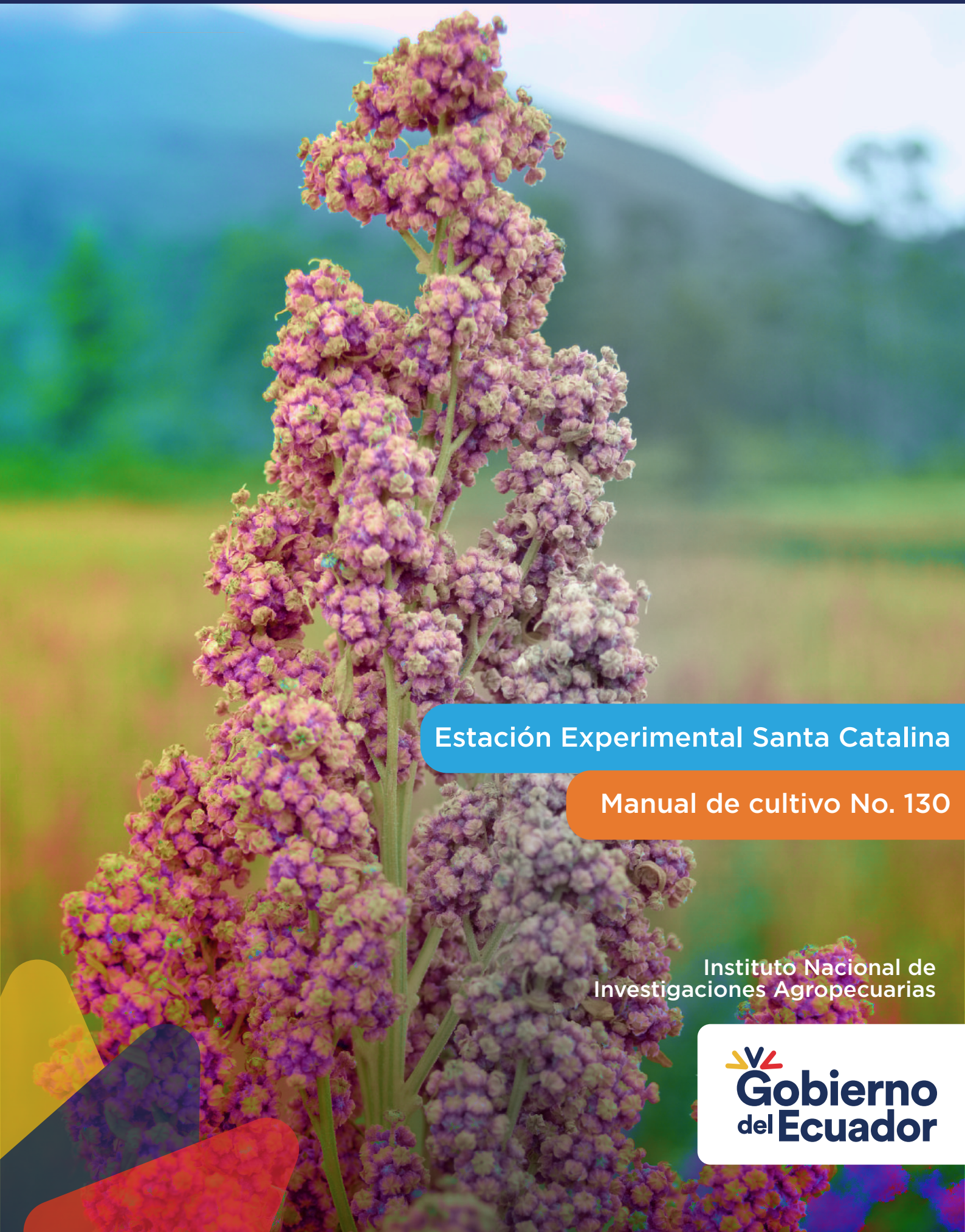
MANUAL DEL CULTIVO DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.) EN ECUADOR



Estación Experimental Santa Catalina

Manual de cultivo No. 130

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

Gobierno del Ecuador

PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA
Guillermo Lasso Mendoza

MINISTRO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA
Eduardo Izaguirre

DIRECTOR EJECUTIVO DE INIAP
Raúl Jaramillo Velastegui

AUTORES
Ángel Murillo
Laura Vega
Diego Rodríguez
Fausto Yumisaca

FOTOGRAFÍA
Ángel Murillo
Laura Vega
Eduardo Peralta
Nelson Mazón
Luis Lomas

EDICIÓN DE TEXTO
Ángel Murillo
Laura Vega

COLABORADORES
Eduardo Peralta
Nelson Mazón

DISEÑO
Unidad de Comunicación Social INIAP

ISBN
978-9942-22-575-7

BIBLIOGRAFÍA
Murillo, Á., Vega, L., Rodríguez, D., Yumisaca, F. (2023). Manual del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Ecuador. Manual de cultivo No. 130. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. 57 p.

REVISORES INTERNOS
Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
Estación Experimental Santa Catalina
Núcleo de Desarrollo Tecnológico de Chimborazo

2023, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)
Av. Eloy Alfaro N30-350 y Amazonas, Quito-Ecuador
Teléfono: 593-2 256 7645
Correo electrónico: iniap@iniap.gob.ec
www.iniap.gob.ec
Julio, 2023

La reproducción parcial o total de esta publicación, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando sea autorizada por los editores y se cite correctamente la fuente.

DISTRIBUCIÓN GRATUITA
PROHIBIDA SU VENTA

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

República del Ecuador
Gobierno del Ecuador

ÍNDICE

		PAG
	PRESENTACIÓN	3
	INTRODUCCIÓN	4
I.	ORIGEN, DOMESTICACIÓN Y PRODUCCIÓN DE QUINUA	5
II.	REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS PARA EL CULTIVO DE QUINUA	11
III.	MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE QUINUA	14
IV.	ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA	20
V.	VARIEDADES MEJORADAS DE QUINUA EN ECUADOR	28
VI.	MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE QUINUA	31
VII.	COSECHA, POSCOSECHA, ALMACENAMIENTO DE QUINUA	48
VIII.	COSTOS DE PRODUCCIÓN	53
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

PRESENTACIÓN

La quinua es un grano andino, que fue cultivada y utilizada por las civilizaciones prehispánicas, reemplazada con los cereales a la llegada de los españoles, lo cual, a través de los años produjo una progresiva pérdida del cultivo y variedades de quinua hasta casi la desaparición total en nuestro país.

En la publicación "Estado del Arte de la Quinua en Ecuador", escrita por el ex investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIAP, Ing. Eduardo Peralta Idrovo, varios autores mencionan que encontraron escritos y evidencias de la presencia de cultivos de quinua desde el año 1548; en adelante, ha permanecido durante largo tiempo, relegada al ámbito de los sistemas agrícolas de los campesinos de los Andes, cultivada de manera rústica en pequeñas superficies (chakras) principalmente para el autoconsumo y marginalmente para el mercado.

El rescate del cultivo de quinua en Ecuador se inicia a partir de 1980 con la colección del material genético en fincas de los agricultores y mercados, y la formación del banco de germoplasma de quinua y otros cultivos nativos, lo cual fue liderado por el Programa de Cultivos Andinos y por el Departamento de Recursos Fitogenéticos creados en 1986 y 1989 en la Estación Experimental Santa Catalina (EESC) del INIAP. Desde entonces, se han generado y liberado cinco variedades mejoradas mediante mejoramiento por selección, de las cuales dos siguen vigentes: INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado (Peralta et al., 2013, 2015). Se prevé que en los próximos años se entregarán otras variedades con mejores características agronómicas y de calidad de grano, obtenidas mediante mejoramiento genético por hibridación.

En este contexto, el INIAP durante 40 años ha contribuido con la generación de variedades y tecnología de manejo del cultivo de quinua y otros granos de origen andino como el Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet.), Amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y Ataco (*Amaranthus quitensis* L.), cuyos resultados y recomendaciones fueron plasmados en el "Manual Agrícola de Granos Andinos", publicado por el PRONALEG-GA en los años 2008, 2009, 2012, 2014 y 2016 (cuarta edición) en formato impreso y digital.

El presente manual, compila información específica del cultivo de quinua que no consta en las publicaciones anteriores como: el origen y la domesticación, morfología y etapas de desarrollo; además se ha actualizado el manejo agronómico, cosecha, poscosecha y costos de producción.

El interés de los autores con este manual es, poner a disposición de los agricultores, técnicos, estudiantes, personas e instituciones en general, información técnica y recomendaciones de manejo de una manera concreta y específica del cultivo. Estamos seguros de que este esfuerzo, contribuirá a mejorar la situación de producción y productividad del cultivo, considerando que la demanda de alimentos de buena calidad, sanos y altamente nutritivos está en constante crecimiento en el mundo.

INTRODUCCIÓN

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un grano originario de los Andes, que se distingue por su buen contenido de proteínas y minerales, pero su verdadero valor radica en su balance adecuado de aminoácidos esenciales para la vida humana como la lisina y la metionina, que la diferencia de los cereales tradicionales como trigo, arroz, maíz y cebada. Además, posee características intrínsecas sobresalientes como su amplia variabilidad genética y su capacidad de adaptabilidad a diferentes zonas agroecológicas.

En Ecuador, la quinua es cultivada por pequeños y medianos productores de la Sierra, que a partir de la década del dos mil, presenta un crecimiento sostenido del área sembrada debido a la demanda principalmente internacional, en razón de un mejor conocimiento de las características nutricionales de la quinua y sus derivados.

De acuerdo al III Censo Agropecuario, en el año 2000 fueron sembradas de 900 a 1 000 ha con una producción promedio de 0.4 t/ha (SICA, 2000) y gracias a la fuerte promoción del cultivo y su consumo por parte del INIAP, el MAG y otras instituciones privadas y públicas, en el año 2020 fueron sembradas 5 630 ha con un rendimiento promedio de 900 t/ha (ESPAC, 2020). Aún así, el crecimiento ha sido muy lento a través de los años.

Actualmente en Ecuador, están vigentes dos variedades mejoradas: INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado de bajo contenido de saponina, que fueron obtenidas mediante mejoramiento genético por selección. En el año 2009, el PRONALEG-GA inició el programa de mejoramiento genético por hibridación, con el objetivo de generar líneas precoces (< 180 días), de altura intermedia (< 180 cm), resistentes a mildiu, con grano blanco, grande (> 2 mm) y bajo contenido de saponina. Como resultado, en los próximos años serán entregadas por lo menos dos variedades con estas características y con rendimientos iguales o superiores que la variedad INIAP Tunkahuan. Paralelamente ha generado otras alternativas tecnológicas de manejo del cultivo, que contribuyen de alguna manera a mejorar la productividad e ingresos de los agricultores.

Dentro de este contexto, el presente manual cuenta con información actualizada sobre el origen, fenología de la planta, etapas de crecimiento, tecnología de manejo y costos de producción actualizados; sin embargo, se debe considerar ajustes de acuerdo a las necesidades de cada localidad, productores, costumbres, costos, etc.



ORIGEN, DOMESTICACIÓN Y PRODUCCIÓN DE QUINUA

CAPÍTULO

I

Origen y domesticación

La región Andina es considerada como el centro de origen de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Su diversidad genética muestra al menos cinco ecotipos principales: 1) De altiplano, más de 3 500 m s.n.m (sur de Perú, norte y centro de Bolivia), 2) De Valles interandinos que se cultiva entre los 2 000 y 3 500 m sobre el nivel del mar (Perú, Ecuador y Colombia), 3) De salares, cultivados en la zona sur del altiplano boliviano, norte de Chile y Argentina, 4) De yungas, zona húmeda en la vertiente oriental de los Andes en Bolivia y 5) De costa (sur de Chile y Argentina), los cuales representan a la vez subcentros de diversidad genética de la quinua (Tapia, 2015) (Figura 1).

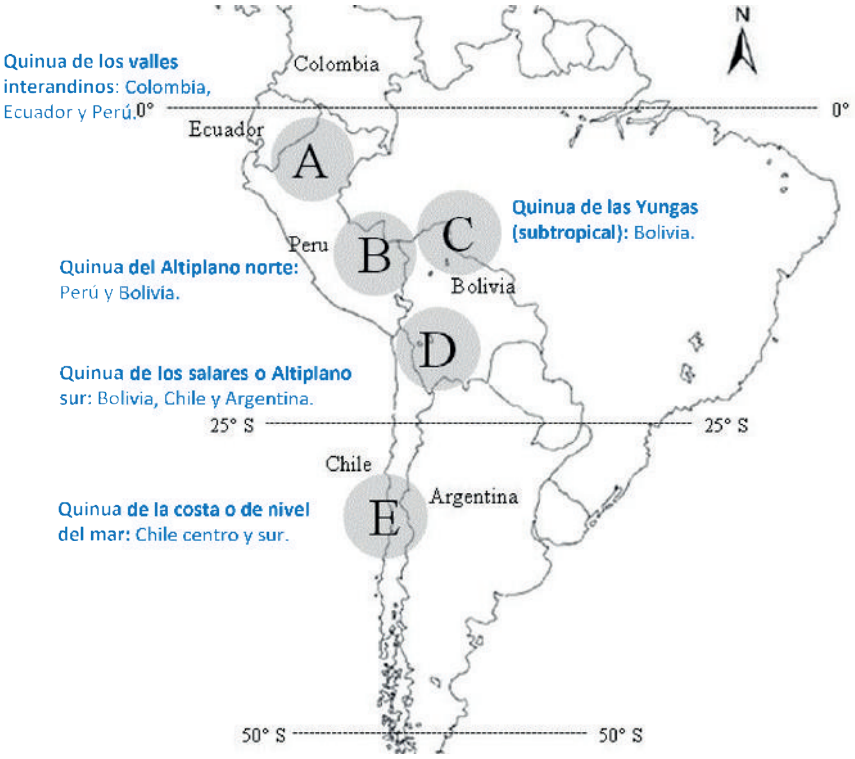


Figura 1. Domesticación y diversidad genética de quinua (Tapia, 2015).

La quinua es una especie considerada oligocéntrica, con múltiple diversificación y con centro de origen de amplia distribución, constituyendo la región Andina y dentro de ella, las orillas del Lago Titicaca, las que indican mayor diversidad y variabilidad genética.

Existen escasas evidencias sobre el uso y conocimiento de la quinua. Hallazgos arqueológicos del norte chileno, señalan que la quinua fue utilizada 3 000 años A.C., mientras que en la zona de Ayacucho indicaría que la domesticación ocurrió 5 000 años A.C. En diferentes regiones del Perú se encontraron restos de inflorescencias y abundante cantidad de semillas en sepulturas indígenas de los Tiltil y Quillagua (Chile). Una evidencia se encuentra en la cerámica de la cultura Tiahuanaco, la cual representa a la planta de quinua, con varias panojas distribuidas a lo largo del tallo, lo que demostraría una de las razas más primitivas (Figura 2). Posteriormente la quinua fue cultivada desde el sur de Colombia hasta la costa del centro sur de Chile, incluyendo partes del noroeste de Argentina y algunas tierras bajas subtropicales en Bolivia.

Constituyó uno de los principales cultivos y fuentes de alimentos en la sociedad inca y luego fue parcialmente desplazada por cereales como la cebada y el trigo que se introdujeron durante la conquista. Según historiadores, la quinua ecuatoriana se cultivó antes y después la conquista española y ha sido una de las fuentes de alimentos más importantes en los pueblos originarios de la Sierra ecuatoriana (Mujica et al., 2001).

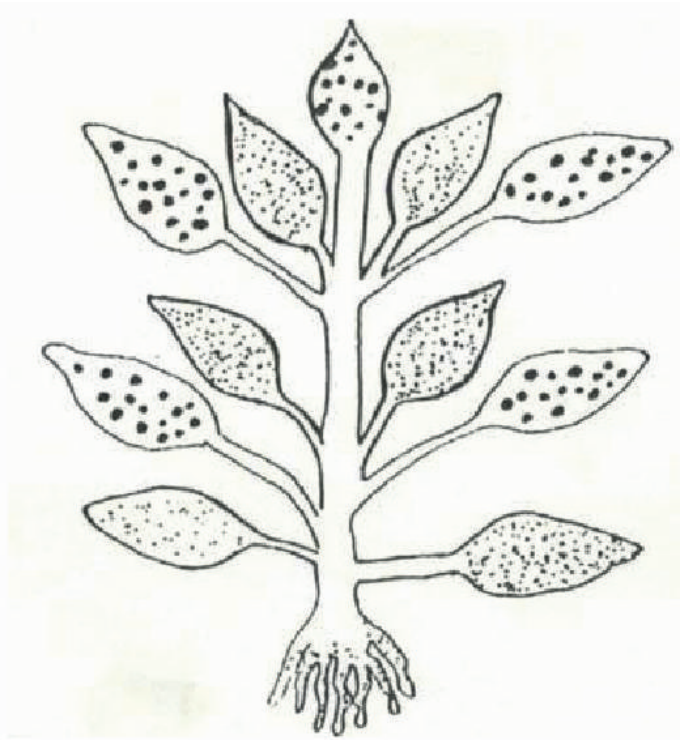


Figura 2. Representación de la planta de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), en la Cultura Tiahuanaco (Mujica et al., 2001).

A través del método de carbono 14 ha sido posible diferenciar semillas de quinua de distintas fechas de origen. En la Figura 3, se observa que el porcentaje de semillas "ayaras" (quinua silvestre de grano negro) va disminuyendo conforme avanza el tiempo. Este proceso de selección ha tomado algunos siglos y en la actualidad, las variedades más evolucionadas son aquellas que contienen un bajo porcentaje de "ayaras" (Tapia et al., 1979).

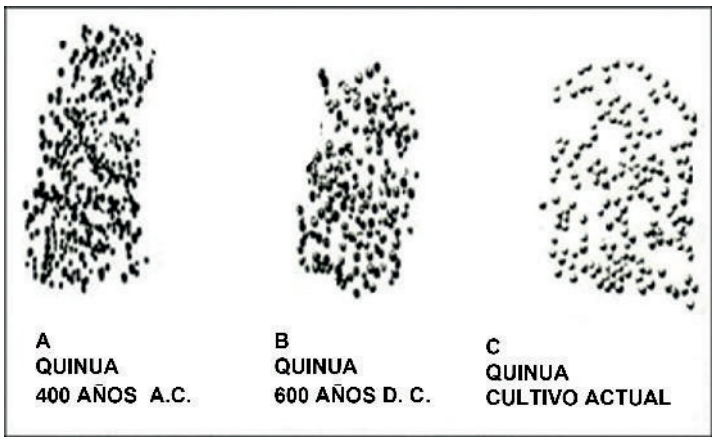


Figura 3. Muestras arqueológicas de quinua según su antigüedad (Tapia et al., 1979).

Durante la domesticación de la quinua ha ocurrido un amplio rango de modificaciones morfológicas. Entre ellas, condensación de la inflorescencia en el extremo terminal de la planta, incremento del tamaño de la planta y la semilla, reducción de la testa, pérdida de la dormancia para la germinación, pérdida de los mecanismos de dispersión de la semilla, y altos niveles de pigmentación, obteniendo la actual planta de quinua, alta producción y semillas de colores claros, lo que demuestra el enorme tiempo utilizado por el hombre en la selección y cultivo de esta especie (Mujica et al., 2001).

Seguramente, durante la domesticación, el hombre andino seleccionó los genotipos por el tipo de uso y la tolerancia a factores adversos tanto bióticos como abióticos, llegando a obtener las actuales plantas y ecotipos de quinua con características diferenciales, tales como las quinuas Chullpi para sopas, las quinuas Pasankalla para tostado, las Coytos para harina, las Reales para la pissara o graneado, la Utusaya para resistir a la salinidad, las Witullas y Achachinos para resistir el frío, las Kcancollas para resistir la sequía, las Quellus o amarillas para alto rendimiento, las Chewecas para resistir el exceso de humedad, las Ayaras por valor nutritivo (alto balance de aminoácidos esenciales y proteína), y las Ratuquis por precocidad (Mujica, 1988).

La quinua se adapta a una amplia gama de ambientes marginales. Posee alta tolerancia a la salinidad y se considera un cultivo halófito facultativo (Adolf et al., 2013). La quinua puede tolerar la sequía (Hinojosa et al., 2019); sin embargo, la combinación de sequía y calor puede reducir considerablemente el rendimiento.

Las semillas de quinua se destacan por sus cualidades nutritivas, contienen un alto contenido de fibra, vitaminas como el ácido ascórbico, alfa-tocoferol, tiamina y riboflavina y minerales. La calidad de la proteína de la quinua es alta, ya que contiene los nueve aminoácidos esenciales en cantidades significativas para los consumidores (Craine et al., 2020). Además, la quinua posee fitoquímicos como fenólicos y péptidos bioactivos (Villacrés et al., 2013); estos componentes han demostrado efectos beneficiosos sobre la salud metabólica, cardiovascular y gastrointestinal (Wu, 2015).

Debido a las características descritas anteriormente, durante la última década la producción de quinua se ha expandido rápidamente fuera de la región Andina.

Perú y Bolivia son los mayores productores de quinua en el mundo, con 100 115 y 70 170 t en el año 2020, respectivamente; mientras que Ecuador registra una producción de 4 903 t (FAOSTAT, 2020). En el año 2019, Perú fue considerado el primer exportador a nivel mundial, con una producción de 86 000 t (54%), Bolivia con 70 000 (45%) y Ecuador con 2 000 t (1%) (MAG, 2019).

Producción de quinua en Ecuador

Tradicionalmente, la quinua se cultiva en Ecuador entre los 2 400 y los 3 400 m de altitud en diferentes sistemas de producción en la Sierra ecuatoriana. En 2001, algunos proyectos internacionales comenzaron a apoyar y trabajar con la quinua ecuatoriana, con el establecimiento de asociaciones de productores y el inicio de proyectos participativos de fitomejoramiento (Mazón et al., 2019). Estos esfuerzos dieron como resultado ligeros aumentos en la producción a partir de 2010. La producción de quinua ecuatoriana era relativamente constante y no superaba las 1 000 t antes de 2010. En 2015, la producción de quinua obtuvo un récord, alcanzando las 12 707 t. Este aumento se debió principalmente a las políticas gubernamentales que incentivaron la producción de quinua a través del proyecto "Fomento de la producción de quinua en la Sierra ecuatoriana", que entregó kits de producción que incluía semillas, fertilizantes y pesticidas a cientos de agricultores. En 2015, el área total de producción alcanzó las 7 886 hectáreas, motivados por el gran interés nacional e internacional demostrado en el IV Congreso mundial y el Año Internacional de la Quinua en 2013. Sin embargo, la mayor producción de quinua no tuvo un mercado preestablecido.

Debido a la gran cantidad de quinua almacenada y sumada a la caída de los precios, en 2017 descendió drásticamente la producción (Figura 4).

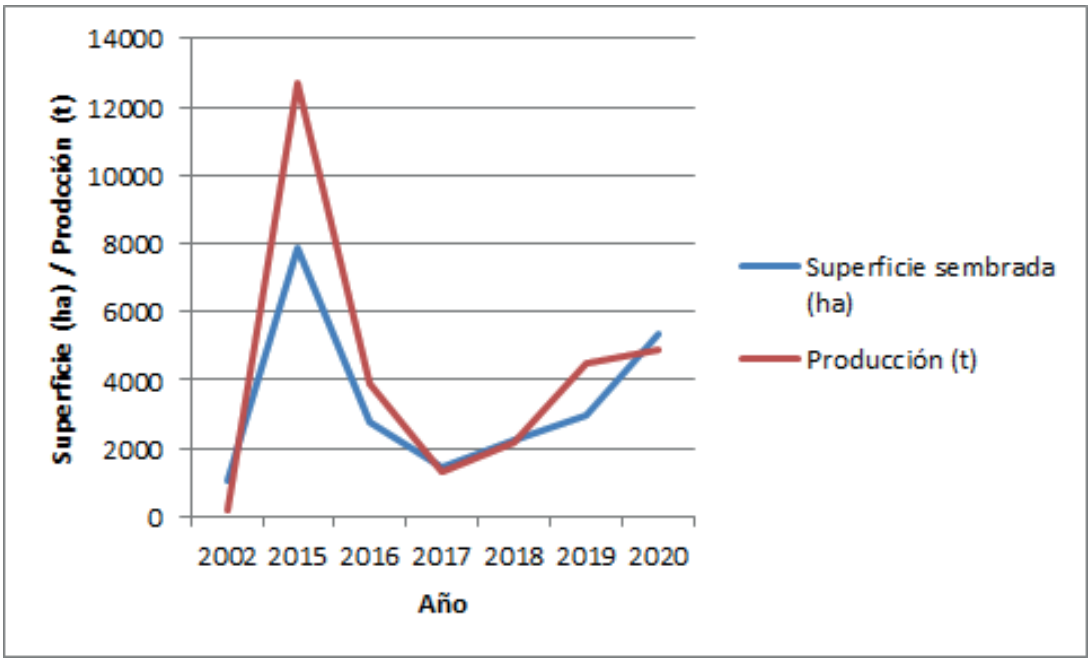


Figura 4. Superficie sembrada y producción de quinua desde 2002 hasta 2020.

Actualmente en Ecuador, la quinua es cultivada principalmente por pequeños productores de la Sierra, constituyendo un componente importante de sus sistemas de producción.

Las provincias con mayor área cultivada son: Chimborazo, Imbabura, Cotopaxi, Carchi, Pichincha (Figura 5).

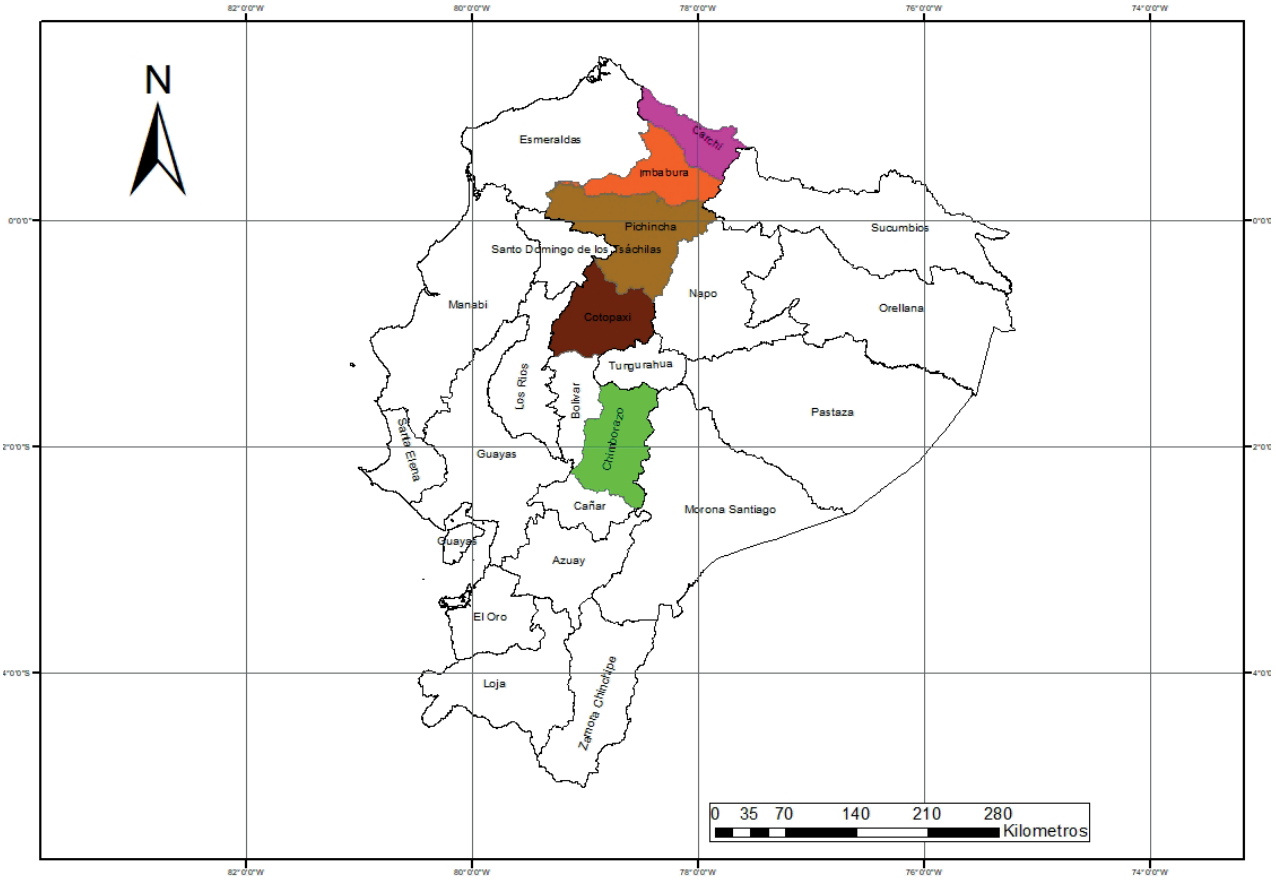


Figura 5. Principales centros de producción del cultivo de quinua en Ecuador.



REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS Y EDÁFICOS PARA EL CULTIVO DE QUINUA

CAPÍTULO

II

Temperatura

Las temperaturas óptimas de crecimiento y desarrollo, dependiendo de las variedades, están en el rango de 7 a 17 °C; temperaturas inferiores a -2 °C pueden ocasionar la muerte de la planta (Figura 6) (Peralta et al., 2016). La quinua además puede soportar temperaturas altas durante las fases de desarrollo vegetativo y la formación de la inflorescencia y no desde la floración hasta el estado de grano pastoso. Tanto las bajas como las altas temperaturas originan esterilidad o muerte de polen y afectan el crecimiento y desarrollo de la planta, dando lugar a esterilidad o granos inmaduros, arrugados o de bajo peso; dependiendo del momento en que se produce el estrés de temperatura (Gómez y Aguilar, 2016).



Figura 6. Daño producido por heladas en el cultivo de quinua.

Precipitación

La quinua se cultiva dentro de un rango de precipitación de 500 a 800 mm durante todo el ciclo del cultivo (Peralta et al., 2016). Los periodos críticos en los que la falta de humedad afecta la productividad son: germinación, emergencia, crecimiento y llenado de grano (Gómez y Aguilar, 2016).

Cuando el cultivo se encuentra establecido, presenta tolerancia a la sequía, a través de diversos mecanismos como su sistema radicular muy ramificado y profundo, la reducción de su área foliar por eliminación de hojas en condiciones de estrés, presencia de vesículas conteniendo oxalato de calcio que es higroscópico y reduce transpiración a través de la regulación de las células guardas, sus pequeñas células con paredes gruesas que le permiten preservar la turgencia aún en severas pérdidas de agua.

Suelos

La quinua puede ser cultivada en un amplio rango de diferentes tipos de suelos, siendo los más óptimos aquellos que poseen buen drenaje, tipo franco, franco arenoso, negro andino, semi profundo, con un alto contenido de materia orgánica. Las variedades mejoradas como INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado pueden ser cultivadas en suelos con pH desde 5.5 a 8.0 prefiriendo aquellos suelos con pH neutro o ligeramente alcalino (Peralta, et al., 2016) (Figura 7).



Figura 7. Óptimo crecimiento y desarrollo de la quinua.



MORFOLOGÍA DE LA PLANTA DE QUINUA

CAPÍTULO III

Raíz

La raíz de quinua es de tipo pivotante, consta de una raíz principal de la cual se originan un gran número de raíces laterales muy ramificadas. La longitud de las raíces es variable, de 0.8 a 1.5 m. Su desarrollo y crecimiento está determinado por la variedad que se siembre, tipo de suelo, nutrición y humedad, entre otros factores (Gómez y Aguilar, 2016) (Figura 8).



Figura 8. Sistema radicular (raíz pivotante y ramificaciones) de la quinua.

Tallo

Es cilíndrico en el cuello de la planta y anguloso a partir de las ramificaciones, de coloración variable desde el verde al rojo, muchas veces presenta estrías y también axilas pigmentadas de color verde, rojo o púrpura (Apaza et al., 2013).

Cuando los tallos son jóvenes la médula es suave, cuando los tallos maduran la médula es esponjosa y seca y en la cosecha se cae y el tallo queda hueco o vacío (Gómez, 2011) (Figura 9).



Figura 9. Tallo con axila pigmentada (izquierda) y presencia de estrías en tallo de quinua (derecha).

Las combinaciones resultantes del color básico del tallo, el color de las estrías y el color de axilas pueden ser empleadas para identificar variedades (Figura 10).

A la madurez el color del tallo, en general, se torna de un color crema o rosado con diferentes intensidades.



Figura 10. Diferencia en la coloración del tallo de quinua.

Hojas

Las hojas son alternas, algo gruesas y carnosas, cubiertas por cristales de oxalato de calcio, de colores rojo, púrpura o cristalino, tanto en el haz como en el envés. La coloración de la hoja es muy variable va del verde al rojo con diferentes tonalidades (Apaza et al., 2013).

El oxalato de calcio es capaz de absorber agua del medio ambiente e incrementar la humedad relativa de la atmósfera que rodea las hojas, influenciando el comportamiento de las células guarda de los estomas; por lo tanto, actúa en la transpiración (Dizes y Bonifacio, 1992) (Figura 11).



Figura 11. Hojas de quinua ricas en oxalato de calcio, sobre hojas jóvenes.

Inflorescencia

Es una panoja, constituida por un eje central y ramificaciones secundarias, terciarias y pedicelos que sostienen a los glomérulos. El eje principal está más desarrollado que los secundarios. Puede ser laxa (amarantiforme) o compacta (glomerulada), existiendo formas intermedias entre ambas. La longitud de la panoja es variable, dependiendo de los genotipos, tipo de quinua, lugar donde se desarrolla y condiciones de fertilidad de los suelos, alcanzando de 30 a 80 cm (Apaza et al., 2013).

Los tipos de panoja según Tapia et al., (1979) son:

Amarantiforme.- En este tipo de panoja, los glomérulos están directamente insertados en el eje secundario, y tienen una forma muy semejante a “dedos” (Figura 12).

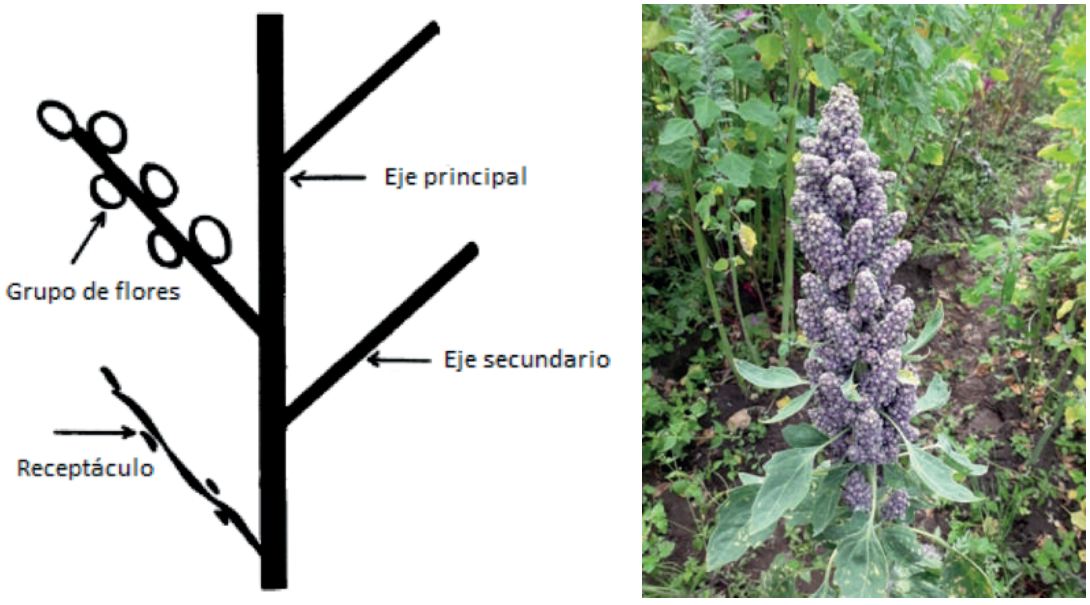


Figura 12. Inflorescencia amarantiforme.

Glomerulada.- Se observa que del eje principal nacen los ejes secundarios, y de éstos, los ejes glomerulados, que pueden tener de 0.5 a 3 cm de longitud (Figura 13).

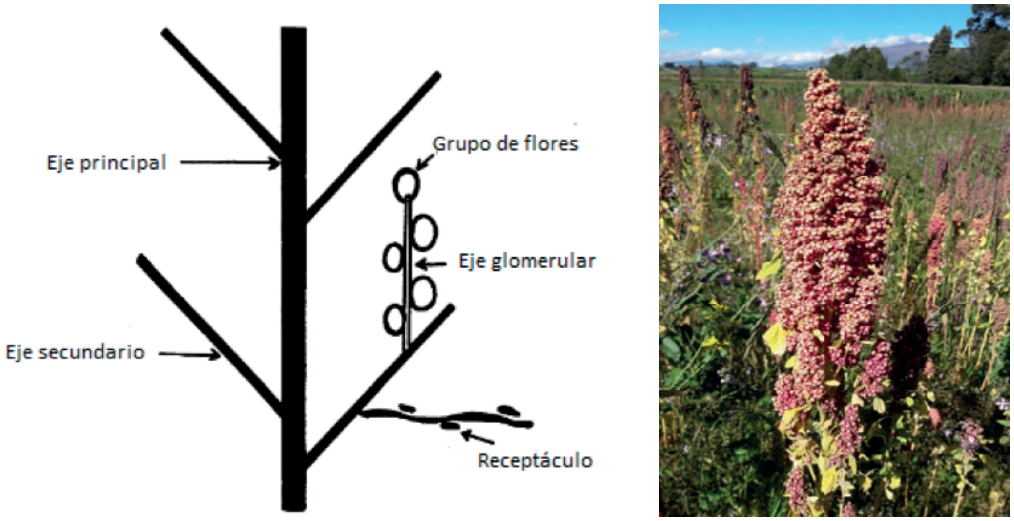


Figura 13. Inflorescencia glomerulada.

Flores

La quinua presenta dos tipos de flores en la misma planta: hermafroditas y pistiladas. Las flores hermafroditas se encuentran en el ápice del glomérulo y son más grandes que las pistiladas, con un diámetro de 3 a 5 mm; tienen cinco tépalos, cinco anteras y un ovario súpero con dos o tres ramificaciones estigmáticas. Las flores pistiladas se encuentran alrededor y debajo de las flores hermafroditas, están formadas de cinco tépalos, un ovario súpero y dos o tres ramificaciones estigmáticas y tienen un diámetro de 2 a 3 mm (Figura 14). La proporción de flores hermafroditas y pistiladas es variable; el rango encontrado varia de 2 a 98%; esta proporción es importante si el cultivo se siembra en forma aislada, ya que influye en la cantidad de frutos formados. Además de ello, algunas variedades de quinua presentan esterilidad masculina (Peralta, 2010 a).

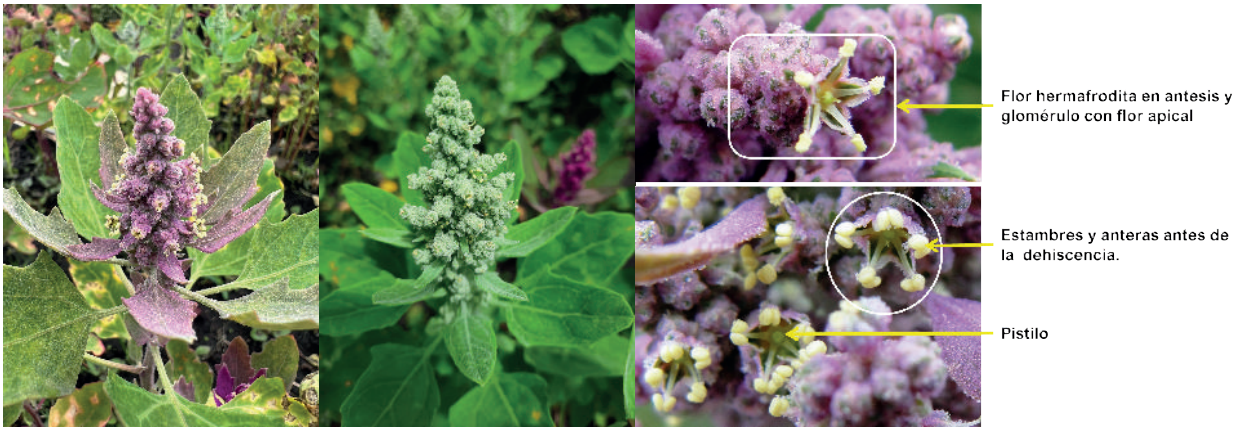


Figura 14. Flores de quinua y sus partes.

Fruto

Es un aquenio, cubierto por el perigonio que envuelve a la semilla por completo, y contiene una sola semilla, de coloración variable, la cual se desprende con facilidad a la madurez (Figura 15) (Apaza et al., 2013). El fruto está constituido del pericarpio (capa del fruto) y la semilla. El pericarpio está adherido a la semilla, pegado al cual se encuentra la saponina que le confiere el sabor amargo.

El fruto puede alcanzar un diámetro de 1.5 a 3 mm, dependiendo de las variedades (Gómez y Aguilar, 2016).



Figura 15. Aquenio (fruto de la quinua) de diferente coloración.

Semilla

Constituye el fruto maduro sin el perigonio, presenta tres partes bien definidas que son las siguientes (Apaza et al., 2013) (Figura 16):

• Episperma: en forma de una membrana delgada que envuelve a la semilla.

• Embrión: está formado por dos cotiledones y la radícula y constituye el 30% del volumen total de la semilla, el cual envuelve al perisperma como un anillo, con una curvatura de 320°, es de color amarillo, mide 3.54 mm de longitud y 0.36 mm de ancho (Carrillo, 1992).

• Perisperma: es el principal tejido de almacenamiento y está constituido principalmente por granos de almidón, es de color blanquecino y representa prácticamente el 60% de la superficie de la semilla.



Figura 16. Partes de la semilla de quinua (Tapia et al., 1979).



ETAPAS FENOLÓGICAS DEL CULTIVO DE QUINUA

CAPÍTULO IV

República del Ecuador

La quinua presenta fases fenológicas bien marcadas y diferenciables que permiten identificar los cambios que ocurren durante el crecimiento y desarrollo de la planta, las cuales se citan a continuación (Mujica y Canahua, 1989, citado por Mujica et al., 2001):

1. Emergencia. La plántula emerge del suelo y extiende las hojas cotiledonales, pudiendo observarse en el surco las plántulas en forma de hileras nítidas, esto ocurre de 5 a 10 días de la siembra (Figura 17), siendo susceptibles al ataque de aves en sus inicios, puesto que las hojas cotiledonales se encuentran protegidas por el episperma, lo cual parece mostrar la semilla encima del talluelo, facilitando el consumo de las aves.



Figura 17. Etapa de emergencia de plántulas de quinua.

2. Dos hojas verdaderas. A los 20 a 27 días después de la siembra aparecen dos hojas verdaderas extendidas de forma romboidal y muestran un crecimiento rápido de las raíces (Figura 18).



Figura 18. Aparecimiento de dos hojas verdaderas en plántulas de quinua.

3. Cuatro hojas verdaderas. Ocurre de los 25 a 32 días después de la siembra, en esta fase la plántula muestra buena resistencia al frío y sequía (Figura 19).



Figura 19. Aparecimiento de cuatro hojas verdaderas en plántulas de quinua.

4. Seis hojas verdaderas. En esta fase se observan tres pares de hojas verdaderas extendidas. En esta etapa se nota claramente una protección del ápice vegetativo por las hojas más adultas, especialmente cuando la planta es sometida a bajas temperaturas (Figura 20).



Figura 20. Aparecimiento de seis hojas verdaderas en plantas de quinua.

5. Ramificación. Se observa ocho hojas verdaderas extendidas con presencia de hojas axilares hasta el tercer nudo. También se nota la presencia de la inflorescencia protegida por las hojas sin dejar al descubierto la panoja. En esta fase la parte más sensible a las bajas temperaturas y heladas no es el ápice sino por debajo de éste, y en caso de bajas temperaturas que afectan a las plantas, se produce el "colgado" del ápice. Durante esta fase se efectúa el aporque (Figura 21).



Figura 21. Etapa de ramificación en plantas de quinua.

6. Inicio de panojamiento. La inflorescencia va emergiendo del ápice de la planta, observando alrededor aglomeración de hojas pequeñas, las cuales van cubriendo a la panoja en sus tres cuartas partes; así mismo, se puede apreciar amarillamiento del primer par de hojas verdaderas (hojas que ya no son fotosintéticamente activas) y se produce una fuerte elongación del tallo, así como engrosamiento (Figura 22).



Figura 22. Inicio de panojamiento en plantas de quinua.

7. Panojamiento. La inflorescencia (panoja) sobresale con claridad por encima de las hojas, notándose los glomérulos que la conforman. En la variedad comercial INIAP Pata de Venado se registra esta etapa entre los 41 y 55 días, en INIAP Tunkahuan entre los 70 y 110 días (Figura 23).



Figura 23. Etapa de panojamiento en plantas de quinua.

8. Inicio de Floración. Ocurre cuando la flor hermafrodita apical se abre mostrando los estambres separados, en esta fase la planta es bastante sensible a la sequía y heladas; se puede notar en los glomérulos las anteras protegidas por el perigonio de color verde limón (Figura 24).



Figura 24. Flor apical abierta (inicio de floración) en plantas de quinua.

9. Floración o antesis. La floración se produce cuando el 50% de las flores de la inflorescencia se encuentran abiertas. Esta fase es muy sensible a las heladas, pudiendo resistir solo hasta –2 °C, debe observarse la floración a medio día, ya que en horas de la mañana y al atardecer se encuentran cerradas, así mismo la planta comienza a eliminar las hojas inferiores que son menos activas fotosintéticamente. En variedades precoces como INIAP Pata de Venado, puede ocurrir en promedio a los 73 días y en variedades semi tardías como INIAP Tunkahuan, a los 110 días después de la siembra (Figura 25).



Figura 25. Etapa de floración en plantas de quinua.

10. Grano lechoso. El estado de grano lechoso se produce cuando los frutos que se encuentran en los glomérulos de la panoja, al ser presionados explotan y dejan salir un líquido lechoso. En esta fase el déficit hídrico es sumamente perjudicial para el rendimiento, disminuyéndolo drásticamente (Figura 26).



Figura 26. Grano lechoso en plantas de quinua.

11. Grano pastoso. Sucede cuando los frutos al ser presionados presentan una consistencia pastosa de color blanco (Figura 27).



Figura 27. Grano pastoso en plantas de quinua.

12. Madurez fisiológica. Es la etapa de desarrollo en la cual se ha producido el máximo crecimiento y maduración. El contenido de humedad del grano varía de 18 a 20%. En esta etapa ocurre un amarillamiento completo de la planta y una gran defoliación (Figura 28). El grano presenta resistencia (grano duro) al ser presionado con las uñas.



Figura 28. Madurez fisiológica de plantas de quinua.

13. Madurez de cosecha. Ocurre cuando los granos sobresalen del perigonio, dando una apariencia de encontrarse casi sueltos y listos para desprenderse (Mujica, 1992), la humedad de la planta alcanza aproximadamente el 14% lo cual facilita la trilla del grano (Gómez y Aguilar, 2016) (Figura 29).



Figura 29. Madurez de cosecha de plantas de quinua.



VARIEDADES MEJORADAS DE QUINUA EN ECUADOR

CAPÍTULO

V

INIAP TUNKAHUAN

Origen de la variedad

La variedad INIAP Tunkahuan, fue obtenida por selección de una población de germoplasma colectada en la provincia de Carchi en 1985. En 1986 se identificó como línea promisoria y se introdujo al Banco de Germoplasma del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP con el código ECU-0621. Desde el año 1992 hasta 1996 fue evaluada en diferentes ambientes de la Sierra ecuatoriana por el Programa de Cultivos Andinos, demostrando su adaptabilidad en áreas comprendidas entre 2 400 y 3 200 metros de altura. Fue liberada oficialmente como variedad mejorada en 1992 (Nieto et al., 1992; Peralta, 2010 b) (Figura 30).

Principales características (Peralta, 2010 b)

Hábito de crecimiento	Erecto
Color del tallo juvenil	Verde claro
Axila de la hoja	No pigmentada
Presencia de estrías	Sí
Color de la panoja en flor	Rosado
Color de la panoja adulta	Rosado-amarillo
Tamaño de la panoja (cm)	20 a 60
Tipo de panoja	Glomerulada
Color del grano seco	Blanco
Tamaño del grano	Mediano a pequeño (2.1 mm)
Peso promedio de 100 semillas (g)	0.29 a 0.30
Forma del grano	Redondo, aplanado
Peso hectolítrico (kg/hl)	66
Contenido de saponina (%)	0.06
Altura de planta (cm)	90 a 180
Días al panojamiento	70 a 110
Días a floración	90 a 130
Días a cosecha en seco	150 a 210
Rendimiento en grano seco (kg/ha)	1 500 a 3 000
Adaptación (m)	2 200 a 3 200



Figura 30. INIAP Tunkahuan, variedad semi tardía de quinua.

INIAP PATA DE VENADO

Origen

La variedad INIAP Pata de venado proviene de una entrada obtenida a través del intercambio de germoplasma con Bolivia (exIBTA. E.E. Patacamaya. 1983). Este material genético se encuentra registrado en el Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos del INIAP con el código ECU-572 (Mazón et al., 2008).

En el año 2001 se caracterizó y evaluó la colección nacional de quinua de grano blanco y de acuerdo con la precocidad, resistencia a mildiu, contenido de saponina y potencial de rendimiento, fue seleccionada como línea promisoria la entrada ECU-572 (Mazón et al., 2008).

Desde el 2002 al 2005, la nueva variedad, fue evaluada de forma participativa con agricultores en comunidades de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Bolívar y Cañar. En Bolívar, desde el año 2003 se ha evaluado con miembros del Comité de Investigación Agrícola Local "Progressio a la Vida" de la comunidad Illangama (cantón Guaranda). La variedad fue entregada a los agricultores en el año 2005 (Mazón et al., 2008).

Durante el proceso de investigación participativa, los agricultores de las diferentes comunidades seleccionaron la variedad por las siguientes características: panoja grande y compacta, altura de planta mediana, poco follaje, tallo fuerte, escaso acame, buena producción, rápida madurez, resistente a enfermedades, grano blanco, dulce y de cáscara fina (pericarpio) (Mazón et al., 2008) (Figura 31).

Principales características (Mazón et al., 2008)

Hábito de crecimiento	Erecto
Presencia de axilas en tallo	Sí
Color de la panoja en flor	Rosado
Color de la panoja adulta	Rosado-amarillo
Tamaño de la panoja promedio (cm)	29
Tipo de panoja	Terminal
Color del grano seco	Blanco
Peso promedio de 100 semillas (g)	0.36
Forma del grano	Redondo, aplanado
Peso hectolítrico (kg/hl)	66
Contenido de saponina (%)	0.00
Días promedio a floración	70
Días promedio a cosecha en seco	151
Rendimiento en grano seco (kg/ha)	1 200
Adaptación (m)	2 800 a 3 800



Figura 31. INIAP Pata de Venado, variedad precoz de quinua.



MANEJO INTEGRADO DEL CULTIVO DE QUINUA

CAPÍTULO VI

Establecimiento del cultivo:

Selección del lote

Para la siembra de la quinua se requieren suelos fértiles, con alto contenido de materia orgánica y buen drenaje y que en el ciclo anterior no haya sido cultivada quinua. Se recomienda utilizar lotes en descanso o barbecho, así como la rotación después de cultivos como papa.

El cultivo de quinua está considerado como altamente extractivo de nutrientes del suelo, por lo cual, las rotaciones son muy importantes.

Previo a la siembra se recomienda realizar el análisis del suelo para proceder a la fertilización de acuerdo con los requerimientos del cultivo.

Época de siembra

La fecha de siembra se encuentra condicionada a la disponibilidad de humedad del suelo. Generalmente se efectúa la siembra entre octubre y enero, para aprovechar las lluvias que marcan el inicio de la época lluviosa en la Sierra ecuatoriana. Si se dispone de riego, las siembras se pueden realizar en cualquier época, siempre y cuando la cosecha coincida con los meses menos lluviosos para evitar la pérdida de calidad del grano por la humedad. Las variedades mejoradas INIAP Tunkahuan y Pata de Venado, se siembran de noviembre a febrero (PRONALEG, 2019).

Preparación del suelo

La preparación comienza con la incorporación de las plantas o residuos presentes en el lote seleccionado mediante el uso del arado (pase y cruza). Esta labor se debe realizar con uno o dos meses de antelación a la siembra para que se transformen en nutrientes para el cultivo. En terrenos con pendiente, la preparación del suelo con maquinaria no se debe realizar en sentido de esta (Figura 32). Previo a la siembra se debe pasar una mano adicional de arado y finalmente dos pases de rastra para que el suelo quede bien mullido o suelto (Figura 33 a). Si se usa yunta se realiza el arado uno o dos meses antes, y previo a la siembra se realiza dos cruzas para que el suelo quede bien preparado y suelto (Figura 33 b). Se recomienda aplicar materia orgánica junto con la preparación de suelos, de tal manera que pueda descomponerse y estar disponible para el cultivo. Por lo tanto, la preparación del suelo es una actividad esencial para garantizar una buena germinación de la semilla y el éxito en el desarrollo del cultivo.

Los surcos se pueden realizar con maquinaria (Figura 34 a) o manualmente (Figura 34 b), se deben realizar siguiendo las curvas de nivel del terreno, dando una pendiente de 1 a 2 % para facilitar la circulación del agua. El distanciamiento entre surcos en general debe ser de 60 a 80 cm, pero depende de la variedad a cultivar y del sistema de siembra.



Figura 32. La preparación del suelo de manera incorrecta.



Figura 33. Preparación del suelo con tractor (a) y con yunta (b) para la siembra del cultivo de quinua.



Figura 34. Surcado con tractor (a) y manual (b) para la siembra del cultivo de quinua.

Siembra

Semilla de calidad

Es necesario que la semilla que se utilice tenga los siguientes atributos de calidad (Figura 35):

Pureza genética. Debido al porcentaje de polinización cruzada de la quinua (10-17%), las variedades son compuestos o mezclas de genotipos similares, porque la pureza genética no existe en las variedades comerciales. Por lo tanto, es importante adquirir semilla de calidad producida de manera convencional de categorías registrada, certificada o semilla campesina producida por grupos semilleristas calificados; con el fin de asegurar cierto grado de uniformidad y la estabilidad de la variedad.

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

Alto poder germinativo y vigor. De 100 semillas de la variedad debe germinar más de 85%. Es muy importante realizar una prueba de germinación unos días antes de la siembra, debido a que la semilla de quinua expuesta al medio ambiente de una bodega con alrededor de 20 °C pierde rápidamente el poder germinativo. Para lo cual, se debe seleccionar al azar las semillas y sembrarlas en una bandeja llena de suelo o arena a 1 cm de profundidad. Se debe contar las semillas germinadas a los 3 y 5 días. Si la germinación es menor al 85% no es adecuada para la siembra.

Libres de enfermedades que se trasmiten por semillas. El mildiu (*Peronospora variabilis*) se trasmite por semillas; se recomienda utilizar variedades resistentes, o desinfectar las semillas cuando se trata de variedades susceptibles.

La siembra debe ser realizada inmediatamente de concluida la preparación del suelo. De esta forma las semillas dispondrán de humedad adecuada y se reducirá la competencia con malezas. Las semillas de quinua son pequeñas y deben ser sembradas cuidadosamente para lograr una buena germinación y el establecimiento del cultivo.



Figura 35. Semilla de quinua de buena calidad.

República del Ecuador
Gobierno del Ecuador

Sistemas y métodos de siembra

Siembra manual (Figura 36) / **semi mecanizado** (Figura 37)

Distancia entre surcos:	60-70 cm – INIAP Tunkahuan 40 cm – INIAP Pata de Venado
Distribución:	a) Chorro continuo b) Por golpes cada 20 cm
Cantidad de semilla por hectárea:	10 a 12 kg

Sistema de siembra para labores de deshierba y aporque con tractor

Distancia entre surcos:	80 cm
Distribución:	Chorro continuo
Cantidad de semilla por hectárea:	10 a 12 kg



Figura 36. Siembra manual.



Figura 37. Siembra con sembradora.

La cantidad de semilla a sembrar dependerá de diversos factores como el tipo de suelo, la variedad a sembrar, la preparación del terreno, entre otros; por lo que, se recomienda realizar pruebas preliminares de densidad, teniendo como referencia la recomendación general.

La recomendación general se considera cuando el suelo se encuentra bien preparado, existe humedad suficiente y buena calidad de semilla.

Profundidad de siembra

La profundidad de siembra adecuada es aquella en la cual la semilla puede absorber agua para la germinación y no desecarse posteriormente. Debido al tamaño de las semillas la profundidad no debe sobrepasar los 2 cm. Se tapa con una capa muy fina de tierra empleando implementos simples que faciliten un ligero desplazamiento de suelo del área cercana a las semillas. De esta manera se evita también que sean comidas por los pájaros.

Tabla 1. Causas y consecuencias de actividades realizadas en la siembra del cultivo de quinua.

Causas	Consecuencias
Falta de humedad suficiente al momento de la siembra	Semillas no germinadas
Siembra superficial y mal tapado de la semilla	Ataque de aves, secado o quemado de semillas, semillas no germinadas
Densidad excesiva	Plantas débiles desuniformes, lo cual origina competencia de nutrientes
Uso de semilla de mala calidad	Plantas carentes de buen desarrollo y débiles. Baja densidad
Mala preparación del suelo	Germinación dispareja

Fertilización

Absorción de macronutrientes de la planta de quinua

Durante el periodo de crecimiento de la planta, existen épocas donde los nutrientes son absorbidos con mayor intensidad; esto ocurre hasta el segundo mes y luego alrededor de los 100 días después de la siembra (Figura 38). Estas épocas coinciden con las etapas de mayor desarrollo y la máxima acumulación de materia seca (Nishikawa et al., 2012).

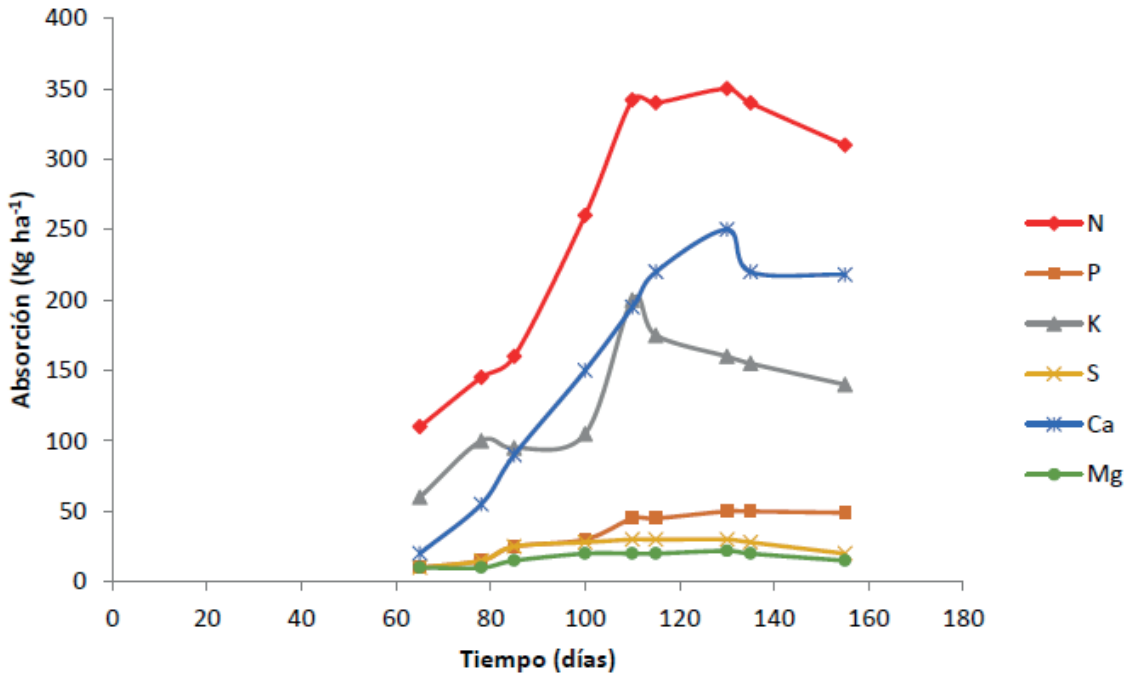


Figura 38. Absorción de macronutrientes de la planta de quinua (Nishikawa et al., 2012).

Recomendaciones generales de fertilización

En la práctica, los campesinos no fertilizan el cultivo de quinua, éste aprovecha los nutrientes aplicados al cultivo anterior que es generalmente la papa. Sin embargo, se recomienda efectuar una buena fertilización, sobre todo cuando se siembra después de un cereal o cuando en el ciclo anterior se sembró quinua. Lo recomendable es ajustar la fertilización en base a un análisis de suelo.

De manera general, en suelos de baja fertilidad se recomienda aplicar 70-60-38 kg por hectárea de N, P_2O_5, K_2O respectivamente más 6 kg de S; lo cual se cubre con 4 qq de 15-30-15 (Figura 39 a) a la siembra y 2 qq de 40-0-0-6 S (urea amarilla) a la deshierba o aporque (Figura 39 b).

Si el contenido de materia orgánica en el suelo es menor al 3 %, aplicar 3 t/ha de abono orgánico bien descompuesto a la siembra (Figura 40). La recomendación del fertilizante mineral se debe ajustar de acuerdo con la cantidad de nutrientes que son incorporados con el abono orgánico.

El cultivo de quinua es sensible a suelos ácidos; se recomienda, previa la implementación del cultivo realizar un análisis químico de suelo que incluya nutrientes y acidez intercambiable (Al+H y Al). Si el pH es menor a 5.5 se recomienda aplicar cal unos meses antes de la siembra para lentamente incrementar el pH. En suelos ácidos la cal debe ser aplicada durante dos o tres ciclos dependiendo del cambio de pH después de la aplicación (Gómez y Aguilar, 2016).



Figura 39. Aplicación de fertilizante a la siembra (a) y a la deshierba (b).



Figura 40. Aplicación de materia orgánica a la siembra.

Deficiencias nutricionales del cultivo de quinua

A continuación se describen las principales funciones y síntomas de deficiencia de los elementos esenciales, definidos por Potash & Phosphate Institute (1997) y Latorre (2011).

Nitrógeno (N)

El nitrógeno es un elemento importante para la quinua, incrementa el crecimiento vegetativo y la capacidad fotosintética de la planta; es decir, determina el número de hojas, el número de semillas por inflorescencia y por lo tanto determina el potencial de rendimiento. Una importante cantidad del nitrógeno absorbido por la planta llega a los granos a la madurez y contribuye a la cantidad de proteína.

El síntoma más común para reconocer la deficiencia de nitrógeno es el color verde pálido o amarillo de las hojas. Adicionalmente la inflorescencia es pequeña, el contenido de proteína del grano disminuye y algunos granos no alcanzan su tamaño normal. Además, produce enanismo de las plantas, crecimiento lento, amarillamiento general (clorosis) (Figura 41).

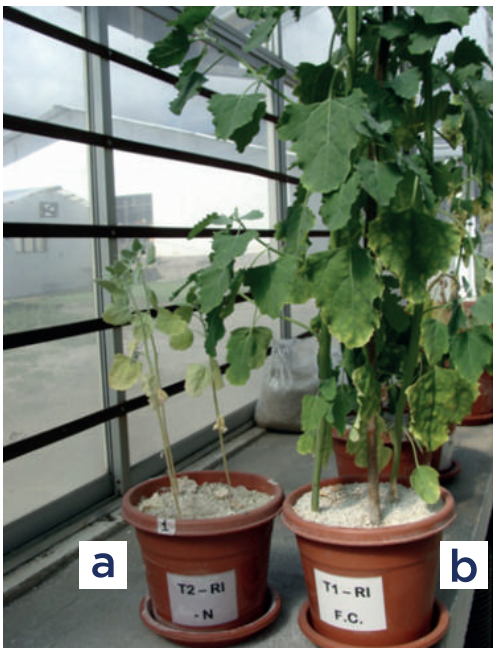


Figura 41. Síntomas de deficiencias de nitrógeno (a); planta sin síntomas (b).

Se puede mejorar la disponibilidad de nitrógeno para la quinua a través de:

Rotación de cultivos:

a) Rotar con leguminosas como, habas, arvejas y chochos bien establecidas y con alta nodulación que asegura disponibilidad de nitrógeno que puede ser empleado por la quinua.
b) Después de papas con alta fertilización; los remanentes pueden ser empleados por la quinua.

Abono verde: sembrar cultivos, para producir abono verde, que incrementan el contenido de materia orgánica o nitrógeno en la capa superficial y ayudan a retener mejor la humedad del suelo.

En ambos casos, el nitrógeno adicional beneficiará el cultivo de quinua y se podría reducir la cantidad de fertilizantes a aplicar, disminuyendo los costos de producción y la contaminación ambiental.

Fósforo (P)

La primera señal de falta de fósforo es una planta pequeña. La forma de las hojas se distorsiona. Aparece clorosis en los bordes de las hojas inferiores y en diferentes puntos de la lámina foliar; posteriormente, la clorosis se transforma en necrosis (Figura 42). Cuando la deficiencia es severa se desarrollan áreas muertas en las hojas, el fruto y el tallo. Las hojas viejas se afectan antes que las jóvenes. El tallo y las hojas son de color verde oscuro a verde rojizo por el desarrollo de antocianinas; generalmente las plantas tienen un crecimiento reducido de la raíz, floración y fructificación pobres.

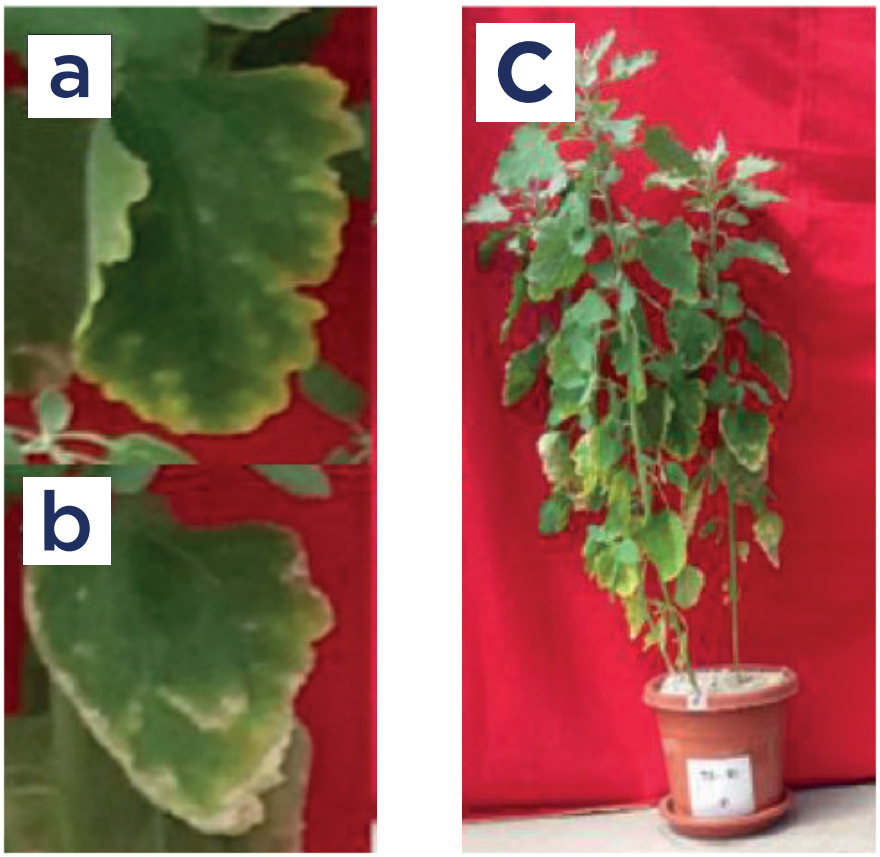


Figura 42. Síntomas de deficiencias de fósforo, hojas con bordes cloróticos (a); hojas con necrosis (b); planta completa (c) (Alfonso, 2017).

Potasio (K)

Cuando existe deficiencia de potasio, la fotosíntesis se reduce y la respiración de la planta incrementa. Los bordes de las hojas basales presentan manchas cloróticas, que continúan hacia las hojas más jóvenes, se presentan áreas necróticas en las orillas y las puntas de las hojas que pueden enroscarse.

Además, se presenta oscurecimiento entre las nervaduras. Las plantas se vuelven achaparradas, a menudo quebradizas y al final se secan, tienen un sistema radicular mal desarrollado; con frecuencia las semillas no maduran, los frutos son pequeños y deformes. Las plantas suelen presentar tamaño pequeño y el tallo más delgado que el de una planta provista de fertilización (Figura 43).

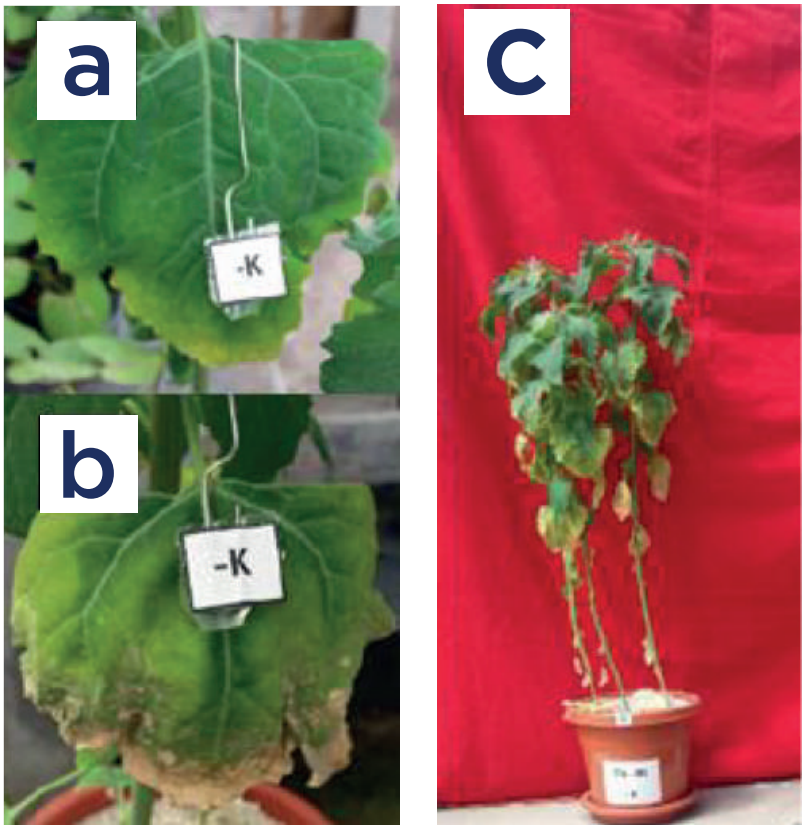


Figura 43. Síntomas de deficiencia de potasio, hoja con inicio de deficiencia (a); hoja con borde necrótico (b); planta completa (c) (Alfonso, 2017).

Azufre (S)

Las plantas que tienen una deficiencia de azufre, presentan un color verde pálido en las hojas más jóvenes; cuando la deficiencia es severa toda la planta puede presentar color verde pálido y crecimiento lento. Las hojas se arrugan a medida que la deficiencia progresa. Las hojas bajeras son las primeras en presentar clorosis en los bordes, que progresivamente avanzan hasta las nervaduras de estás (Figura 44).

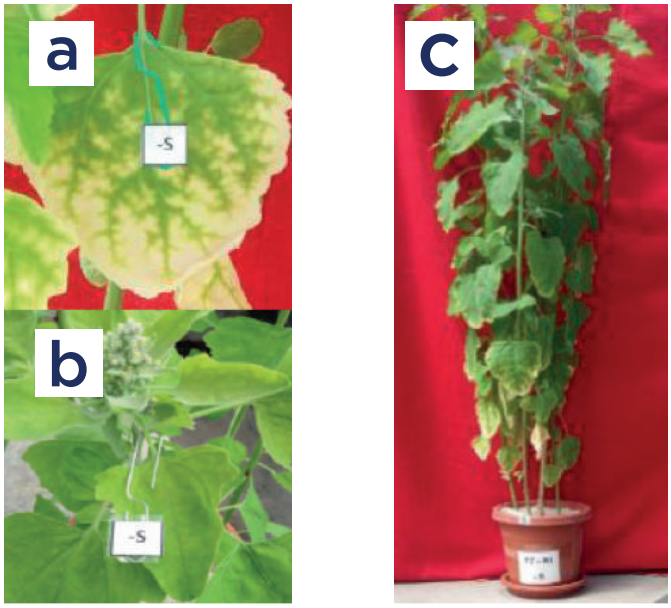


Figura 44. Síntomas de deficiencia de azufre, hojas basales (a); hojas superiores (b); planta completa (c) (Alfonso, 2017).

Boro (B)

La deficiencia de boro generalmente detiene el crecimiento de la planta, primero dejan de crecer los tejidos apicales y las hojas más jóvenes. Se muestran zonas cloróticas en las hojas jóvenes; las hojas se tornan quebradizas y la planta se defolia (Figura 45).

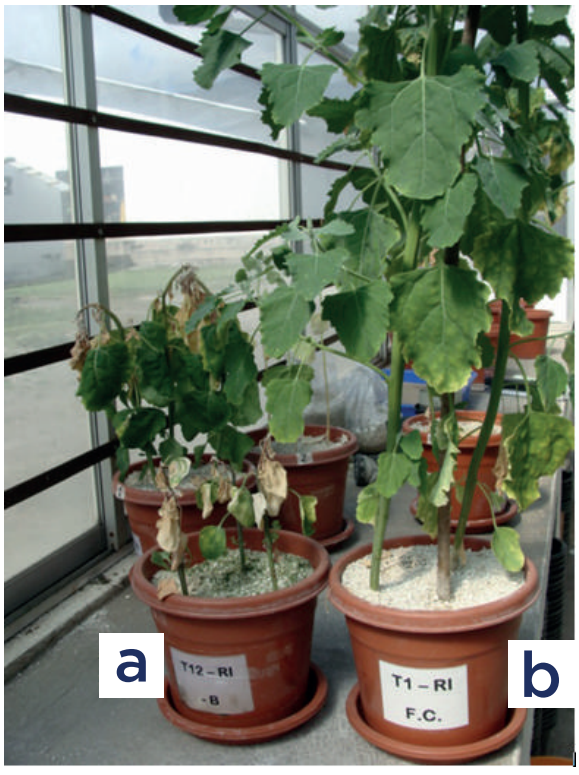


Figura 45. Síntomas de deficiencias de Boro (a); planta sin síntomas (b).

Control de malezas

Manual

En los primeros estados de crecimiento del cultivo de quinua, son invadidos rápidamente por malezas (bledos, malva, allpa quinua, nabo silvestre, etc.), que por su rápido crecimiento pueden llegar a constituirse en fuertes competidores por agua, luz y nutrientes.

Una densidad de siembra adecuada permite controlar de manera natural la presencia de malezas; sin embargo, siempre será necesario realizar una labor de limpieza (rascadillo) en forma manual de 15 a 20 días después de la emergencia de las plántulas, para facilitar un buen desarrollo (Figuras 46 y 47).

El aporque facilita un buen sostén y aireación a las plantas, sobre todo en valles interandinos, donde la quinua crece en forma exuberante. Esta labor se debe hacer a los 45 días de la siembra, ya sea en forma manual, con yunta o en forma mecanizada (Figura 48).



Figura 46. Deshierba manual de quinua.



Figura 47. Cultivo libre de malezas.



Figura 48. Aporque manual del cultivo de quinua.

República del Ecuador
Gobierno del Ecuador

Labor de purificación de variedades

Conforme avanza el desarrollo del cultivo, las diferencias entre variedades son fácilmente distinguibles por el color de axilas, de panojas, de tallos, precocidad, etc., características que ayudan a efectuar la purificación o erradicación de plantas fuera de tipo; es decir, aquellas que no presentan las características propias de la variedad. Esta labor se realiza antes de la floración, para evitar cruzamientos que afecten la uniformidad de la variedad (Nieto et al., 1986) (Figura 49).



Figura 49. Labores de purificación para conservar la pureza varietal en el cultivo de quinua.

En áreas con disponibilidad de agua de riego es posible regar por gravedad o surcos, considerando que el volumen de agua no debe ser abundante. Es importante poner énfasis en floración y llenado de grano (Peralta et al., 2016).

Manejo de palgas y enfermedades

Control de plagas

Para el control de plagas de la quinua, en general se recomiendan prácticas culturales (rotación y asociación de cultivos, labranzas tempranas y profundas, densidad adecuada de siembra, uso de variedades resistentes, control de malezas) y biológicas. Utilizar plaguicidas solo como última alternativa.

Entre las principales plagas que afectan al cultivo de quinua se citan las siguientes:

Gusanos cortadores, trozadores o tierreros (*Agrotis* sp.) (Figura 50)

Las larvas son de actividad nocturna. En sus primeros estadios se alimentan de hojas inferiores. Las larvas en etapas más desarrolladas cortan las plantas por la base (FAO, 2016). Para el control de trozadores se recomienda Deltametrina en dosis de 400 cc/ha (Peralta et al., 2016).



Figura 50. Daño ocasionado por *Agrotis* sp. en plántulas de quinua.

Pulgones (*Hayhurstia atriplicis*)(Carpio et al., 2022)

Los pulgones se encuentran ubicados en el envés de las hojas, en los brotes y en las panojas. Producen daños directos al succionar la savia de las hojas, brotes e inflorescencias, ocasionando debilitamiento y marchitez, además enrollan las hojas disminuyendo el área fotosintética. Los daños indirectos son producidos principalmente por la transmisión de enfermedades virales (Santivañez et al., 2016) (Figura 51).



Figura 51. Daño ocasionado por pulgones en plántulas de quinua.

Tabla 2. Productos recomendados para el control de pulgones.

Ingrediente Activo	Dosis	Modo de acción	Clasificación Toxicológica
Imidacloprid	0.1 l /200 l de agua	Sistémico	II. Moderadamente Peligroso
Pirimicarb	2 kg/ha	Contacto	II. Moderadamente Peligroso
Azadirachtina	1.5 l/ha[a]	Sistémico	IV. Ligeramente peligroso. Normalmente no presenta peligro en el uso

Fuente: Gómez y Aguilar, 2016.
[a] Vademécum florícola (Edifarm, 1992).

Aves graníferas

Ocasionan graves daños en la calidad del grano y además pérdida del rendimiento debido a su consumo (Figura 52). Para evitar el daño ocasionado por esta plaga se requiere realizar una cosecha oportuna, cuando el cultivo se encuentra en estado de madurez fisiológica. Una vez que el grano adquiera alrededor del 20% de humedad, se efectúa la cosecha e inmediatamente el secado de panojas.



Figura 52. Ataque de aves en el cultivo de quinua.

Control de enfermedades

Mildiu (*Peronospora variabilis*)

Es la enfermedad más severa que afecta al cultivo de quinua. Los mayores daños de la enfermedad se presentan en las hojas, provocando reducción del área fotosintética de la planta, lo cual afecta al rendimiento. En ataques severos, puede provocar la pérdida total en caso de variedades susceptibles. Se presenta como manchas pequeñas de forma irregular, su coloración puede ser clorótica, rosada o rojiza dependiendo el color de la planta, y se observa un micelio gris en el envés de las hojas. Existen evidencias de la presencia de oósporos prendidos en el epispermo de las semillas cosechadas en plantas enfermas; siendo una forma importante de dispersión de la enfermedad (Figura 53) (Danielsen y Ames, 2000; Gómez y Aguilar, 2016).

Las variedades comerciales INIAP Tunkahuan e INIAP Pata de Venado presentan resistencia intermedia a mildiu por lo cual no es necesaria la aplicación de fungicidas. Sin embargo, como último recurso, en variedades susceptibles se recomienda aplicar Metalaxyl en dosis de 2 kg/ha (Peralta et al., 2016).



Figura 53. Síntomas de mildiu (*Peronospora variabilis*) en el cultivo de quinua.

Cercospora (*Cercospora chenopodii*)

Se presenta en hojas como pequeñas lesiones de color marrón claro. Sin embargo, su aparición es severa después del ataque de mildiu o cuando la planta está próxima a la madurez (Figura 54). Su control puede realizarse con rotaciones adecuadas durante dos a tres ciclos con cualquier otro cultivo diferente a las especies del género **Chenopodium** (ashpa quinua).

Como recomendación se debe evitar sembrar en áreas con alta precipitación.



Figura 54. Síntomas de cercospora (*Cercospora chenopodii*) de quinua en hojas y tallos.

Rotación de cultivos

Se recomienda la rotación con leguminosas (arveja, fréjol, haba, chocho), cereales (trigo, cebada, maíz), hortalizas, tubérculos (melloco o papa); para evitar el empobrecimiento de los suelos y disminuir la presencia de plagas.

Asociación de quinua con leguminosas

La degradación de los suelos es uno de los problemas ambientales más preocupantes (acción del agua, viento o el ser humano); el principal reto es el manejo de la fertilidad de los suelos para mejorar y mantener la productividad de la quinua.

La mejor asociación es: tres surcos de quinua + un surco de haba o chocho (Figura 55).



Figura 55. Asocio de quinua con haba.



COSECHA, POSCOSECHA, ALMACENAMIENTO DE QUINUA

CAPÍTULO VII

COSECHA

La cosecha es una labor de mucha importancia. De ella depende el éxito en la obtención de la calidad comercial del grano y evitar pérdidas por efectos adversos del clima y ataque de aves.

La cosecha manual (con hoz) debe efectuarse cuando las plantas hayan alcanzado la madurez de cosecha; es decir, cuando las panojas se encuentren secas o si el grano ofrece resistencia a la presión entre las uñas (Figura 56). Es posible también efectuar la cosecha con el uso de máquinas combinadas, las cuales son útiles principalmente en terrenos con topografía plana (Peralta et al., 2016) (Figura 57).



Figura 56. Cosecha manual de plantas de quinua en madurez de cosecha.



Figura 57. Cosecha de quinua con máquina combinada.

La cosecha debe ser oportuna; si se presentan lluvias, el grano de quinua puede germinar en la misma planta o por lo menos se produce una oxidación o cambio de color de las semillas, afectando su calidad. Una alternativa para prevenir el daño de las semillas, es realizar la cosecha en etapa de madurez fisiológica, procurando un secado inmediato en lugares ventilados, evitando realizar parvas que acumulen humedad y favorezcan el desarrollo de hongos (Peralta et al., 2016) (Figura 58).



Figura 58. Grano de quinua afectado por efecto de la humedad.

Trilla

Si los lotes son pequeños la trilla se puede realizar golpeando las gavillas con una vara sobre carpas o plásticos; si los lotes son grandes, se puede emplear trilladoras estacionarias o máquinas combinadas (Figura 59). Se debe evitar la contaminación con piedras, tierra o semillas de malezas (Peralta et al., 2016; PRONALEG, 2019).



Figura 59. Cosecha manual y trilla con maquinaria estacionaria.

Para la cosecha con máquinas combinadas, el lote de quinua debe estar libre de malezas, en especial de semillas pequeñas, de difícil separación en el proceso de limpieza y selección (Peralta et al., 2016; PRONALEG, 2019) (Figura 60).



Figura 60. Cosecha y trilla con máquinas combinadas.

POSCOSECHA

Secado

Después de la trilla se recomienda inmediatamente secar los granos y tenderlos en plásticos, evitando el contacto directo con el suelo.

Al momento de la cosecha, el grano posee un contenido aproximado al 14% de humedad; dependiendo del estado de madurez de las plantas y del nivel de humedad ambiental. Por esta razón, el grano debe ser sometido a secado para evitar el cambio de color y el desarrollo de hongos que causarían la pérdida del valor comercial. El secado se puede realizar al sol o en secadoras mecánicas hasta conseguir una humedad menor al 12%.

Cuando el grano se va a utilizar como semilla, es necesario secar a la sombra y no exponerlo a temperaturas superiores a los 30 °C para evitar la pérdida del poder germinativo (PRONALEG, 2019) (Figura 61).



Figura 61. Secado del grano de quinua.

Limpieza y Selección

Esta labor consiste en separar el grano de la broza utilizando corrientes de aire, de tal manera que el grano esté completamente limpio. Actualmente existen aventadoras mecánicas, cuya labor es eficiente y relativamente son fáciles de operar (PRONALEG, 2019) (Figura 62).

La limpieza y clasificación del grano o semilla se puede realizar con zarandas manuales o con máquinas clasificadoras de semillas tipo Clipper (PRONALEG, 2019).



Figura 62. Limpieza a través de venteado tradicional y mecánica de la quinua.

ALMACENAMIENTO

La semilla seca y limpia debe ser almacenada en recipientes limpios, fundas o costales cerrados de tejido estrecho, los cuales deben ser colocados en bodegas limpias, secas, con circulación de aire y protegidas del ataque de roedores e insectos. Es preferible colocar los sacos sobre pallets de madera para evitar que el grano incremente la humedad al estar en contacto con el piso, y separados de la pared a unos 20 cm para permitir la circulación de aire. El contenido de humedad en la semilla debe ser inferior al 12% (Peralta et al., 2016; PRONALEG, 2019) (Figura 63).



Figura 63. Almacenamiento de semillas de quinua.

Desaponificación

La semilla de las variedades “dulces” o con bajo contenido de saponina requiere un lavado rápido con agua limpia o un escarificado ligero. Las variedades amargas; en cambio, requieren ser lavadas en abundante agua o recibir un fuerte escarificado antes de ser cocidas o procesadas, mediante cepillado vía seca (Peralta et al., 2016).

Industrialización

La transformación puede darse en grano perlado (grano entero lavado y seco o escarificado), harina, hojuela (grano aplastado), y en mezclas con harina de trigo para fideos, pan, galletas, etc. (Peralta et al., 2016) (Figura 64).



Figura 64. Grano de quinua perlada, lista para el consumo.

VIII. COSTOS DE PRODUCCIÓN

Tabla 3. Costos de producción de quinua con tecnología PRONALEG, INIAP. 2022.

Especie:	**Quinua**	**Variedad:**	**INIAP Tunkahuan**
Localidad:	**Santa Catalina**	**Superficie**	**1 ha**
Ciclo de producción:	**7 meses**	**Tasa de interés:**	**5% anual**

Rubro	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (USD)	Costo (USD)	Procentaje del Costo Total
A) MANO DE OBRA DIRECTA					
Jornales (Cultivo)	Jornal	50.00	25.00	1 250.00	53.23
B) INSUMOS					
Semilla	Kg	12.00	3.50	42.00	1.79
Fertilizantes					
15-30-15	Saco	4.00	56.00	224.00	9.54
Urea amarilla	Saco	2.00	52.00	104.00	4.43
Fertilizante Foliar	Kg	1.00	4.50	4.50	0.19
Control de plagas, enfermedades y malezas					
Insecticidas	l	1.00	30.00	30.00	1.28
Cosecha y Poscosecha					
Cosecha	Saco	52.00	2.50	130.00	5.54
Trilla y limpieza	Saco	52.00	0.50	26.00	1.11
Envases	Sacos primera	45.00	0.35	15.75	0.67
Envases	Sacos comercial	7.00	0.15	1.05	0.04
Maquinaria agrícola					
Preparación Suelo	USD/ha	1.00	150.00	150.00	6.39
Servicios Especiales					
Tierra	USD/ha	1.00	120.00	120.00	5.11
Servicios					
Básicos (Riego, electricidad, etc)	USD (presup.)	2.00	50.00	100.00	4.26
Vehículos (operación)					
Combustible, respuestos, etc	USD (presup.)	1.00	20.00	20.00	0.85
SUBTOTAL (COSTOS VARIABLES)				**2 217.30**	
COSTOS DE DISTRIBUCIÓN (FIJOS)					
Gastos de Administración					
Administración	% CV	3.00	%	66.52	2.83
Costo de Capital	USD/ha			64.67	2.75
SUBTOTAL (COSTOS FIJOS)				**131.19**	
TOTAL (COSTOS VARIABLES + COSTOS FIJOS)				**2 348.49**	**100.00**

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN

Productos y Subproductos	Rendimiento / ha (%)	qq
Materia prima 1	93.02	40
Materia prima 2	4.65	2
Granzas	2.33	1
Pérdidas		
SUBTOTAL PROCESAMIENTO	100.00	43

ANÁLISIS FINANCIERO

COSTO UNITARIO DE PRODUCCIÓN POR qq: 58.71 USD/qq

MARGEN DE GANANCIA

Mínimo: 20.00%

BENEFICIO BRUTO (BB)

Productos y Subproductos	Precio qq	Beneficio Bruto USD/qq	Beneficio Bruto %
Materia prima 1	70.45	2 818.19	99.12
Materia prima 2	10.00	20.00	0.70
Granzas	5.00	5.00	0.18
Pérdidas			
TOTAL		**2 843.19**	**2 843.19**

ANÁLISIS FINANCIERO (USD/ha):	**494.70**
RETORNO A LA INVERSIÓN (%):	**21.06**
BENEFICIO/COSTO:	**1.21**
PUNTO DE EQUILIBRIO:	**33.33**

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adolf, V.I., Jacobsen. S-E., Shabala. S. (2013). Salt Tolerance Mechanisms in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Environ. Exp. Bot. 92, 43–54.

Alfonso, G. (2017). Evaluación de deficiencias nutricionales en quinua hidropónica (*Chenopodium quinoa* Willd.), mediante la técnica del elemento faltante bajo invernadero. Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 71 p.

Apaza, V., Cáceres, G., Estrada, R., Pinedo, R. (2013). Catálogo de variedades comerciales de quinua en el Perú. 1ra edición. FAO. INIA. Lima, Perú. 79 p.

Carpio, C., Pruna, W., Morocho, G. (2022). Manejo Integrado de Plagas con enfoque conservativo MIP-EC. Mesa Técnica de la Quinua de Chimborazo. Programa Cadenas de Valor. CEFA. Ecuador. 117 p.

Carrillo, A. (1992). Anatomía de la semilla de *Chenopodium berlandieri* spp. nuttalliae (Chenopodiaceae) Huauzontle. Tesis previa a la obtención del título de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Centro de Botánica. Montecillo, México. 87 p.

Craine, E.B., Murphy, K.M. (2020). Seed Composition and Amino Acid Profiles for Quinoa Grown in Washington State. Front. Nutr.7, 26.

Danielsen, D., Ames, T. (2000.) El Mildiu (*Perenospora farinose*) de la Quinua (*Chenopodiun quinoa*) en la Zona Andina. Manual Práctico para el estudio de la enfermedad y el patógeno. CIP. Lima, Perú.

Dizes, J., Bonifacio, A. (1992). Estudio en microscopía electrónica de la morfología de los órganos de la quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) y de la cañahua (*Chenopodium pallidicaule* A.) en relación con la resistencia a la sequía. In: Morales, D., Vacher, J (Eds.). Actas del VII Congreso Internacional sobre Cultivos Andinos. La Paz, Bolivia. 4-8 de julio de 1991. Pp. 69-74.

Food and Agriculture Organization (FAO). (2016). Guía de Identificación y Control de las principales plagas que afectan al cultivo de quinua en la zona andina. Santiago, Chile. 35 p.

Food and Agriculture Organization. FAOSTAT. (2020). Disponible en: https://www.fao.org/faostat/es/#data/QI

Gómez, L. (2011). Catálogo del Banco de Germoplasma de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Universidad Nacional Agraria La Molina. 1ra edición. Lima, Perú. 184 p.

Gómez, L., Aguilar, E. (2016). Guía de cultivo de la quinua. FAO. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2 da ed. Lima, Perú. 121 p.

Hinojosa, L., Matanguihan, J.B., Murphy, K.M. (2019). Effect of High Temperature on Pollen Morphology. Plant Growth and Seed Yield in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). J. Agron. Crop Sci. 205, 33–45.

Latorre, F. (2011). La vida de las plantas. 1ra edición. Editorial Universitaria. Quito, Ecuador.

Mazón, N., Peralta, E., Monar, C., Subía, C., Rivera, M. (2008). INIAP Pata de Venado (*Taruka chaki*). Variedad de quinua precoz y de grano dulce. Plegable No. 261. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.

Mazón, N., Peralta, E., Murillo, Á., Rivera, M., Guzmán, A., Pichazaca, N., Nicklin, C. (2019). It's Not Just the Technology. Its the Surrounding System: How Researchers in Ecuador Found Ways to Make Themselves Useful to Farmers through Quinoa and Lupin Seed Systems. Exp. Agric. 55, 107–124.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2019). Boletín Situacional. Cultivo de Quinua. 6 p. Disponible en: https://fliphtml5.com/ijia/akez/basic

Miranda, R. (2016). Fenología de la quinua real Phisankalla: Cuatro hojas verdaderas. Disponible en: https://laquinua.blogspot.com/2016/11/fenologia-de-la-quinua-real-phisankalla.html?m=1

Mujica, A. (1988). Parámetros genéticos e índices de selección en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Genética. Montecillos, México. 122 p.

Mujica, A. (1992). Granos y leguminosas andinas. In Hernandez J., Bermejo J.; Leon J. Ed. Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Roma, IT. FAO. p. 112-146.

Mujica, A., Canahua, A., Saravia, R. J. (2001). Capítulo II: Agronomía del cultivo de la quinua. Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.). En: Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. FAO. Oficina Regional de Producción Vegetal para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 253 p.

Nieto, C., Castillo, R., Peralta E. (1986). Guía para la producción de semilla de quinua. Boletín Divulgativo No. 186. INIAP. Estación Experimental Santa Catalina. 8 p.

Nieto, C., Vimos, C., Monteros, C., Caicedo, C., Rivera, M. (1992). INIAP Ingapirca e INIAP Tunkahuan, dos variedades de quinua de bajo contenido de saponina. Boletín Divulgativo N°. 228. Programa de Cultivos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 61 p.

Nishikawa, J., Morales, A., Tine, A., Huamán, H. (2012). Manual de nutrición y fertilización de la quinua. CARE. 1ra edición. Lima, Perú.

Peralta, E. (2010 a). Producción y distribución de semilla de buena calidad con pequeños agricultores de granos andinos: chocho, quinua, amaranto. Publicación Miscelánea No. 169. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos. Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 68 p.

Peralta, E. (2010 b). Iniap Tunkahuan. Variedad mejorada de quinua de bajo contenido de saponina. Plegable Divulgativo No. 345. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Sana Catalina, INIAP. Quito, Ecuador.

Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N. Villacrés, E., Rivera, M. (2013). Catálogo de variedades de granos andinos: chocho, quinua y amaranto. Publicación Miscelánea N.º 151. 3ª edición. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. 28 p.

Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N. (2015). LÍNEA DEL TIEMPO. Mejoramiento genético de los granos andinos en Ecuador: quinua, chocho, amaranto y ataco. Publicación Miscelánea N.º 420. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. 4 p.

Peralta, E., Mazón, N., Murillo, A., y Rodríguez, D. (2016). Manual agrícola de granos andinos: chocho, quinua, amaranto y ataco. Cultivos, variedades y costos de producción. 4ª Edición (Reimpresión). Publicación Miscelánea N° 69. Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos, Estación Santa Catalina, INIAP. Quito, Ecuador. 72 p.

POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE. (1997). Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Quito, Ecuador.

Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA). (2019). Ficha técnica del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Estación Experimental Santa Catalina. INIAP. Quito, Ecuador. 17 p.

Santivañez, T., Cruces, L.M., Callohuari, Y., Carrera, C., Delgado, P., Peralta, E., Tejada, G., Chorbadjian, R., Rosales, M., Jara, B., Periche, A. (2016). Quinua: Manejo Integrado de Plagas. Manejo en el cultivo de la quinua para fortalecer el sistema agroalimentario en la zona andina. FAO. 189 p.

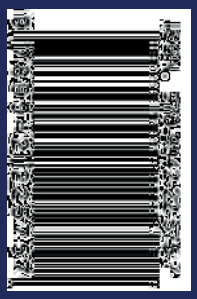
Tapia, M., Gandarillas, H., Alandia, S., Cardozo, A., Mujica, A., Ortiz, R., Otazu, V., Rea, J., Salas, B., Zanabria, E. (1979). Quinua y Kañiwa. Cultivos Andinos. Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo (CIID). Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA). Bogotá, Colombia. 227 p.

Tapia, M. (2015). The Long Journey of Quinoa: Who Wrote Its History. In State of the Art Report on Quinoa Around the World in 2013. Bazile., D., Bertero, H.D., Nieto, C. (Eds). FAO: Rome, Italy. CIRAD: Paris, France.

Vademécum florícola. (1992). XII Edición. Disponible en: https://issuu.com/edifarm/docs/vademecum_floricola_edifarm_xii_edicion.

Villacrés, E., Cuadrado, L., Falconí, F. (2013) Los granos andinos: Chocho (*Lupinus mutabilis* Sweet), Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), Amaranto (*Amaranthus caudatus* L.) y Sangorache (*Amaranthus hybridus* L.) fuente de metabolitos secundarios y fibra dietética. Boletín Técnico N°. 165. Departamento de Nutrición y Calidad. Estación Experimental Santa Catalina. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias-INIAP. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Chimborazo-UNACH. Quito, Ecuador. 42 p.

Wu, G. (2015). Nutritional Properties of Quinoa. In Quinoa: Improvement and Sustainable Production. Murphy, K., Matanguihan, J. (Eds). John Wiley & Sons. Inc.: Hoboken. NJ, USA. pp. 193–210.



www.iniap.gob.ec

FIASA

FONDO DE INVESTIGACIÓN PARA LA AGROBIODIVERSIDAD, SEMILLAS Y AGRICULTURA SUSTENTABLE

@iniapec @iniapecuador @iniapecuador

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias

República del Ecuador