

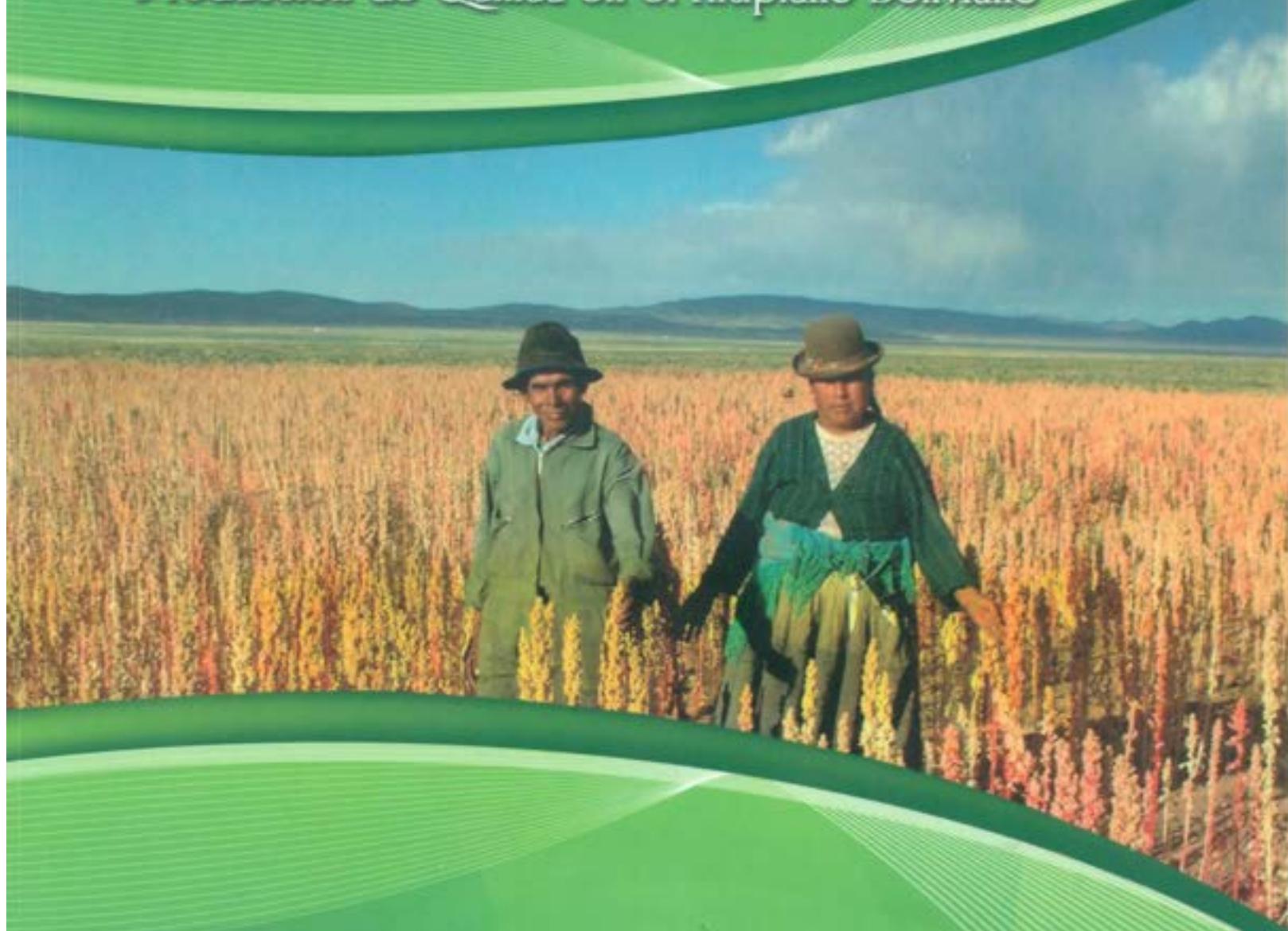


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA



# Manual Técnico

Producción de Quinua en el Altiplano Boliviano



Carmen DEL CASTILLO GUTIERREZ  
Hugo BOSQUE SANCHES  
Alejandro BONIFACIO FLORES

La Paz - Bolivia

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

# **Manual Técnico**

Producción de Quinua en el  
Altiplano Boliviano

Carmen DEL CASTILLO G.  
Hugo BOSQUE S.  
Alejandro BONIFACIO F.

Obra publicada en conmemoración del Año Internacional de la Quinua 2013

Para citar este documento:

Del Castillo, C., Bosque, H. y Bonifacio A. ( Coord. Ed.), 2013. Manual Técnico Producción de la Quinua en el Altiplano Boliviano. Documento técnico final en conmemoración al Año Internacional de la Quinua. Facultad de Agronomía-UMSA. La Paz, Bolivia. 82 p.

Coordinación Editorial:

Carmen del CASTILLO G., Hugo BOSQUE S. y Alejandro BONIFACIO F.

Revisión de textos:

Carmen del CASTILLO G., Hugo BOSQUE S. y Alejandro BONIFACIO F.

Diagramación y Diseño Gráfico:

Sergio CORNEJO S. y Carmen DEL CASTILLO G.

Depósito Legal: 4-1-64-14- P.O.

ISBN: 978-99974-41-77-5

Foto Tapa: C.D.C.G.

Universidad Mayor de San Andrés, 2013

Se permite la reproducción total o parcial de esta publicación, el almacenamiento en formato Digital, la trasmisión por sistemas electrónicos, fotocopias y otros medios, para propósitos Estrictamente académicos y de investigación, siempre y cuando se mencione a los titulares Del Copyright. Para fines comerciales y otros, está estrictamente prohibido, bajo pena aplicación de Ley de Derechos de Autor 1322.

IMPRESO EN LA PAZ, BOLIVIA - PRINTED IN LA PAZ, BOLIVIA

Impresión: Centro Gráfico, Calle Juan de la Riva N° 1519, La Paz, Bolivia.

## INDICE

---

MANUAL TÉCNICO PRODUCCIÓN DE QUINUA EN EL ALTIPLANO BOLIVIANO	
PRESENTACIÓN	1
CAPÍTULO 1.	
GENERALIDADES (CARMEN DEL CASTILLO G. Y HUGO BOSQUE S.)	
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO 2.	
VARIEDADES DE QUINUA POR REGIONES Y SEMILLAS (ALEJANDRO BONIFACIO F.)	
CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES DE QUINUA	9
CAPÍTULO 3.	
MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO (ROBERTO MIRANDA C.)	15
CAPÍTULO 4.	
RIEGO DEFICITARIO O SUPLEMENTARIO EN LA QUINUA (EDWIN YUCRA)	31
CAPÍTULO 5.	
PLAGAS Y ENFERMEDADES DE LA QUINUA (FÉLIX MAMANI)	37
CAPÍTULO 6.	
MANEJO DEL CULTIVO (ALEJANDRO BONIFACIO)	50
CAPÍTULO 7.	
LA SIEMBRA	54
CAPÍTULO 8.	
COSECHA Y POST COSECHA	62
CAPÍTULO 9.	
BIBLIOGRAFÍA	74
GALERÍA : GRÁFICOS – FOTOGRAFÍAS	77

# MANUAL TÉCNICO

## PRODUCCIÓN DE QUINUA EN EL ALTIPLANO BOLIVIANO

---

### PRESENTACIÓN

El presente “*Manual Técnico: Producción de Quinua en el Altiplano Boliviano*”, es el resultado de investigaciones realizadas, por varios años, por docentes investigadores de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, como un aporte al sistema productivo sostenible de este grano andino. Trata de llenar un vacío, tanto para los productores como los técnicos e investigadores, inmersos en el proceso de producción primaria fundamentalmente.

Los 8 capítulos del Manual, presentan secuencialmente, desde las características medioambientales de esta eco región hasta las tareas principales en la cosecha y post cosecha de la quinua, tomando en cuenta en cada temática, las particularidades del Altiplano Norte, Centro y Sur.

El **Capítulo 1: Generalidades**, se describe brevemente la agroclimatología del Altiplano y los requerimientos agroclimáticos de la quinua, para terminar con la descripción morfológica y fisiológica de este cultivo que le permiten adaptarse a las condiciones medio ambientales del Altiplano.

En el **Capítulo 2: Variedades de Quinua por Regiones y Semillas**, donde se describen las características principales de las variedades de quinua apropiadas o recomendadas para cada uno de los tres altiplanos. Se debe destacar que Bolivia cuenta con una amplia diversidad de variedades nativas y mejoradas. Las variedades nativas presentan su rango de adaptación más o menos particular, como también las variedades mejoradas se encuentran caracterizadas para cada zona de producción.

El tema de semillas es uno de los pendientes en el sistema productivo de la quinua en Bolivia, porque la mayoría de los productores aún utilizan semillas sin certificación. En este segundo capítulo se dan algunos lineamientos conceptuales, principalmente tendientes a la concientización.

En el **Capítulo 3: Manejo de la Fertilidad del Suelo**, se describe amplia y detalladamente este tema, desde la conceptualización hasta las recomendaciones para una adecuada fertilización, según resultados de análisis de laboratorio. Se dan los pasos para un muestreo adecuado de suelos e interpretación de los datos analíticos, principalmente de los elementos mayores como el nitrógeno, fósforo y potasio. El capítulo finaliza con una recomendación sobre la forma y época de aplicación de estiércol en los campos de cultivo y la fertilización complementaria.

En el Altiplano, la gestión de los recursos hídricos es muy importante, por lo que las investigaciones en riego deficitario o complementario en la quinua han dado resultados interesantes, a pesar de que este cultivo está adaptado y catalogado como una especie resistente a la sequía. Por ello, en el **Capítulo 4: Riego Deficitario o Suplementario en la Quinua**, se dan las pautas de cómo, cuánto y cuándo aplicar este tipo de riego.

Aparte de los factores abióticos adversos bajo los cuales se desenvuelve la quinua, también están los agentes bióticos que afectan negativamente el normal desenvolvimiento del cultivo. Existen los insectos y animales plaga, así como las enfermedades y malezas que son nativas y/o introducidas de la eco región. La descripción y la forma de prevención y control de estos agentes se presenta en el **Capítulo 5: Plagas y Enfermedades de la Quinua**.

Las principales labores culturales que se realizan en el cultivo de la quinua se describen en el **Capítulo 6 y 7: Manejo del Cultivo**, se presenta una descripción detallada sobre la forma y época de preparación del suelo, de la aplicación del estiércol, de la siembra y las labores de deshierbe y raleos, complementados con recomendación sobre la rotación de cultivos.

El último **Capítulo 8: Cosecha y Post Cosecha**, describe los procedimientos que se siguen una vez que el cultivo ha alcanzado la madurez fisiológica y el posterior tratamiento de los granos para que esté listo para el consumo. La cosecha comprende la siega o corte, el emparvado, venteo y zarandeo. En la post cosecha se tiene principalmente la selección y desaponificación. Finalmente el capítulo se complementa con una breve descripción de las formas de procesamiento industrial del grano, para obtener productos perlados, hojuelas y harinas.

La Paz, diciembre de 2013

Hugo D. BOSQUE SÁNCHEZ  
DECANO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA – UMSA

## CAPÍTULO 1. GENERALIDADES (CARMEN DEL CASTILLO G. Y HUGO BOSQUE S.)

---

### 1. INTRODUCCIÓN

La quinua, para las familias productoras del Altiplano, es importante para la seguridad alimentaria, porque una parte de su producción es consumida por ellas, así también les genera ingresos económicos que les permite acceder a otros productos de primera necesidad. Este grano les brinda grandes beneficios por su calidad nutricional (de 14 al 16 % de proteína con amino-ácidos esenciales, con contenidos importantes en minerales, superior a los cereales clásicos, como antioxidantes, y es el único alimento vegetal que posee todos los aminoácidos esenciales, oligoelementos, vitaminas y no contiene gluten). Es el único cultivo que se produce comercialmente en medio de las adversidades climáticas del Altiplano boliviano, caracterizado por temperaturas extremas, frecuentes sequías y suelos con baja fertilidad natural.

Los sistemas de producción, así como la economía de la quinua, tienen ciertas diferencias entre los tres altiplanos de Bolivia. En el Altiplano Norte la producción es parcelaria, con poca superficie por unidad familiar y la producción se destina principalmente al autoconsumo, y es la zona de mayor agro diversidad de quinuas (Hot Spot de la quinua en Bolivia). En el Altiplano Sur y Central también se constituye en un alimento esencial para el agricultor, sin embargo, su producción está más enfocada hacia el mercado, principalmente de exportación, lo que les permite mejorar sus ingresos y su estado de liquidez durante todo el año.

### 2. AGRO CLIMATOLOGÍA DEL ALTIPLANO Y REQUERIMIENTOS DEL CULTIVO

#### 2.1 AGRO CLIMATOLOGÍA DEL ALTIPLANO

El Altiplano se encuentra en la región subtropical y de tierras altas templadas de acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge (Montes de Oca, 1997). Su clima se caracteriza por:

- ✓ Una estación de lluvias del verano austral (octubre a abril) correspondiente al período de cultivo y estación seca de invierno austral (de mayo a octubre),
- ✓ Una radiación ultravioleta intensa y una radiación global elevada que conduce a una fuerte evapotranspiración potencial (Vacher, 1989; Geerts et al., 2006),
- ✓ Amplitudes térmicas diarias altas, de 15 a 20 °C en promedio, pero puede alcanzar hasta 50 °C en un mismo día (registrada en Uyuni en agosto de 1946),
- ✓ Riesgo permanente de las heladas y el granizo durante la temporada de cultivo (Cuadro 1.1).

**Cuadro 1.1 Principales características climáticas de las regiones productoras de quinua en Bolivia**

Región Ecológica	T. max. med. anual (°C)	T. media anual (°C)	T. min. media anual (°C)	Precipitación (mm/año)	Días de heladas/año	Otros riesgos climáticos
Altiplano norte	15.0	7.7	-4.0	548-845	170	Granizo
Altiplano central	17.0	5.7	-4.0	255-480	217	Granizo y nieve
Altiplano sud	18.0	9.0	-11.0	125-297	199	Granizo y nieve
Valles inter-andinos	16.0	10.6	-4.0	589-894	142	Granizo

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología — SENAMHI.

Los tres factores principales que influyen el inicio, la duración y la intensidad de la temporada de lluvias son el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), la presencia del lago Titicaca y de la oscilación Sur de El Niño (ENSO). El fenómeno ENSO da el origen de una fuerte variabilidad interanual de precipitación y de evapotranspiración, constituye un riesgo significativo para la producción de cultivos (Vuille, 1999; Garreaud et al., 2003). El conocimiento del clima local integra en parte este fenómeno dentro las diversas prácticas ancestrales de prevención del tiempo (Orlove et al., 2000).

Los daños causados a los cultivos por las heladas son mencionados en textos históricos de la época Colonial (Cieza de León, 1553 citado por Vacher, 1998). La frecuencia de este evento climático y sus consecuencias constituyen un riesgo permanente en la producción agrícola. Las noches heladas en el Altiplano son causadas principalmente por un balance radiativo negativo a nivel del suelo y de los órganos de las plantas (Vacher, 1989; Lhomme y Vacher, 2002). Ellos son muy frecuentes de mayo a septiembre y luego disminuyen a partir de octubre, lo que permite la siembra. Los meses de abril y mayo (época de cosecha), las heladas nocturnas vuelven a ser un riesgo significativo. Sin embargo, se debe señalar que, si la frecuencia de heladas es mínima a la mitad del ciclo de cultivo, el efecto no es significativo, pero será muy severo si esto se produce en la fase de la floración.

## 2.2

### REQUERIMIENTOS AGRO-CLIMÁTICOS DEL CULTIVO

La precipitación mínima para obtener un buen rendimiento es 400 mm, siendo los períodos más críticos: la germinación, floración y llenado de grano. Se conoce también que el cultivo de quinua se adapta a diferentes precipitaciones, dependiendo de la zona y el genotipo, produciendo con precipitaciones desde 250 mm anuales (Altiplano Sur boliviano) hasta 1500 mm en valles interandinos. Sin embargo, la productividad de la quinua se ve seriamente afectada por el esfuerzo que el cultivo debe ejercer para producir con cantidades tan bajas de agua. Adicionalmente, está reportado que si se aplica riego, el mecanismo interno del cultivo hace que el aprovechamiento eficiente del agua, se inicie solamente a partir de ciertos umbrales de aplicación, lo que hace que el riego se justifique solo si se puede aplicar una cantidad razonable (Geerts, 2004).

La etapa del inicio de floración es bastante sensible tanto a las sequías como a las heladas. Así mismo, durante la etapa de floración solo puede resistir hasta -2°C. Para obtener una germinación aceptable la temperatura mínima debe ser de 5°C, y que se alcancen buenas producciones de quinua en un rango de temperatura promedio anual de 9°C a 16 °C. Temperaturas mayores a estas causan pérdidas por respiración, aborto de la flor, traen riesgo de ataque por insectos (condiciones secas) y hongos (condiciones húmedas). Si bien en

algunas etapas la quinua es capaz de tolerar heladas de hasta  $-8^{\circ}\text{C}$ , ello dependerá de la duración, intensidad, etapa fenológica, humedad relativa del aire y otros.

### 3. MORFOLOGÍA Y ECOFISIOLOGÍA DE LA QUINUA PARA SU ADAPTACIÓN A CONDICIONES DEL ALTIPLANO

Primeramente señalar que la quinua es una halófita facultativa, lo que significa que es una especie adaptada a suelos con cierto nivel de salinidad, pero también se produce en zonas sin contenido de sales. Algunos resultados de investigaciones muestran que para las quinuas del Altiplano, los suelos con una salinidad de 6 a 8 mS/cm son ideales (Bosque et al., 2003).

Las propiedades de este cultivo que le permiten desenvolverse frente a condiciones predominantes del Altiplano son:

**Adaptaciones a la sequía:** Por presentar hojas suculentas y carnosas (fase juvenil principalmente), presencia de una cutícula de mayor espesor y el parénquima en empalizada bi y tri-estratificado, que proporciona capacidad de retener mayor cantidad de agua.

**Adaptaciones a suelos salinos:** La presencia de drusas (grupo de cristales de Oxalato de Calcio) en el interior de las células del mesófilo, explicaría la capacidad de adaptarse a condiciones edáficas salinas, ya que dichas drusas están compuestas por oxalatos de calcio (sales).

**Adaptaciones a bajas temperaturas:** La presencia de espacios intercelulares "grandes" en el parénquima en empalizada y esponjoso, ejerce una función aislante para disminuir el efecto de las bajas temperaturas, asimismo, la presencia de drusas en el interior de las células del mesófilo disminuye el punto de crioscopia, es decir, tienen la capacidad de adaptarse a condiciones extremas de bajas temperaturas.

**Adaptaciones a la altitud:** Por presentar una frecuencia estomática alta ( $\text{N}^{\circ}$  estomas/ $\text{mm}^2$  de superficie de la hoja) y drusas en el interior de sus tejidos, que

proporcionan la capacidad de adaptarse a condiciones de mayor altura sobre el nivel del mar.

**Distribución ecológica:** Siendo la quinua una planta C<sub>3</sub>, tiene una tasa fotosintética media y por lo tanto una amplia distribución, es decir, tiene la capacidad de adaptarse fisiológicamente a diferentes ambientes.

Es importante mencionar que la quinua es muy susceptible al exceso de agua, ya que cuando pasa del 60% de agua disponible sufre de estrés hídrico. En cuanto a la eficiencia de uso de agua (EUA), también se debe señalar que es suficiente con 400 mm de precipitación, pero distribuida adecuadamente durante el ciclo del cultivo, siendo importante en las primeras fases fenológicas y en la etapa de panojamiento y floración.

La resistencia estomática se incrementa cuando aumenta el déficit hídrico en el suelo, de la misma manera el potencial hídrico foliar, lo que le permite contrarrestar los efectos de la sequía y el frío.

## CAPÍTULO 2. VARIEDADES DE QUINUA POR REGIONES Y SEMILLAS

### (ALEJANDRO BONIFACIO F.)

---

#### 2. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES DE QUINUA

Variedad es un grupo de plantas dentro de una especie que se distingue por una serie de características morfológicas, agronómicas e industriales entre otras.

Una variedad debe ser distinta (definida por la expresión de los caracteres resultantes de un cierto genotipo o de una cierta combinación de genotipos, distinguirse de cualquier otro conjunto de plantas por la expresión de uno o más caracteres), uniforme (considerarse como una unidad homogénea) y estable (aptitud a propagarse sin alteración en cada ciclo de regeneración o producción).

Una variedad debe poder reconocerse por sus caracteres, claramente distintos de los de cualquier otra variedad, y que se mantendrán inalteradas sus características a través del proceso de propagación. Para mantener sus características propias, se aplican procedimientos técnicos en su multiplicación.

En los centros de origen de las especies cultivadas, existen una serie de variedades nativas o tradicionales, en caso de la quinua, existen variedades nativas conocidas como ecotipos de quinua real, ecotipos de quinua dulce o simplemente variedades locales. Las características de estas variedades se ajustan en alguna medida a la definición expuesta. Sin embargo, toma otros criterios de clasificación como el manejo (adaptación), el uso o destino del producto obtenido (grano entero o procesado).

Bolivia cuenta con una amplia diversidad de variedades nativas y mejoradas. Las variedades nativas presentan su rango de adaptación más o menos particular, como también las variedades mejoradas se encuentran caracterizadas para cada zona de producción.

Entre las variedades nativas se destaca el complejo de ecotipos del Altiplano Sur caracterizadas por su tamaño de grano grande (tipo real), amarga, tipo amarantiforme, color de planta y granos diversos.

Los ecotipos de quinua real integran más de 50 variedades nativas del Sur. El catálogo de ecotipos menciona 54 (Bonifacio y Aroni, 2013): Real Blanca, Toledo, Pandela, Killu, Wila, Phisanqalla, Willa qoimini, Chaku, Tres hermanos, Khashlala, Chiara, entre otras.

Las variedades liberadas por el Ex IBTA son Sajama, Sajamaranti, Chucapaca, Qamiri, Waranqa, Surumi, Jiskitu, Intinaira, Sayaña, Jumataki, Jilata, Patacamaya, Amilda y Mañiqueña (IBTA-DNS, 1996). Algunas de estas variedades fueron ampliamente difundidas como la Sajama, Chucapaca, Huaranga y Sayaña, otras no han tenido la difusión por el cierre del IBTA en 1997. Las variedades mejoradas hasta la década del 90 fueron de grano blanco y dulce, lo que muestra la orientación del mejoramiento de la quinua hacia el consumo facilitando el beneficiado de la quinua.

La Fundación PROINPA, ha liberado las variedades mejoradas mediante hibridación y selección, entre ellas Jacha Grano, Kurmi, Blanquita, Qusuña, Aynoqa y Horizontes (Bonifacio et al., 2002 y Aroni, 2003; Bonifacio y Vargas, 2005; Bonifacio et al., 2005 y 2007). En este grupo de variedades se encuentran tanto dulces como amargas, de ciclo precoz y semiprecoz, grano grande, tolerante al granizo y resistente a la enfermedad del mildiu.

## 2.1 VARIEDADES PARA EL ALTIPLANO NORTE

Las variedades nativas para el Altiplano Norte son Kankolla, Witulla, Janqu, Phisanqalla, Quytu. Todas ellas de grano pequeño, pero resistentes al mildiu. Las variedades mejoradas para el Altiplano Norte son Kurmi, Blanquita, Jacha Grano. Las variedades del Altiplano Norte son de ciclo semi tardío o tardío, por lo que la siembra debe ser realizada en su debido tiempo.

En razón al ciclo relativamente largo y la buena fertilidad de los suelos, los rendimientos que alcanzan las variedades suelen ser altos, siendo el promedio de rendimiento igual o mayor a 1000 kg/ha.

## 2.2

### VARIEDADES PARA EL ALTIPLANO CENTRAL

Las variedades aptas para el Altiplano Central son básicamente las liberadas por la Estación Experimental de Patacamaya (IBTA), puesto que las variedades fueron seleccionadas en una zona representativa del Altiplano Central. De las 15 variedades mejoradas, las que han sido adoptadas son Sajama, Chucapaca, Sajama Amarantiforme, Sayaña y Surumi. Estas variedades tienen un bajo nivel de resistencia al mildiu de grano grande de ciclo semi precoz.

Con la ampliación del mercado de quinua, los productores e instituciones han introducido variedades reales a la zona del Centro. Sin embargo, los ecotipos son altamente susceptibles al mildiu, por lo que los resultados fueron poco alentadores. Sin embargo, los ecotipos genéticamente menos estables se encuentran en proceso de adaptación, ellas son Pandela, Toledo y Q'illu, especialmente en la parte Sur del Altiplano Central.

## 2.3

### VARIEDADES PARA EL ALTIPLANO SUR

Las variedades nativas o ecotipos para el Altiplano Sur son Real Blanca, Pandela Rosada, Toledo, Rosa Blanca, Chaku, Phisanqalla y Qillu entre otras.

Las variedades mejoradas y seleccionadas como Qosuña, Horizontes, Mañiqueña, Cariquemeña y Qanchis Blanca son aptas para el Altiplano Sur.

## 2.4

### SEMILLA Y SEMILLA DE CALIDAD

La semilla de quinua es el grano que contiene el embrión viable de una futura planta y está protegida por el pericarpio y epispermo, que al caer en un suelo apropiado o ser sembrado produce nuevas plantas de quinua de la misma variedad.

La calidad de semilla está dada por la calidad física, calidad fisiológica y calidad genética. La calidad física de la semilla se refiere a la condición libre de materia inerte inorgánica (arena, piedrecillas, otros materiales), material inerte orgánica (restos de tallos, broza, jipi, otros materiales), otras semillas (malezas, otros cultivos). La calidad fisiológica se refiere a la germinación y

vigor (capacidad de una semilla para producir todas las estructuras esenciales para el crecimiento normal de una planta en las condiciones ideales) y cuyo porcentaje de germinación debe ser igual o mayor al 90%. La calidad sanitaria está relacionada con la condición libre de enfermedades que se transmiten por semilla. La calidad genética se refiere a la pureza genética y homogeneidad varietal.

La calidad de la semilla se consigue mediante los procedimientos de manejo apropiado que puede ser sujeto de control de calidad de semillas. Estos controles se inician en campo, antes de la siembra, durante las fases de crecimiento, la maduración, cosecha, post cosecha de semilla, y culmina con el control en el laboratorio de las semillas. La inspección y/o monitoreo de campos semilleros y los análisis de semillas deben llevarse a cabo en varios niveles para preservar la pureza genética y la capacidad de germinación.

Las categorías de semilla de quinua en el sistema formal son las siguientes:

- ✓ Semilla genética que proviene del programa de mejoramiento genético de la quinua.
- ✓ Semilla básica es la que proviene de la multiplicación de semilla genética y lleva la etiqueta de color blanco.
- ✓ Semilla registrada es la multiplicación de la semilla básica, se distingue por la etiqueta de color rosado.
- ✓ Semilla certificada es la multiplicación de semilla registrada identificada por la etiqueta de color celeste.

Para producir semilla certificada en el sistema formal, se debe cumplir la normativa vigente. La entidad responsable de su implementación es el INIAF. Por lo que los productores interesados en producir semilla certificada deben dirigirse a las instancias respectivas.

*La semilla es el factor de producción más importante en el proceso productivo de la quinua. La semilla llega al productor o usuario de semilla mediante un sistema complejo que interactúa directa o indirectamente.*

*El sistema de semillas tiene tres componentes que son el tecnológico, el económico y el legal. El componente tecnológico del sistema de semilla se refiere a la selección de variedades mediante programas de mejoramiento genético que implica conocimientos sobre técnicas de mejoramiento y biológicos inherentes a la especie. El componente económico o comercial incluye la producción, distribución y la comercialización de semilla. El componente legal se refiere a las leyes y normas que regulan la producción, re multiplicación, distribución y comercialización de semilla. El manejo de estos componentes dentro de un sistema ha conducido a que los obtentores de variedades, los productores y los comercializadores se hayan especializado en sus actividades.*

*En el sistema formal, el sistema de semilla relaciona al centro de mejoramiento genético, el mantenedor de variedades, el productor o multiplicador de semilla, el distribuidor o comercializador y el usuario o productor de grano comercial o de consumo. A excepción del centro de mejoramiento, las otras instancias están sujetas a normas legales vigentes para la certificación de semilla.*

*En el desarrollo de los sistemas de semillas está implicada una serie de factores biológicos y tecnológicos. Es importante considerar la biología reproductiva de las especies, en caso de la quinua, esta es autógama con polinización cruzada frecuente (Gandarillas, 1979), por tanto se recomienda las técnicas desarrolladas para las especies autógamas, no necesita ninguna otra planta para reproducirse, es apta para auto polinizarse, auto fecundarse y reproducirse. Para este tipo de especies, el sistema tradicional de conservar semillas es perfectamente válido.*

*En caso del cultivo de la quinua, si bien el sistema formal es la que está vigente, hay otros sistemas que abastecen de semilla a los usuarios. Estos sistemas son el sistema artesanal de semilla, los sistemas locales de semilla, además de otras sugerencias como de la FAO (Sistema de Semillas de Calidad Declarada). Estos sistemas no formales no tienen la finalidad de competir con otros sistemas ni mucho menos duplicar funciones, al contrario, tienen la finalidad de conjugar la continua necesidad de mejorar el abastecimiento de semillas a los agricultores con el deseo de reflejar y adaptar los diversos sistemas de producción, especialmente en las zonas de más difícil acceso a la semilla formal.*

*Los sistemas informales, locales o artesanales, satisfacen las necesidades de los agricultores en forma flexible sin poner en peligro las normas básicas de calidad de semillas. Por lo tanto, pueden contribuir al objetivo de diversificación del abastecimiento de semillas de tal forma que los agricultores de escasos recursos económicos puedan tener más oportunidades productivas.*

## CAPÍTULO 3. MANEJO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO (ROBERTO MIRANDA C.)

---

### 3. INTRODUCCIÓN

El abonamiento o fertilización es la acción de suministrar nutrientes al suelo, por medio de abonos orgánicos o inorgánicos, con el fin de reponer los elementos del suelo extraídos por los cultivos a la vez de incrementar y mantener la fertilidad del suelo y la disponibilidad de los nutrientes para las plantas a ser sembradas en las zonas para que ellas puedan producir en o cerca de su potencial. Este abonamiento puede ser orgánico e inorgánico. El primero consiste en suministrar nutrientes al suelo por medio de materia orgánica, de origen animal o vegetal, como estiércol, compost, humus de lombriz, residuos vegetales y otros; mientras que la fertilización inorgánica consiste en suministrar los nutrientes por medio de la aplicación de productos químicos procesados especialmente para este fin.

Los fertilizantes orgánicos tienen las siguientes ventajas:

- ✓ Permiten aprovechar residuos orgánicos.
- ✓ Recuperan la materia orgánica del suelo y permiten la fijación de carbono en el suelo, así como mejora su capacidad de absorber agua pues mejora su estructura física.
- ✓ Suelen necesitar menos energía para su elaboración, se producen localmente y en general son disponibles con relativa facilidad.

Pero también tienen algunas desventajas:

- ✓ Pueden ser fuentes de patógenos si no están adecuadamente tratados.
- ✓ Puede no existir una adecuada sincronización entre la liberación de nutrientes y el momento de necesidad de la planta, pues requieren de complejos procesos de mineralización que dependen del ambiente donde se aplican.

Los fertilizantes inorgánicos no presentan los problemas previamente mencionados pero presentan las siguientes desventajas si no son usados de forma adecuada:

- ✓ Fácilmente provocan contaminación y eutrofización de los acuíferos.
- ✓ Degradan la vida del suelo y matan microorganismos que ponen nutrientes a disposición de las plantas.
- ✓ Necesitan más energía para su fabricación y transporte por lo que son costosos.
- ✓ Generan dependencia del agricultor hacia el suministrador del fertilizante.

Actualmente el consumo de fertilizantes orgánicos está aumentando debido a la demanda de alimentos orgánicos y sanos para el consumo humano, y saber cuidar el ecosistema y el medio ambiente. En el caso específico del cultivo de quinua, la preferencia general es trabajar con abonamiento orgánico, por lo que el presente manual abordará principalmente este tipo de fertilización. El objetivo es proponer un método sólido de manejo de la fertilidad del suelo con el fin de mantener e incrementar la producción de la quinua en cantidad y calidad, planteando el uso adecuado de la fertilización mineral y orgánica tanto en tiempo como en cantidad.

### 3.1 RESPUESTA DEL CULTIVO DE LA QUINUA AL ABONAMIENTO

El cultivo de la quinua, se desarrolla adecuadamente en suelos frances con buen drenaje, siendo altamente exigente en nitrógeno y calcio (Miranda, 2012; Mujica et al., 2001). Su requerimiento de fósforo es moderado y poco exigente en potasio, aunque cabe señalar que hasta el momento no se cuenta con investigación detallada sobre los requerimientos nutricionales de este nutriente para una adecuada productividad; adicionalmente los suelos altiplánicos contienen una cantidad relativamente elevada de potasio por lo que este no se considera en los programas de fertilización.

Los abonos orgánicos varían en su composición nutricional, lo que depende del tipo de ganado, alimentación, estado en el que se encuentra este insumo, época y cantidad de aplicación, por lo que determinar una dosis no es tarea fácil (Manejo biodinámico del suelo, 2010). Sin embargo, los beneficios del abono orgánico están más allá de ser simplemente fuente de nutrientes, ya que al margen de ello mejora la fertilidad física de los suelos.

Con la finalidad de realizar un manejo de la fertilidad del suelo, se hace necesario contar con información referida a la calidad del suelo y las exigencias del cultivo.

El análisis de suelos cumple dos funciones básicas: a) indica los niveles nutricionales en el suelo y por lo tanto es útil para desarrollar un programa de fertilización y b) sirve para monitorear en forma regular los cambios en la fertilidad del suelo que ocurren como consecuencia de la explotación agrícola y los efectos residuales de la aplicación de fertilizantes.

Antes de diseñar un programa de abonamiento de suelos, es necesario realizar una serie de procedimientos, los mismos se detallan a continuación:

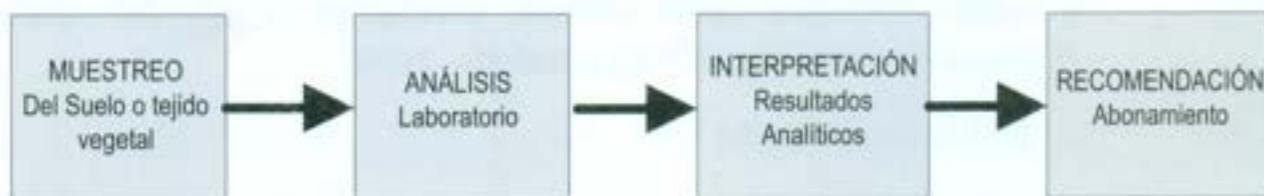


Figura 1. Etapas para el diseño de recomendaciones de abonamiento

### 3.3

#### MUESTREO DE SUELOS

El muestreo de suelos, es la primera y principal etapa en un programa de evaluación de la fertilidad del suelo, pues en base a las características físicas y químicas del suelo encontradas se definen las dosis de abonamiento orgánico o inorgánico, siempre y cuando se considere que habrá la suficiente cantidad de agua en el suelo que asegure el flujo de los nutrientes hacia la planta.

##### 3.3.1

#### SELECCIÓN DEL ÁREA A SER MUESTREADA

El área a ser muestreada debe presentar uniformidad considerando las siguientes características del suelo: posición fisiográfica, cobertura vegetal o cultivo, textura, drenaje y la historia del área. En la colecta de muestras de suelo para el análisis químico se trabajan con dos tipos de muestras: la muestra simple, que es la porción de tierra colectada en cada punto del terreno y, la muestra compuesta, que es una mezcla homogénea de varias muestras simples, de la cual se toman entre 500 y 1000 gramos para enviarlas al

laboratorio. La figura 2 muestra un ejemplo de delimitación de áreas en función a la forma del paisaje y otros atributos.

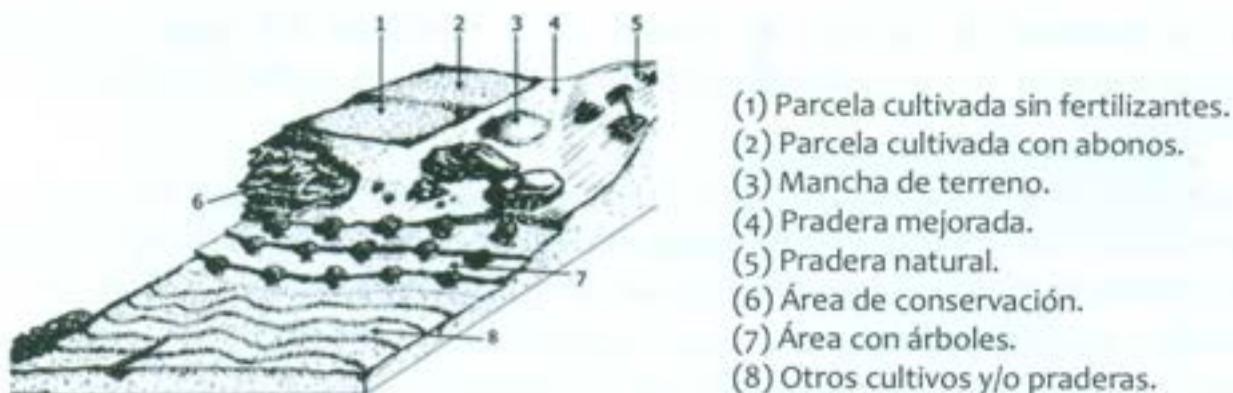


Figura 2. Delimitación de áreas de muestreo de suelo en función al paisaje y otros atributos como relieve, pendiente y uso del suelo (Manual de fertilización y de encalado, 2004).

### 3.3.2 ÉPOCA DE MUESTREO

El muestreo puede ser realizado en cualquier época del año, pero se debe considerar el tiempo para que la muestra llegue al laboratorio, el procesamiento analítico y la remisión de los resultados, por lo que como mínimo se aconseja que en general el muestreo sea realizado 90 días antes de la instalación del cultivo siguiente, para dar tiempo a la aplicación de correctivos y/o enmiendas si fuese necesaria. Este indicativo debería ser incluso mayor en el Altiplano donde las bajas temperaturas incrementan el tiempo de mineralización de los nutrientes y por tanto se requiere aplicar el abono, por lo menos 90 a 120 días de anticipación.

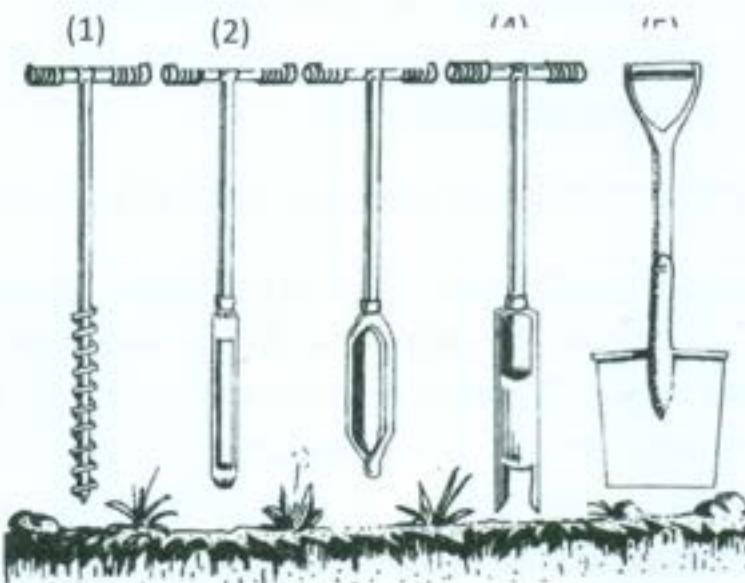
### 3.3.3 NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES Y PROFUNDIDAD DE MUESTREO

Para tomar muestras compuestas de una superficie de 4000 a 10000 m<sup>2</sup>, el número de muestras debe ser entre 6 y 10 muestras simples. Normalmente las muestras deben ser colectadas a una profundidad de 0 a 20 centímetros para la mayoría de los cultivos anuales y perennes.

### 3.3.4

### MATERIAL NECESARIO PARA EL MUESTREO

Para la toma de muestras de suelo se debe utilizar los siguientes materiales: Un implemento adecuado para el muestreo. Los más comunes son: el taladro o barreno de suelo, más adecuado para suelos arenosos y húmedos; el tubo de muestreo, ideal para el muestreo de tierras blandas y ligeramente húmedas; la sonda de muestreo, utilizadas para todo tipo de suelos, el barreno del cilindro cerrado, que es adecuado para suelos secos y compactados: y la pala recta, implemento más disponible y simple para el agricultor (Figura 3).



**Figura 3.** Diferentes materiales para realizar un muestreo de suelos. (1). Barreno de rosca; (2) Barreno calador; (3) Barreno holandés; (4) Barreno cilíndrico; (5) Pala de corte.

Es importante considerar que no se deben retirar muestras simples próximas a casas, cárcavas, árboles, surcos de erosión, hormigueros y caminos. Nunca colocar las muestras compuestas en recipientes usados o sucios, como bolsas de leche, bolsas de fertilizantes, de cal, de cemento y otro tipo embalajes.

### 3.4

### ANÁLISIS DE LABORATORIO

Los parámetros físicos y químicos a ser analizados dependen del tipo de trabajo que se pretenda realizar, los parámetros convencionales que son realizados son: textura (% de arena, limo y arcilla); pH en agua y cloruro de

potasio (relación suelo agua 1:5); Conductividad eléctrica en mmhos  $\text{cm}^{-1}$  o  $\text{mS cm}^{-1}$ , (relación suelo agua 1:5); cationes de cambio Ca, Mg, K, Na ( $\text{Cmol}(+)$  kg suelo $^{-1}$ ); Capacidad de Intercambio de cationes ( $\text{Cmol}(+)$  kg suelo $^{-1}$ ); Materia Orgánica (%); Nitrógeno total (%); fósforo asimilable (ppm).

Los métodos empleados para estos análisis son: para la textura, el método de Bouyucos o llamando también del densímetro; pH y la Conductividad eléctrica a través del uso de un pH-metro y conductivímetro; la materia orgánica es determinada por combustión húmeda o Wakley Black; el nitrógeno total por el método de Khjeldahl; el fósforo es extraído por el método de Olsen, mientras que el potasio se extrae por el método de Peach - extractor. Los procedimientos detallados para este tipo de análisis no son descritos en este manual pues van más allá de sus objetivos.

### 3.4.1 INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LABORATORIO

La interpretación de los análisis de suelos se hace utilizando tablas de fertilidad que contienen los valores de referencia de los nutrientes con base en el concepto de nivel crítico. El diseño de estas tablas se realiza con información derivada de investigaciones de invernadero y campo en calibración y correlación de análisis de suelos, y con la experiencia acumulada por laboratorios y especialistas en el tema. Estas tablas usualmente clasifican los contenidos de nutrientes en varias categorías: bajo o deficiente, medio o suficiente, óptimo o adecuado, y alto o excesivo. En el presente manual se presentan las tablas utilizadas en Perú, cuyas condiciones podrían asemejarse a las condiciones del Altiplano boliviano.

Tabla 3.1. Profundidad efectiva de suelo en cm

Profundidad efectiva en cm	Clase
< 15	Efímero
15 – 25	Muy superficial
25 – 50	Superficial
50 – 100	Moderada profundidad
100 – 150	Profundo
> 150	Muy profundo

Fuente: PIWA (1992).

Tabla 3.2. Valores de la densidad aparente, textura y porosidad

Textura	Da (gr cm <sup>-3</sup> )	Porosidad
Arenosa	1.6	40
Franco arenosa	1.5	43
Franco	1.4	47
Franco limosa	1.3	50
Franco arcillosa	1.3	55
Arcillosa	1.1	58

Fuente: Thompson, L. M (1974) en PIWA (1992).

Tabla 3.3. Interpretación de los contenidos de Materia orgánica (Walkey y Black), Nitrógeno total (Kjeldahl), Fósforo disponible (Olsen modificado) y Potasio (Peech)

M.O.*	Nitrógeno** total (N)	Fósforo** (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio** (K <sub>2</sub> O)	Interpretación
%	%	ppm	ppm	
< 2	< 0.1	0 - 6	0 - 124	Bajo
2 - 4	0.1 - 0.2	7 - 14	124 - 248	Medio
> 4	> 0.2	> 14	> 248	Alto

Fuente: \* Lays Salcedo; \*\* UNA La Molina en PIWA (1992).

La determinación indirecta del contenido de materia orgánica también se puede obtener a partir de la dosis de Nitrógeno que posee el suelo. Así se tiene que:

$$\% \text{ M.O.} = \% \text{ N} \times 20$$

Tabla 3.4. Rangos para la interpretación de la reacción del suelo (pH), por el método del potenciómetro

Rango	Interpretación
< 4.5	Extremadamente ácido
4.5 - 5.0	Muy fuertemente ácido
5.2 - 5.5	Fuertemente ácido
5.6 - 6.0	Moderadamente ácido
6.1 - 6.5	Ligeramente ácido
6.6 - 7.3	Neutro
7.4 - 7.8	Ligeramente alcalino
7.9 - 8.4	Moderadamente alcalino
8.5 - 9.0	Fuertemente alcalino
9.1 - 10.0	Muy fuertemente alcalino
> 150	Extremadamente alcalino

Fuente: ONERN en PIWA (1992).

**Tabla 3.5. Rangos para la interpretación de la conductividad eléctrica (mmhos cm<sup>-1</sup>)**

Rango	PSI	Interpretación
0 - 4	<4	Normal
4 - 8	4 - 8	Ligeramente salino
0 - 16	8 - 15	Salino
8 - 16	>15	Salino sódico
>16	>15	Muy salino sódico
>16	>15	Muy salino

Fuente: Lays Salcedo en PIWA (1992).

**Tabla 3.6. Rangos para la interpretación de la presencia de carbonatos en porcentaje. Método del Gasómetro; Saturación de Bases (%) por sumatoria de cationes intercambiables.**

PSI*	Saturación de bases** (%)	Interpretación
<1	<35	Bajo
1 - 5	35 - 80	Medio
>5	>80	Alto

Fuente: \* UNA La Molina; Lays Salcedo. \*\* ONERN en PIWA (1992)

**Tabla 3.7. Rangos para la interpretación de la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC en cmol (+) kg<sup>-1</sup> de suelo). Método del Acetato de Amonio**

Rango	Interpretación
0 - 5	Muy bajo
5 - 10	Bajo
10 - 15	Medio
15 - 20	Alto
>20	Muy alto

Fuente: PIWA (1992).

### 3.4.1.1 CONTENIDO DE NITRÓGENO

Los suelos del Altiplano boliviano en general presentan bajos contenidos de materia orgánica (menor a 1%), por lo tanto los contenidos de nitrógeno total también son bajos (menor a 0.1%). En el suelo el nitrógeno puede encontrarse en forma orgánica e inorgánica. A pesar de que es prácticamente no disponible

para las plantas, la forma orgánica predomina en el suelo, en los horizontes superficiales, como aminoácidos, proteínas, azúcares y otros compuestos representando el 95 a 99% del Nitrógeno total, por tanto el nitrógeno mineral disponible para el desarrollo de la planta queda entre 1 a 5% (Rezende y Araujo, 2007). La disponibilidad de nitrógeno para las plantas depende del contenido y de la tasa de mineralización de la materia orgánica (entrada) y de las pérdidas que ocurren en el suelo (salidas). La temperatura ideal para conseguir una buena mineralización es de 30°C, con una humedad de suelo entre 50 – 60% de la Capacidad de Campo, el pH alrededor de la neutralidad 5.6 – 7.5, excelente aireación y relación C/N 17/1.

#### **3.4.1.2 CONTENIDO DE FÓSFORO**

El Fósforo es un elemento de gran importancia en la nutrición de las plantas y con frecuencia presenta limitaciones en la fertilidad de los suelos. El contenido de fósforo disponible en el suelo se expresa en mg/l o ppm, siendo el nivel crítico de 10 mg/l, esto significa, que existe 10 kg de P por cada millón de kg de suelo. Las formas en la que el fósforo es absorbido por las plantas son  $H_2PO_4^-$  y  $H_2PO_4^{2-}$ , siendo el primero el más absorbido por el vegetal. En cuanto a su disponibilidad, el pH del suelo, ha sido identificado como el factor más importante en la regulación del fósforo disponible, en general, se considera que la disponibilidad de fósforo es óptima a un pH de 6 a 7.

#### **3.4.1.3 CONTENIDO DE POTASIO**

La disponibilidad de Potasio aumenta cuando aumenta la cantidad de Nitrógeno y Fósforo en el suelo debido al efecto de interacción de los tres nutrientes (Conti y García, 2006). Las plantas absorben potasio de la solución del suelo o del complejo absorbente. El pH del suelo influye también en la retención del potasio. En suelos ácidos es fácilmente lavado, mientras que en suelos neutros o ligeramente alcalinos es retenido por el suelo. Su contenido también depende del material parental el cual en el Altiplano presenta una relativa abundancia del elemento.

### 3.4.2

### RELACIÓN C/N Y LA MINERALIZACIÓN DEL NITRÓGENO

Este factor es de extrema importancia para el manejo de la fertilidad relacionada con la disponibilidad de N, la actividad de microorganismos y la materia orgánica contenida por el suelo. Los restos orgánicos incorporados al suelo aumentan la actividad microbiana que actúan para su descomposición. Estos microorganismos usan el Carbono para la constitución de su propio cuerpo, desprendiendo energía para la respiración y eliminándolo en forma de  $\text{CO}_2$ . Durante este proceso, el N es momentáneamente inmovilizado como  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  por causa del uso por parte de los microorganismos que los hace no aprovechables. Durante esta inmovilización el N soluble pasa a ser insoluble para las plantas por la posición opuesta que posee ante el Carbono hasta que exista la relación ideal que rompa esta posición opuesta. Cuando esta relación (C/N) es superior a 33, se produce la inmovilización (los nutrientes no son solubles, por tanto son no absorbibles), si la relación C/N se encuentra entre 17 a 33 se tiene un equilibrio (nutrientes casi solubles y aun no absorbibles) y cuando la relación se encuentra en un valor inferior a 17 se produce la mineralización.

### 3.4.3

### CÁLCULO DE NITRÓGENO, FÓSFORO Y POTASIO DISPONIBLE EN EL SUELO

El plan de abonamiento que se deseé implementar requiere conocer las propiedades químicas presentes en el suelo antes de la aplicación de abonos. Esta información se obtiene de los análisis de suelos y sus resultados, discutidos en párrafos anteriores. La razón para ello está en la necesidad de conocer cuál será la dosis de abonamiento aconsejada conociendo cuánto de nutrientes provee el suelo. A continuación se presenta un ejemplo de cálculo de estos parámetros. Según los datos mostrados en el Cuadro 3.1 y asumiendo un coeficiente de mineralización del nitrógeno en el suelo de 2.5%, se hace una estimación de la cantidad de Nitrógeno, Fósforo y Potasio que el suelo es capaz de ofertar al cultivo.

**Cuadro 3.1. Aporte de nutrientes por un suelo de la Estación Experimental de Patacamaya**

Aporte del suelo	Símbolo	Unidad	Valor
Superficie	S	$m^2$	10000
Arena	A	%	59
Arcilla	Ar	%	25
Limo	L	%	16
Textura			FYA
Profundidad del suelo	Prof	m	0.15
Densidad del suelo	Dap	$gr\ cm^{-3}$	1.3
Nitrógeno total	N	%	0.05
Fósforo asimilable	P	Ppm	17.25
Potasio intercambiable	K	$meq\ kg^{-1}$	0.55
Nitrógeno asimilable (1.5 - 3 % Nt)	ND	%	2.5
Peso del suelo	PS	$kg\ ha^{-1}$	1950000

$$\text{masa suelo} = 1300 \frac{kg}{m^3} \times 0.15m \times 10000m^2 = 1950000 \frac{kg}{ha}$$

$$\text{Nitrógeno Disponible} = 1950000 \frac{kg}{ha} \text{ suelo} \times \frac{0.05\ kg\ Nt}{100\ kg\ suelo} \times \frac{2.5\ kg\ ND}{100\ kg\ Nt} = 24.3 \frac{kg}{ha}$$

$$\text{Fósforo Disponible} = 1950000 \frac{kg\ suelo}{ha} \times \frac{17.25\ kg\ P}{1000000\ kg\ suelo} \times \frac{142\ kg\ P_2O_5}{62\ kg\ P} = 77 \frac{kg\ P_2O_5}{ha}$$

$$\text{Potasio Disponible} = 1950000 \frac{kg\ suelo}{ha} \times \frac{5.5\ meqK}{kg\ suelo} \times \frac{39\ mg\ K}{1\ meqK} \times \frac{1\ kg\ K}{10^6\ mg\ K} \times \frac{94\ kg\ K_2O}{78\ kg\ K} = 504 \frac{kg\ K_2O}{ha}$$

Por tanto los aportes de N, P y K por parte del suelo, serían:

**Cuadro 3.2. Aporte de NPK por el suelo presentado en el Cuadro 3.1**

Nitrógeno disponible	ND	$kg\ ha^{-1}$	24.3
Fósforo disponible	$P_2O_5$	$kg\ ha^{-1}$	77.0
Potasio disponible	$K_2O$	$kg\ ha^{-1}$	504.0

Para conocer el aporte de Nitrógeno, Fósforo y Potasio por parte del estiércol, se utilizará como ejemplo los datos del análisis de laboratorio del estiércol de

ovino del Altiplano central (Huanca, 2008). Estos cálculos asumen que el estiércol tiene una tasa de mineralización del 25% y el fósforo del 35% (Arce CH., 1997 en FAUTAPO, 2008) y también una tasa de aplicación de 12 Tn ha<sup>-1</sup>.

**Cuadro 3.3. Aporte de nutrientes por el estiércol, bajo la aplicación de 12 toneladas de estiércol húmedo por Ha**

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Nitrógeno total*	N	%	0.6
Fosforo*	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	0.25
Potasio*	K <sub>2</sub> O	%	0.9
Estiércol aplicado		kg ha <sup>-1</sup>	12000
Materia seca del estiércol	EMS	%	96
Mineralización del nitrógeno**		%	25
Mineralización del fosforo**		%	35

\*Datos de laboratorio

\*\*Coeficientes asumidos

$$EMS = \frac{12000 \text{ kg humedo}}{\text{ha}} \times \frac{96 \text{ kg M.S.}}{100 \text{ kg humedo}} = 11520 \frac{\text{kg estiercol M.S.}}{\text{ha}}$$

$$ND = 11520 \frac{\text{kg E}}{\text{ha}} \times \frac{0,6 \text{ kg Nt}}{100 \text{ kg E}} \times \frac{25 \text{ kg ND}}{100 \text{ kg Nt}} = 17,3 \frac{\text{kg ND}}{\text{ha}}$$

$$PD = 11520 \frac{\text{kg E}}{\text{ha}} \times \frac{0,25 \text{ kg P}_2\text{O}_5}{100 \text{ kg E}} \times \frac{35 \text{ kg}}{100} = 10,08 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} PD$$

$$KD = 11520 \frac{\text{kg E}}{\text{ha}} \times \frac{0,9 K_2O}{100 \text{ kg E}} = 103 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} KD$$

EMS: Cantidad de Estiércol en términos de Materia Seca; ND: Nitrógeno disponible; PD: Fósforo disponible; KD: Potasio disponible.

**Cuadro 3.4. Aporte de NPK por el estiércol presentado en la Cuadro 3.3**

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Estiércol en Materia Seca	EMS	kg ha <sup>-1</sup>	11520
Nitrógeno Disponible	ND	kg ha <sup>-1</sup>	17.6
Fosforo Disponible	PD	kg ha <sup>-1</sup>	10.1
Potasio Disponible	KD	kg ha <sup>-1</sup>	103.7

De este ejercicio se obtiene en conclusión que la aplicación de 12 Tn. de estiércol con 4% de humedad, aportan al suelo y por tanto al cultivo un total de 17.6 kg de nitrógeno disponible, 10 kg de fósforo y 103 kg de potasio. En el caso específico de N, Mamani (2012) y Miranda et al. (2013) reportan que la producción de 1850 kg de grano requiere de alrededor de 50 kg de N, los cuales se distribuyen entre 35 kg de N aproximadamente para el grano y el restante para los órganos que soportan la producción de grano.

**Cuadro 3.5. Oferta de nutrientes por el suelo y el estiércol cuando se aplica 12 Tn de este insumo por hectárea**

Nutriente	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
kg ha <sup>-1</sup>			
Estiércol	17.6	10.1	103.7
Suelo	24.3	77.0	504.1
Oferta	41.9	87.1	607.8
Requerimiento cultivo*	50	28	349
Déficit	-8.1	59.1	258.8

\*Según datos de Mamani (2012) y Miranda (2013), asumiendo un rendimiento de 1800 kg/ha considerado como la producción total.

Los resultados del cuadro 3.5, muestran que el estiércol aplicado en una cantidad de 12 Tn/ha, a un suelo que tiene 0.04% de nitrógeno total, no logaría satisfacer completamente la demanda nutritiva del cultivo, en términos de nitrógeno, habiendo un déficit de casi 10 kg de este nutriente para alcanzar un rendimiento esperado de 1800 kg ha<sup>-1</sup> de grano sin presentar problemas de aporte de fósforo y potasio. Estos resultados demuestran que en suelos con bajos niveles de nitrógeno, como es el caso del Altiplano y donde no se aplica

un estiércol fermentado y bien manejado, el abonamiento orgánico debe ser tratado con cautela. Para ello es necesario incrementar la dosis de abono o aplicar estiércol con mayor nivel de mineralización.

En el caso específico del ejemplo, el requerimiento adicional sería provisto por un incremento de aproximadamente 4 toneladas adicionales del mismo tipo de estiércol.

Las experiencias de campo y los resultados de diversos experimentos llevados adelante permiten llegar a la conclusión que la dosis ideal de abonamiento orgánico del cultivo de quinua en suelos del Altiplano se encuentran entre 15 y 20 Tn/ha, las que si cuentan con suficiente cantidad de agua en el suelo, permitirán maximizar la eficiencia de uso de nutrientes por parte del cultivo.

### 3.5 ÉPOCA DE APLICACIÓN

La época de aplicación del abono orgánico al suelo, influye en la tasa de mineralización del estiércol y por tanto en la asimilación del nutriente. Por otro lado las tasas de mineralización se hallan directamente relacionadas con las condiciones de humedad, temperatura y grado de remoción del suelo, es así que en ambientes de temperaturas elevadas el estiércol procedente de animales puede mineralizarse hasta en 20 días, mientras que en ambientes fríos los efectos de la mineralización del estiércol pueden verse luego de una gestión (Herve, Mita y Coûteaux, 2006). Otro factor que determina la época de aplicación es el sistema de labranza, ya que en la conservacionista o labranza mínima los procesos de mineralización son lentos. En la aplicación de estiércol de llama, fermentado por tres meses en Patacamaya, la mineralización del nitrógeno empezó a los 28 días luego de haberse incubado, por lo que puede decirse que si se trata de estiércol fermentado, esta debería aplicarse por lo menos un mes anterior a la siembra del cultivo.

#### 3.5.1 FORMA DE APLICACIÓN

La forma de aplicación del estiércol, también afectará la dinámica del nitrógeno. El estiércol suele ser acumulado en la superficie, luego esparcido a través de toda el área para luego ser incorporado al suelo. Esta forma de aplicación incidirá en una pérdida del nitrógeno del material orgánico mientras

el mismo se encuentre sobre la superficie del suelo. Por otro lado, al ser distribuido en toda el área, mejora las condiciones del suelo en términos de sus condiciones físicas, químicas y biológicas.

Asimismo, el estiércol puede ser incorporado en surcos, al momento de la siembra, para optimizar el uso del abono en el cultivo y de la maquinaria que se use, sin embargo se corre el riesgo de que la mineralización y liberación de nutrientes no coincida con los periodos de mayor requerimientos de nutrientes por parte del cultivo.

La aplicación también puede ser hecha en hoyos, sistema bajo el cual se optimiza el uso del abono orgánico, sin embargo, si la aplicación es realizada en forma manual, el tiempo y el requerimiento de mano de obra se incrementan, pues no existe maquinaria que facilite este trabajo.

### **3.5.2 FERTILIZACIÓN COMPLEMENTARIA**

La fertilización complementaria se refiere a la aplicación de fertilizantes sintéticos u orgánicos durante el desarrollo vegetativo del cultivo. Con el fin de incrementar el rendimiento, se recomienda la aplicación de aspersiones con BIOL y fertilizantes foliares. Opcionalmente se puede aplicar urea equivalente al nivel 20-00-00 ó 30-00-00.

## CAPÍTULO 4. RIEGO DEFICITARIO O SUPLEMENTARIO EN LA QUINUA (EDWIN YUCRA)

---

### 4. INTRODUCCIÓN

*La lluvia limitada y muy variable, causa que la producción de la quinua sea inestable en el Altiplano boliviano. La irrigación de la quinua durante el periodo sin heladas es una manera de aumentar y estabilizar la producción. Gracias a experimentos controlados y experimentos de campo que estudian los requerimientos hídricos de la quinua, su reacción al déficit hídrico en varias etapas fenológicas de la quinua, y el efecto de riego, se puede preliminarmente concluir con lo siguiente:*

*En caso de “estíos” (periodos largos de sequía) prolongados, el cultivo de la quinua requiere de riego. Se sabe que un riego completo no vale la pena para el cultivo de la quinua. Esto debido a los recursos limitados de agua en el Altiplano boliviano, a la mayor presencia de enfermedades y a un costo de mano de obra más alto. Sin embargo, se ha establecido que un riego suplementario o también llamado “deficitario” es aconsejable para aliviar estíos prolongados en etapas críticas en el crecimiento de la quinua. El riego deficitario no tiene como meta obtener una producción máxima, pero sí una mayor eficiencia de uso de agua. La eficiencia de uso de agua es la relación entre la producción de grano y la cantidad de agua utilizada por el cultivo. Aplicando riego deficitario, se logra obtener producciones estables. Utilizando esta técnica en la producción de quinua, el agricultor se vuelve mucho más independiente del clima y del comportamiento climático en el año. En años secos, la cantidad suplementaria de agua que el agricultor tiene que aplicar será más elevada que en años normales o húmedos.*

Se demostró que el estrés hídrico que ocurre durante la germinación (primera etapa de crecimiento – 30 días), pre-floración, floración y la etapa de grano lechoso de la quinua, tiene un efecto negativo en el rendimiento total y en la eficiencia de uso de agua. Al elaborar una estrategia de irrigación deficitaria para la quinua, las sequías en estas etapas del crecimiento se deben atenuar con uno o más aplicaciones de agua.

En este sentido, el posible estrés hídrico será concentrado en la fase vegetativa de la quinua, y en las fases de germinación y reproducción, no habrá estrés hídrico.

Es importante mencionar que si un ciclo de lluvias empieza de buena manera, pero se presentan sequías frecuentes después en la etapa reproductiva, es más importante asegurar que las plantas tengan suficiente agua en floración y grano lechoso mediante riego suplementario. Eso debido a la falta de endurecimiento de las plantas por suficiencia hídrica durante las fases vegetativas. El cuadro 4.1 muestra las etapas claves para aplicar un riego suplementario para una variedad de quinua de ciclo promedio (semi precoz).

Los riegos se harán preferiblemente a través de los surcos por el sistema de gravedad. No se recomienda el riego por aspersión porque se corre el riesgo de que proliferen enfermedades. Con siembra por camellones, se permite regar la quinua varias veces directamente después de la emergencia. En caso de siembra en los surcos, vale la pena regar los surcos antes de la siembra para asegurar una buena germinación. Si en este caso se presenta un veranillo prolongado justo después de la siembra, el riego no es recomendable porque el suelo se compacta, o porque el agua de riego puede llevarse las semillas.

**Cuadro 4.1 Etapas críticas y no-críticas del crecimiento de la quinua con indicación de cuándo aplicar riego suplementario y con indicación de los requerimientos hídricos de la quinua**

Fases fenológicas (días)	Germinación y establecimiento (20)	Ciclo del Cultivo (160 días)					
		2 hasta 13 hojas (30)	13 hojas hasta panojamiento (20)	Pre-floración (15)	Floración (25)	Grano lechoso (25)	Grano pastoso y duro (25)
		Riego suplementario					
Requerimientos hídricos promedios de la quinua en el Altiplano Central (mm/día) (riego por surcos)		5		4.5	4.5	5	
Requerimientos hídricos promedios de la quinua en el Altiplano Sur (mm/día) (1 m entre hoyos o plantas) (riego por planta por goteo/cisterna/a pulso)		2		4	4	4.5	

Si está disponible un sistema de riego por goteo, por ejemplo de hortalizas, vale la pena utilizarlo para la quinua debido a su uso eficiente de los recursos hídricos, a veces escasos en el Altiplano boliviano. Vale mencionar que la planificación de los riegos por goteo necesita más experiencia y conocimiento del productor. En caso de siembra por hoyos, y falta de un sistema de riego, es aconsejable efectuar el riego suplementario a pulso o por cisterna.

El cálculo de la dosis de riego suplementario, necesario durante diferentes etapas se puede realizar por experiencia o en base a un cálculo manual del balance hídrico del cultivo. Registrando las cantidades de lluvia, y conociendo el promedio de la evapotranspiración del cultivo por fases fenológicas en una zona específica, se puede calcular que día el cultivo necesita un riego suplementario si es que no se presenta una lluvia. Un ejemplo de cálculo se muestra en el cuadro 4.2.

**Cuadro 4.2 Ejemplo de cálculo para riego suplementario en el Altiplano Central, etapa de germinación**

Fecha	Lluvia o riego (mm)	Consumo de agua por el cultivo (transpiración y evaporación) (mm)
20/10	15 (lluvia)	5
21/10	0	5
22/10	0	5
23/10	15 (riesgo necesario)	5
24/10	0	5
25/10	10 (lluvia)	5
26/10	0	5
27/10	0	5
28/10	15 (riesgo necesario)	5
ET <sub>c</sub>		

Falta mencionar que los intervalos recomendados son más cortos en el Altiplano Sur en suelos generalmente arenosos y altos valores de infiltración, y pueden ser más largos en el Altiplano Central con suelos más limosos. Por ejemplo si al agricultor le toca un riego suplementario en la etapa de floración para aliviar una sequía de 4 días, según el cuadro 4.2 se tiene que aplicar acerca de 18 mm en el Altiplano Sur y 16 mm en el Altiplano Central. Es aconsejable aplicar esta dosis, dos veces 9 mm en el Sur y de una vez 16 mm en el Centro. A continuación se presenta gráficamente algunos ejemplos de riego deficitario.



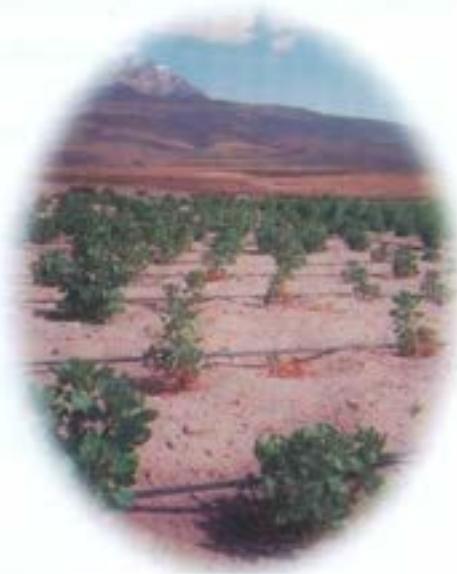
Riego deficitario a pulso



Riego por goteo de la quinua (var. Toledo rojo) (Zona Inter-Salar)



Riego por goteo en la etapa de emergencia, en suelos arenosos en la zona Inter-Salar, el agua esta aplicada por goteo, no hay riesgo de compactación.



Riego por goteo de quinua en la zona Inter-Salar.



Riego por surcos con siembra por camellones en el Altiplano Central (Var. Santa María).



Riego por surcos con siembra por camellones en el Altiplano Central (Var. Santa María).



Riego por surcos y siembra en surcos en el Altiplano Central (Var. K'ellu).

### 5. PLAGAS

El control de plagas debe efectuarse en forma oportuna y cuando el nivel de daño sea el tolerable en caso de los insectos. La principal plaga entomológica es el Kcona Kcona.

#### 5.1 INSECTOS PLAGA

La producción y productividad de la quinua es limitada por la acción nociva de insectos plaga, estos dañan directamente cortando plantas tiernas, masticando y defoliando hojas, picando, raspando y succionando la savia vegetal, minando hojas y barrenando tallos, destruyendo panojas y granos.

La quinua a pesar de su rusticidad, tiene un conjunto de plagas que causan pérdidas al atacar al cultivo en sus diferentes fases fisiológicas. Entre las principales plagas podemos mencionar al complejo de ticonas: *Copitarsia incommoda* y *Heligoverpa gelotopoeon* (Quispe R., 2013), que atacan partes de tallo y hojas, en casos de ataques severos se pueden encontrar hasta 80 larvas por hoyo (método de siembra practicada en el Altiplano Sur), con plantas totalmente defoliadas. La Kcona Kcona (*Eurysacca quinoae*) es otra plaga clave del cultivo de la quinua que tiene su incidencia preferentemente en el período de cosecha, ataca particularmente a la panoja y puede destruir un cultivo en menos de una semana.

Para el control de las plagas se debe tener presente la fase de su ciclo biológico, en el caso de *Eurysacca*, efectuar los controles de preferencia en las primeras fases que las larvas son más pequeñas y más débiles y en la primera generación puesto que esta plaga desarrolla dos generaciones dentro del ciclo reproductivo de la quinua. También es conveniente indicar que la forma de aplicación de los pesticidas debe ser apropiado para esta plaga, puesto que generalmente al escuchar ruido de las personas y de las máquinas éstas inmediatamente se desprenden a través de un hilo hacia el suelo. Por ello la aplicación también debe efectuarse al pie de la planta.



## KCONA KCONA (*Eurysacca quinoae*)

Larvas de coloración variable: amarillo verdoso marrón claro oscuro, con manchas difusas marrón oscuro a rosado ubicadas en la parte dorsal semejante a bandas lineales, las larvas cuando presienten o notan la presencia de algún predador en las panojas, inmediatamente descienden al suelo, a través de un hilo delgado transparente, elaborado por la misma larva; se asemeja a la tela de araña. El adulto es una pequeña mariposita de color amarillo pajizo a gris parduzco, durante el día cuando es perturbado realiza vuelos cortos y bruscos.

### DAÑOS

Se expresa cada campaña agrícola en términos de pérdidas de rendimiento en grano, las larvas cuando son pequeñas minan, pegan hojas y brotes tiernos, las adultas destruyen inflorescencias, granos lechosos, pastosos y maduros. Los ataques son más intensos en períodos de sequía y con temperaturas relativamente altas, habiéndose registrado de 15 a 20 larvas en una planta (panoja), disminuyendo la calidad y cantidad del grano en un 50% o más.

### CONTROL

La reducción poblacional del Kcona Kcona, requiere la integración de varios métodos de control, basado en el manejo armónico de insectos plaga, fundamentado en el control cultural, control biológico natural y el uso selectivo de insecticidas.

### CONTROL CULTURAL

#### DESHIERBE

Sacar todas las malezas del cultivo, porque estas sirven de refugio cuando hay presencia de aves.

Preparar el suelo con una aradura y mullido para destruir pupas de la campaña anterior, eliminar plantas hospederas alternantes (k'ipa papa y quinua ajara) y cosecha oportuna.

## CONTROL BIOLÓGICO

Las larvas de Kcona Kcona son controladas naturalmente por parasitoides (micro avispas) y predadores. El uso de insecticidas causa la muerte de estos controladores, razón por la cual, se debe tener precauciones técnicas en su empleo.

Se sugiere criar estos depredadores luego liberarlos en el campo de cultivo, porque estas especies son los controladores biológicos más efectivos, que están desapareciendo por el uso excesivo de productos químicos y cambios bruscos de temperatura.

## CONTROL QUÍMICO

El uso selectivo de insecticidas de amplio espectro debe ser racional cuando se observe seis larvas por panoja.

### 5.1.1 TICONA (*Copitarsia incommoda*)

Las larvas son polífagas de coloración variable desde verde claro a azul oscuro, amarillo pálido a gris oscuro y de marrón a negro azulado, poseen gran capacidad de migración hacia los cultivos vecinos. El adulto es una mariposa mediana de color castaño grisáceo y de hábitos nocturnos.

## DAÑOS

El “Ticona” es perjudicial en ciertas campañas agrícolas, la densidad poblacional larval está relacionada con las variaciones del clima. Inicialmente las larvas se comen entre ellas (canibalismo) y los sobrevivientes son cortadores de plantas tiernas, los adultos son detonadores y destructores de panojas. En infestaciones altas se han registrado 80 larvas por hoyo con un promedio de 12 plantas por hoyo, causando daños en el rendimiento de la quinua en un 35 a 40 porciento.

## CONTROL

El control integrado como fundamento ecológico debe abarcar el control cultural, control etológico y el uso selectivo de insecticidas (como último recurso).

### CONTROL CULTURAL

#### DESHIERBE

Sacar todas las malezas del cultivo, porque estas sirven de refugio cuando hay presencia de aves.

Preparar el suelo con una aradura y mullido buena para destruir pupas de la campaña anterior, eliminar plantas hospederas alternantes (k'ipa papa y quinua ajara) y cosecha oportuna.

#### CONTROL ETOLÓGICO

Se sugiere realizar un control etológico con trampas de luz, con el propósito de efectuar estudios de dinámica poblacional de las principales plagas, que sea moderadamente eficiente para la captura de lepidópteros adultos. Esta práctica puede coadyuvar a la disminución del ataque de plagas en la quinua. Usar trampas de luz para capturar mariposas nocturnas y evitar la postura de huevos.

#### CONTROL QUÍMICO

Se recomienda utilizar sólo insecticidas selectivos, específicos que maten al insecto plaga y no al controlador biológico, es decir, aplicar cuando las larvas son pequeñas que están en fase minadora. Por otra parte, se sugiere el uso del Manejo Integrado de Plagas (MIP), que tiene como fin no matar a los insectos benéficos, controladores biológicos; que no haya intoxicaciones de los trabajadores; que no hayan residuos tóxicos de plaguicidas en los granos de quinua y que el agricultor logre un beneficio económico de su inversión. Por lo tanto el MIP tiene el objetivo de incrementar la productividad del cultivo en base a tecnología e innovación.

La cuadro 5.1 presenta un resumen de las plagas insectiles y su respectivo tratamiento sugerido por el IICA (2001).

**Cuadro 5.1 Plagas insectiles y su tratamiento**

Nombre Común	Nombre Científico	Tratamiento	Dosis
Gusano cortador	<i>Copitarsia turbata</i>	Bacillus thuringiensis Pirimifos-metil	200 g/ha 100 ml/100 lt
Pegador de hojas	<i>Scrobipalpula sp.</i>	Alfacipermetrina Amitraz	100-200 ml/100 lt 200 ml/100 lt
Minador de hojas	<i>Liriomyza sp.</i>	Clorfluazuron Monocrótofos	1 lt/ha 500 ml/lt
Gusano del follaje	<i>Dargida rammnivora</i>	Bacillus thuringiensis Lambda Cihalotrina	200 g/ha 200-300 ml/ha

Fuente: IICA (2001).

### **5.1.2 AVES-PLAGA**

Las aves, pueden ser consideradas como una plaga porque estas atacan a las plantas, en las últimas fases fenológicas, especialmente cuando el grano está en estado lechoso, pastoso o en plena madurez fisiológica; estas aves ocasionan la caída del grano de la panoja, este ataque es más notorio en las variedades dulces, el nivel de daño puede llegar entre 30% a 40% de la producción.

Las aves silvestres solas, en pequeños grupos o en grandes bandadas también compiten con el hombre andino por alimento para sobrevivir, las más importantes son: palomas, "q'ello pesq'o", "p'ichitanka", "oq'e pesq'o", "luli", phurunkuto y urpi.

De todas estas aves la que más daño causa son las palomas porque estas rompen las panojas y tallos provocando caídas al suelo.

## DAÑOS

Las aves plaga ocasionan daños en los últimos periodos vegetativos de la planta (maduración del grano), se alimentan de granos de la misma panoja, provocan caída de granos y contaminan el grano con sus excrementos

Por otra parte, durante la siembra se comen los granos sembrados disminuyendo la densidad. Es difícil obtener una cifra precisa de las pérdidas que producen, se estima que en cosecha afecta la producción en un 30 a 40 porciento.

## CONTROL

El principio ecológico para el control de aves debe ser específico, sin embargo este concepto debe abarcar técnicas de ahuyentamiento, técnicas preventivas, e investigar una solución de MIP. Como en algunas zonas se utilizan cintas luminosas, banderines de diferentes colores alrededor de la parcela, o colocar algún espantapájaros con cintas de colores.

### TÉCNICAS DE AHUYENTAMIENTO

Comprende el uso de espantapájaros, cintas plásticas de color colgadas en plantas grandes, silbato, resonancia de latas y uso de cintas fonográficas o de video.

### TÉCNICAS PREVENTIVAS

Solo es factible para pequeñas superficies de cultivos, incluye la exclusión mecánica o modificación inadecuada del lugar y evitar daños de aves silvestres.

#### 5.1.3 LIEBRES Y VISCACHAS

Las liebres son roedores mayores, atacan a los tallos en todo el desarrollo de la planta ocasionando daños muy incidentes que pueden arrasar el cultivo.

Las viscachas son animales dañinos propios de las serranías, su hábitat son las grietas de las rocas.

## CONTROL

En una producción orgánica, existen métodos tradicionales como el uso de: qhipas, trampas de piedra y lliphis. Además, existen iniciativas como la implementación de un proceso de adiestramiento de gatos y perros cazadores.

También se puede hacer el uso de estiércol fresco como repelente al ataque de liebres en el período pos emergencia.

## 5.2

### ENFERMEDADES

**Enfermedad = Planta + agente patógeno + condiciones favorables del medio ambiente**

Los microorganismos patógenos (hongos, bacterias y otros) son nocivas a las plantas debido a que en su desarrollo evolutivo adquiere la capacidad de prescindir de las sustancias producidas por sus hospederos, por consiguiente, el patógeno al infectar a una planta obtiene sus nutrientes, neutraliza sus reacciones de defensa y causa efectos negativos sobre su fisiología. La enfermedad se presenta cuando la planta es dañada por la granizada, daño mecánico o helada; cuando se produce helada y cuando alguna herida no es cicatrizada inmediatamente se introducen estos microorganismos, con las condiciones favorables para su propagación que es la alta humedad.

En el caso del mildiu se presenta en todas las condiciones climáticas desde secas hasta húmedas y desde temperaturas frías hasta zonas calientes, por ello se recomienda utilizar semilla sana y procedente de semilleros oficializados. El control químico de esta enfermedad resulta costoso y debe efectuarse en forma preventiva, cuando el ataque ocurre en los primeros estadios de la planta. Su consecuencia es grande, pudiendo anular la producción por completo; asimismo es conveniente usar controles culturales para aliviar más daños tales como evitar el encharcamiento de agua, evitar la presencia de chupadores picadores (pulgones y trips) que transmiten esta enfermedad, evitar presencia de plantas del año pasado y siempre efectuar rotación de cultivos.

### 5.2.1 MILDIU

El mildiu (*Peronospora farinosa*, sinónimo *P. effusa*) es la principal enfermedad de la quinua. La enfermedad ataca a hojas, ramas, tallos e inflorescencias o panojas. Los daños son mayores en plantas jóvenes ya que provoca la defoliación, afectando el normal desarrollo y fructificación de la planta.

Los mayores daños se presentan en las hojas, provocando la reducción del área fotosintética de la planta.

En variedades muy susceptibles la enfermedad puede atacar los tallos, ramas e inflorescencias. Las pérdidas por causa de la enfermedad varían entre 20 – 25 % de la cosecha total.

#### AGENTE CAUSAL

Es el hongo; *Peronospora effusa*.

#### SÍNTOMAS

La sintomatología difiere en las distintas variedades y estados de desarrollo de la planta, generalmente, la enfermedad se reconoce porque las hojas afectadas presentan manchas amarillas o rojizas; estas manchas se observan en la cara superior de las hojas (haz), pero en la cara inferior (envés), crece una pelusilla de color plomo, las manchas van creciendo en tamaño y número. Algunas otras consideraciones son las siguientes:

- ✓ En la parte inferior o envés de las hojas correspondiente a las áreas amarillentas o rojizas, se observa la característica pelusilla de color gris violáceo.
- ✓ La presencia de esta enfermedad se inicia de las hojas de la base o inferiores y luego pasa a las hojas superiores.
- ✓ Es raro observar plantas enfermas en época de sequía.
- ✓ Los síntomas en los tallos y ramas se manifiestan en forma de manchas menos pronunciadas que en hojas. Las panojas son oscuras solo cuando la infección es intensa en toda la planta. A través de los granos de las plantas enfermas se transmite la enfermedad a la siguiente campaña agrícola.

### DAÑO QUE CAUSA

Disminuye la eficiencia fotosintética, lo cual atrasa o alarga la maduración de la planta y por lo tanto también disminuye el rendimiento.

### CONTROL CULTURAL

Uso de semillas sanas, eliminación manual de plantas enfermas, esto en campos pequeños cuando la infección es baja y esporádica. Además evitar el exceso de humedad del campo con una densidad óptima de siembra, nivelación apropiada del terreno y apertura de drenes o zanjas.

### CONTROL QUÍMICO

Los compuestos químicos usados solo protegerán de infecciones subsecuentes, pero, no pueden impedir o sanar la enfermedad una vez que se inicia. Sin embargo, cuando el ataque es muy severo se puede aplicar fungicidas para ello consulte con los especialistas en protección vegetal.

## 5.2.2 PUNTA NEGRA

Esta es una de las enfermedades, conocida también como podredumbre marrón del tallo, que se presenta con frecuencia en la quinua.

### AGENTE CAUSAL

Es el hongo *Phoma exigua var. Foveata*.

### SÍNTOMAS

Ataca principalmente al tallo y panoja:

- ✓ En tallos y hojas se observan lesiones de color marrón oscuro y bordes de aspecto vítreo, que posteriormente abarca todo el diámetro del tallo.
- ✓ Las lesiones causadas por la enfermedad pueden alcanzar tamaños de 5 a 15 cm y el tallo tiene un aspecto chupado.
- ✓ A partir de la lesión, la parte apical de las plantas se defolian y mueren lentamente.

- ✓ Cuando el ataque se da en el ápice de la planta, ésta evitará la formación de panojas dando origen a panojas secundarias.
- ✓ En los puntos de infección las panojas y tallos se quiebran o doblan, causando la caída de semillas.

#### CONTROL

- ✓ Eliminar plantas infectadas.
- ✓ Utilizar variedades resistentes como la Kancolla.
- ✓ Evitar charcos de agua en el campo de cultivo; haciendo drenes.
- ✓ Sembrar semillas sanas libre de enfermedades.

#### 5.2.3 MANCHA FOLIAR

##### AGENTE CAUSAL

El agente causal de esta enfermedad es el hongo *Ascochyta hyalospora*.

##### SÍNTOMAS

- ✓ Presenta manchas necróticas en las hojas, más o menos circulares, con centros de color crema y bordes ligeramente marrones.
- ✓ En el interior de las lesiones presentan unos puntitos negros correspondientes a los picnidios del hongo.
- ✓ Las lesiones llegan a tener un tamaño de 5 a 10 mm de diámetro y cuando el ataque es intenso, las manchas se unen entre sí abarcando áreas grandes produciendo la caída de las hojas con fuertes defoliaciones.

#### CONTROL

Evitar el exceso de agua en el campo de cultivo (charco o estancos).

##### CONTROL CULTURAL

Uso de semillas sanas, eliminación manual de plantas enfermas, esto en campos pequeños cuando la infección es baja y esporádica. Además evitar el

exceso de humedad del campo con una densidad óptima de la siembra, nivelación apropiada del terreno y apertura de drenes o zanjas.

#### CONTROL QUÍMICO

Los compuestos químicos usados solo protegerán de infecciones subsecuentes, pero, no pueden impedir o sanar la enfermedad una vez que se inicia. Sin embargo, cuando el ataque es muy severo se puede aplicar fungicidas, para ello consulte con los especialistas en protección vegetal.

#### 5.2.4 MANCHA OVAL DEL TALLO

##### AGENTE CAUSAL

El agente causal de esta enfermedad es el hongo *Phoma cava*.

##### SÍNTOMAS

- ✓ En el tallo de la quinua también se produce lesiones concéntricas ovaladas de tejido seco en cuyo centro se encuentran unos puntos como cabecillas de alfiler.
- ✓ Esta enfermedad produce la muerte del tejido del tallo, ataca con mayor intensidad al tallo principal y en menor grado a las ramas, una planta enferma presenta tallos y ramas con lesiones de color blanquecino a gris en el centro y con bordes de color marrón rodeados de un anillo de apariencia clara.
- ✓ Las partes atacadas de las plantas mueren.

##### CONTROL

- ✓ Evitar el exceso de agua en el campo de cultivo (charco o estancos).

##### CONTROL CULTURAL

Uso de semillas sanas, eliminación manual de plantas enfermas, esto en campos pequeños cuando la infección es baja y esporádica. Además, evitar el exceso de humedad del campo con una densidad óptima de la siembra, nivelación apropiada del terreno y apertura de drenes o zanjas.

### AGENTE CAUSAL

Enfermedad causada por la bacteria *Pseudomonas sp.*

### SÍNTOMAS

- ✓ Ataca principalmente a: hojas, tallos, panojas y raíces.
- ✓ Las hojas infectadas tienen un aspecto de puntos humedecidos que luego se tornan de color marrón oscuro.
- ✓ Los tallos son de apariencia de color verdoso, se observa manchas irregulares y además presentan profundas lesiones.
- ✓ La diseminación y el desarrollo de la bacteria es rápida cuando la humedad relativa del aire y del suelo son altas.

### CONTROL

- ✓ Utilizar semilla sana.
- ✓ Eliminar plantas enfermas y enterrar a una profundidad de 0.50 m.
- ✓ Evitar la alta densidad de plantas en una determinada área, las cuales dificultan la buena circulación de aire.
- ✓ Evitar cultivos asociados como por ejemplo, en un surco cebada y en otro quinua así sucesivamente.

Para el control de plagas se está promocionando el uso de extractos naturales de Piretro (*Chrysanthemum cinerariae folium*), Nim (*Azadirachta indica*), Muña (*Minthostachys spp.*), Uma tola (*Parastrephia lucida*), Ñacá tola (*Baccharis incarum*), Tabaco (*Nicotiana tabacum*) y otros.

El cuadro 5.2 presenta un resumen de las enfermedades provocadas por hongos y su respectivo tratamiento.

**Cuadro 5.2 Enfermedades provocadas por hongo y su tratamiento**

Nombre común	Nombre Científico	Tratamiento	Dosis
Mildiu veloso	<i>Peronospora effusa</i>	Fosetil-aluminio Ciproconazol	100 g/lt 250 ml/ha
Mancha circular	<i>Ascochyta sp.</i>	Oxicloruro de Cobre Mancozeb	300 g/100 lt 1.0 kg/ha
Mancha blanca	<i>Cercospora sp.</i>	Acetato de Dodecilguanidina Benalaxyl 8% +	250 g/ha
Mancha ojiva del tallo	<i>Phoma sp.</i>	Mancozeb 65% Clorotalonil- tetraclorisoftalonitrilo Imazalil	250 g/ha 250 g/100 lt 50 g/100 lt

Fuente: IICA (2001).

### 6. PREPARACIÓN DEL SUELO

La preparación del terreno, consiste en la remoción de la capa arable que permite la incorporación de la vegetación que crece sobre el suelo, la aireación y la acumulación de la humedad en el suelo para el momento de la siembra.

Comprende una serie de pasos según el contexto agrícola o agroecológico de la zona de producción. Los suelos vírgenes o puruma requieren diferentes pasos en la preparación que un suelo ya trabajado, qallpar o en descanso.

Los sistemas de preparación del suelo son totalmente diferentes en el Altiplano Sur, en cambio, en las zonas del Centro y Norte son similares, todo ello dependiendo de las condiciones físicas del suelo.

#### 6.1 FORMAS DE PREPARACIÓN DEL SUELO EN FUNCIÓN DE LAS ZONAS DE PRODUCCIÓN EN ALTIPLANO

Previo a la elección del terreno, se debe elegir el sitio o parcela a preparar, lo cual debe considerar la topografía del lugar, las propiedades físicas apropiadas para la quinua, el drenaje, menor riesgo de heladas. En todos los casos, no se debe roturar humedales y bofedales, además de dejar franjas de barreras vivas multi propósito.

##### 6.1.1 ALTIPLANO SUR

La preparación del suelo, cuando se trata de suelo puruma o virgen, sigue una serie de pasos que van desde el destolado y hasta la roturación. El destolado es el corte de raíz o al menos por debajo del cuello de arbustos de mayor tamaño, esta labor debe ser realizada una gestión anterior para facilitar la mayor retención de humedad y contribuir a la descomposición de la materia orgánica. La vegetación cortada y seca, debe ser removida del campo antes que ingrese el tractor generalmente entre enero y febrero. Esta forma de preparación permite almacenar mejor la humedad. Sin embargo, con el ingreso de tractores de mayor potencia, la roturación es realizada sin el previo destolado, lo que tiene una serie de consecuencias desfavorables. La t'ula o el material leñoso no

se descompone, la humedad no se conserva y los restos de material leñoso obstaculizan la siembra.

Los arbustos de mayor porte que deben ser destulados son fuente de materia orgánica, entre ellas la Aymar t'ula o Supu t'ula (*Parastrepia lepidophylla*), Uma t'ula (*Parastrepia lucida*), T'it'i tula (*Parastrepia quadrangulare*), la lamphaya (*Lampaya castellani*), Tata-tara (*Fabiana densa*) y la Añawaya (*Adesnia espinosum*). Los pastos y gramíneas de la zona son Iru Ichhu (*Festuca orthophylla*), Ichhu (*Stipa ichu*), Yawara (*Nassella sp.*) entre otras.

En la preparación de suelos puede haber variantes según la localidad y disponibilidad de recursos y equipos, lo que deriva en la preparación mecanizada y manual.

La preparación del suelo manual aún se practica particularmente en el sistema de producción en ladera y en pequeñas superficies (canchones), donde la maquinaria tiene acceso limitado o es imposible su acceso. El método consiste en la remoción superficial de la capa arable utilizando herramientas manuales tales como liukana, taquiza, picota, pala o azadón según la disponibilidad de herramientas y las condiciones de suelo (pedregoso, gravoso y/o arenoso).

En los suelos en descanso o previamente trabajadas o qallpas, la preparación del suelo consiste en la incorporación de estiércol y roturado. El abonamiento o distribución de estiércol se realiza previo al roturado, de tal forma que se pueda incorporar con el arado. El estiércol incorporado se descompone en el suelo siempre y cuando el suelo tenga humedad, razón por la que la preparación del suelo debe ser realizada oportunamente. La cantidad de estiércol que se sugiere es de 10 tn por hectárea, cantidades menores también pueden ser aplicadas asumiendo que pueda acumularse con la aplicación en campañas sucesivas. Ante la escases de estiércol, otras fuentes alternativas constituyen los abonos verdes, entre ellas el tarwi (cultivado y silvestre).

#### **6.1.2 PREPARACIÓN DE SUELOS EN EL ALTIPLANO CENTRAL Y NORTE**

Los medios para la preparación de suelos en los altiplanos Norte y Centro son similares, aunque la modalidad puede variar según la topografía del terreno, el

tamaño de la parcela, la disponibilidad de equipos y medios para la preparación de suelos.

En suelos vírgenes, la remoción de la vegetación alta es paso previo a la roturación, en suelos en descanso este paso no es necesario, asumiendo que la vegetación es de porte bajo y escaso.

La roturación con arado tradicional consiste en el empleo de yuntas, lo cual se practica en suelos en ladera, canchones y en parcelas pequeñas. La roturación con yunta implica el pase de los arados tradicionales en dos sentidos o cruzados, lo que deja el suelo relativamente mullido. Esto a su vez permite el almacenamiento de la humedad.

La roturación con arado de discos se practica en suelos de planicie o con pendientes muy suaves. La roturación consiste en voltear el pan de tierra en la época apropiada, siendo necesario el rastrado en razón de que los suelos son frances o ligeramente arcillosos. La forma común practicada en estas zonas es una simple roturación, lo que conduce a dejar el suelo con terrones grandes que no permiten almacenar humedad y por tanto, la descomposición de la materia verde o del estiércol es parcial.

## 6.2 ÉPOCAS DE PREPARACIÓN DEL TERRENO

La época de preparación del suelo varía de zona a zona. En el Altiplano Sur la época apropiada de roturación es entre enero y la primera quincena de febrero, meses donde ocurren las lluvias que dan humedad al suelo y la remoción o esponjamiento del suelo permite conservar dicha humedad.

En las zonas del Altiplano Norte y Centro, la época apropiada es entre febrero y mediados de marzo, épocas que permiten la remoción del suelo. La roturación de suelos en estas zonas debe ser realizada antes que las hierbas formen semilla.

## 6.3 ABONAMIENTO Y FERTILIZACIÓN

El abonamiento es la incorporación de abono o estiércol al suelo. Esta puede ser realizada en dos oportunidades distintas y/o complementarias. El abonamiento en la preparación del suelo es la más apropiada aunque implica el

empleo de mayor cantidad de estiércol, puesto que el estiércol se debe distribuir en toda la superficie del terreno a preparar. La cantidad de estiércol sugerido es de 10 tn por hectárea.

El abonamiento localizado en hoyos que se practica en el Altiplano Sur, consiste en incorporar el abono en la época de siembra y por hoyos, lo que implica el uso de estiércol descompuesto o al menos maduro y que tenga humedad apropiada, puesto que su incorporación se realiza en momentos donde la humedad es crítica para la germinación de la quinua. La cantidad aproximada de guano que se emplea por este sistema es de 3 tn por hectárea. Algunos implementos desarrollados para la siembra mecanizada de quinua, incluyen el mecanismo para incorporar guano en el momento de la siembra y en forma localizada.

### 7. SIEMBRA POR AGRO ECOSISTEMAS

En el Altiplano Central y Norte son similares, practicándose la siembra al voleo, y en hileras, cada una de ellas con variantes según las condiciones de suelo y la disponibilidad de implementos para la siembra.

El método al voleo se refiere a la forma de distribución de semilla, sin embargo, a la distribución de semilla al voleo le sigue una de las siguientes labores: a) Pase con rastra cuidando que la semilla no quede muy profunda, lo cual se logra regulando la rastra o mediante el levante hidráulico y b) Surcado a profundidad media. En el primer caso, las plántulas nacen en la superficie más o menos uniforme, en cambio, en el segundo caso, unas plantas nacen sobre el camellón, otras en el surco y muy pocas plantas en el talud del surco.

El método en hileras o surcos consiste en abrir el surco y distribuir la semilla a chorro continuo, de tal forma que la semilla queda en el surco y las plantas nacen en el surco.

En el Altiplano Sur, la siembra es practicada al menos siguiendo dos métodos, pero lo común es en golpes: a) Siembra manual en hoyos consiste en quitar el suelo seco de la superficie del suelo hasta encontrar la humedad donde se hace un ligero movimiento de suelo para depositar la semilla en suelo húmedo, luego se cubre la semilla con suelo de espesor no mayor a 15 cm b) La siembra con sembradora desarrollada en el Altiplano Sur, denominada Satiri que tiene varias series. Este equipo es accionado por tractor, el equipo tiene una reja pre surcadora que quita la tierra seca, y la reja surcadora que abre un surco superficial dejando caer la semilla por golpes.

La siembra manual es el método más eficiente para las condiciones del Altiplano Sur, es un método de economía de la humedad del suelo y tiene menores riesgos de enterrado de plántulas por efecto del viento. La siembra con sembradora Satiri accionada por tractor ocasiona mayor pérdida de humedad al abrir surcos continuos y a profundidad más o menos constante. Es un método apropiado para superficies mayores, pero también poco eficiente

por la mayor pérdida de humedad que ocasiona y el mayor riesgo de enterrado de plántulas por los vientos frecuentes en la época de emergencia de plántulas.

## 7.1 ROTACIÓN DE CULTIVOS

### 7.1.1 ALTIPLANO SUR

La rotación de cultivos no se practica en el Altiplano Sur. Al no existir otro cultivo con que rotar, la producción de quinua se convierte en monocultivo con las consecuencias desfavorables que tiene esta forma de producción. Sin embargo, las opciones de manejo junto a la vegetación nativa y naturalizada podría ser una forma de rotación de cultivo con crecimiento de especies nativas o el descanso mejorado del suelo, esto implica el manejo de las especies nativas.

### 7.1.2 ALTIPLANO CENTRAL

En las condiciones del Altiplano Central, las opciones de rotación de cultivos es practicable, donde la papa es la cabeza de rotación, le sigue la quinua y finalmente la cebada o alguna especie forrajera perenne o se deja en descanso el terreno. Sin embargo, ante la extensión de la quinua, las superficies de tales cultivos no son iguales, de tal forma que el esquema de rotación se quiebra. La quinua y cebada se siembra en mayor superficie que la papa, por tanto, la rotación de cultivos se ve limitada por la desigualdad en la extensión superficial dedicada a cada cultivo. Por tanto, la quinua se convierte en cabeza de rotación a la que le sigue la cebada y el descanso.

### 7.1.3 ALTIPLANO NORTE

La rotación de cultivos se práctica aplicando diversos cultivos y variadas formas de rotación.

La rotación más común es aquella donde se inicia con papa, le sigue quinua y una especie forrajera (cebada o avena). Otra es: papa, cebada y alfalfa. Papa, cebada, tarwi y cebada. Dependiendo de las zonas y patrón productivo.

Algunas zonas del Altiplano Norte y Centro se han convertido en zonas productoras de lácteos, por lo que predominan cultivos de cebada y alfalfa.

## 7.2 DIVERSIFICACIÓN DE CULTIVOS

La diversificación de cultivos depende de la existencia de especies cultivadas nativas o la adaptación de cultivos introducidos, esto a su vez depende de las zonas de producción y el régimen de factores climáticos.

En el Altiplano Sur, la diversificación de cultivos tiene escasa o ninguna opción dada por las condiciones de suelos y factores de clima adversos. Las especies forrajeras como pastos podrían ser alternativas practicables, pero, ante la importancia económica de la quinua, estas especies no son de interés de los productores. Sin embargo, existen varias iniciativas que promueven el sistema quinua-camélidos, lo que implica el manejo de pastos como fuente de forraje para los animales y estos a su vez proporcionan el estiércol que es el insumo importante para la producción orgánica.

En el Altiplano Central y Norte, la diversificación de cultivos constituye una alternativa viable. Los cultivos aptos para el Altiplano Central son la papa (*Solanum tuberosum*), quinua (*Chenopodium quinoa*), cebada (*Hordeum vulgare*) y alfalfa (*Medicago sativa*). En el Altiplano Norte, además de los cultivos mencionados, se suma el tarwi (*Lupinus mutabilis*), oca (*Oxalis* *tuberosa*), papaliza (*Ullucus tuberosus*) e izaño (*Tropaeolum tuberosus*). Estos cultivos ingresan en rotación o en asociación.

## 7.3 FECHAS Y ÉPOCAS DE SIEMBRA

La siembra consiste en depositar la semilla de quinua en el suelo preparado y conteniendo humedad almacenada o humedad proporcionada mediante riego.

La fecha de siembra para la quinua varía de zona a zona, pero lo común es que la siembra depende de la humedad del suelo. Además, depende de las condiciones físicas del suelo que determinan su propiedad de almacenar humedad.

Las épocas de siembra se están reduciendo como consecuencia de la sequía y las heladas. Hasta hace dos décadas, en el Altiplano Sur se practicaba dos épocas de siembra, primera o adelantada y segunda o retrasada. De la misma forma, en las zonas del Centro y Norte se practicaba la primera, segunda y tercera épocas de siembra. En los últimos años, las épocas de siembra se reducen a una sola época o dos épocas dependiendo de la humedad del suelo en el momento de la siembra y las opciones de completar el ciclo productivo antes de las heladas de febrero o marzo.

### 7.3.1 ALTIPLANO SUR

Las fechas o épocas de siembra en el Altiplano Sur son más o menos estable o fija. La siembra generalmente se inicia a fines de agosto y se extiende hasta septiembre. La época de siembra no puede ser retrasada en razón de que la humedad conservada en el suelo se va perdiendo gradualmente. Según los productores, la humedad se entra al suelo, por tanto la siembra debe ser realizada a mayor profundidad con las consecuencias posteriores de emergencia y enterrado de plántulas por efecto del viento.

La siembra se realiza aprovechando la humedad almacenada desde la época de roturación, esta humedad permite que la semilla germine y la plántula y planta sobrevivan hasta la época de lluvias que generalmente ocurre a fines de diciembre.

Ante fallas o fracaso en la germinación o establecimiento, se opta por la resiembra. La resiembra consiste en sembrar empleando variedades precoces solamente, la resiembra es localizada en los hoyos que por algún factor desfavorable no emergieron o fueron atacados por plagas en esta primera etapa del cultivo.

### 7.3.2 ALTIPLANO NORTE Y CENTRAL

La fecha y época de siembra depende completamente de la humedad de los suelos, lo que implica la ocurrencia previa de lluvias o nevadas. Ante la ausencia de lluvias oportunas, la quinua tiene pocas opciones de ser sembrada oportunamente, las siembras retrasadas no completarían la madurez, por lo

que la demanda de variedades precoces o noventonas es cada vez más creciente.

Las variedades normales o tradicionales se pueden sembrar hasta octubre, en cambio, con las variedades precoces la siembra se puede extender hasta noviembre según las micro zonas de producción.

#### 7.4 DENSIDAD DE SIEMBRA

La densidad de siembra depende de la zona y del método de siembra. En el Altiplano Sur la cantidad de semilla que se emplea es de 6 kg/ha como referencial, pudiendo ser mayor o menor según el método de siembra adoptado y los riesgos probables de heladas y ataque de plagas.

En las zonas del Altiplano Norte y Central, la densidad de siembra varía entre 7 y 8 kg por hectárea. La cantidad de semilla empleada puede variar según la época de siembra, humedad del suelo y el método de siembra.

#### 7.5 FORMAS DE SIEMBRA

##### 7.5.1 ALTIPLANO SUR

La siembra de quinua puede ser realizada en forma manual o mecánica. La siembra manual es practicada en hoyos, una tecnología desarrollada por los nativos y practicada por milenios. Los hoyos se encuentran distanciados aproximadamente entre 1 y 1.50 metros. Las herramientas que se utilizan son variadas, pudiendo ser la taquiza, liukana, pala o azadón. El procedimiento consiste en retirar la tierra seca de la superficie hasta encontrar tierra húmeda, remover ligeramente el suelo húmedo y depositar en cada hoyo entre 80 a 120 semillas y tapar con 5 a 10 cm de tierra.

En la siembra mecanizada se emplea la sembradora llamada Satiri desarrollada para el Altiplano Sur u otras sembradoras adaptadas como la Yumil. Estas sembradoras siembran en orientación similar a hileras distanciadas a 90 cm pero depositando la semilla por golpes a 90 cm o 100 cm entre golpe y golpe.

La sembradora Satiri y sus similares, retira la tierra seca de la superficie mediante una reja pre surcador, abre surcos en suelo húmedo mediante el surcador y la semilla es depositada mediante un tubo de caída soldado a un eje alveolado y giratorio o un obturador de paso de semilla.

#### 7.5.2 ALTIPLANO NORTE Y CENTRAL

En el Altiplano Norte se practica diversos métodos de siembra, siendo los más comunes la siembra al voleo, voleo rastrado, voleo surcado, siembra en hileras entre otras.

La siembra al voleo se realiza en condiciones especiales dadas por la suficiente humedad del suelo y sin riesgos de inundación, cuando no se tiene herramientas para realizar hileras o surcos o cuando la topografía del lugar no permite el ingreso de maquinaria. La siembra consiste en mullir los terrones mediante un rastrado, luego se derrama la semilla al voleo en todo el campo y finalmente se pasa ramas de arbustos o se remueve ligeramente con rastrillos para cubrir ligeramente la semilla y permitir el contacto con la humedad del suelo.

El método de voleo-rastrado consiste en distribuir la semilla al voleo y pasar con rastra en forma muy superficial. A veces es preferible reforzar con otra distribución de semilla al voleo, de tal forma que la semilla quede entre la superficie del suelo algo mullido o esponjoso.

El voleo-surcado es un método practicado con tracción animal o con tractor. Se volea la semilla, luego se pasa con arado tradicional o una surcadora accionada por tractor. De la misma forma que el anterior método, se refuerza distribuyendo una cantidad mínima de semilla.

En la siembra en hileras consiste en abrir surcos con tracción animal o de un tractor agrícola para hacer los surcos distanciados a 50 o 60 cm, luego derramar la semilla a chorro continuo y finalmente tapar la semilla con una ligera capa de tierra empleando rastrillos o mediante el surcado de surcos contiguos. La siembra en hileras permite un mejor drenaje del suelo y facilita las posteriores labores de deshierbe y manejo en general del cultivo.

La eficiencia de los métodos de siembra depende de la humedad del suelo. La humedad puede ser proporcionada por la lluvia de al menos 18 mm, caída en menos de 24 horas o mediante riego.

## 7.6 LABORES CULTURALES

La quinua no requiere muchas labores culturales en comparación con otros cultivos como por ejemplo la papa. Sin embargo, el deshierbe, aporque, riego y control fitosanitario son labores que deben ser realizadas según las condiciones del campo de producción.

Una labor cultural única en el Altiplano Sur es el sombreado o phisnaña en idioma nativo. El sombreado es una labor que está orientada a proteger a las plántulas de la fuerte insolación y también de las plagas (vicuña, liebre). El sombreado se realiza inmediatamente emerge la quinua, para eso se emplea paja que puede ser iru ichu (*Festuca ortophylla*) o ichu (*Stipa ichu*) preferentemente, aunque puede emplearse otras como la tara-tara (*Fabiana densa*), la thola (*Parastrepbia lepidophylla*) y añawayá (*Adesnia spinossima*). Para el sombreado de plántulas, un manojo de paja debe ser colocado en forma inclinada sobre el grupo de plántulas cuya parte basal del manojo de paja se entierra ligeramente, además, debe ser colocado del lado noroeste, es decir en la dirección donde los rayos del sol llegan durante la mayor parte del día. El sombreado también protege a las plántulas del enterrado con arena por efecto del viento, puesto que amortigua la velocidad del viento y retiene la arena.

### 7.6.1 DESHIERBE Y APORQUE

El deshierbe es necesario en suelos con mayor frecuencia de uso o con descansos cortos donde se presenta las hierbas y quinua silvestre. La remoción de hierbas o malezas puede ser realizada mediante un deshierbe manual o mediante el surcado con yunita o tractor. El aporque permite facilitar un buen soporte y aireación a las plantas, además estimula a la formación de raíces adventicias, lo que va a contribuir a dar mayor vigor a la planta.

La quinua responde muy bien al aporque, aunque no es práctica común esta labor. En el Altiplano Central y Norte, el deshierbe mediante el surcado cumple indirectamente los propósitos del aporque. En el Altiplano Sur, el enterrado gradual del hoyo o tapado del surco cumple funciones similares al aporque.

#### 7.6.2 DEPURACIÓN

La depuración o purificación varietal consiste en eliminar plantas de quinua que no reúnen características de la variedad o son plantas enfermas y débiles de la misma variedad que se está produciendo.

La producción de quinua orientada al mercado debe ser homogénea en cuanto al tamaño y color del grano, presencia de saponina (amarga o dulce) y tipo de grano (suave o duro). Esta exigencia se cumple realizando la depuración en forma rigurosa en diferentes etapas. Una en la fase vegetativa según el color de planta y forma de panoja y otra a la madurez según el color y tipo de grano.

### 8. INTRODUCCIÓN

La cosecha se realiza cuando las plantas han alcanzado la madurez fisiológica, esto se reconoce cuando las plantas se tornan de un color amarillento, rojizo, rosado, anaranjado según las variedades. La madurez de la planta se verifica tomando algunos granos de la panoja principal que al presionarlos con las uñas deben presentar dureza o resistencia a la presión.

El proceso de la cosecha debe efectuarse oportuna y apropiadamente para evitar las pérdidas por desgrane por granizo, ataque de pájaros, la pérdida de la calidad del grano por la lluvia. Esto implica conocer el ciclo productivo de las variedades y el color de planta a la madurez.

Cuando las plantas se encuentran en madurez fisiológica, el grano de quinua tiene humedad entre 16% a 18%, siendo necesario el secado previo a la trilla.

Las etapas de la cosecha y trilla son el corte, secado, emparvado, trilla, aventado y limpieza del grano, selección, envasado y almacenamiento. Cuando la cosecha se efectúa en forma mecanizada utilizando cosechadoras combinadas, las labores de corte, trilla y venteo se realizan simultáneamente.

#### 8.1 CORTE O SIEGA

En el Altiplano Sur, el arrancado de plantas es una práctica ancestral de cosecha en suelos arenosos. El arrancado desde la raíz de la planta trae adheridos terrones, arena y piedrecillas que contaminan el producto.

El corte de la planta con hoz se realiza en la base del tallo entre 10 a 15 cm de la superficie del suelo. El corte de plantas con desbrozadora adaptada para la quinua es practicada en algunas zonas. Cuando se corta la planta madura de quinua, parte del tallo y toda la raíz quedan en el suelo, lo que ayuda a reducir la erosión y los restos de la planta se convierten en materia orgánica. Práctica que cada vez se va generalizando y apoyando a la conservación de los suelos.

## 8.2

### EMPARVADO

La quinua cosechada se acumula en pilas o gavillas para completar el secado de las plantas y panojas. El emparve común consiste en realizar pequeños montículos o gavillas, en forma lineal con las panojas dispuestas a un solo lado, pero también se pueden hacer parvas en forma circular con las panojas orientadas al interior del círculo o formando arcos en líneas doble con las panojas contrapuestas.

El emparve en línea o gavillas permite proteger de las lluvias mediante cubiertas de láminas de plástico que se colocan sobre las gavillas o arcos.

## 8.3

### TRILLA

La trilla es la separación del grano de la panoja cuando el material está seco y apropiado para la trilla.

El método de trilla se adopta según la disponibilidad de equipo y la topografía del lugar. En la producción de quinua a pequeña escala es posible la trilla tradicional. Para la trilla tradicional, las plantas secas se colocan sobre una lona, luego se golpea con palo curveado o jawqaña que permite separar el grano del resto del material vegetal como tallos y hojas. En la producción extensiva, la trilla se realiza con pasadas sucesivas de un tractor o camioneta, también empleando trilladoras estacionarias.

Para la trilla comercial de quinua se han probado varios tipos de trilladoras estacionarias como la Vencedora, TCR-CIFEMA, Herrandina, Alban Blach, Trilladora tubular, Venteadora adaptada, entre otras, sin embargo, estas trilladoras han tenido poca aceptación por parte de los productores. También se ha probado trilladoras combinadas que se encuentran en etapa de ajuste.

## 8.4

### ZARANDEO O TAMIZADO

El zarandeo o tamizado se realiza para separar el grano de la broza. Para esta labor se utilizan zarandas de 0.80 m X 1.50 m que pueden ser de malla o planchas perforadas con orificios de 3.5 mm a 5 mm.

## 8.5

### VENTEADO

El venteo se realiza para separar las impurezas pequeñas y livianas aprovechando la fuerza del viento. Esta labor se realiza en forma tradicional aprovechando corrientes de viento o utilizando venteadoras mecánicas.

El venteo tradicional se realiza manualmente recogiendo una porción de quinua harneada y dejar caer en chorro que atraviesa en forma transversal a la dirección del viento. Esta labor al ser dependiente del viento y de la intensidad del mismo, es poco efectiva y el producto que se obtiene es heterogéneo y aun contiene impurezas.

En el venteo mejorado se utiliza las venteadoras mecánicas accionadas a mano o por motor (CIFEMA). Estas venteadoras generan corriente constante de aire mediante aspas giratorias y poseen una tolva de alimentación de donde cae el grano en una cantidad constante y regulable. Estos equipos son relativamente económicos, permiten realizar el venteo en cualquier época del año sin depender del viento por lo que son aceptados por los productores.

En la gestión agrícola 2012-2013, algunas entidades y productores han probado dos tipos de cosechadoras combinadas autopropulsadas (motor propio), siendo estas la Class y Dima. Los resultados preliminares de las pruebas conducen a hacer algunos ajustes en los equipos.

## 8.6

### ALMACENAMIENTO

El almacenamiento consiste en guardar el grano limpio por un determinado tiempo y en un lugar seco, frio y a prueba de ratones.

## 8.7

### CLASIFICACIÓN DEL GRANO

La clasificación del grano consiste en separar el grano según tamaño, obteniéndose grano extra, primera y segunda calidad (IBNORCA, 2006).

## 8.8

### BENEFICIADO

En el caso de la quinua, la mayoría de las variedades comerciales contienen saponina en la capa externa del grano, lo cual da el sabor amargo, por lo que previo al consumo este compuesto debe ser removido.

El fruto de la quinua es un aquenio, presenta el perigonio que cubre una sola semilla y se desprende con facilidad al frotarlo (Tapia, 1990). La semilla está cubierta por el pericarpo y presenta alveolos donde se encuentra la saponina. El pericarpo se separa mediante fricción en seco (escarificado) o en agua que es el principio de la desaponificación o beneficiado de la quinua antes del consumo.

Otra característica del grano de quinua es el embrión que se encuentra en la periferia del grano a manera de un anillo, por lo que en procesos de remoción de la saponina se debe tener el cuidado de no afectar el embrión, puesto que puede representar pérdidas de proteína y aminoácidos.

La quinua es el producto alimenticio importante de la zona andina, las formas de consumo tradicional han sido desarrolladas por las culturas ancestrales y conservadas y mejoradas en las comunidades campesinas. Sin embargo, ante la demanda y consumo en países desarrollados, es necesario darle una escala industrial en los procesos, además, velando por el uso adecuado de sus cualidades nutricionales y nutracéuticas. El uso industrial permite valorar los productos y facilitar el consumo.

En las regiones de producción de quinua real en Bolivia, las variedades y/o ecotipos en su mayoría contienen saponina en el grano por este motivo todas las quinuas destinadas a la alimentación requieren ser beneficiadas o removido el compuesto que da el sabor amargo. Las culturas andinas han desarrollado técnicas para remover la saponina del grano y son variados según la zona de producción y según la necesidad de preparación de diferentes platos.

El beneficiado tradicional de la quinua incluye pre tostado, escarificado y lavado para obtener un grano con bajo contenido de saponina. Algunas variantes del beneficiado tradicional consisten en escarificar y lavar, y en otros casos simplemente lavar.

El beneficiado tradicional de la quinua en las comunidades productoras es realizado generalmente por las mujeres e involucra los siguientes pasos: Pre-tostado, pulido, venteado y lavado.

#### **A) PRE TOSTADO**

El pre tostado consiste en tostar ligeramente el grano de quinua empleando unos recipientes metálicos (bateas) y fuego lento donde se debe tostar el grano de acuerdo a las características del alimento que se quiere preparar. Esta labor puede tener una duración de 29 a 36 minutos, según la cantidad de grano a beneficiar y el plato a preparar.

#### **B) PISADO O PULIDO**

El pisado del grano pre tostado se realiza en un recipiente de piedra labrada (mortero) llamada “Saruna”, “Taquiña” o “Taquira” donde se mezcla el grano con “pojkera” que es una especie de tierra blanca muy fina (similar al caolín) que ayuda a escarificar los granos de quinua. Generalmente las mujeres frotan con los pies descalzos, cuando el grano aún se mantiene caliente, en otros casos, la quinua pre tostada es colocada en bolsas de polietileno y es pisado por encima de la bolsa. El pisado o pulido tiene la finalidad de remover el pericarpio donde se encuentra la saponina del grano. El pisado lleva un tiempo de 24 a 60 minutos, según la cantidad del material y el plato que se quiere preparar.

#### **C) VENTEADO**

El venteado consiste en separar los granos de la saponina desprendida y el polvo (pojkera) utilizado para pulir el grano. El tiempo de duración de esta tarea puede variar de 20 a 40 minutos.

#### **D) LAVADO**

Una vez venteado se realiza el lavado del grano para separar la saponina que persiste en el grano. El lavado se realiza varias veces, hasta que desaparezca toda la espuma del agua y el grano sea visible a simple vista. Además, el lavado permite separar los granos menudos (flotación) y piedrecillas (por sedimentación) que se incorporan al grano durante la cosecha. El tiempo de esta tarea es de 25 a 35 minutos según la cantidad.

Al final, el agua utilizada para el lavado de los granos debe ser clara y cristalina, este aspecto es indicador de que se ha eliminado la saponina y que se puede secar el grano.

#### E) SECADO

Una vez realizadas las tareas anteriores se puede secar el grano por un periodo de 2 a 4 horas hasta que los granos alcancen aproximadamente el 14% de humedad.

Los anteriores pasos son los más importantes para beneficiar el grano de quinua. El grano beneficiado según proceso diferenciado, se somete a un leve venteo y se tiene el grano listo para cualquier preparación prevista. En caso de emplear para pito, el grano beneficiado debe ser nuevamente tostado hasta la cocción y luego molido.

Como se podrá deducir, el beneficiado tradicional de la quinua en la zonas productoras del Altiplano Sur de Bolivia, es un trabajo muy sacrificado, por el tiempo y el esfuerzo dedicado para su obtención, según una aproximación de tiempos se tarda de 3 a 6 horas para desaponificar 25 lb de quinua, hasta obtener un grano seco disponible para preparar diferentes alimentos típicos de la región o guardarlo por algún tiempo no muy largo.

#### 8.9 DE SAPONIFICADO INDUSTRIAL DE LA QUINUA

En la mayoría de los procesos de beneficiado de quinua, la eliminación de saponina del grano se inicia con una labor de escarificado y se complementa con el lavado que requiere utilizar mucha cantidad de agua. Las diferentes plantas procesadoras de quinua tienen este principio tecnológico, hay plantas artesanales, y plantas muy complejas con tecnología para el desaponificado, secado, selección por colores de grano y la separación de impurezas.

En Bolivia a principios de la década del 80 del siglo pasado se había instalado una de las primeras plantas procesadoras de quinua en Huarina (La Paz) donde el beneficiado era predominantemente por vía húmeda. En los siguientes años las organizaciones de productores CECAOT y SOPROQUI (Potosí), también habían implementado otras plantas. Las tecnologías de procesamiento de entonces eran muy precarias. Actualmente en Bolivia existen 62 plantas

procesadoras siendo el 16% artesanales, el 27% semi-industriales y el 57% industriales. El 40% de las plantas procesadoras industriales se encuentran en Oruro, 25% en La Paz, 35% entre Potosí, Cochabamba y Chuquisaca. La tecnología de beneficiado que emplean varía de artesanales a muy complejas y sofisticadas.

En la implementación de plantas desaponificadoras del grano de quinua durante la última década se han instalado equipos más sofisticados por las cuales se obtiene al final del proceso un grano de excelente calidad. Los pasos de procesamiento en el de saponificado de la quinua son:

**A) RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA**

Ambiente donde se recibe la materia prima, generalmente llega en sacos de polipropileno de 50 kg. Este material debe ser acondicionado en ambientes con mucha aireación y menor humedad relativa del aire (seco).

**B) DESPEDREGADO, LIMPIEZA Y PURIFICACIÓN**

En este paso se separan los materiales extraños que comúnmente se encuentran en el grano de quinua. Se utilizan zarandas o mallas metálicas con orificios de 2 mm de diámetro, las cuales son accionadas por un motor eléctrico.

**C) DE SAPONIFICACIÓN VÍA SECA**

Es la separación del pericarpio (descascarado) y segmentos secundarios del grano de quinua, con mayor contenido de saponinas. Esta labor se realiza a través de medios mecánicos abrasivos (máquinas peladoras y pulidoras en seco). El polvillo desprendido que contiene la saponina es separado mediante succionadores de aire.

**D) TAMIZADO**

El proceso de escarificado abrasivo provoca el rompimiento de un porcentaje de granos que deben ser separados, para lo cual se emplean tamices vibratorios, separando los granos partidos por gravedad y el resto del polvillo con ventilador.

#### E) LAVADO

El lavado es un proceso complementario necesario para eliminar los residuos de saponina después de la escarificación.

#### F) CENTRIFUGADO

El centrifugado consiste en escurrir el agua de los granos, contribuye al secado en menor tiempo. Esta labor se realiza con una centrifuga de acero inoxidable.

#### G) SECADO

Para el secado del grano lavado se utiliza un secador estático (secador de bandejas) sometiendo el grano lavado y centrifugado a la acción de una corriente de aire previamente calentado (a gas licuado).

#### H) SELECCIÓN

La selección del grano lavado y secado es un paso muy importante, puesto que en esta etapa se seleccionan los granos enteros separando de los granos dañados o partidos, impurezas que podían persistir, granos de otro color y otros. La selección de grano se realiza empleando una seleccionadora automática de granos.

En algunas plantas industriales, para el proceso de selección de granos se han incorporado, separadora de piedras (densímetro), sensor óptico y/o separador magnético.

#### I) ENVASADO

Mediante el beneficiado se obtienen el producto conocido como quinua perlada que son granos enteros y brillantes.

Para su comercialización, la quinua perlada es envasada en bolsas de polietileno de baja densidad, celofán o polipropileno de 1/2 kg y/o 1 kg de peso en contenido; envasándose mecánicamente y cerrándose con selladoras de resistencia eléctrica. Para el envasado de cantidades mayores se requiere emplear bolsas de polipropileno de 50 kg o a granel en silos para su almacenamiento temporal.

## J) ALMACENADO

El producto beneficiado debe ser conservado en las condiciones apropiadas para garantizar su calidad sanitaria y organoléptica.

### 8.10 CONSUMO DE LA QUINUA

Algunos documentos publicados reportan que existe una disminución del consumo de quinua especialmente entre familias productoras del Altiplano Sur de Bolivia, mencionando varias causas: a) cambios en los hábitos de consumo de alimentos y motivada por la preferencia a alimentos más elaborados, b) limitaciones en el beneficiado de la quinua a nivel familiar (se utiliza mucho tiempo), y c) por las preferencias de venta del producto antes que consumir en el hogar del productor.

Varias instituciones promueven el consumo de la quinua en las zonas productoras, para ello abordan el beneficiado a pequeña escala, los usos diversificados de la quinua y resaltan la calidad del producto. Por estas acciones y sumada a la cultura de consumo, la quinua sigue siendo el producto alimenticio de alta calidad para las familias de productores.

### 8.11 PROCESAMIENTO DE LA QUINUA (AGROINDUSTRIA)

Los productos derivados del beneficiado y procesamiento industrial son la quinua perlada, hojuelas, harina, expandido, graneado, colorantes, pastas, extruidos y otros (Mujica et al., 2006).

#### 8.11.1 QUINUA PERLADA

La quinua perlada es el grano de quinua desaponificado y listo para la preparación de alimentos. El desaponificado o el desamargado se realizan por diferentes medios, siendo lo más común empleado en las plantas de beneficiado de quinua el método combinado entre la escarificación (vía seca) y lavado (vía húmeda).

Para obtener la quinua perlada, el grano de quinua se somete a un proceso de selección previo al proceso desaponificación. El grano seleccionado se somete a escarificado generalmente empleando un principio mecánico de tornillo sin fin,

luego pasa a un sistema de lavado que incluye el centrifugado para ayudar el proceso posterior del secado.

En la obtención de la quinua perlada, el método combinado de escarificación mecánica y lavado en agua permite remover la saponina hasta un nivel de 0.06 a 0.12%, siendo éste grano apto para el consumo humano (Mujica et al., 2006).

#### **8.11.2 HOJUELAS DE QUINUA**

La hojuela de quinua es un producto que proviene de la quinua perlada después de haber pasado por un proceso de laminado, es algo similar a la avena. La hojuela de quinua presenta un espesor que varía entre 0.1 a 0.5 mm dependiendo de los usos que se le dé.

Para la obtención de hojuela de quinua, el grano es previamente desamargado siguiendo el proceso de quinua perlada. La quinua perlada es secada a tal punto que contiene humedad aproximadamente del 15 a 16%. Las hojuelas de quinua se obtienen sometiendo a presión entre rodillos de giro convergente. El tamaño de las hojuelas depende de la variedad y del espesor que se le dé durante el laminado. Granos grandes dan lugar a hojuelas grandes si son muy delgadas. La integridad de las hojuelas depende de la variedad y más que todo de la plasticidad del almidón (perispermo) del grano y la adherencia del embrión al perispermo. Las variedades dulces han conservado mejor la integridad de las hojuelas, en cambio, las amargas tienden a desintegrarse y formar mayor proporción de la parte fina o sémola que está integrada por partículas finas del embrión (proteína). La hojuela obtenida es complementada con un secado hasta un contenido de humedad menor al 14 porciento.

Las hojuelas de quinua amplían las formas de utilización de la quinua, puesto que se emplean en la elaboración de jugos de quinua con manzana (piña, mango), sopas, pies, tortas y queques. En la preparación de sopas y jugos, las hojuelas se cocinan en menor tiempo que el grano, lo cual favorece al uso y consumo.

#### **8.11.3 EXPANDIDOS O PHISANQALLA DE QUINUA**

Los expandidos de quinua proviene del grano de quinua perlada sometido a un proceso de cocción a alta temperatura y alta presión, luego el grano cocido es

expulsado al exterior sufriendo cambios bruscos de temperatura y caída de presión que conduce a la expansión del grano aumentando considerablemente su volumen.

Los expandidos de quinua se emplean de diversas maneras, como cereales instantáneos, como base para las barritas energéticas entre otras formas.

En el saber local, la phisanqalla es el producto expandido de quinua que se procesa artesanalmente y se consume desde milenios atrás. Para la obtención de phisanqalla se emplea variedades específicas, siendo estas de grano rojo o negro según el color del epispermo, este tipo de variedades se conoce como Phisanqalla y Quytu. El expandido se logra colocando un puñado de grano acondicionado (humedad apropiada) a una olla de arcilla (jiwki) y calentado con bosta de vaca o estiércol de llama. El grano se tuesta bajo agitación constante. El grano así tostado se emplea directamente para el consumo o molido (pito) obteniendo un producto de preparación instantánea en bebidas refrescantes. Aunque ahora se tiene empresas que se dedican a la producción de diferentes formas de productos desde hojuelas hasta fideos de quinua.

#### 8.11.4 HARINA

La harina de quinua se obtiene moliendo la quinua desaponificada mediante presión y fricción, luego sometido a un ventilado para mejor pulverización. La harina de quinua se puede emplear casi en todos los productos de la industria harinera, se puede adicionar hasta 40% de harina de quinua en el pan, 40% en las pastas, 60% en bizcochos y hasta 70% en galletas. Por su parte, Reynaga et al. (2013) reporta que para la panificación se sugiere la relación de 19% de harina de quinua y 81% de harina de trigo.

En la forma tradicional, la harina de quinua se obtiene empleando variedades aptas para el proceso conocidas como *aku jupa* que generalmente son variedades de grano pequeño. El grano de estas variedades una vez desaponificado se muele en molinos artesanales de piedra (qhuna). La harina obtenida de esta manera, se emplea en diferentes platos y masitas tradicionales. La experiencia de los productores sostiene que la harina procesada en qhuna se almacena por mayor tiempo sin que el producto sufra alteraciones. Reynaga et al. (2013), sostienen que la harina obtenida con

molino de piedra tiene mejores características granulométricas en comparación al obtenido en molino de martillos.

#### **8.11.5 FIDEOS**

Los fideos o pastas son productos alimenticios resultantes del amasado y moldeado de mezclas no fermentadas de harina de trigo con agua potable (Mujica et al., 2006). La harina de quinua ofrece alternativas para la industria de fideos o pastas, sin embargo, dentro la diversidad de quinua, no se conoce las variedades más aptas para la industria de pastas. Reynaga et al. (2013), estudiaron la calidad industrial de la quinua real de Bolivia, encontrando que la mejor relación para fideos es de 21% de harina de arroz y 79% de harina de quinua.

#### **8.11.6 EXTRUIDOS**

La extrusión de alimentos consiste en someter el grano beneficiado y acondicionado, a un proceso de cocción a alta temperatura y en menor tiempo utilizado para reestructurar material alimenticio que contiene almidón y proteínas y de esa forma obtener alimentos texturizados.

El grano de quinua se pueden extrudir puro o en mezcla con otros granos, además de darle diferentes colores y sabores.

## CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA

---

- Bonifacio A., 1997. Mejoramiento de la quinua para resistencia a factores adversos en Bolivia. In: Danial D., ed. Primer Taller de PREDUZA en resistencia duradera en cultivos altos en la zona andina. Quito: Proyecto de Resistencia Duradera en la Zona Andina (PREDUZA), 75-78.
- Bonifacio A., 2001. Recursos genéticos, etnobotánica y distribución geográfica. In: Mujica A., Jacobsen S.E., Izquierdo J. & Marathee J.P., eds. Primer taller internacional sobre quinoa. 2001. Cultivos Andinos. [CD-ROM]. Santiago: FAO, UNA-Puno, CIP.
- Bonifacio, A. 2006. Estudio de perspectiva para los productos del altiplano y valles centrales de los Andes. ICS-ONUDI. Naciones Unidas. 34 p.
- Bosque S.H., Lemeur R., Van Damme P. & Jacobsen S.E., 2003. Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Rev. Int.*, 19, 111-119.
- Conti, M. E. y García, F. O., 2006. Potasio. pág. 123 -137. En Echeverria, H. E. y García, F. O. (eds). *Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos*. Editorial INTA, Buenos Aires – Argentina.
- Fundación AUTAPO., 2008. Estudio de suelos del área Productora de quinua real. Altiplano sur Boliviano. Estudio Final. Educación para el Desarrollo Fundación AUTAPO; Programa Quinua Altiplano Sur; Embajada del Reino de los Países Bajos.
- Gandarillas H., 1979. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.): Genética y origen. In: Tapia M.E. et al., eds. *La Quinua y la Kañiwa cultivos andinos*. Bogota: CIIDIICA, 45-64.
- Garreaud R., Vuille M. & Clement A.C., 2003. The climate of the Altiplano: observed current conditions and mechanisms of past changes. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 194, 5-22.
- Geerts S., 2004. Quinoa production in the Bolivian Altiplano: climatic constraints and modelling of water productivity. Thesis: Katholieke Universiteit Leuven (Belgium).

Geerts S. et al., 2006. Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: A case study for quinoa. *Agric. Forest Meteorol.*, 139, 399-412.

Herve D.; Mita V.; & Coûteaux, M.M., 2006. Construcción de un balance de nitrógeno en cultivos de papa bajo rotación con largo descanso. *Ecología en Bolivia*, Vol. 41(3): 133-153.

Huanca, R., 2008. Evaluación de diferentes niveles de abono orgánico y riego deficitario sobre el desarrollo y rendimiento de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en el Altiplano Central. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 147 p.

Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), 2006. Granos Andinos-Pseudocereales-Quinoa en grano-Clasificación y requisitos. p. 2.

IICA Mayo, 2001. Identificación de mercados y tecnología para productos agrícolas tradicionales de exportación. CONVENIO MAG / IICA, Subprograma de Cooperación Técnica Quito, Ecuador. Disponible en: [www.pymex.pe/descargas/category/71-quinua.html](http://www.pymex.pe/descargas/category/71-quinua.html)

Lhomme J.P. & Vacher J.J., 2002. Modelling nocturnal heat dynamics and frost mitigation in raised field systems of the Andean Altiplano. *Agric. Forest Meteorol.*, 112, 179-193.

Mamani, P. O., 2011. Exportación y balance de nitrógeno en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willdenow) bajo diferentes niveles de abono en la comunidad de Callapa. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. 160 p.

Manejo biodinâmico do solo, 2010. Agricultura familiar e sustentabilidade - manejo biodinâmico do solo. Universidade Federal de Santa Maria. Estado sul do Brasil.

Manual de Adubação e de Calagem. 2004. Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC. Porto Alegre. Brasil. 404 p.

Miranda, R., 2012. Adubação orgânica em condições de irrigação suplementar e seu efeito na produtividade da quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) no planalto da Bolivia. Tesis de doctorado del Programa de post graduação em ciência do solo, Universidad Federal de Santa Maria. Estado Sur del Brasil. 98 p.

Miranda, R.; Carlesso, R.; Huanca, M.; Mamani, P.; Borda, A., 2013. Rendimiento y acumulación de nitrógeno en la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) producida con estiércol y riego suplementario. *Venesuelos*. 20: 21-29.

Montes de Oca, I., 1997. *Geografía y recursos naturales de Bolivia*. 3ra edición. La Paz: Edobol. Morlon P., éd., 1992. *Comprendre l'agriculture paysanne dans les Andes Centrales*. Paris: INRA.

Mujica, A.; Jacobsen, S.; Izquierdo, J. E J. Marathee, 2006. *Quinua (Chenopodium quinoa Wild): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*. 2da Edición. Santiago de Chile. 361 p.

Orlove B.S., Chiang J.C.H. & Cane M.A., 2000. *Forecasting Andean rainfall and crop yield from the influence of El Niño on Pleiades visibility*. *Nature*, 403, 8-71.

PIWA, 1992. *Principios técnicos para la reconstrucción y producción agrícola en waru waru*. Tomo I. suelos y agua. Convenio: PELT/INADE – IC/COTESU. Puno Perú. 197 p.

PIWA, 1992. *Principios técnicos para la reconstrucción y producción agrícola en waru waru*. Tomo II. Producción agrícola. Convenio: PELT/INADE – IC/COTESU. Puno Perú. 163 p.

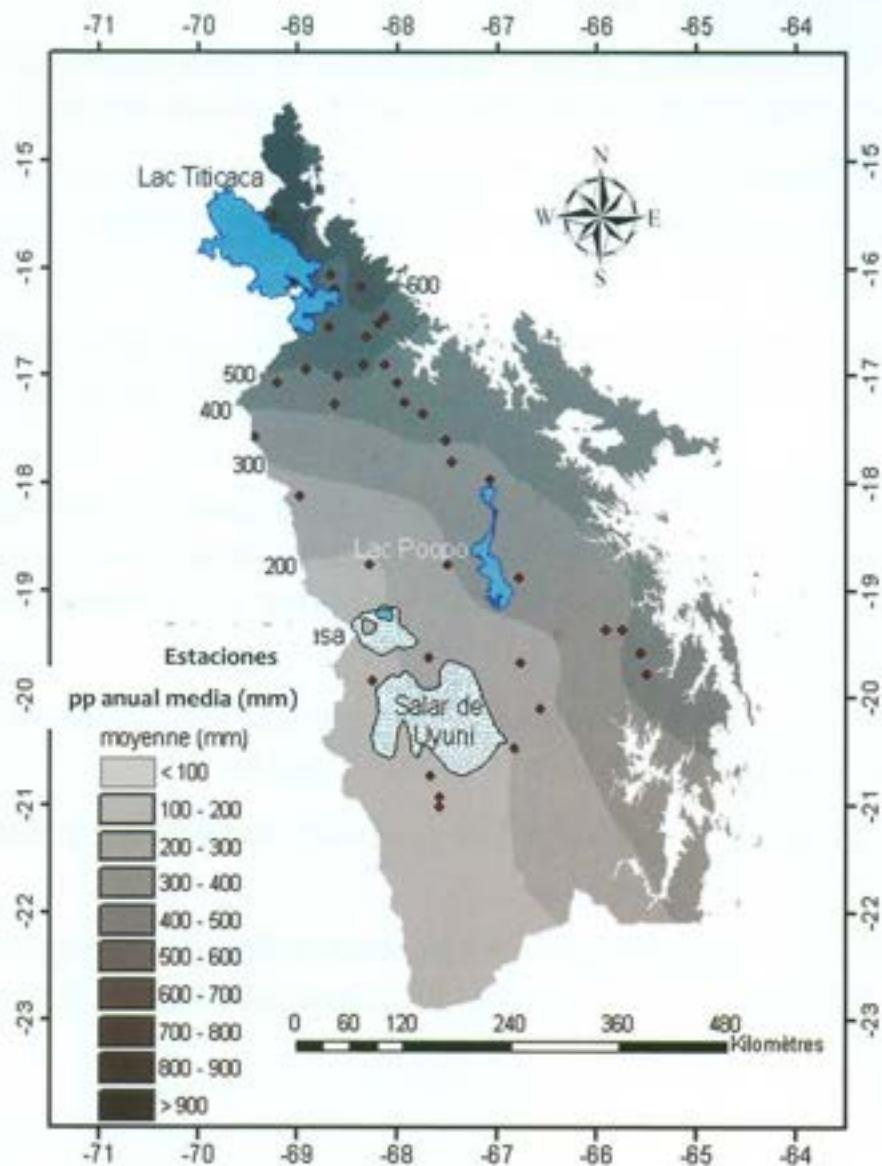
Quispe, R., 2013. *Disponibilidad y acceso de tecnologías para el manejo ecológico de plagas del cultivo de la quinua (Chenopodium quinoa Willd.) en el Altiplano Sur de Bolivia*. IV Congreso Mundial de la Quinua y I Simposio de Granos Andinos. Ibarra, Ecuador.

Rezende, P. C y Araujo, C., 2007. *Adubação nitrogenada de hortaliças. Princípios e práticas com o tomateiro*. Editora UFV. Brasil. 148 p.

Vacher J.J., 1989. *Los riesgos de la helada en el Altiplano boliviano*. La Paz: ORSTOM - SENAMHI.

Vuille M., 1999. *Atmospheric circulation over the Bolivian Altiplano during dry and wet periods and extreme phases of the southern oscillation*. *Int. J. Climatol.*, 19, 1579-1600.

Centros de Producción de Quinua – Altiplano Boliviano



Norte



Centro



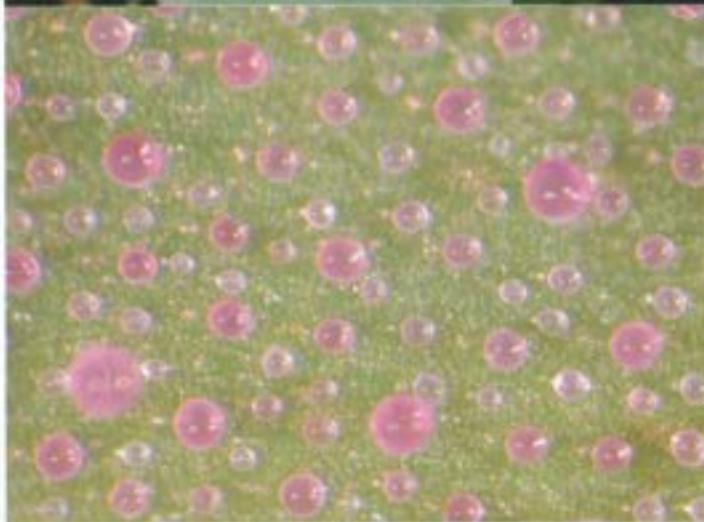
Sur

Fuente: C. DEL CASTILLO G.

## Planta de Quinua – Vesículas de Oxalato de Calcio



Plántula



Hoja



Peciolo

Fuente: C. DEL CASTILLO G.



*Granos de quinua recurso para la seguridad alimentaria*



*Los ecotipos nativos garantizan la seguridad alimentaria*

Fuente: C. DEL CASTILLO G.

## INSECTO - PLAGA

### TICONAS

*Feltia experta*  
*Copitarsia turbata*  
*Liriomyza brasiliensis* *Spoladea recurvalis*  
*Herpetogramma bipunctalis*  
*Epicauta latitarsis*  
*Epicauta willei*



### POLILLAS

*Eurysacca quinoae*  
*Eurysacca melanocampta*  
*Eurysacca chili*  
*Eurysacca media*  
*Eurysacca parvula*



### ENFERMEDAD



Mildiu (*Peronospora farinosa* Fr.), es la enfermedad que causa daños severos a la producción del grano en condiciones de alta humedad relativa.

Fuente: F. MAMANI R.



*Siembra al voleo y en asociación*



*Siembra en surcos*



*Siembra en hoyos*

Fuente: C. DEL CASTILLO G.



*Plantas arrancadas*

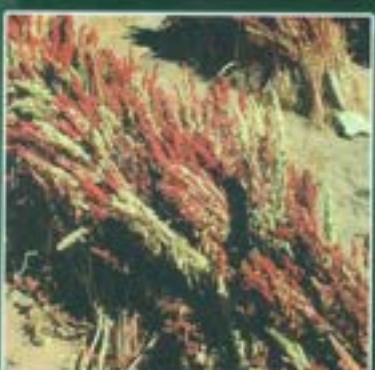
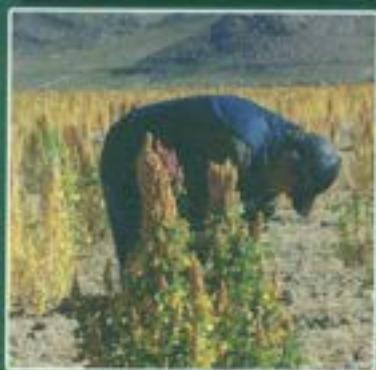


*Plantas cortadas*



*Uso de Tractor para la trilla  
Altiplano sur*

Fuente: C. DEL CASTILLO G.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
Héroes del Acre N° 1850 Esq. Landaeta  
La Paz - Bolivia