



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

PROYECTO:

**INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS
PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE
ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.**

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079

OFICINA DE PARTES	
RECEPCION	
Fecha	22 JUL. 2008
Hora	16:00
Nº Ingreso	3625

**INFORME FINAL
VOLUMEN I**

IQUIQUE- JULIO 2008

PROYECTO:

1

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



I RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

La información climatológica recogida entre el 2006 al 2008, permite relacionar las etapas del cultivo con los factores ambientales. Las precipitaciones efectivas en cada temporada fueron muy variables, con fluctuaciones del orden del 30% entre años. Otra cosa importante de mencionar, es la necesaria relación que debe existir entre las etapas fenológicas y el abastecimiento hídrico, la mayor parte de las precipitaciones se concentran en el mes de enero (63%), época que coincide con el llenado de grano. Sin embargo, las primeras etapas de desarrollo quedan pobremente abastecidas, ya que cuentan solamente con el agua acumulada en el suelo en temporadas anteriores. Esto implica necesariamente complementar el abastecimiento de agua mediante riego.

La cantidad de agua que se debe aplicar dependerá principalmente de la ETc y las precipitaciones ocurridas en estos períodos de mayor demanda. La quinua no es un cultivo que requiera del 100% de la demanda ($5.840 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). El período crítico se produce entre octubre a diciembre, cuando las lluvias son escasas y su ocurrencia define una situación de alta incertidumbre para los productores. Considerando las características del suelo, y la ausencia de precipitaciones en los primeros meses del cultivo, se debe establecer una frecuencia de riego durante los primeros estados de 6 a 7 días, hasta el día 21.

Esta temporada ha sido destinada a validar la información obtenida durante el periodo anterior. En plagas, las larvas minadoras se convierten en el mayor peligro para la producción, en la zona en los tres años del estudio, no se encontró incidencia de Tapajosa sp. más conocido por los agricultores como tunku. El daño de las larvas minadoras se concentra en las etapas de grano pastoso, madurez fisiológica y madurez de cosecha, respectivamente. Para el control de larvas se utilizaron exitosamente biopesticidas, mostrando un mejor efecto protector del cultivo Neem-X y Biococcidin.

Los rendimientos muestran que a pesar de la disminución en las precipitaciones de esta temporada; la aplicación de materia orgánica y de fertilización permite mejorar los rendimientos promedios, respecto de los obtenidos por los agricultores. Es así como la accesión roja mejorada logra un rendimiento de 1850 kg/ha y la amarilla mejorada 1350 kg/ha.

Finalmente, otros de los logros importantes fue la constitución de la Cooperativa Agrícola Ayamara de Ancovinto. Instancia de participación y crecimiento comercial para la comunidad Aymara.



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

II ACTIVIDADES EJECUTADAS Y ANALISIS DE BRECHA (COMPARATIVO)

PROYECTO:

3

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



AÑO 2004

Actividades programadas	Actividades realizadas	Descripción	Observaciones
31/10-4/11	31/10-4/11	Visitas a predios ya sembrados y selección unidades experimentales (Primer ciclo)	Actividad realizada en la fecha prevista
2/11-30/12	2/11-30/12	Compra de materiales, insumos y equipos	Actividad realizadas en la fecha prevista
8/11-30/11	8/11-30/11	Habilitación de las unidades de selección y visita técnica: Toma de muestras de suelos y diagnóstico fitosanitario	Actividad realizada en la fecha prevista
1/12-5/12	10/2-15/2	Selección y caracterización de ideotipos quinua en unidades de selección (primer ciclo)	Actividad realizada con desfase dos meses, debido al retraso de crecimiento de las plantas, por falta de lluvias. No compromete los resultados y metas del proyecto
1/12-31/12	-	Registro de variables climáticas y agronómicas en las unidades de selección	Debido a que no se cuenta con la estación meteorológica, se recopiló la información disponible correspondiente al distrito agroecológico de la zona, no compromete los resultados del proyecto
31/10-31/12	31/10-31/12	Labores culturales y monitoreo de plagas en las unidades de selección	Actividades realizadas en la fecha prevista



AÑO 2005

Actividades programadas	Actividades realizadas	Descripción	Observaciones
3/1-0/4	30/03 - 30/09	Obtener información de mercado de la quinua	Se deberá continuar buscando información referida al mercado de la quinua. Por esta razón se prolonga el plazo para cumplir esta tarea
1/1-31/3	1/1-08/4	Evaluación y control según estado sanitario del cultivo:	Actividad realizada en la fecha prevista
1/1-31/12		Registro de variables climáticas en la zona	Debido a que no se cuenta con la estación meteorológica, se recopiló la información disponible correspondiente al distrito agroecológico de la zona, no compromete los resultados del proyecto
1/1-31/3	1/1-03/4	Labores culturales y registros en las unidades de ensayo del cultivo	Actividad realizada en la fecha prevista
10/1-15/1	10/2-15/2	Primera caracterización morfológica de los ideotipos del primer ciclo.	Actividad realizada con desfase de un mes, debido al retraso de crecimiento de las plantas, por falta de lluvias. No compromete los resultados y metas del proyecto
31/3-30/4	03/4-30/4	Selección de germoplasma de quinua en parcelas.	Actividad realizada en la fecha prevista
31/3-30/4	03/4-30/4	Cosecha y evaluación de rendimientos en las unidades de ensayo	Actividad realizada en la fecha prevista
30/4-01/8	30/4-01/8	Conservación de germoplasma de quinua	Actividad realizada en la fecha prevista
1/1-30/4	10/1-30/4	Registro de las labores de costos e insumos empleados en el cultivo (valorización)	Actividad realizada en la fecha prevista

PROYECTO:

5

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

30/4-31/7	23-24/03 7-8/7	Evaluación de normas de manejo de postcosecha (desaponificación, lavado y secado del grano por ideotipos)	Actividad realizada en la fecha prevista
30/4-31/7	2/05 a 30/06	Caracterización de la calidad de grano de quinua	Actividad realizada en la fecha prevista
12/5-17/5	16-20/11	Asistencia técnica y captura tecnológica con consultor externo en Perú- Bolivia	Se cambio consultoría de expertos Peruanos y Bolivianos por las de los investigadores: Dr. Jeff Maughan Profesor Asociado, Biólogo Molecular. Dr. Eric Jellen Profesor Asociado, Citogenetista. Departamento Ciencias de Plantas y Animales Universidad Bringham Young, Provo, UT 84602, Estados Unidos
16/5-18/5	16/11	Taller de análisis de datos e informaciones del primer ciclo y propuesta de ensayos con consultor externo en Chile	Se realizó con los Profesores Maughan y Jellen
28/7-31/7	31/7	Difusión de resultados del primer ciclo, capacitación y propuesta de trabajo del segundo ciclo con agricultores en Ancovinto	Actividad realizada en la fecha prevista
1/5-30/7	1/5-30/7	Compra de materiales, insumos y equipos segundo ciclo	Actividad realizada en la fecha prevista
16/7-31/7	04/09-28/10	Habilitación de unidades de ensayos	Debido a dificultades en la disponibilidad de la maquinaria agrícola se debió posponer el inicio de los trabajos
01/08-30/08	01/11-01/11	Siembra de ensayos de validación de tecnologías	Debido a dificultades en la disponibilidad de la maquinaria agrícola se debió posponer el inicio de los trabajos
01/8-30/8	01/11-01/11	Siembra de segundo ciclo de selección	Debido a dificultades en la disponibilidad de la

PROYECTO:

6

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



			maquinaria agrícola se debió posponer el inicio de los trabajos
11/7-13/7	11/7-13/7	Taller de sensibilización sobre organización de productores campesinos	Actividad realizada en la fecha prevista
1/08-1/12	1/8-1/12	Apoyo a gestión comercial	Actividad realizada en la fecha prevista
11/9-15/9	15/12	Primera selección y caracterización de ideotipos quinua en unidades de selección (Segundo Ciclo)	Actividad realizada con desfase de 3 meses para que las plantas alcances mayor desarrollo
11/10-15/10	11/10-31/12	Diagnostico fitosanitario ensayos 2do ciclo	Actividad realizada en la fecha prevista
1/8-31/12	1/10-31/12	Adaptación de tecnologías evaluación de fertilidad de suelo y aplicaciones de biofertilizantes (primera etapa)	Actividad realizada en la fecha prevista
1/8-31/12	1/10-31/12	Adaptación de tecnologías: Evaluación de requerimientos hídricos. (primera etapa)	Actividad realizada en la fecha prevista
1/8-31/12	1/10-31/12	Adaptación de tecnologías: evaluación de métodos integrados de control de plagas (primera etapa)	Actividad realizada en la fecha prevista
1/1-31/12	1/11-31/12	Registro de variables climáticas en la zona	Actividad realizadas desde noviembre
1/7-31/12	1/10-31/12	Labores culturales y registros en las unidades de selección	Actividades realizadas en la fecha prevista
30/10-31/12	30/10-31/12	Registro de las labores costos es insumos empleados en las unidades de ensayos (valorización)	Actividades realizadas en la fecha prevista



Actividades programadas	Actividades realizadas	Descripción	Observaciones
3/1-31/4	3-4/3	Obtener información de mercado de la quinua	Actividad realizada en la fecha prevista
1/1-31/3	1/1-28/4	Evaluación y control sanitario de los ensayos	Actividad realizada en la fecha prevista
1/1-31/12	1/1-	Registro de variables climáticas en la zona	Actividad realizada en la fecha prevista
1/1-31/3	1/1-28/4	Labores culturales y registros en las unidades de ensayo del cultivo	Actividad realizada en la fecha prevista
10/1-15/1	20-21/4	Segunda caracterización morfológica de los ideotipos del segundo ciclo.	Actividad realizada con desfase de tres meses, por la necesidad de caracterizar a las plantas en madurez fisiológica.
31/3-30/4	23/3	Selección de germoplasma de quinua en parcelas de selección	Actividad realizada en la fecha prevista
31/3-30/4	9-10/5	Cosecha y evaluación de rendimientos en las unidades de ensayo	Actividad realizada con desfase de nueve días a la espera de la madurez de cosecha
30/4-01/8	20-21/4	Conservación de germoplasma de quinua	Actividad realizada en la fecha prevista
1/1-30/4	1/1-30/4	Registro de las labores costos e insumos empleados en las unidades de ensayos (valorización)	Actividad realizada en la fecha prevista
30/4-30/6		Evaluación de normas de manejo de postcosecha (desaponificación, lavado y secado del grano por ideotipos)	
30/4-31/7	25-29/6	Caracterización de la calidad de grano de quinua	Actividad realizada en la fecha prevista

PROYECTO:

8

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



12/5-17/5	26/7	Asistencia técnica y captura tecnológica con consultor externo en Perú – Bolivia.	Actividad realizada con desfase de un mes para coincidir con la agenda del Dr. Ángel Mújica
16/5-18/5	03/8	Taller de análisis de datos e informaciones del segundo ciclo y propuesta de ensayos con consultor externo en Chile.	Actividad realizada con desfase de dos meses por dificultad de los agricultores en reunirse
28/7-31/7	11/8	Difusión de resultados del segundo ciclo, capacitación y propuesta de trabajo del tercer ciclo con agricultores en Ancovinto	Actividad realizada en la fecha prevista
1/5-30/7	24/7-	Compra de materiales, insumos y equipos tercer ciclo	Actividad realizada en la fecha prevista
11/9-13/9	13/9	Taller de sensibilización sobre organización de productores campesinos	Actividad realizada en la fecha prevista
1/07-1/12	1/07-1/12	Apoyo a gestión comercial	Actividad realizada en la fecha prevista
16/7-31/7	14/8-10/10	Habilitación de unidades de selección y validación tercer ciclo	Actividad con desfase de un mes para acercarse a la fecha ideal de siembra
01/8-15/8	12/10-16/10	Siembra de tercer ciclo de selección	Actividad realizada la primera semana de Octubre debido a que es la fecha propicia para la siembra de quinua
01/08-15/08	12/10-16/10	Siembra de ensayos de validación de tecnologías	Actividad realizada la primera semana de Octubre debido a que es la fecha propicia para la siembra de quinua
16/7-31/7	03/07	Habilitación de unidades de multiplicación	Actividad realizada en la fecha prevista
01/8-15/8	02/10	Siembra multiplicación de semillas	Actividad realizada la primera semana de Octubre debido a que es la fecha propicia para la siembra de quinua
11/9-15/9	01/4-30/4	Primera selección y caracterización de ideotipos quinua en unidades de	Actividad realizada en abril debido a que se necesitan seleccionar

PROYECTO:

9

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



		selección (Tercer ciclo)	según rendimiento y porte de la panoja
11/10-15/10	12/10-31/12	Diagnostico fitosanitario ensayos 3er ciclo	Actividad realizada en la fecha prevista
1/8-31/12	12/10-31/12	Adaptación de tecnologías: evaluación de fertilidad de suelo y aplicaciones de biofertilizantes (segunda etapa)	Actividad realizada en la fecha prevista
1/8-31/12	01/10-31/12	Adaptación de tecnologías: evaluación de requerimientos hídricos (segunda etapa)	Actividad realizada en la fecha prevista
1/8-31/12	01/08-31/12	Adaptación de tecnologías: evaluación de métodos integrados de control de plagas (segunda etapa)	Actividad realizada en la fecha prevista
1/8-31/12	14/8-31/12	Labores culturales y registros en las unidades de selección	Actividad realizada en la fecha prevista
1/8-31/12	01/08-31/12	Registros costos e insumos de las labores empleados en las unidades de ensayos (valorización)	Actividad realizada en la fecha prevista
20/11-21/11		Día de campo en las unidades de ensayo para la transferencia de manejos agronómicos en Cariquima	



AÑO 2007

Actividades programadas	Actividades realizadas	Descripción	Observaciones
2/1-31/4	2/1-31/4	Obtener información de mercado nacional e internacional	Actividad realizada en la fecha prevista
3/1-31/3	03/01-13/04	Evaluación y control según estado sanitario de ensayos	Actividad realizada en la fecha prevista
3/1-30/8	03/01-	Registro de variables climáticas en la zona	Actividad realizada en la fecha prevista
3/1-31/3	03/01-13/04	Labores culturales y registros en las unidades de ensayo del cultivo	Actividad realizada en la fecha prevista
10/1-15/1	13/04	Segunda caracterización morfológica de los ideotipos del tercer ciclo	Actividad realizada con desfase de dos meses ya que se miden las características al final del ciclo
31/3-30/4	13/04	Selección de germoplasma de quinua en parcelas de selección	Actividad realizada en la fecha prevista
22/1-23/1	09/04	Día de campo en las unidades de ensayo para la transferencia de manejos agronómicos en Cariquima	Actividad con desfase de dos meses para mostrar el cultivo en etapa de cosecha
31/3-30/4	13/04-16/04	Cosecha y evaluación de rendimientos en las unidades de ensayo	Actividad realizada en la fecha prevista
30/4-01/8	30/4-01/8	Conservación de germoplasma de quinua	Actividad realizada en la fecha prevista
1/1-30/4	01/01-30/04	Registros de las labores costos e insumos empleados en las unidades de ensayos (valorización)	Actividad realizada en la fecha prevista
30/4-30/6	30/4-30/6	Evaluación de rentabilidad del tercer ciclo	Actividad realizada en la fecha prevista
30/4-30/6		Evaluación de normas de manejo de postcosecha (desaponificación, lavado y secado del grano por ideotipos)	
30/4-31/7	30/4-31/7	Caracterización de la calidad de grano de quinua	Actividad realizada en la fecha prevista
1/07-1/8	1/7-1/8	Propuesta de gestión comercial de unidad de negocios	Actividad realizada en la fecha prevista

PROYECTO:

11

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

15/8-15/8		Lanzamiento de manual de producción de quinua en Iquique	
20/8-23/8		Taller de tecnología de producción de quinua y lanzamiento de manual en Colchane	
1/8-30/9		Informe final	

PROYECTO:

12

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

III METODOLOGÍA

PROYECTO:

13

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079

1. Antecedentes generales

1.1 Ubicación del área de estudio

Este proyecto se realizó en la localidad de Ancovinto, específicamente en la zona denominada Vilacollo, localidad perteneciente a la comuna de Colchane, Provincia de Iquique, Primera Región de Tarapacá (Figura 1) con una elevación de 3.680 m.s.n.m. El área de trabajo experimental comprendió 1,5 hectáreas y es de propiedad de agricultores de la Comunidad de Ancovinto. El poblado de Ancovinto se ubica a 27 km al sur de la capital comunal, Colchane, a 19°42', latitud S y 68°55' longitud oeste a una cota de 3.965 m.s.n.m. (DGA, 1987).

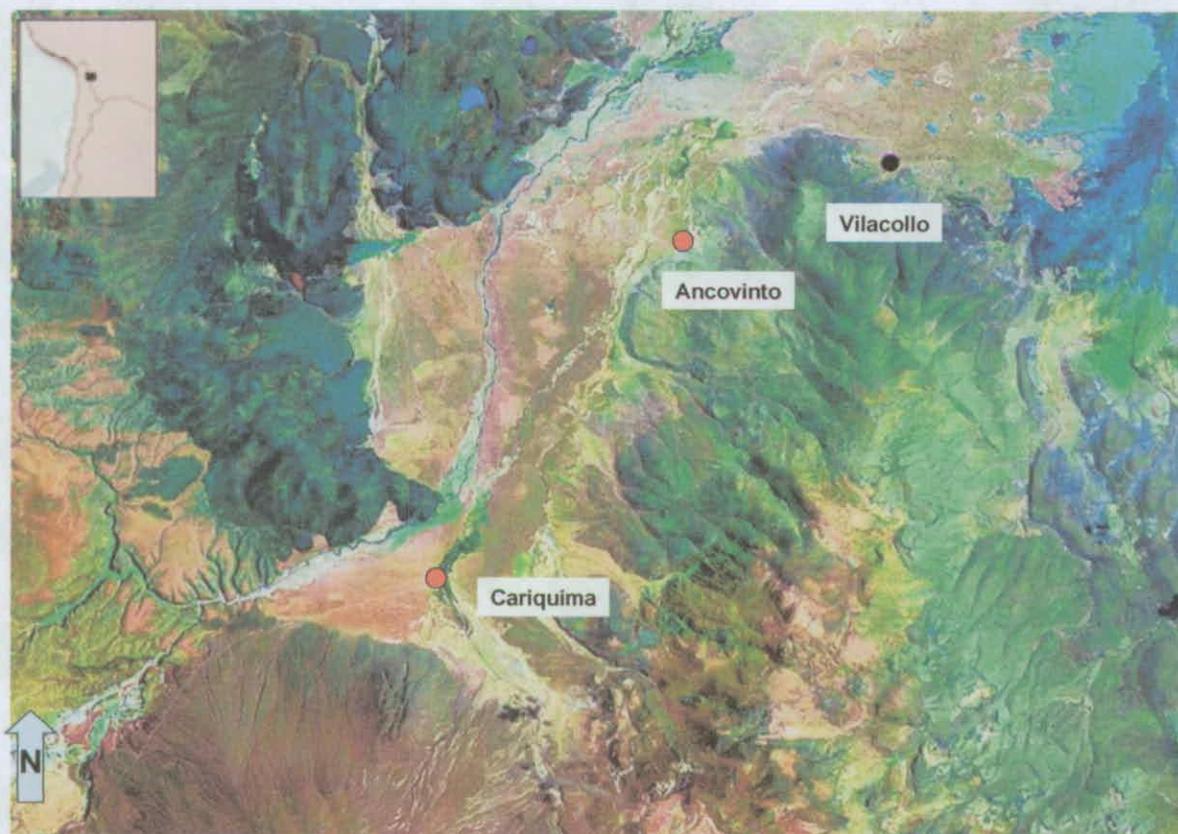


Figura 1. Ubicación del área del proyecto



1.2 Materiales

1.2.1 Obtención de semillas

Las semillas utilizadas correspondieron a las selecciones realizadas en campo durante las tres temporadas. La selección de este material se realizó, mediante descriptores morfológicos y moleculares. El listado de las accesiones utilizadas como fuente de semillas para los diferentes ensayos se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Accesiones originarias amarillas y rojas

Accesiones amarillas				Accesiones rojas			
A3	A15	A28	A39	R1	R17	R28	R42
A4	A16	A29	A41	R3	R18	R30	R43
A5	A17	A30	A42	R5	R19	R31	R44
A8	A18	A32	A44	R6	R20	R33	R45
A9	A19	A33	A45	R9	R21	R34	R46
A10	A21	A35	A47	R12	R24	R36	R47
A12	A22	A37		R14	R25	R40	
A13	A24	A38		R16	R27	R41	

1.2.2 Preparación del suelo y siembra

Los trabajos en todas las temporadas comenzaron con la aradura para abrir el suelo cuyo objetivo es lograr la mayor acumulación de agua en el suelo. Pese a ello y dada las menores precipitaciones registradas en la zona, fue necesario asegurar un requerimiento mínimo de agua para los cultivos, para lo cual se construyó un pozo en el predio de Vilacollo.

Una vez realizada la profundización del pozo se optó por la modificación del área de ensayos para las temporadas siguientes por lo cual, se habilitó un nuevo sector contiguo alcanzando un total de 1,5 hectáreas, dicho paño quedó también con riego.

En cada ciclo de cultivo se incorporó guano y en la última temporada no se aplicó ningún tipo de fertilizante químico. Aplicándose un bioabono formulado especialmente para quinua en base a turba negra y guano rojo.



2 “ANTECEDENTES METEOROLÓGICOS SECTOR VILACOLLO, COMUNA DE COLCHANE, PROVINCIA DE IQUIQUE, I REGIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL SECTOR”

Investigadores responsables: Ing. Agrónomo Dr. Jorge Arenas e Ingeniero Agrónomo Sr. Marcelo Lanino

2.1 Introducción

La estación meteorológica fue instalada en el sector de Vilacollo, comuna de Colchane ($68^{\circ} 26' 03,26''$ O y $19^{\circ} 24' 03,07''$ S), con una altitud de 3.681 m.s.n.m. Las variables climáticas evaluadas fueron las siguientes: temperaturas, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, precipitaciones, heladas, horas frío, días grado y evapotranspiración. El análisis consideró un período de 26 meses, desde enero del 2006 a febrero del 2008. El objetivo de esta sección fue caracterizar el clima donde se desarrollaron los ensayos a fin de apoyar la toma de decisiones en el manejo del cultivo de la quinua

2.2 Cálculo de la Evapotranspiración.

Mediante el uso de la fórmula definida por Penmann Monteith, se calculó la evapotranspiración diaria ocurrida durante el período analizado. A partir de los datos extraídos de la estación meteorológica y mediante el uso de una rutina de cálculo hecha en Visual Basic, se determinaron los valores horarios de evapotranspiración.

El procedimiento de cálculo usado es el siguiente:

- a). Cálculo de la Evapotranspiración de referencia (ET_r). Esta es la cantidad promedio de agua que se pierde desde el suelo del sector evaluado, ya sea por la evaporación o por la transpiración de las plantas. Esta referencia se usa como antecedente para calcular las demandas de agua específicas del cultivo.
- b). Cálculo de la evapotranspiración de cultivo (ET_c). Cada cultivo tiene requerimientos de agua distintos a otros cultivos, lo cual responde a características de crecimiento (altura, follaje, densidad de hojas), de manejo (época de siembra, parte cosechada, distancia de siembra o plantación) y sector en donde se desarrolla el cultivo. Para calcular el valor específico de la ET_c se usa el valor de referencia determinado por la ET_r el cual se multiplica por un coeficiente específico de cada cultivo (K_c). Definiéndose la siguiente relación (ecuación 1).



$$ETc = ETr \times Kc$$

(1)

c) Cálculo de la tasa de riego. El valor de ETc se expresa en milímetros de agua, para transformar la evapotranspiración en un volumen de agua, hay que multiplicar por 10 el valor se transforma a metros cúbicos por hectárea, lo cual es una unidad que se maneja durante el riego.

3.- DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE RIEGO EN QUINUA

Investigadores Responsables. Ing. E. Agrícola Sra. Ana Riquelme, Ing. Agrónomo. Sr Marcelo Lanino e Ing. Agrónomo, Dr. Jorge Arenas

3.1 Introducción:

Para poder hacer uso racional de los recursos hídricos es necesario conocer el contenido de humedad del suelo bajo diferentes sistemas de manejo agronómico. Este parámetro es uno de los más dinámicos del suelo, tanto en el espacio como en el tiempo, por lo que se requieren altas intensidades de muestreo, lo que implica una inversión elevada en términos de tiempo, monetaria y de recursos humanos.

La información permite tomar decisiones acertadas sobre la fecha y cantidad de agua de riego óptima a aplicar al suelo para que los cultivos alcancen su máximo rendimiento. Los objetivos del presente estudio fueron: Determinar el porcentaje de humedad en el cual se debe aplicar riego en el cultivo de la quinua para mejorar los rendimientos.

3.2 Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en las parcelas habilitadas con riego, durante la temporada 2006-2007, la siembra de quinua se realizó durante el mes de octubre de 2006 (Figura 2), en este mes las precipitaciones fueron de 1,2 mm, con un déficit de humedad que alcanzó los 152 mm (Figura 3), consecuencia de una mayor Evapotranspiración.

Para proporcionar a las semillas un ambiente húmedo, se aplicó un riego de 6,25 mm, simulando una lluvia, humedeciendo los primeros 20 cm de suelo. Es importante considerar que en condiciones normales el agricultor siembra sin darle ninguna mejora. Se realizó una resiembra la primera quincena noviembre, también asociada a riego con el mismo volumen de agua aplicado, este mes de noviembre la precipitación alcanzó a 0,8 mm.



Un tercer riego se realizó en diciembre cuando el cultivo tenía entre 8 a 12 hojas verdaderas en promedio y un 5% de la población se presentan con inflorescencia. En este mes las precipitaciones fueron de 0,4 mm.

En total en la temporada se aplicaron 25 mm de agua (250 m³/Ha). El cálculo para la aplicación del riego se basó en la capacidad de los estaqués (2.000 L), y de la recuperación del pozo. Por la capacidad de los estanques y el pozo se tuvo que realizar el riego en cuatro días.

Las mediciones se realizaron cada 7 días mediante tensiómetros eléctricos (5 - 200 cb) ubicados en dos profundidades 30 – 60 cm.

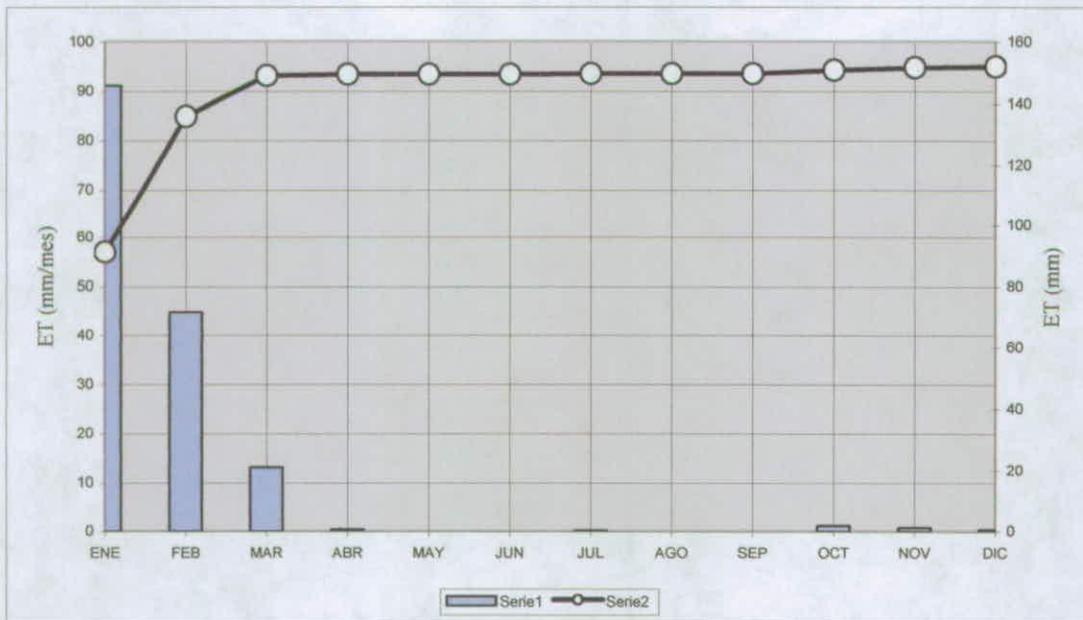


Figura 2. Precipitaciones y evapotranspiración

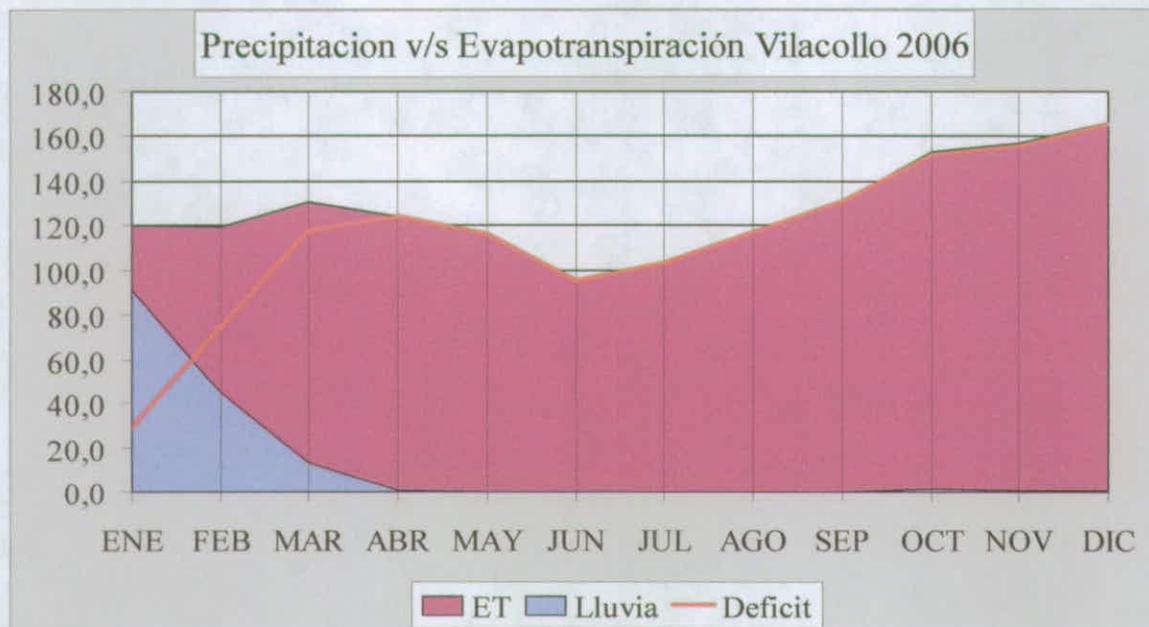


Figura 3. Déficit de humedad

4. SELECCIÓN DE LINEAS PROMISORIAS DE QUINUA CON VALOR AGRONÓMICO A PARTIR DEL GERMOPLASMA LOCAL

Investigador responsable: Ing. Agrónomo. Dr. Francisco Fuentes

4.2.1 Introducción

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es considerada uno de los cultivos más importantes para el consumo humano en comunidades Aymaras del norte de Chile. Adicionalmente, su grano es reconocido por sus propiedades alimenticias superiores a otros alimentos de origen vegetal. Dentro de sus usos destaca su consumo como grano, pero hoy en día, con mucho interés se consideran sus derivados como la harina para la elaboración de pan, galletas y snacks. Por otra parte resalta el uso de la saponina que recubre el grano como espumante en la industria alimenticia. Su cultivo se realiza en la zona altiplánica de la Provincia de Iquique, aproximadamente entre los 3.800 a 4.200 msnm. El clima es caracterizado como árido y frío con pluviometría variable entre los años de aproximadamente 80 a 200 mm/año. A pesar de estas condiciones extremas, cerca de 2.000 habitantes que residen específicamente en la Comuna de Colchane viven cultivando este



grano. La quinua es reconocida por su adaptación a zonas áridas, con altitudes elevadas, suelos salinos y frecuentes heladas características del altiplano (Maughan *et al.*, 2004).

Todo lo anterior concentra la atención para el estudio y conocimiento de las relaciones genéticas, no tan solo entre individuos procedentes de zonas geográficas distantes, sino además entre poblaciones en cultivo, dado al uso de germoplasma diverso en predios comunitarios. En este sentido los campesinos de la Comunidad Aymara de Ancovinto han definido dos categorías importantes para su selección: quinuas amarillas y rojas.

La justificación del presente trabajo se sustenta en seleccionar dos líneas promisorias de quinua, basada en las relaciones genéticas existentes en germoplasma local perteneciente a la Comunidad Indígena de Ancovinto, para contribuir al mejoramiento de la producción de grano.

La generación de estas dos líneas promisorias de quinua se realizó a través del conocimiento de las principales asociaciones numéricas entre descriptores morfológicos de quinua y relaciones existentes entre las selecciones mediante análisis de ADN.

El objetivo general de esta investigación fue obtener dos líneas promisorias de quinua: amarilla y roja, para su cultivo en el altiplano de la Provincia del Tamarugal. Los objetivos específicos fueron:

- I. Cuantificar trece descriptores morfológicos de quinua de una colección *in situ* de la Comunidad Indígena de Ancovinto.
- II. Establecer estudio estadístico multivariado de descriptores morfológicos de quinua por categoría de selección amarilla y roja.
- III. Establecer selección a partir de similaridad fenotípica por categoría de selección de quinua.
- IV. Realizar análisis genético de categorías de similaridad fenotípica por categoría de selección.
- V. Establecer selección a partir de similaridad genotípica por categoría de selección de quinua



4.2.2 Materiales y Métodos

a. *Material vegetal*

El trabajo se inició durante la temporada agrícola 2004-2005 en los terrenos de la comunidad Indígena de Ancovinto, donde se colectaron semillas a partir de una selección de plantas, según características de interés descritas por agricultores de la comunidad. Las características de interés fueron: altura de planta, forma de *panoja*, color de grano y rendimiento de grano. El proceso de identificación y selección masal de plantas se inició en un campo de cultivo de ocho hectáreas en el sector denominado Po' koloma (Latitud Sur 19 °26'15.7'', Longitud Oeste 68°37'42.3'', altitud: 3.756 m.s.n.m.) y continuó en un sector de 2 hectáreas perteneciente a la Comunidad Indígena Aymara de Ancovinto (Latitud Sur 19 °26'15.7'', Longitud Oeste 68°37'42.3'', altitud: 3.756 msnm.), denominado Vilakuyo. Las accesiones inicialmente consideradas se resumieron en el cuadro 1

La recolección de plantas se realizó en estado reproductivo, mediante el criterio de color de *panoja*. Este criterio es comúnmente utilizado por los agricultores para el proceso de desamargado del grano (desaponificación). De esta forma se estableció como base dos categorías. En la unidad de selección descrita se eligieron 50 plantas de *panoja* color amarillo y 50 plantas con *panoja* color rojo, las cuales fueron individualizadas mediante codificación y almacenadas en el *banco activo de germoplasma* de quinua de la Universidad Arturo Prat.

A partir del material elegido, se seleccionaron 30 accesiones rojas y 30 accesiones amarillas mediante la clasificación realizada por medio de análisis multivariado de las características morfológicas aplicadas a plantas seleccionadas al azar en campo de cultivo.

b. *Selección Masal*

El trabajo de evaluación y selección fue realizado durante tres temporadas agrícolas consecutivas, considerando en cada ciclo la selección de cincuenta plantas de *panoja* amarilla y cincuenta rojas. Las técnicas empleadas para efectuar la selección se basaron en la evaluación de trece *descriptores morfológicos*, que describen la forma de la planta y grano de quinua (Figura 4).

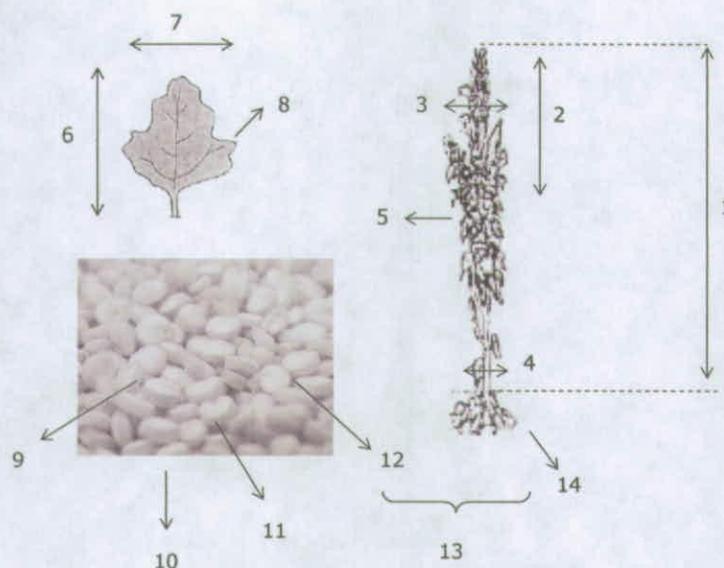


Figura 4. Descriptores morfológicos evaluados en plantas y granos de quinua. 1. Altura de planta, 2. Longitud de panoja, 3. Ancho de panoja, 4. Ancho de tallo, 5. Número de ramificaciones de panoja, 6. Largo de hoja, 7. Ancho de hoja, 8. Número de dientes en hojas intermedias, 9. Contenido de saponinas, 10. Rendimiento de grano, 11. Diámetro de grano, 12. Peso de 100 granos, 13. Índice de cosecha y 14. Peso de planta.

Cada vez que se realizó la selección de plantas por cada categoría, se evaluó las relaciones estadísticas entre descriptores de manera de seleccionar aquellas plantas que presentaron la mayor similitud morfológica del grupo. Posterior a ello, cada subgrupo generado fue analizado molecularmente para hacer una nueva selección de aquellas plantas de mayor similitud molecular. A partir de esta última selección se procedió a mezclar las semillas provenientes de cada planta, las que posteriormente fueron utilizadas para su cultivo en campo y servir de fuente de selección en un nuevo ciclo de selección (Figura 5).



El procedimiento realizado en el proceso de selección a partir de germoplasma local se ilustra en la siguiente figura.



Figura 5. Metodología realizada para la selección de germoplasma a partir de germoplasma local de la comunidad Indígena de Ancovinto.

c. Caracterización morfológica

El trabajo inicial de selección de germoplasma se realizó en el estado reproductivo, mediante el criterio de selección de plantas con diferencias de color de panoja. Este criterio es comúnmente utilizado por los agricultores para el proceso de desamargado del grano (desaponificación). De esta forma se estableció como base dos categorías, según los recursos de germoplasma disponible en campo: plantas con color de panoja amarilla y color roja.

En una primera etapa se realizó el marcaje de plantas para caracterizar la diversidad genética intra-predial entre categorías de selección en campo, actividad realizada los días 3 y 4 de Febrero del año 2005.

En la unidad de selección se eligieron 50 plantas de panoja amarilla al momento del marcaje y 50 plantas con panoja roja. De esta forma existieron 100 plantas individualizadas con código de accesión y posición geográfica dentro de la unidad predial (Figura 6).



Figura 6. Marcaje de plantas de quinua

Las plantas fueron seleccionadas al azar dentro del campo de siembra, la localización y distribución se presentan en los cuadros 2, 3 y la figura 7.



Cuadro2. Descripción de marcaje de plantas de quinua de panoja amarilla y ubicación geográfica dentro de predio de selección.

Código accesión	Latitud Sur	Longitud Oeste	Código accesión	Latitud Sur	Longitud Oeste	Código accesión	Latitud Sur	Longitud Oeste
A1	19°26'15.7''	68°37'42.3''	A18	19°26'12.4''	68°37'43.7''	A35	19°25'59.5''	68°37'38.0''
A2	19°26'15.3''	68°37'42.4''	A19	19°26'12.9''	68°37'43.6''	A36	19°25'58.9''	68°37'38.1''
A3	19°26'14.8''	68°37'42.5''	A20	19°26'13.4''	68°37'43.9''	A37	19°25'59.4''	68°37'37.6''
A4	19°26'13.7''	68°37'42.8''	A21	19°26'13.9''	68°37'44.4''	A38	19°25'59.9''	68°37'37.1''
A5	19°26'12.5''	68°37'42.3''	A22	19°26'14.4''	68°37'44.5''	A39	19°26'00.1''	68°37'36.6''
A6	19°26'11.9''	68°37'41.4''	A23	19°26'15.0''	68°37'44.5''	A40	19°26'00.7''	68°37'36.0''
A7	19°26'11.4''	68°37'40.7''	A24	19°26'03.1''	68°37'33.8''	A41	19°26'00.5''	68°37'35.2''
A8	19°26'10.6''	68°37'40.1''	A25	19°26'02.7''	68°37'33.6''	A42	19°26'00.9''	68°37'34.7''
A9	19°26'10.1''	68°37'39.3''	A26	19°26'02.5''	68°37'33.4''	A43	19°26'01.1''	68°37'34.1''
A10	19°26'08.6''	68°37'38.7''	A27	19°26'01.8''	68°37'33.6''	A44	19°26'01.2''	68°37'33.7''
A11	19°26'08.4''	68°37'39.8''	A28	19°26'01.7''	68°37'34.1''	A45	19°26'00.7''	68°37'33.0''
A12	19°26'09.3''	68°37'41.3''	A29	19°26'01.3''	68°37'35.5''	A46	19°26'00.1''	68°37'32.4''
A13	19°26'09.6''	68°37'42.7''	A30	19°26'01.0''	68°37'36.2''	A47	19°25'59.5''	68°37'32.5''
A14	19°26'09.9''	68°37'44.0''	A31	19°26'00.8''	68°37'36.6''	A48	19°25'59.0''	68°37'32.2''
A15	19°26'10.5''	68°37'43.0''	A32	19°26'00.5''	68°37'37.0''	A49	19°25'58.9''	68°37'31.8''
A16	19°26'11.0''	68°37'42.7''	A33	19°26'00.1''	68°37'37.7''	A50	19°25'59.3''	68°37'31.5''
A17	19°26'11.8''	68°37'43.4''	A34	19°25'59.8''	68°37'37.9''			

PROYECTO:

25

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Cuadro 3. Descripción de marcaje de plantas de quinua de panoja roja y ubicación geográfica dentro de predio de selección.

Código accesión	Latitud Sur	Longitud Oeste	Código accesión	Latitud Sur	Longitud Oeste	Código accesión	Latitud Sur	Longitud Oeste
R1	19°26'08.1''	68°37'36.5''	R18	19°26'03.6''	68°37'41.0''	R35	19°26'01.7''	68°37'45.3''
R2	19°26'08.0''	68°37'36.7''	R19	19°26'03.5''	68°37'41.4''	R36	19°26'02.1''	68°37'45.0''
R3	19°26'08.0''	68°37'37.5''	R20	19°26'03.0''	68°37'42.1''	R37	19°26'02.4''	68°37'45.0''
R4	19°26'07.8''	68°37'37.8''	R21	19°26'02.9''	68°37'42.5''	R38	19°26'02.9''	68°37'44.9''
R5	19°26'07.9''	68°37'38.2''	R22	19°26'02.4''	68°37'41.9''	R39	19°26'03.8''	68°37'44.4''
R6	19°26'06.9''	68°37'38.5''	R23	19°26'02.0''	68°37'41.0''	R40	19°26'04.7''	68°37'44.0''
R7	19°26'06.6''	68°37'38.7''	R24	19°26'01.1''	68°37'41.1''	R41	19°26'04.9''	68°37'44.2''
R8	19°26'06.7''	68°37'39.5''	R25	19°26'00.5''	68°37'41.4''	R42	19°26'05.7''	68°37'44.5''
R9	19°26'06.3''	68°37'39.8''	R26	19°26'00.0''	68°37'41.2''	R43	19°26'06.4''	68°37'44.6''
R10	19°26'06.4''	68°37'40.4''	R27	19°25'59.5''	68°37'41.2''	R44	19°26'07.3''	68°37'44.6''
R11	19°26'05.8''	68°37'40.6''	R28	19°25'58.3''	68°37'41.8''	R45	19°26'08.1''	68°37'44.2''
R12	19°26'05.1''	68°37'40.8''	R29	19°25'58.0''	68°37'41.8''	R46	19°26'07.7''	68°37'36.0''
R13	19°26'05.4''	68°37'41.6''	R30	19°25'57.8''	68°37'42.5''	R47	19°26'07.6''	68°37'36.0''
R14	19°26'04.9''	68°37'41.7''	R31	19°25'58.2''	68°37'44.3''	R48	19°26'07.7''	68°37'35.8''
R15	19°26'04.8''	68°37'41.8''	R32	19°25'58.8''	68°37'44.6''	R49	19°26'07.3''	68°37'36.0''
R16	19°26'04.6''	68°37'40.8''	R33	19°25'59.6''	68°37'44.8''	R50	19°26'05.2''	68°37'34.9''
R17	19°26'04.1''	68°37'41.1''	R34	19°26'00.6''	68°37'45.2''			

PROYECTO:

26

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079

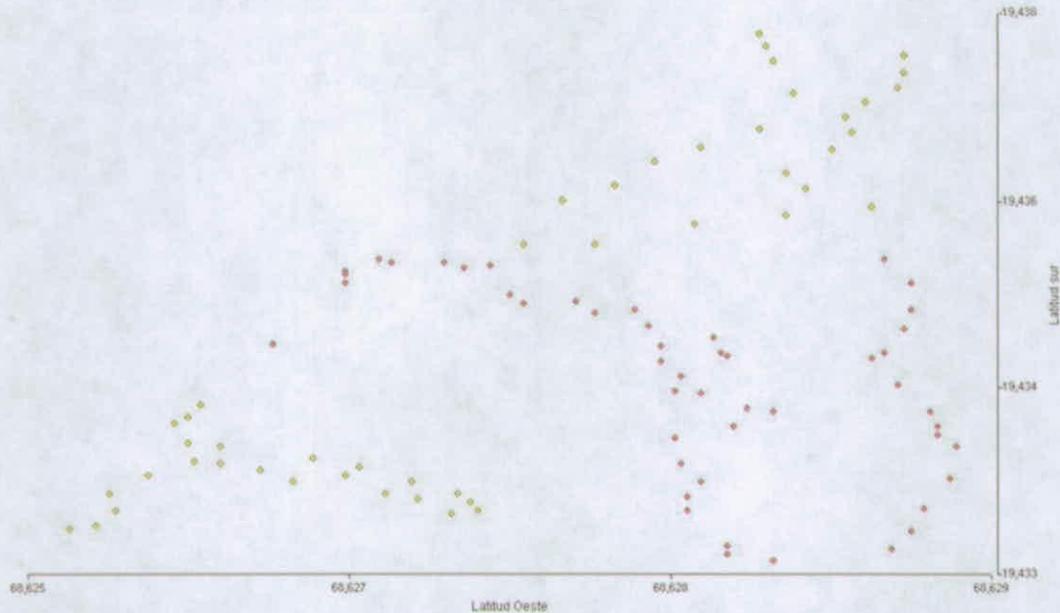


Figura 7. Distribución de muestreo de plantas de quinuas

El procedimiento para el segundo y tercer ciclo se realizó de la misma manera, con la diferencia que el material evaluado fue obtenido a partir de parcelas experimentales establecidas con fines de selección.

Las variables cuantitativas consideradas en el análisis descriptivo y multivariado fueron:

- Caracterización morfológica de la planta
 - altura de planta (cm)
 - diámetro de tallo (cm)
 - ramificación (N°)
 - número de dientes en las hojas intermedias (N°)
 - longitud de hoja (cm)
 - ancho de hoja (cm)
 - longitud de la panoja (cm)
 - diámetro de la panoja (cm)
 - peso de planta (g)
 - Índice de cosecha (%)



- Caracterización del grano
 - diámetro de grano (mm)
 - peso de los 100 granos (g)
 - contenido de saponinas promedio de cada categoría (cc)

d. Caracterización genético-molecular

Adicionalmente se utilizaron herramientas moleculares para el estudio de ADN, el cual sirvió de complemento al estudio morfológico, de esta forma se contribuyó a acelerar los resultados de homogenización de ambas selecciones (Figura 5).

En cada ciclo de selección se utilizaron para el análisis molecular accesiones rojas y amarillas obtenidas de la clasificación realizada a partir de análisis multivariado de características morfológicas. En cada ciclo de selección se realizaron protocolos de extracción y amplificación de ADN.

Extracción de ADN

El procedimiento utilizado corresponde al protocolo de extracción de ADN descrito por Lodhi *et al.* (1994), con modificaciones menores. El procedimiento se presenta a continuación: se extrajo 0.1 gr de tejido vegetal, para su molienda en solución con nitrógeno líquido (Figura 8), luego se agregó 700 μ l de buffer de extracción (EDTA 20 mM, TRIS-HCl 100 mM, NaCl 1.4M, CTAB 2%), posteriormente se adicionó β -mercaptoetanol a concentración de 0.2% V/V, y 10 mg de PVP (100 mg/ gr de tejido), se mezcló todo hasta homogenizar el material. Posteriormente el material se dejó en incubación a 60°C por 30 minutos.



Figura 8. *Materiales y lugar de trabajo para la extracción de ADN*

Después de la incubación se agregó 700 μ l (1 Vol) de la solución cloroformo-álcool isoamílico en proporción 24:1 respectivamente. Posteriormente las muestras fueron centrifugadas a una velocidad de 8.000 rpm por 15 minutos. Terminada la centrifugación se transfirieron 400 μ l del sobre nadante a otros tubos de 1.5 ml, a los cuales se les agregó 100 μ l de NaCl 5M y 900 μ l de etanol puro a 4°C (Figura 9).



Figura 9. *Tubo de extracción con fase superior conteniendo el ADN y en la parte inferiores resto de componentes celulares.*



Después las muestras fueron centrifugadas durante 6 minutos a 6.000 rpm. El resultado de esta etapa es hacer precipitar el ADN a la forma de pellet, el cual se deposita en el fondo del tubo. Posteriormente se eliminó el sobrenadante, dejando en los tubos sólo el pellet. Luego se lavó el pellet con 500 µl de alcohol de 70°, repitiendo el proceso una vez más. Finalmente se eliminó el alcohol en un baño seco durante 10 minutos a una temperatura de 50°C. Una vez secos los tubos, se procedió a resuspender el ADN en una solución de 100 µl de agua estéril, con 1 µl de ARNasa (10 mg/ml). Posteriormente los tubos fueron incubados a 37° C por 30 minutos. La concentración del ADN fue estimado usando espectrofotómetro UV 160, de acuerdo a las instrucciones de fabricación. Las muestras de ADN obtenidas a partir de plantas individuales fueron diluidas a concentración uniforme de 10 ng/µl.

Amplificación del ADN

Los partidores utilizados (Ruas *et al.*, 1999), secuencia y número de marcadores observados se presentan en el cuadro 4. La reacción de amplificación consistió de: 10ng de ADN; 10mM Tris.Hcl, pH 9,0; 50 mM KCl; 40mM MgCl₂; 0,1 mM de cada dATP, dTTP, dCTP, y dGTP; 7,5 µM de partidor; y 1 U de *Taq* polimerasa. Las muestras fueron amplificadas en un termociclador Perkin Elmer con un programa que consistió en: tres ciclos de 95° C por 60 s, 38° C por 70 s y 72° C por 2 min; 37 ciclos de 94° C por 40 s, 42° C por 40 s y 72° C por 1 min; y un ciclo de elongación final de 7 min a 72°C. Posterior a la amplificación las muestras fueron mantenidas a 4°C hasta la electroforesis. Los productos de ADN amplificados fueron separados mediante electroforesis usando geles de agarosa al 1,5% y teñidos con bromuro de etidio. Los geles fueron fotografiados bajo luz ultravioleta.



Cuadro 4. Partidores de Operon Technology, con secuencias anónimas utilizadas para análisis RAPD.

Partidor	Secuencia (5' a 3')	Número de bandas
OPM01	GTTGGTGGCT	16
OPM03	GGGGGATGAG	07
OPY01	GTGGCATCTC	14
OPY02	CATCGCCGCA	15
OPY11	AGACGATGGG	13
OPZ01	TCTGTGCCAC	14
OPZ03	CAGCACCGCA	17
OPZ04	AGGCTGTGCT	12
OPZ05	TCCCATGCTG	11
OPZ10	CCGACAAACC	10
OPZ16	TCCCATCAC	05
OPZ17	CCTTCCCACT	19

4.2.3 Análisis de datos

Un total de 153 marcadores de ADN a partir de 12 cebadores fueron registrados en todos los genotipos seleccionados, asignando con valor numérico de 1 la presencia y 0 la ausencia del marcador. La matriz de datos fue analizada por el programa estadístico INFOSTAT (2004) usando el método SIMQUAL (similarity for qualitative data) con el coeficiente de similaridad de Jaccard. El dendograma fue construido empleando UPGMA (unweighted pair-group method with arithmetic averages (Hair *et al.*, 1992).



5. MONITOREO DE PLAGAS. MANEJO BIORRACIONAL DE PLAGAS EN ANCOVINTO.

Investigador responsable Biólogo, Mg. Fitosanidad : Víctor Tello

5.1 Introducción

En países como Perú y Bolivia, durante el ciclo vegetativo de la quinua se registra de 15 (Bravo y Delgado, 1992) a 18 (Alata, 1973; Ortíz, 1997) hasta 22 (Zanabria y Banegas, 1997) insectos fitófagos, estos, ocasionan daños en forma directa cortando plantas tiernas, masticando y defoliando hojas, picando-raspando y succionando la savia vegetal, minando hojas y barrenando tallos, destruyendo panojas y granos (Ortíz y Zanabria, 1979) e indirectamente viabilizan infecciones secundarias por microorganismos patógenos.

En Chile, aparte de los estudios realizados en este proyecto, existe muy poca información sobre plagas asociadas a este cultivo. Araya et al. (2001) en un estudio realizado en la zona central de Chile entre los años 1996 y 1998, determinaron la presencia de cinco especies de lepidópteros. Las especies encontradas fueron: *Eurysacca media* Povolny (Gelechiidae), *Capitarsia turbata* (Herrich y Schäffer) (Noctuidae), *Rachiplusia nu* Guenée (Noctuidae), *Coleophora versurella* Zeller (Coleophoridae) y *Achryra similalis* (Guenée) (Pyralidae). La especie más importante, por su abundancia en ambas temporadas, fue *E. media*. La larva se alimenta de hojas, tallos e inflorescencias, y puede destruir una gran cantidad de semillas. *C. turbata* y *A. similalis* pueden también constituirse en plagas significativas de la quinua. También determinaron que en los meses de invierno, *Chenopodium album* es un reservorio importante de *E. media* y sus parasitoides.

Tanto para el monitoreo como para el manejo de plagas es necesario conocer la disposición de los insectos dentro de la planta como también como se relaciona el ataque con las distintas etapas fenológicas del cultivo. Por esta razón es importante analizar la distribución de las plagas intra-planta y los estados fenológicos a los cuales se asocian los diferentes insectos en la localidad de Ancovinto.



5.2 Plan de muestreo

Para diseñar planes de muestreo se requiere conocer: la taxocenosis de la artropofauna asociada con el cultivo de la quinua y su distribución temporal y espacial, estas características ecológicas se hacen indispensable si se desea muestrear a las plagas eficientemente (Ruesink y Kogan 1982), ya que afecta el análisis estadístico de la información obtenida (Southwood, 1978) y determina parámetros específicos que permiten la separación de las especies, pues dicha distribución representa las expresiones poblacionales del comportamiento de los individuos que las conforman (Taylor, 1984). Este conocimiento junto con determinar umbrales económicos permitirá desarrollar una metodología de muestreo secuencial compatible con una estrategia de manejo biorracional de las plagas en este cultivo.

5.3 Materiales y Métodos

5.3.1 Identificación de la artropofauna asociada al cultivo de la quinua en Vilakuyo Ancovinto

Durante todo el ciclo de vida de la quinua, se colectó semanalmente 90 plantas, tomadas de una superficie de 8.100 m² (Figura 6). Las plantas fueron seleccionadas al azar y sacadas desde su raíz, para ser colocadas, individualmente, en bolsas de papel. Posteriormente fueron llevadas al laboratorio donde se lavaron bajo agua a presión colectando a los artrópodos sobre organza y conservándolos en alcohol al 70%. Los especímenes colectados están siendo estudiados para su identificación específica, a través de claves taxonómicas y envío a especialistas.

5.3.2. Determinación de parámetros poblacionales (disposición espacial y distribución temporal).

a) Disposición espacial.

El área total de muestreo fue de 90 x 90 m, área mayor a la utilizada por Neder *et al.* (1993), el cual utilizó un área de 3.366 m², dividiéndose esta superficie en nueve parcelas de 30 x 30 m cada una (Figura 10), con el fin de asegurar el muestreo total del sitio, al igual que lo realizado por Notz (1992). En cada cuadrícula se muestrearon, al azar, cinco puntos y en cada uno de ellos, se tomaron dos muestras de plantas completas, es decir, por cada cuadrícula se tomaron 10 muestras de plantas completas para el análisis de la disposición espacial de los diferentes artrópodos encontrados. Todas las plantas se recogieron,

PROYECTO:

33



realizando un hoyo para extraer la planta completa, colocándolas en bolsas de papel debidamente identificadas para el posterior recuento en laboratorio.

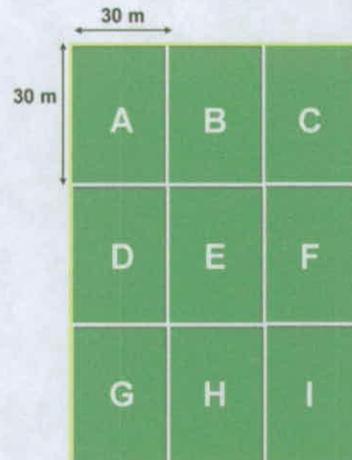


Figura 10. Diseño de las parcelas para determinar disposición espacial y fluctuación poblacional en plantas (muestreo absoluto).

b) Distribución temporal.

Se cuantificó cada siete días las densidades poblacionales de artrópodos, desde el inicio del cultivo hasta su cosecha, para esto se utilizaron tres tipos de trampas:

b.1 Trampas amarillas con agua:

Las trampas se ubicaron en cada uno de los extremos del terreno (noroeste NO, noreste NE, sudeste SE y sudoeste SO) (Figura 11). Las trampas de agua correspondieron al tipo Moerick (Peña–Martínez, 1992), de color amarillo, plásticas, de 30 cm de diámetro por 10 cm de profundidad (Figura 12). Estas se instalaron a 70 cm de la superficie del suelo y fueron llenadas con un litro de una mezcla de 80% de agua y 20% de glicerina y formalina, más detergente. Los artrópodos se retiraron cada siete días, conservándolos en alcohol al 70% e identificándolos y contabilizándolos en el laboratorio. El número de trampas de agua se basó en la superficie de trabajo, de acuerdo con lo reportado por Deggoyer *et al.* (1998) y Godfrey y Chaney (1995).

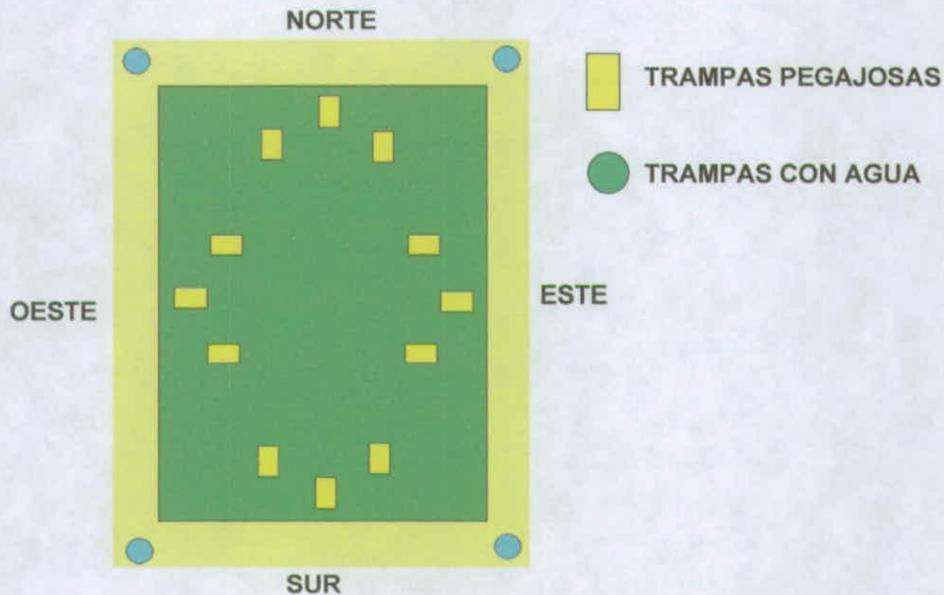


Figura 11. Disposición de las trampas pegajosas y amarillas con agua.



Figura 12. Trampas amarillas con agua (tipo Möerick).

b.2 Trampas amarillas pegajosas:

Se colocaron tres trampas en cada punto cardinal del campo (Figura 13). Las trampas pegajosas fueron construidas de madera y tuvieron una superficie útil de captura de 115,04 cm² (10.2 x 15.2 cm). Las dos caras se pintaron con esmalte de color amarillo rey y se ubicaron en el campo en estacas de metal con la parte más baja de la trampa situada a 70 cm de la superficie del suelo (Figura 11). Como adherente para la captura de los artrópodos

PROYECTO:

35

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.



se utilizó Stikem especial TM y xilol como solvente para despegarlos. Las trampas fueron reemplazadas cada siete días y se cuantificó el número de especímenes en el laboratorio.

El número de trampas pegajosas al igual que en el caso anterior, se basó en la superficie de trabajo, de acuerdo a lo indicado por Degooyer *et al.* (1998), Parella y Jones (1985) y Godfrey y Chaney (1995).



Figura 13. Trampas amarillas pegajosas.

b.4 Plantas completas

Este procedimiento de tipo absoluto se llevó a cabo, con las mismas plantas que se utilizaran para determinar la disposición espacial (Figura 11), por lo cual, la metodología utilizada para la toma de muestras, es la misma que se indicó para la disposición espacial.

5.3.3 Disposición intra-planta

Se revisaron semanalmente 90 plantas en forma aleatoria durante todo el período de cultivo. Se revisó la base de plantas, las ramas y hojas de la parte media y la parte superior incluyendo la panoja (cuando éste se desarrolló). Los insectos fueron colectados, conservados en alcohol 70%, identificados y cuantificados en el laboratorio.

PROYECTO:

36

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.



5.3.4 Relación estado fenológico-insecto

Se cuantificó cada siete días las densidades poblacionales de artrópodos, desde el inicio del cultivo hasta su cosecha. Los insectos colectados y su abundancia relativa fue asociada a los estados fenológicos del cultivo de la quinoa, los cuales fueron descritos por Mujica *et al.* (1999).

5.3.5 Análisis estadístico.

Se aplicaron análisis de varianzas para determinar diferencias entre las densidades poblacionales de las especies plagas identificadas, a través del procedimiento PROC ANOVA, disponible en SAS (Institute SAS, 1990). Previo al análisis los valores de abundancia fueron transformados utilizando el factor de corrección $\log(x + 1)$ (Zar 1984). Con el propósito de determinar alguna relación entre las densidades de áfidos de los diferentes procedimientos de

Muestreo, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson (r), a través del procedimiento PROC CORR, disponible en SAS (Instituto SAS, *op. cit.*).

Para determinar el patrón de distribución espacial de los áfidos, se ajustaron las frecuencias observadas de cada muestreo a la distribución binomial negativa utilizando el programa BASIC NEGBINOM (Ludwig & Reynolds 1988). Las frecuencias observadas y esperadas se compararon con una prueba de χ^2 de una cola (Vera *et al.*, 2002). El valor del parámetro k de la distribución binomial negativa se calculó a través del método de momentos (Southwood, 1978).

Además cada grupo de datos de los tres sectores estudiados se ajustaron a la ley de la potencia de Taylor y a la regresión de Iwao (Taylor, 1984). La ley de Taylor, cuya regresión lineal es $\log s^2 = \log a + b \log m$, relaciona la varianza y la media, siendo s^2 la varianza, m la media, $\log a$ el intercepto y b que es la pendiente de la recta, se considera el índice de agregación. Si este último es igual a uno indica aleatoriedad, mayor que uno contagio y menor que uno regularidad; además b es una característica constante de cada especie, ya que depende de la interacción entre la conducta de ésta y el medio (Taylor, 1961 y 1984, Allsopp & Forrester, 1992). La regresión de Iwao (Iwao, 1968) relaciona la densidad media y la media de hacinamiento (Lloyd, 1967) con la ecuación $m^* = \alpha + \beta m$, donde α es un factor de muestreo (Vera *et al.* 2002), m es la media y β es la pendiente de la regresión lineal y se le considera el índice de agregación (Iwao, 1968). De acuerdo a este autor cuando β es igual a la unidad indica disposición al azar, mayor que uno agregación y menor que uno regularidad. Se evaluó el ajuste de los datos a los modelos a través del coeficiente de determinación (R^2) y la significancia de las pendientes de ambas regresiones



por medio de una prueba t de Student (Institute SAS, 1990). Los promedios son presentados, cuando corresponde, como media \pm EE, n = número de datos.

5.4 Control de plagas

5.4.1 Introducción

El control de plagas en la zona de Colchane-Cariquima-Ancovinto se realiza básicamente con control químico, aplicándose un solo tipo de insecticida que es el Tamaron el cual es comprado en Bolivia. Por otro lado sabemos que existe un creciente interés por la producción de quinua orgánica (Jacobsen et al. 2003), la cual podría mejorar el nivel económico de las poblaciones rurales y agricultores de mediana y pequeña escala del altiplano de la Primera Región. Se hace, pues, necesario evaluar otras tácticas no químicas para ir delineando un manejo integrado de este importante cultivo con el propósito de ofrecer al agricultor andino otras alternativas que les permita solucionar la problemática de las plagas.

Por otro lado el “Tunku” es un importante vector de fitoplasmas y virus por lo que su monitoreo es fundamental para anular o minimizar su impacto sobre los cultivos.

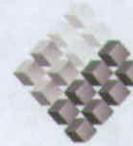
En cuanto a nematodos, resulta interesante conocer la composición y densidad relativa (pre y post cosecha) para saber si estos patógenos pueden llegar a convertirse en un problema fitosanitario de importancia para este cultivo.

5.4.2 Objetivos

1. Determinar la efectividad de cinco biopesticidas en el control de larvas de moscas minadoras a través de su abundancia relativa.
2. Determinar la presencia de especímenes de *Tapajosa* sp en los tolares adyacentes a la zona de cultivo de quinua en Ancovinto
3. Determinar la composición taxonómica de la nematofauna presente en los terrenos de cultivo de quinua en Ancovinto.

5.4.3 Materiales y Métodos

Se evaluaron cinco pesticidas biorracionales en un diseño de bloques completos al azar (Figura 10). Se tuvo que cambiar el antiguo diseño de cuadrado latino 6x6 planteado en el informe anterior debido a que no hubo de número mínimo de plantas en cada parcela. La unidad experimental fue una planta y la variable respuesta fue el número de insectos por planta. Los biopesticidas evaluados fueron: BIOCOCIDIN (BIOCOC), GARLIC BARRIER (GARLIC), VALORAM (VAL), DIPEL 2X (DIPEL) y NEEM-X (NEEM). Cada tratamiento se replicó seis veces.



5.4.4 Modelo estadístico

El modelo experimental empleado obedece a la siguiente expresión matemática (ecuación 2)

$$Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$j = 1, 2, \dots, 6$$

Y_{ij} = Respuesta para el j -ésimo tratamiento ubicado en el i -ésimo bloque

μ = Efecto medio general

B_i = Efecto del i -ésimo bloque

T_j = Efecto del j -ésimo tratamiento

ε_{ij} = Término de error aleatorio

5.4.5 Tratamientos

En el cuadro 4 se presenta la dosis de cada uno de los pesticidas biológicos que se evaluaron en Ancovinto.

Cuadro 4. Insecticidas biorracionales que se ensayaron en el control de plagas en el cultivo de la quinoa en la zona agrícola de Ancovinto.

TRATAMIENTO	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS POR LITRO DE AGUA
Biococcidin	Acidos grasos vegetales	10 mL
Valoram	Capsaicina - Alil isotiocianato	3,75 mL
Garlic Barrier	Alicina	2,5 mL
Neem-X	Azaridachtina	2,0 mL
Dipel 2X	<i>Bacillus thuringiensis</i>	1,5 g
Testigo	Agua	-

5.4.6 Distribución de los tratamientos

En la figura 14 se presenta la distribución espacial de los tratamientos

BLOQUE 1	BLOQUE 2	BLOQUE 3	BLOQUE 4
GARLIC	TESTIGO	BIOCOCC	TESTIGO
BIOCOCC	NEEM	DIPEL	GARLIC
DIPEL	GARLIC	TESTIGO	NEEM
VAL	BIOCOCC	VAL	DIPEL
TESTIGO	DIPEL	GARLIC	BIOCOCC
NEEM	VAL	NEEM	VAL

Figura 14. Disposición espacial de los tratamientos a aplicar para el control de plagas de la quinua en Ancovinto, en un diseño de bloques completos al azar.

5.4.7 Análisis estadístico

Se aplicaron análisis de varianzas a través del procedimiento PROC GLM disponible en SAS (SAS Institute, 2002) (y las medias fueron separadas con la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$). Previo al análisis estadístico los valores de los conteos del número de larvas por planta fueron transformados por el factor de corrección $\log(x+1)$, para asegurar la normalidad de éstos (Zar, 1996).



6. VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍA DE FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO.

INVESTIGADORES RESPONSABLES: Ing. Agrónomo, Dr y Mg. Cs. José Delatorre Herrera e Ing. Ejec. Agrícola. Ana Riquelme Torres.

6.1 Introducción

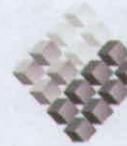
La quinua prefiere suelos francos, semiprofundos con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje. La reacción del suelo debe ser neutra a ligeramente alcalina, sin embargo la quinua prospera tanto en suelos ácidos (pH 5,5) como en suelos básicos con pH cercanos a 9.

Diversas investigaciones indican que bajos niveles de fósforo (P) afectan negativamente la producción, así como moderados niveles de nitrógeno (N) incrementan el rendimiento de granos. En diferentes ensayos de fertilización de quinua se han obtenido buenos rendimientos con niveles de 80 a 120 kg N/ha, 60 a 80 kg P/ha y hasta 80 kg K/ha.

En el altiplano chileno, los rendimientos obtenidos son bajos, los que están fuertemente limitado por las condiciones edafoclimáticas del sector. Una de las limitantes de importancia para el desarrollo del cultivo, es consecuencia de las precipitaciones, ya que éste se realiza bajo el sistema de secano, lo que le confiere una fuerte dependencia a las lluvias estivales (cantidad y distribución).

Otro factor es la baja fertilidad de los suelos, razón por las cual los agricultores utilizan un sistema rotativo con descanso de dos años sin incorporación de fertilización lo que acrecienta aun más los problemas de fertilidad del suelo.

Sin embargo, la fertilidad del suelo es uno de los muchos factores que afectan el rendimiento. Por esta razón, previa a la restitución de la fertilidad, deben corregirse los problemas físicos-químicos del suelo. Por ejemplo, se deben corregir, pH, salinidad, sodicidad, contenido de materia orgánica entre otros. El no hacerlo, puede tener consecuencias económicas importantes, ya que se perdería parte de los fertilizantes al no estar disponibles para las planta consecuencias de alguna de las dificultades física-químicas del suelo.



Por otra parte, la aplicación de fertilizantes debe ir acompañada del cumplimiento de las normas de manejos culturales como: desmalezamiento, riego, control de plagas, etc.

El objetivo del presente estudio fue establecer un programa de manejo de la fertilidad del suelo para mejorar el rendimiento de la quinua en el altiplano chileno.

6.2 Materiales y Métodos

6.2.1 Análisis

a) suelos

Se muestrearon los suelos para determinar las principales características físico-químicas de los suelos del sector de Cariquima. Estos resultados permitirán establecer la estrategia que se debe seguir para mejorar la fertilidad del suelo, así como apoyara el Plan de fertilización. Para ello cada sector será muestreado de acuerdo a los procedimientos descritos para este efecto, conformándose una muestra compuesta para área.

b) fertilidad del suelo

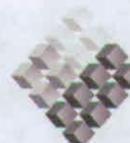
Utilizando, las mismas muestras obtenidas anteriormente, se determinará la presencia de los principales macroelementos (N, P, K, Ca). Los resultados obtenidos permitirán establecer los requerimientos para mejorar los niveles de fertilidad del suelo en el sector utilizado para los estudios. Estos datos contribuirán a formulara el Plan de fertilización.

c) guano disponible en el sector

Se caracterizó el guano disponible en los corrales de los ganaderos, para establecer la composición química del guano, el que será utilizado para el mejoramiento del suelo o como abono orgánico de los cultivos.

6.2.2 Propuesta de mejoramiento de los suelos

Para este efecto se utilizó la metodología desarrollada por Urbano (1990), el cual consiste, primeramente en llevar los niveles de nutrientes minerales a los recomendados como satisfactorios para el suelo. Así por ejemplo, el fósforo deberá encontrarse en concentraciones iguales o superiores a 10 mg por kg (según el método de Olsen), el potasio 150 mg por kg (utilizando el método del acetato) y el calcio sobre 4.000 mg por kg.



6.2.3 Tasa de extracción del cultivo de la quinua

Los requerimientos del cultivo, se estimaron en función de las tasas de extracción, esto corresponde a establecer cuanto fertilizante extrae desde el suelo una tonelada de grano. Otro dato importante, en función de las leyes de la fertilización, es que se requiere mantener una relación de **1: 0,5: 0,7**. Esta relación significa que cada vez que se incorpore 1 kg de nitrógeno, necesariamente debe ir acompañado por 0,5 kg de fósforo y 0,7 kg de potasio.

En base a los datos anteriores se determinaron las dosis requeridas por la quinua. Así, para obtener un rendimiento de 1.600 kg /ha, se requieren las siguientes cantidades (Cuadro 5).

Cuadro 5.- Tasa de extracción, unidades de fertilizantes y relación de fertilizantes para el cultivo de la quinua.

Elemento	TASA DE EXTRACCIÓN (unidades de fertilizantes por 1.000 kg de cosecha)	Unidades de fertilizantes para producir 1.600 kg de semillas	Relación N:P:K
N	30	48	1,0
P ₂ O ₅	14	22	0,5
K ₂ O	20	32	0,7

6.2.4 Validación de cálculos

Para determinar las dosis de fertilizantes para el crecimiento y desarrollo de la quinua, se estableció un ensayo en dos temporadas de cultivo. En la primera temporada (2005-2006), el ensayo realizado consistió en incorporar los fertilizantes mediante, las siguientes combinaciones de productos: 1.- guano ovino (GO); 2.- urea; 3.- urea más superfosfato triple (Urea+SFT) y 4.- guano ovino mas superfosfato triple (GO+ SFT). Dado que el potasio se encuentra en un 50% más de lo recomendado para los suelos, no fue considerado en el estudio de fertilización.

En el cuadro 6 se presentan las unidades de fertilizantes y cantidad de fertilizante comercial o guano equivalente a las unidades de cada ensayo. La temporada 2006-2007, se volvió a evaluar un segundo ciclo de cultivos en la misma área.



Cuadro 6.- Unidades de fertilizantes y cantidades de fertilizante requeridos de acuerdo a la tasa de extracción. Los valores han sido corregidos por el efecto detrimental del pH.

Fertilizantes	Unidades / ha		Dosis de fertilizantes (Kg/ha)
	N	P	
Urea	120	-----	250
SFT	-----	60	130
Guano ovino	120		6.000

Validación de los cálculos en forma experimental

La validación de los resultados encontrados, se realizó también en la temporada 2006-2007, no se incorporaron nuevos fertilizantes, solamente guano de ovino a razón de 38,5 ton/ha y un bio abono formulado en base a turba negra más guano rojo. En conjunto ambos elementos aportaron 79 kg de nitrógeno y 256 kg de fósforo (P₂O₅) por hectárea. La distribución espacial del experimento se muestra en la figura 15.

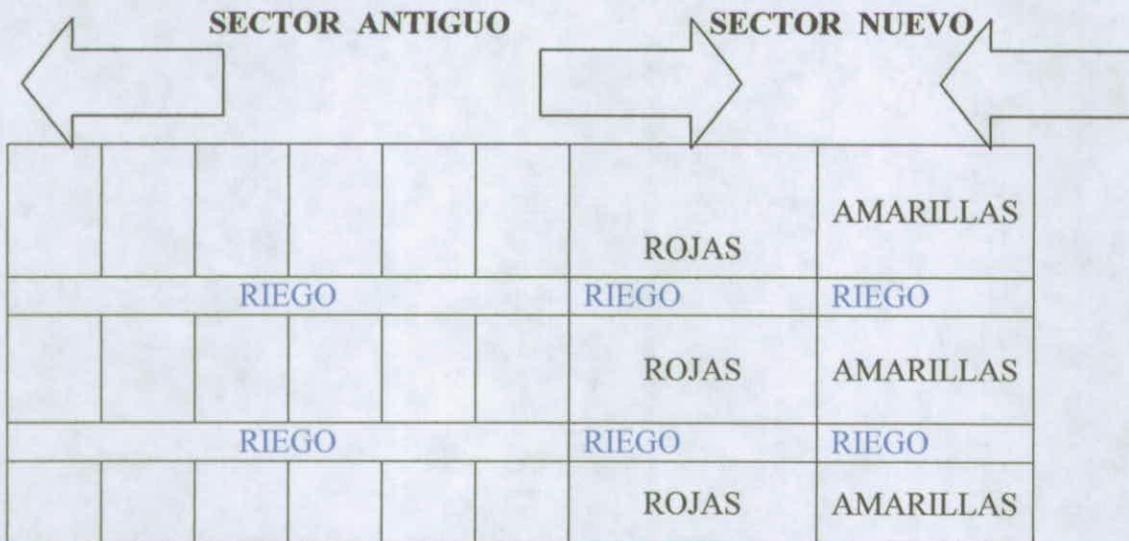


Figura 15.- Diseño de los experimentos de fertilización



7. EVALUACIÓN DE NORMAS DE MANEJO POS COSECHA

Investigadores responsables: Ing. Alimentos. María Isabel Oliva e Ing. Ejec. Agrícola. Andrés Salinas.

7.1 Introducción

La eliminación de impurezas de los granos cosechados es una práctica importante del manejo poscosecha, pues permite mejorar la calidad y presentación de los mismos, al tiempo de favorecer el almacenamiento. Las impurezas son higroscópicas y propensas al ataque de polillas, mohos y bacterias, las que aceleran el deterioro de granos almacenados. Por otro lado, la clasificación de granos, debería ser una práctica habitual del agricultor, pues permite alcanzar mejores precios y oportunidades para los granos de primera calidad, o permite disponer de semillas de calidad para garantizar el éxito de futuras plantaciones.

Si se proyecta la producción de quinua a nivel comercial, lo que significa volúmenes grandes a procesar, la limpieza y clasificación de granos, necesariamente se debe proceder al uso de máquinas industriales procesadoras de semillas.

En la mayoría de áreas de producción tradicional de quinua, en la Zona Andina, la eliminación de saponina de los granos de quinua se hace por lavado manual. El lavado se hace con cambios sucesivos del agua y friccionando los granos de quinua con las manos sobre una piedra, hasta eliminar las capas superficiales de los granos y con ellas la saponina. Esta labor, además de ser tediosa, demanda un proceso de sacado adicional, para evitar la proliferación de mohos, bacterias y otros microorganismos en el grano húmedo. Cuando el lavado es realizado por amas de casa, no hay inconveniente con el secado, ya que en este caso generalmente se prepara la porción que se va a consumir de inmediato.

La desaponificación mecánica por escarificación, conocida también como método seco, consiste en someter el grano a un proceso de fricción para eliminar las capas periféricas del mismo (que son las que contienen las saponinas), en forma de polvo. En la Zona Andina, se han hecho varios experimentos de desaponificado con el diseño de prototipos y pruebas de adaptación de máquinas que originalmente fueron diseñadas para otros usos.



A pesar, de que el funcionamiento y rendimiento de la mayoría de los prototipos y sistemas de desaponificado por vía húmeda han sido satisfactorios, el método presenta ciertos inconvenientes como son, el excesivo gasto de agua (se trabaja con agua circulante) o se tiene que cambiar varias veces el agua de remojo o lavado durante el proceso, la contaminación de los suelos donde se bota el agua de lavado ya que la saponina es tóxica, la necesidad de un sistema de secar para evitar que el grano germine por la humedad absorbida y la elevación del costo de procesado por la necesidad del secado

Considerando los inconvenientes del desaponificado por el método húmedo y que el método seco no es eficiente para variedades de alto contenido de saponina, lo más aconsejable parecería ser la aplicación de un método combinado para la desaponificación de la quinua; es decir, primero se aplica un escarificado, con lo que se elimina un alto porcentaje de saponina y luego se somete a un lavado para eliminar el remanente. De esta forma, el grano no es expuesto excesivamente a la humedad y el proceso de secado es mucho más rápido y barato.

De lo anterior, se concluye que la desaponificación se puede realizar por diferentes métodos, dependiendo del contenido de saponina de la materia prima. Para variedades de bajo contenido de saponina, es suficiente un escarificado; mientras que para variedades de alto contenido de saponina, lo más recomendado sería el método combinado. Derpic (1988), menciona, las siguientes ventajas del proceso combinado de desaponificación: ahorro de agua consumida, buena calidad proteínica del grano procesado, costo mínimo de energía utilizada y costo bajo del proceso.

El objetivo del presente estudio fue diseñar una línea de procesamiento de quínoa que incluya el saber andino y partir de esta obtener las características técnicas que permitan comprar una planta de procesamiento de quínoa.

7.2 Materiales y Métodos

7.2.1 Caracterización del grano de Quínoa

a. Caracterización Química

Se midieron las características nutricionales de las quínoa producidas en la localidad de ancovinto; analizando la composición química de cada ecotipo escogido según los métodos que se indica: Humedad (Less 1992), proteína (Less 1992), cenizas (Less 1992), lípidos (Less 1992), y fibra (Less 1992).



b. Caracterización Microbiológica

Se realizó la caracterización Microbiológica de las semillas de Quínoa transformada en Harina a fin de verificar su calidad y la incidencia en este índice de la contaminación del suelo y el manejo pos cosecha. Para ello se usaron los criterios microbiológicos definidos por el reglamento Sanitario de los alimentos, el cual a su vez los definió tomando como base la clasificación, los parámetros de control y planes de muestreo de la ICMSF (International Commission on Microbiological Specification for Foods), adaptados a la realidad nacional. De este modo establece los parámetros microbiológicos que se controlarán en los distintos grupos de alimentos como son microorganismos indicadores, microorganismos patógenos y toxinas entre otros.

Por otra parte clasifica los alimentos, según los factores de riesgo que éstos presentan (que dependen de: sus características, tales como, composición, pH, acidez y actividad de agua, entre otros), grupo consumidor a quien va dirigido (adultos, niños, lactantes, personas sensibles y otros grupos de alto riesgo), la forma de preparación y consumo (consumo directo, reconstituido, rehidratado y cocinado, entre otros) y la forma de mantención y conservación. Estas categorías de riesgos se encuentran tabuladas (Cuadro 7), y sirven para definir los parámetros microbiológicos por alimento

Cuadro 7. Categorías de riesgo

Clase de peligro	Condiciones normales en las que se supone será manipulado y consumido el alimento tras el muestreo		
	Grado de peligrosidad reducido	Sin cambio de peligrosidad	Aumenta la peligrosidad
Sin peligro directo para la salud. (contaminación general, vida útil y alteración)	Categoría 1 3 clases n=5 c=3	Categoría 2 3 clases n=5 c=2	Categoría 3 3 clases n=5 c=1
Peligro para la salud bajo, indirecto	Categoría 4 3 clases n=5 c=3	Categoría 5 3 clases n=5 c=2	Categoría 6 3 clases n=5 c=1
Moderado, directo, difusión limitada	Categoría 7 3 clases n=5 c=2	Categoría 8 3 clases n=5 c=1	Categoría 9 3 clases n=5 c=1
Moderado, directo, difusión potencialmente extensa	Categoría 10 2 clases n=5 c=0	Categoría 11 2 clases n=10 c=0	Categoría 12 2 clases n=20 c=0
Grave, directo	Categoría 13 2 clases n=15 c=0	Categoría 14 2 clases n=30 c=0	Categoría 15 2 clases n=60 c=0

Fuente: Reglamento Sanitario de los Alimentos



Las categorías de riesgos se definen como:

- Categorías 1, 2 y 3 se usan parámetros que tienen por objetivo definir la vida útil y alteración del producto como recuento de microorganismos aeróbios mesófilos (RAM), mohos y levaduras, lactobacillus, etc.
- Categorías 4, 5 y 6 se usan como parámetros, microorganismos indicadores tales como coliformes totales, enterobacteriaceas, etc.;
- Categorías 7, 8 y 9 se usan como parámetros microorganismos que siendo considerados patógenos, en bajos niveles pueden aceptarse. tales como, S. aureus, B. cereus.
- A partir de la categoría 10 se considera peligrosa para la salud la presencia y/o concentración de ciertos microorganismos como Salmonella, C. botulinum, entre otros patógenos.

Para estos casos se establecen planes de muestreo, que puedan ser de 2 tipos: plan de 2 clases y plan de 3 clases y límites microbiológicos de acuerdo a las recomendaciones internacionales (ICMSF). El plan clase dos indica calidad de un producto de acuerdo con los criterios microbiológicos y puede dividirse en dos grados de calidad, "aceptable" y "rechazable", basado en comprobar la presencia o ausencia de microorganismos, o si la tasa microbiológica es superior o inferior a un nivel crítico establecido. Un plan de 2 clases queda descrito por el número de muestras a ser examinadas (n) y el número máximo de unidades de muestra (c) que puede contener un número de microorganismos comprendidos entre un mínimo (m) y un máximo (M) para que el alimento sea aceptable.

Un plan de muestreo clase tres, es por atributos, donde la calidad de un producto, de acuerdo con los criterios microbiológicos puede dividirse en tres grados de calidad, "aceptable", "medianamente aceptable" y "rechazable". La clase aceptable tiene como límites 0 y m; la clase medianamente aceptable tiene como límites m y M, y la rechazable aquellos valores superiores a M. Un plan de tres clases queda descrito por n, m, M y c.

Para el caso de harinas y almidones el Reglamento Sanitario de los Alimentos indica que el plan de muestreo dependerá del tipo de microorganismo presente, tal como se indica en el cuadro 8.



Cuadro 8. Productos elaborados a partir de Cereales harinas y almidones

Parámetro	Plan de muestreo		Límite por gramo			
	Categoría	Clases	n	c	m	M
Mohos	2	3	5	2	10^2	10^4
Levaduras	2	3	5	2	5×10^2	5×10^3
Enterobacteriáceas	5	3	5	2	10^2	10^3
Salmonella en 50 g	10	2	5	0	0	-

Fuente: Reglamento Sanitario de los Alimentos

En consideración a los microorganismos que señala el Reglamento Sanitario de los Alimentos, se solicitó a CESMEC que analizara dos muestras de Harina de Quínoa.

7.2.3 Caracterización Física

a. Cantidad de Saponina presente en las semillas de Quínoa

Para definir la cantidad de Saponina presentes en los granos de quínoa obtenidos en esta temporada se usó el método de Koziol. Los materiales utilizados para la cuantificación de saponinas según Koziol (1990), fueron: tubos de ensayo con tapones de rosca de 160 mm de longitud y 16 mm de diámetro, probeta de 10 ml, cronómetro o reloj, balanza con sensibilidad de 0,01 g, regla con sensibilidad de 0,1 cm, agua destilada y portatubos.

La metodología consistió en la estimación del contenido de saponina a través de la relación entre el contenido de saponinas y la altura de espuma producida al agitar cantidades conocidas de quinua y agua destilada, según la siguiente curva de ajuste.

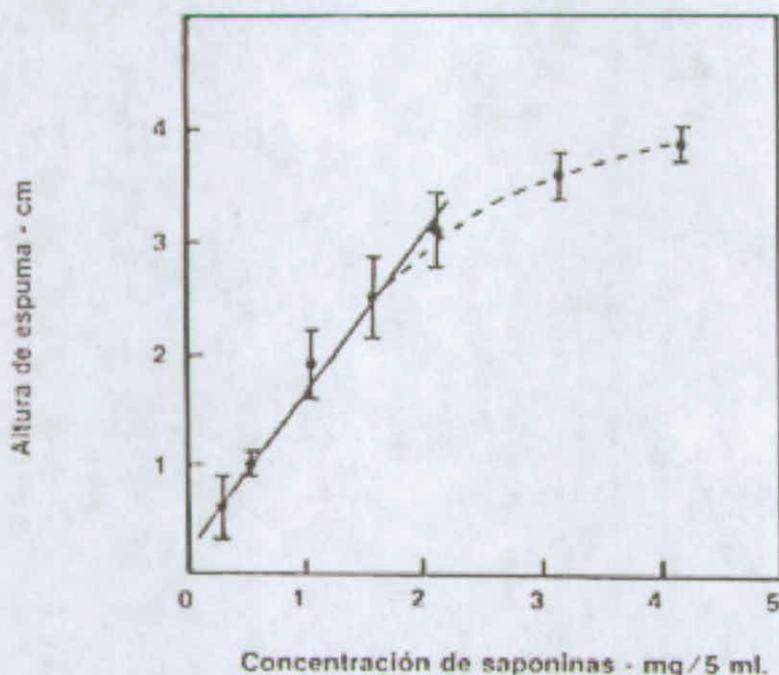


Figura 16. Curva de ajuste propuesta por Koziol (1990), para determinar la concentración de saponinas en granos de quinua.

En la figura cada punto representa el promedio de 4 ensayos \pm los límites de 95% de confiabilidad. La ecuación de regresión para la curva de calibración para un rango de 0 a 2 mg de saponinas por 5ml se muestra en la ecuación 5. Esta ecuación posee un r de 0,993.

$$y = 1,582x + 0,179 \quad (5)$$

Procedimiento utilizado:

- Pesar $0,50 \pm 0,02$ g de granos enteros de quinua y colocarlos en un tubo de ensayo.
- Añadir 5,0 ml de agua destilada y tapar el tubo. Poner en marcha el cronómetro y sacudir vigorosamente el tubo durante 30 segundos.
- Dejar el tubo en reposo durante 30 minutos, luego sacudir otra vez durante 20 segundos.
- Dejar en reposo durante 30 minutos más, luego sacudir otra vez durante 30 segundos. Dar al tubo una última sacudida fuerte, igual a las sacudidas que se usan con termómetros orales.
- Dejar el tubo en reposo 5 minutos, luego medir la altura de la espuma al 0,1 cm más cercano.

PROYECTO:

50

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Los cálculos se realizaron de acuerdo a la ecuación 6:

$$\frac{\text{mg saponinas}}{\text{gr peso fresco}} = \frac{0,646 * (\text{altura de espuma en cm}) - 0,104}{(\text{peso de muestra en gr})} \quad (6)$$

La duración del análisis comprende 73 minutos teóricos. La clasificación del contenido de saponinas según Nieto *et al.* (1992), se presenta a continuación:

Cuadro 9. Clasificación de la quinua según el nivel de Saponinas

Resultado de la evaluación	Clasificación
Quinua que no desarrolla espuma	Se clasifica como libre de saponina
Quinua que muestra una altura de espuma de < 0.7 cm	Se clasifica como dulce
Quinua que muestra una altura de espuma de 0.7 – 1.8 cm	Se clasifica como semidulce
Quinua que muestra una altura de espuma de > 1.8 cm	Se clasifica como amargo

Un aspecto importante señalado por Koziol (1990), es que el 99% de la variación de humedad encontrada en los granos de quinua se incluye dentro de los límites de tolerancia de $\pm 0,02$ g en el peso de las muestras analizadas, pudiendo hacerse directamente el análisis del contenido de saponinas en granos de quinua sin medir los porcentajes de humedad.

7.2.4 Propiedades Funcionales

Se analizaron las propiedades funcionales de la quinua a partir de dos métodos diferentes: del Germen Desgrasado y del Grano Completo. Esto se realizó según el esquema presentado en la Figura 17.

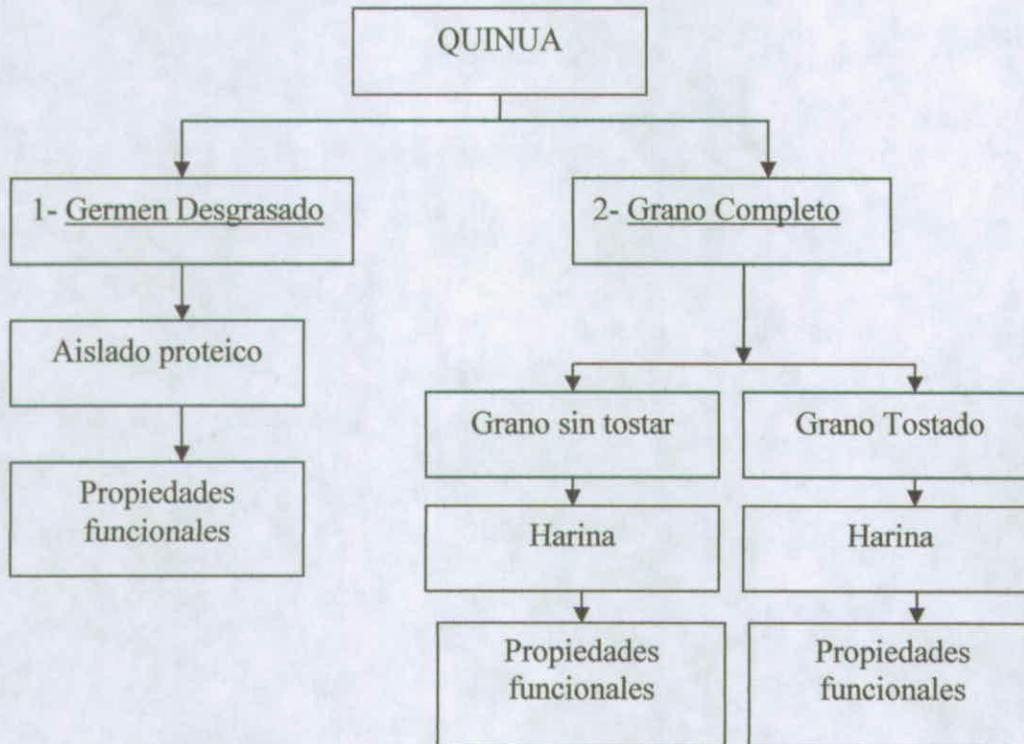


Figura17: Diagrama del proceso a seguir para la comparación de las propiedades funcionales del germen desgrasado y del grano completo.

7.2.5 Propiedades funcionales a partir del germen desgrasado.

a. Obtención del germen desgrasado del grano de quínoa.

Para medir las propiedades funcionales, se obtuvo un aislado proteico del germen desgrasado, tal como se indica en la figura 18. Inicialmente, se limpió el grano y se procedió a lavarlos (1,5 Kg de quínoa en 5 litros de agua), con la finalidad de quitar la saponina. Una vez realizado este procedimiento, el grano se remojó a 50° C por 6 horas para que adsorbiera agua, facilitando el desprendimiento del germen durante la molienda. El germen entero se separó del almidón por flotación. Luego se secó y se realizó una extracción de grasa por solvente, para así obtener el germen desgrasado.



Figura 18: Diagrama del flujo del proceso para la obtención del Germen Desgrasado

b. Obtención del aislado proteico.

Con el fin de conseguir el aislado proteico (Figura 19), se realizó una extracción alcalina partir de del germen desgrasado, a un pH de 11,5 y con una relación quínoa/solvente de 1:15. Esto se hizo bajo una temperatura de 50° C por 60 min. Luego se centrifugó para separar el residuo sólido del sobrenadante.



Se le efectuaron dos lavados al residuo sólido para extraer la mayor cantidad de nitrógeno e inmediatamente se procedió a realizar una precipitación de este, a un pH de 4,8 (ya que corresponde al punto isoeléctrico de la proteína de la quinua). Este precipitado isoeléctrico se dejó en reposo por 12 horas a 4° C, para luego volver a centrifugar y obtener la parte sólida (Aislado proteico) el cual se seco a 40° C y finalmente se procedió a realizar una molienda, obteniendo el Aislado proteico.

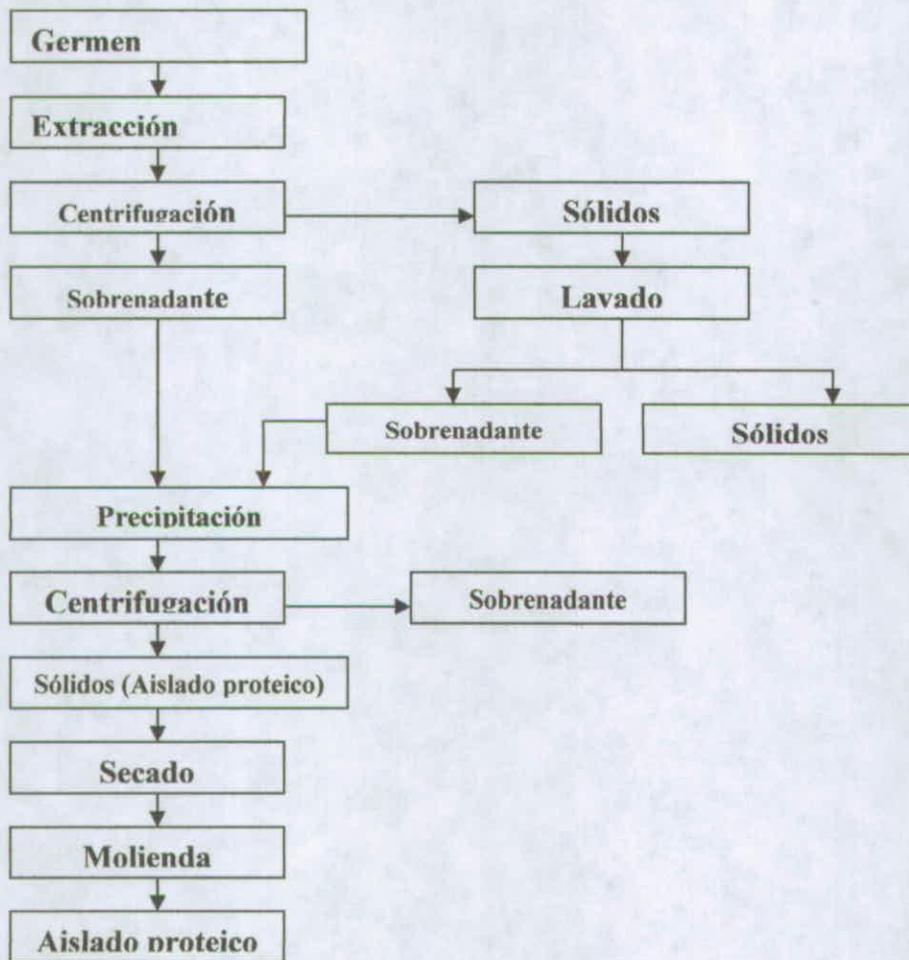


Figura 19. Diagrama del flujo del proceso para la obtención del Aislado Proteico.



7.2.6 Análisis de las propiedades funcionales

Las propiedades funcionales medidas fueron: Capacidad de absorción de agua (Berschat *et al.*, 1979), Capacidad de absorción de grasa (Lin *et al.*, 1974), Capacidad emulsificante (Wang *et al.* 1976), Estabilidad emulsificante (Yasumatsu *et al.*, 1972), Capacidad de formación de espuma (Lin *et al.*, 1974), Estabilidad de espuma (Lin *et al.*, 1974), Gelificación (Circle *et al.* citado por Millar *et al.*, 1976),

a. Capacidad de absorción de agua.

Esta se determinó según el método recomendado por Berschart *et al.*, 1979. Se pesaron 1, 5 gr del aislado proteico y se diluyeron en 30 ml de agua destilada, se agitó y centrifugó a 3.000 rpm, en un lapso de tiempo de 15 min. Se obtuvo el volumen del líquido decantado y con esto se calculó la capacidad de absorción de agua, según la ecuación 7

$$\text{Capacidad de absorción de agua} = \frac{30 - \text{volumen de agua decantada}}{\text{Peso del aislado proteico (gr)}} \quad (7)$$

b. Capacidad de absorción de grasa

La capacidad de absorción de grasa, se midió según el método recomendado por Lin *et al.*, 1974. Se mezclaron durante un minuto 3 ml de aceite vegetal con 0,5 gr del aislado proteico para obtener una muestra homogénea. Luego se centrifugó a 3.000 rpm por 20 min y se obtuvo el volumen del aceite libre con el cual se calculó esta capacidad (ecuación 8).

$$\text{Capacidad de absorción de grasa} = \frac{3 - \text{volumen de grasa no absorbido (ml)}}{\text{Peso de la muestra (gr)}} \quad (8)$$



c. Capacidad emulsificante.

Se utilizó el método recomendado por Wang et al, 1976. Se formó una solución al 2% y se agitó en una licuadora (vel. max.) durante 30 seg. Posteriormente se fue agregando un ml por segundo de aceite, hasta llegar al rompimiento de la emulsión (punto de inversión). Los datos se calcularon utilizando la ecuación 9.

$$\text{Capacidad emulsificante} = \frac{\text{ml de aceite emulsificado}}{100 \text{ mg de muestra en base seca}} \quad (9)$$

d. Estabilidad emulsificante.

Se empleó el método de Yasumatsu et al, 1972. Se mezclaron 0,7 gr de aislado proteico con 10 ml de agua destilada y se dispersaron a baja velocidad en un mezclador. Posteriormente se agregaron 10 ml de aceite y se siguió mezclando por un min, pero a alta velocidad. La emulsión formada en este procedimiento se sometió a un baño maría de 80° C por 30 min y luego se enfrió a 15° C y se centrifugará. Esta estabilidad se midió utilizando la siguiente fórmula (ecuación 10):

$$\text{Estabilidad de emulsión} = \frac{\text{Altura emulsión después de calentar}}{\text{Altura del contenido total del tubo}} \quad (10)$$

e. Capacidad de formación de espuma.

Se utilizó el método recomendado por Lin *et al.*, 1974. Se pesaron 6 gr de aislado proteico y se agregó 200 ml de agua destilada. Se batieron por 6 min a máxima velocidad. El resultado de este batido se transfirió a una probeta graduada, donde se fue calculando el % del volumen incrementado, según la fórmula siguiente (ecuación 11):

$$\text{Capacidad de formación de espuma} = \frac{\text{Vol. después del batido} - \text{Vol. antes del batido}}{\text{Vol. total del batido}} \quad (11)$$



f. Estabilidad de espuma.

Se determinó empleando el método recomendado por Lin et al., 1974. A continuación del procedimiento anterior, se fue midiendo el volumen de la espuma en la probeta en los tiempos de 1, 10, 20, 30, 40 50, 60 y 120 min y los que se midieron según la fórmula siguiente (ecuación 12):

$$\text{Estabilidad de la espuma} = \frac{\text{Vol. de la espuma a un tiempo determinado}}{\text{Vol. total del batido}} \quad (12)$$

g. Gelificación.

Se midió según el método de Circle et al, citado por Miller et al, 1976, pero con una modificación realizada por Araya, 1995, la cual consistió en trabajar en una concentración del 40% del aislado proteico (en vez de trabajar con concentraciones desde el 5% al 20%, ya que Taboada (1990), reportó que no hubo Gelificación con dichas concentraciones). Por lo tanto se prepararon muestras al 40% de concentración del aislado proteico. Estos se pusieron en tubos de ensayos y se calentaron a baño María por 20 min a 75° C. Posteriormente se enfriaron durante 60 min a 4°C. Los tubos se agitaron de manera de determinar la estabilidad del gel formado. Luego los tubos con geles estables se dejaron en posición invertida a T° ambiente por 30 min.

7.2.7 Propiedades funcionales a partir del grano completo.

Para medir las propiedades funcionales directamente del grano entero, se utilizaron granos de quinua tostadas y sin tostar.

a. Obtención de la harina de quinua.

La harina de quinua es el polvo que resulta de la molienda del grano entero desaponificado tostado o sin tostar. Este proceso se realizó tal como se indica en la figura 20.

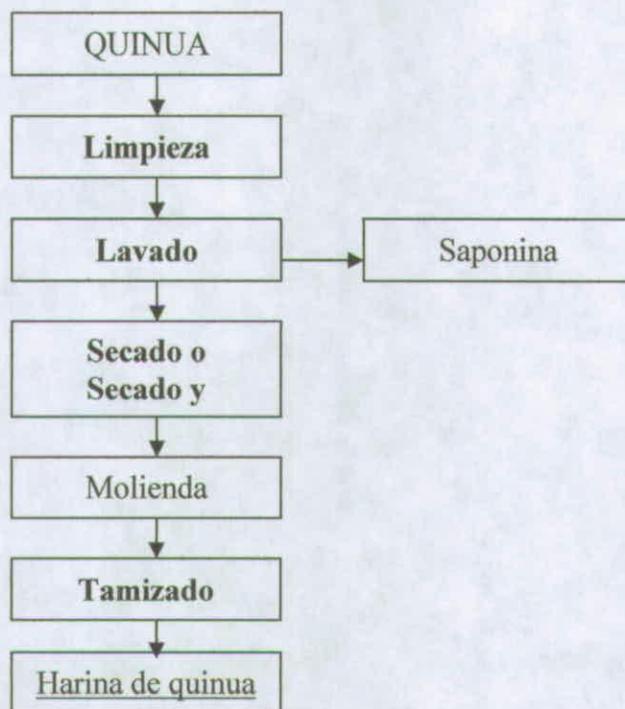


Figura 20. Diagrama del flujo del proceso para la obtención de la harina a partir de grano sin tostar

c. Análisis de las propiedades funcionales

Para ambos casos (harina con y sin tostar), las propiedades funcionales medidas fueron las mismas que para el germen desgrasado: Capacidad de absorción de agua (Berschat *et al.*, 1979), Capacidad de absorción de grasa (Lin *et al.*, 1974), Capacidad emulsificante (Wang *et al.*, 1976), Estabilidad emulsificante (Yasumatsu *et al.*, 1972), Capacidad de formación de espuma (Lin *et al.*, 1974), Estabilidad de espuma (Lin *et al.*, 1974), Gelificación (Circle *et al.* citado por Millar *et al.*, 1976).



7.2.8 Planta de procesamiento de quínoa

La metodología propuesta para este punto está dividida en definición de los equipos a comprar, compra de equipos y puesta en marcha de los equipos comprados.

a. Definición de la línea de proceso

El diseño de la línea de proceso se realizó considerando la forma de actual de procesamiento de la comunidad Aymara de Ancovinto, considerando además parámetros técnicos de nivel de saponina y tamaño de los granos.

b. Equipos a comprar

Una vez definido el lay – out de procesamiento, se definieron los equipos y tamaño de estos. Se entregaron a los oferentes los parámetros de entrada en saponina, y las normas definidas por Zavaleta (1990) para los parámetros de saponina a la salida del escarificador y al final del proceso.

c. Puesta en Marcha de los equipos

Se midió en cada uno de los equipos la cantidad de alimentación y de salida del equipo de modo de definir la merma. También se evaluó en los equipos de escarificado y lavado la cantidad de saponina inicial y final usando el método de Koziol (1990).



8 CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO

Investigadores responsables: Dr. y Mg Desarrollo Rural y Agroecología. Alvaro Carevic Rivera; Dr y Mg Cs. Agropecuarias Jorge Arenas Charlín; Ing. Ejec. Agrícola, Licenciado en agronomía Andrés Salinas Barraza

8.1 Introducción

La idea central de esta actividad fue la de realizar una mirada a todas las formas de asociatividad que existen en la legislación Chilena. Lo cual, fue el primer paso para la creación de una unidad de negocios para la producción mejorada de quinua dentro del territorio de la comunidad de Ancovinto. La operacionalidad de esta idea no fue fácil poder realizarla, en particular porque se trataba de generar confianzas entre dos mundos muy distantes, debido a la reticencia inicial de la comunidad. Por esta razón, la participación de la comunidad tuvo una especial relevancia ya que se consideró que los campesinos aymaras debían ser actores de su propio desarrollo y no espectadores del mismo.

El término de asociatividad productiva se refiere a alianzas estratégicas generalmente estables que permitan sinergia entre los agricultores aymaras y la complementariedad con su medio de producción.

Permitiéndoles a los agricultores aymaras de la comunidad de Ancovinto, que puedan obtener mayor poder de negociación, tanto para vender como para comprar, pero también para procesar sus productos.

Se propició, la asociatividad dándoles a conocer las diversas figuras legales y regimenes jurídicos que los represente, no importando como se llame esta, convencidos de que les entregará una imagen empresarial a todos los que están integrados a esta figura asociativa. Los objetivos del presente estudio fueron:

- Promover la asociatividad entre los miembros de la comunidad Aymara de Ancovinto
- Convertir a la comunidad Aymara de Ancovinto en una figura formal de negociación, incentivándolos a la creación de una organización sólida de productores, con una alta capacidad de gestión productiva y comercial.



- Desarrollar un enfoque empresarial a las actividades productivas que les permita un desarrollo y los posibilite al desarrollo con una adecuada valorización de los puntos críticos como lo son el mercado y su territorio.

8.2 Metodología

Se optó por llevar adelante una metodología participativa donde la concepción del diálogo de saberes fuera la esencia para poder generar una verdadera participación comunitaria. Muchas veces tanto las decisiones técnicas en el ámbito productivo como aquellas relacionadas con las actividades comerciales organizativas fueron tomadas en función de discusiones que permitían consensuar el conocimiento endógeno (la comunidad) y el exógeno (los profesionales del proyecto). Las actividades se realizaron base a talleres y charlas.

Las diferentes etapas de la actividad se detallan a continuación:

8.1 Taller: Importancia de la asociatividad

El enfoque estuvo basado en resaltar la importancia de la asociatividad y como esta es crucial para el desarrollo del territorio productivo de toda la zona del Altiplano Chileno.

8.2 Taller Organizaciones posibles de formar

Taller con las diferentes alternativas comerciales, destacando las Cooperativas Agrícolas y las Sociedades Anónimas.

8.3 Formas Jurídicas de Cooperativas y Sociedades Anónimas

Estructuras legales para la formación de las organizaciones económicas campesinas en Chile (sociedades civiles, económicas y otras).

8.4 Estudio de un caso Real

Experiencia de una cooperativa en pleno funcionamiento.

8.5 Normas tributarias de las diferentes alternativas asociativas

Tributaciones que cada organización debe realizar



8.6 Elección de Forma asociativa

Reunión de trabajo entre los miembros de la comunidad para decidir forma organizacional que desean.

8.7 Formalización de la Cooperativa

Asesoría jurídica para constituir la opción asociativa elegida por los agricultores



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

IV RESULTADOS

PROYECTO:

63

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



1. ANTECEDENTES METEOROLÓGICOS SECTOR VILAKUYO, COMUNA DE COLCHANE, PROVINCIA DE IQUIQUE, I REGIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL SECTOR.

Investigadores responsables: Ing. Agrónomo. Dr. Jorge Arenas e Ing. Agrónomo Marcelo Lanino

1.1 Temperaturas

Los datos de temperaturas recogidos hasta el mes de febrero de 2008 se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Temperaturas medias, máximas y mínimas medidas entre los años 2006 a 2008.

AÑO	TEMPERATURAS MEDIAS											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	11,2	11,1	12,1	9,2	5,5	2,9	2,2	5,2	7,1	10,0	12,2	12,9
2007	12,0	11,5	11,1	10,1	6,6	5,4	3,8	7,6	8,3	10,5	8,8	11,4
2008	10,5	11,1	10,6	7,7	4,0							
AÑO	TEMPERATURAS MAXIMAS											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	23,1	22,2	23,2	20,7	17,2	16,2	15,9	17,5	20,1	23,1	23,6	24,1
2007	24,4	24,1	21,4	20,9	18,8	17,9	15,8	19,6	19,9	23,0	21,9	22,9
2008	20,9	22,4	21,5	21,2	17,7							
AÑO	TEMPERATURAS MÍNIMAS											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	0,3	-6,1	-1,1	-7,6	-12,4	-14,5	-17,0	-14,6	-14,2	-8,7	-4,5	-5,2
2007	-4,6	-4,1	-1,1	-8,5	-13,6	-14,8	-17,6	-10,4	-9,2	-6,9	-8,5	-5,8
2008	2,1	-4,8	-3,7	-12,6	-15,3							

Se puede observar en las temperaturas medias, que entre mayo a agosto corresponde al periodo más frío de la temporada, las temperaturas comienzan a elevarse a partir de septiembre. Sin embargo las temperaturas promedios no superan los 13°C. Las máximas absolutas se presentan entre los meses de octubre a marzo, coincidentemente los agricultores sincronizan el ciclo del cultivo de la quinua con este periodo. A pesar de ser la época más cálida del altiplano, existe la ocurrencia de heladas ocasionales con temperaturas absolutas que pueden descender hasta los -8,7°C.

Debido a las condiciones altitudinales, es posible esperar que las bajas temperaturas se mantengan durante gran parte del año, dificultando el establecimiento de las pocas especies



cultivadas. Estos datos permiten inferir el alto grado de resistencia que presenta la quinua a las condiciones tan adversas del altiplano.

También permite establecer que dado el corto periodo libre de heladas, se requiere de la búsqueda de variedades más precoces, que se desarrollen rápidamente para reducir los efectos de estas bajas temperaturas.

Las temperaturas mínimas reflejan que durante todos los meses del año se producen temperaturas bajo cero, siendo el mes de julio el que registra las menores temperaturas. Estas bajas temperaturas que ocurren durante el invierno restringen casi absolutamente cualquier producción agrícola que se realice al aire libre. Entre un año y otro, para un mismo mes no se observa, una gran variabilidad de las temperaturas.

En los cuadros 11 al 14 se presentan las temperaturas se ordenan por mes y por hora del día.

Cuadro 11. Temperaturas entre las 1 a las 6 de la madrugada

	01:00-06:00		
	2006	2007	2008
Enero	7,8	7,3	7,2
Febrero	7,4	6,6	5,9
Marzo	8,1	6,9	5,3
Abril	4,2	4,7	1,6
Mayo	0,3	1,5	-2,5
Junio	-3,1	-0,6	
Julio	-5,4	-1,7	
Agosto	-0,9	3,1	
Septiembre	0,6	2,5	
Octubre	3,8	3,9	
Noviembre	6,0	1,8	
Diciembre	6,1	5,3	

Entre las 1 a las 6 de la madrugada se presentan las menores temperaturas promedio del día, así también en este periodo es cuando ocurren las heladas. Pasado este periodo de tiempo, las temperaturas comienzan a elevarse (Cuadro 12)



Cuadro 12. Temperaturas entre las 7 a las 12 horas

	07:00-12:00		
	2006	2007	2008
Enero	8,5	9,7	9,3
Febrero	7,7	8,7	8,5
Marzo	8,4	8,9	7,9
Abril	4,0	6,5	3,4
Mayo	-0,7	3,7	0,0
Junio	-2,5	1,0	
Julio	-3,4	-0,2	
Agosto	0,5	4,2	
Septiembre	3,5	5,0	
Octubre	7,2	8,3	
Noviembre	10,5	7,1	
Diciembre	10,8	9,5	

Sin embargo, aun cuando existe un incremento de las temperaturas, se mantiene el riesgo de heladas, especialmente durante los meses de invierno, tal como se refleja en el cuadro 11.

Entre las 13 y 18 horas (Cuadro 13), las temperaturas alcanzan su máximo, no presentándose heladas, aun en invierno. Lo cual nos muestra una particularidad del clima en dicha zona, como es un invierno cálido, caracterizado por bajas temperaturas nocturnas y altas diurnas.

Cuadro 13. Temperaturas entre las 13 a las 18 horas

	13:00-18:00		
	2006	2007	2008
Enero	16,5	18,6	15,4
Febrero	16,8	18,6	18,5
Marzo	18,3	17,2	18,1
Abril	17,0	18,2	16,5
Mayo	13,7	14,2	13,6
Junio	12,1	14,0	
Julio	12,7	11,9	
Agosto	13,9	15,1	
Septiembre	16,0	16,2	
Octubre	18,5	19,0	
Noviembre	20,4	17,4	
Diciembre	21,1	19,3	

PROYECTO:

66



Durante esta parte del día, las temperaturas alcanzan, en promedio, el doble del valor que ocurre antes del mediodía. Pasado este periodo las temperaturas nuevamente comienzan a descender (Cuadro 14), encontrándose las menores temperaturas entre los meses de mayo a septiembre, coincidentemente con lo mostrado en el cuadro 2 donde las temperaturas nocturnas también alcanzan su mínimo en dichos meses.

Esta situación avala las épocas de siembra determinada por los agricultores, quienes normalmente siembran a partir de fines de septiembre, pero principalmente en octubre.

Cuadro 14. Temperaturas entre las 19 a las 00 hora

	19:00-24:00		
	2006	2007	2008
Enero	12,2	12,4	10,6
Febrero	12,6	12,2	11,7
Marzo	13,5	11,5	11,5
Abril	11,9	11,1	9,3
Mayo	8,5	7,2	5,7
Junio	5,3	7,3	
Julio	4,9	5,2	
Agosto	7,4	8,0	
Septiembre	8,6	9,5	
Octubre	10,6	11,1	
Noviembre	12,2	9,1	
Diciembre	13,4	11,5	

1.2 Humedad relativa (%)

La humedad relativa muestra el periodo comprendido entre los meses abril a diciembre como los menos húmedos con valores que no superan 28% (Cuadro 15), lo que denota la gran demanda de agua que tiene la atmósfera en esos lugares.



Cuadro 15. Humedad Relativa del sector de Vilakuyo

AÑO	HUMEDAD RELATIVA MEDIA											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	50,6	49,5	47,7	27,5	20,4	16,5	12,7	17,0	14,3	18,0	20,1	23,6
2007	42,9	40,9	48,5	25,1	23,6	21,8	20,1	16,4	22,3	14,6	11,6	27,4
2008	61,7	38,4	36,6	19,1	13,3							
AÑO	HUMEDAD RELATIVA MAXIMA											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	87,0	88,0	87,0	77,0	85,0	49,0	32,0	59,0	55,0	78,0	73,0	69,0
2007	94,0	91,0	90,0	67,0	63,0	62,0	56,0	44,0	71,0	51,0	52,0	88,0
2008	94,0	89,0	81,0	64,0	55,0							
AÑO	HUMEDAD RELATIVA MÍNIMA											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	10,0	10,0	13,0	6,0	4,0	3,0	4,0	3,0	3,0	3,0	4,0	5,0
2007	7,0	6,0	13,0	8,0	3,0	7,0	3,0	4,0	4,0	3,0	3,0	6,0
2008	16,0	9,0	10,0	5,0	6,0							

La mayor humedad relativa ocurre durante el verano de cada año, disminuyendo a su valor mínimo durante los meses de invierno. La gran variación entre las mayores y menores humedades relativas determina para el sector condiciones ambientales altamente estresantes para las plantas, especialmente durante el invierno, cuando ocurren las menores humedades relativas y no existen precipitaciones. No se observa una gran diferencia entre un año y otro para las humedades relativas registradas para un mes en particular.

1.3 Velocidad del viento

Si bien son bajas las velocidades promedio del viento, durante todo el año las velocidades máximas están por sobre los 9 metros por segundo (Cuadro 16). Esta es una dificultad de manejo, especialmente en lo relativo al control del contenido de humedad del suelo. La alta velocidad del viento implica un rápido secamiento de la superficie del suelo, lo cual es negativo si las plantas no tienen gran arraigamiento, sin embargo, este secamiento superficial permite disminuir la pérdida por evaporación más allá de la estrata seca del suelo.



Cuadro 16. Velocidad del viento en el sector de Vilakuyo

AÑO	VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	2,8	2,8	2,3	2,2	2,4	2,0	1,8	2,8	3,0	3,5	3,6	3,3
2007	3,0	3,3	2,6	3,0	3,4	2,2	3,2	4,6	3,4	3,4	3,5	3,4
2008	2,7	3,2	2,7	3,1	2,7							
AÑO	VELOCIDAD DEL VIENTO MAXIMA											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	8,9	10,7	8,9	8,0	8,0	11,6	8,9	10,3	9,4	9,4	9,8	9,8
2007	9,4	10,3	8,5	10,7	9,8	8,9	13,0	12,5	10,3	11,6	10,3	9,8
2008	9,8	9,8	9,4	9,8	8,5							

La alta velocidad del viento también define una restricción para las estructuras que se instalen en el sector, siendo poco efectivas las cortinas cortaviento, ya que con esas magnitudes de viento, es muy probable que estas estructuras se rompan fácilmente.

1.4 Dirección y velocidad del viento según hora del día

En los cuadros 17 al 20, se ordena la información para 4 períodos del día (01:00 – 06:00; 07:00 – 12:00; 13:00 – 18:00 y 19:00 – 24:00), considerando las direcciones predominantes del viento y sus velocidades.

Cuadro 17. Duración, velocidad y dirección del viento entre las 01 a las 06 horas.

AÑO	01:00 - 06:00											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	ENE	ENE	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
	2,2	2,2	1,4	1,6	1,9	1,3	1,0	1,9	2,1	2,7	2,6	1,9
2007	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
	1,9	2,1	1,5	2,1	2,3	1,3	2,4	4,0	2,3	2,3	2,3	2,3
2008	E	E	E	E	E							
	1,5	2,1	1,9	2,1	2,0							



Durante este período del día la dirección predominante es del E, con velocidades del viento que, por lo general, no son superiores a los 2,5 m/s. Los meses con mayor velocidad de viento se concentran entre octubre y noviembre, en tanto que los meses más calmos entre junio a julio.

A partir de la 07 horas la velocidad del viento disminuye, manteniéndose la misma tendencia que el periodo anterior. Siendo los meses de junio a julio los con menor velocidad del viento (Cuadro 18).

Cuadro 18. Duración, velocidad y dirección del viento entre las 07 a las 12 horas.

AÑO	07:00 - 12:00											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	ENE	ENE	E	E	E	E	WSW	WSW	E	WNW	ENE	E
	1,5	1,3	0,8	0,7	0,8	0,5	0,5	1,2	1,5	1,5	1,8	1,6
2007	W	E	NW	WNW	E	ESE	E	E	SE	E	NW	WNW
	1,2	1,5	1,1	1,1	1,8	0,9	1,7	2,3	1,5	1,4	1,6	1,4
2008	E	WNW	WNW	ESE	E							
	1,3	1,2	1,0	0,9	1,3							

Durante este segundo período, existe una mayor variabilidad en los vientos predominantes, siendo las velocidades del viento significativamente menor que durante el periodo anterior, sin superar los 2,0 m/s.

Después del mediodía se mantiene la variabilidad en la dirección de los vientos, sin embargo se observa un significativo incremento en la velocidad de los vientos, incrementándose en más de un 100% la velocidad del viento (Cuadro 19).

Cuadro 19. Duración, velocidad y dirección del viento entre las 13 a las 18 horas.

AÑO	13:00 - 18:00											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	ENE	ENE	E	E	W	W	W	W	W	W	W	W
	3,2	3,4	2,9	2,9	3,4	3,2	3,0	4,0	4,5	4,4	4,4	4,1
2007	E	WNW	W	W	ESE	W	W	ESE	ESE	WNW	ESE	WNW
	3,8	4,0	3,4	3,6	5,3	3,6	4,6	5,7	4,7	4,3	4,7	4,0
2008	WNW	W	W	W	W							
	3,4	4,1	3,6	3,8	4,1							



Al término del día se mantienen las altas velocidades del viento, sin embargo, la dirección del viento se hace menos variable que durante el período anterior del día (Cuadro 20).

Cuadro 20. Duración, velocidad y dirección del viento entre las 19 a las 24 horas.

AÑO	19:00 - 24:00											
	Enc	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	ENE	ENE	E	E	E	E	E	E	E	E	ESE	ESE
	4,3	4,3	4,2	3,7	3,7	2,8	2,5	4,3	4,5	5,6	5,8	5,5
2007	ESE	ESE	E	E	E	E	E	E	E	E	ESE	ESE
	5,2	5,7	4,3	4,9	4,2	3,2	4,1	6,2	5,1	5,5	5,8	5,9
2008	ESE	ESE	E	E	W							
	4,0	5,3	4,4	5,1	3,5							

Las velocidades promedio del viento presentan la particularidad que son bajas, durante todo el año. Sin embargo, las velocidades máximas están por sobre los 8 metros por segundo. Esta situación crea una dificultad de manejo, especialmente en lo relativo al control del contenido de humedad del suelo. La alta velocidad del viento implica un rápido desecamiento de la superficie del suelo, lo cual es negativo si las plantas no tienen gran arraigamiento, sin embargo, este desecamiento superficial permite disminuir la pérdida por evaporación más allá de la estrata seca del suelo. Este comportamiento del suelo es positivo para las plantas que han logrado enraizar más allá de la zona de la estrata seca del suelo, ya que al disminuirse la evaporación a un mínimo, el agua del suelo podrá ser usada principalmente por las plantas cuando estas transpiren, constituyendo esto un mejor aprovechamiento del agua del suelo.

1.5 Precipitaciones

Las lluvias son un evento que, se concentraron principalmente entre los meses de enero hasta marzo, para después existir un período seco prolongado hasta el mes de octubre (Cuadro 21).



Cuadro 21. Precipitaciones mensuales entre los años 2006 al 2008 en el sector de Vilakuyo

AÑO	TOTAL (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	48,6	17,2	10,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,8	0,4
2007	48,0	24,8	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	24,4
2008	93,8	8,8	2,4	0,0	0,0							
AÑO	Dias con											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2006	7	6	8	2	0	0	0	0	0	1	2	1
2007	6	7	8	0	0	0	0	0	1	0	0	3
2008	11	4	2	0	0							

A pesar de la regularidad del periodo con lluvias dentro de cada, las cantidades precipitadas son altamente irregulares entre un año y otro (Cuadro 22).

Cuadro 22. Precipitaciones acumuladas en el sector de Vilakuyo

AÑO	PRECIPITACIONES (mm)
2006	145,8
2007	119,0
2008	102,6

Aun cuando sólo se han registrado 2 meses de precipitaciones durante el año 2008, estos meses han sido más lluviosos que todo el año 2006. A pesar de ello, las siembras en dicha temporada fueron significativamente menores debido a la escasa humedad acumulada en el suelo consecuencia de las reducidas precipitaciones ocurridas entre enero y marzo tanto en el periodo 2005-2006 y en el 2006-2007. Durante diciembre del 2005 hubo precipitaciones por 18,4 mm, con lo cual la humedad que potencialmente fue almacenada alcanzó los 98,2 mm, lo que determinó la baja humedad del suelo disponible para las siembras del año 2006.

En el 2007 se acumularon solo 119 mm de precipitaciones, los cuales podrían ser un beneficio para las siembras del año 2008. En los cuadros 22 al 26 se ordenan las precipitaciones de acuerdo al mes y hora de ocurrencia.



Cuadro 23. Precipitaciones según hora de ocurrencia: 01 a 06 horas.

	01:00-06:00		
	2006	2007	2008
Enero	11,6	16,6	25,6
Febrero	9,8	10,8	0,2
Marzo	0,2	2,6	0,4
Abril	1,4	0,0	0,0
Mayo	0,0	0,0	0,0
Junio	0,0	0,0	
Julio	0,0	0,0	
Agosto	0,0	0,0	
Septiembre	0,0	0,0	
Octubre	0,0	0,0	
Noviembre	0,2	0,0	
Diciembre	0,0	0,8	
TOTAL	23,2	30,8	26,2
	26,4%	25,9%	25,0%

En las primeras horas del día se concentra aproximadamente el 25% de las lluvias totales del año. Durante el día (07 a las 12,00 horas y 13 a las 18 horas), las precipitaciones disminuyen significativamente respecto de lo que llueve durante la madrugada (Cuadros 24 y 25).

Cuadro 24. Precipitaciones según hora de ocurrencia: 07 a 12 horas.

	07:00-12:00		
	2006	2007	2008
Enero	4,4	3,4	10,4
Febrero	0,2	8,0	0,2
Marzo	0,0	1,4	
Abril	0,0	0,0	
Mayo	0,0	0,0	
Junio	0,0	0,0	
Julio	0,0	0,0	
Agosto	0,0	0,0	
Septiembre	0,0	0,0	
Octubre	0,0	0,0	
Noviembre	0,0	0,0	
Diciembre	0,0	3,6	
TOTAL	4,6	16,4	10,6
	5,2%	13,8%	10,3%

PROYECTO:



Cuadro 25. Precipitaciones según hora de ocurrencia: 13 a 18 horas.

	13:00-18:00		
	2006	2007	2008
Enero	1,6	8,2	11,6
Febrero	2,4	3,0	6,2
Marzo	1,4	8,0	
Abril	0,2	0,0	
Mayo	0,0	0,0	
Junio	0,0	0,0	
Julio	0,0	0,0	
Agosto	0,0	0,0	
Septiembre	0,0	2,0	
Octubre	1,2	0,0	
Noviembre	0,6	0,0	
Diciembre	0,4	0,4	
TOTAL	7,8	21,6	17,8
	8,9%	18,2%	17,3%

Las precipitaciones se concentran en la noche, donde se recibe aproximadamente el 50% de las lluvias (Cuadro 26).

Cuadro 26. Precipitaciones según hora de ocurrencia: 19 a 24 horas.

	19:00-24:00		
	2006	2007	2008
Enero	31,0	19,8	46,2
Febrero	12,6	3,0	2,2
Marzo	8,4	7,8	
Abril	0,2	0,0	
Mayo	0,0	0,0	
Junio	0,0	0,0	
Julio	0,0	0,0	
Agosto	0,0	0,0	
Septiembre	0,0	0,0	
Octubre	0,0	0,0	
Noviembre	0,0	0,0	
Diciembre	0,0	PROYECTADO 19,6	
TOTAL	52,2	50,8	48,4
	59,5%	42,2%	47,2%



Comparación entre años 2006 y 2007

Durante el periodo de los meses de verano del 2007 (enero a marzo), llovió un 38% menos que durante el año anterior, siendo esta disminución especialmente aguda durante el mes de enero, cuando las precipitaciones disminuyeron en un 48% (Cuadro 27).

Cuadro 27. Comparación de precipitaciones entre los años 2006 y 2007

MES	2006		2007	
	Días con lluvia	Lluvia	Días con lluvia	Lluvia
Enero	13	90,6	10	48,0
Febrero	12	45,4	10	24,8
Marzo	13	13,2	13	19,8
TOTAL	40	149,2	33	92,6

Esta alta variabilidad en las precipitaciones entre un año y otro, pueden explicar la alta variabilidad en los rendimientos esperados entre un año y otro. Lo anterior resalta la importancia que el manejo de riego puede tener para aminorar la alta variabilidad ambiental definida por las precipitaciones y aumentar considerablemente el rendimiento promedio del cultivo.

1.6 Heladas

Durante los meses de otoño, invierno y comienzos de primavera, las heladas son un fenómeno de ocurrencia casi diaria (Cuadro 28). Durante los primeros meses del año, la ocurrencia de heladas disminuye a un mínimo, tanto en los días por mes con heladas, como en las horas diarias con temperaturas bajo cero.

Cuadro 28. Ocurrencia de heladas en el sector de Vilakuyo

AÑO	Días con											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2006	0	4	2	20	27	27	30	26	25	18	10	11
2007	3	6	1	17	24	25	24	16	23	19	23	7
2008	0	7										
AÑO	Horas con											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2006	0,0	2,3	1,5	4,3	6,1	8,3	10,1	6,8	5,4	3,4	2,2	2,7
2007	2,0	1,8	1,0	3,5	4,5	6,9	8,0	4,4	4,3	2,7	4,1	2,6
2008	0,0	1,7										



Durante los meses de otoño, invierno y comienzos de primavera, las heladas son un fenómeno de ocurrencia casi diaria. A partir de octubre y hasta fines de marzo, la ocurrencia de heladas disminuye a un mínimo, tanto en los días por mes con heladas, como en las horas diarias con temperaturas bajo cero. Por ejemplo, durante enero ocurrió 3 días con helada y, durante esos días, solamente durante 2 hora la temperatura estuvo bajo 0°C.

Sin embargo, durante el mes de junio hubo entre 25 a 27 días con heladas y, cada día tuvo en promedio 7 horas con temperaturas inferiores a 0°C.

Es posible que las heladas más perjudiciales sean las que ocurren durante la floración, ya que pueden implicar aborto floral en las plantas (Cuadro 29). Para evaluar este efecto se llevó a cabo una tesis de pregrado.

Cuadro 29. Relación entre los días con heladas y los estadios fenológicos

	Estado fenológico	Fecha	Días con heladas	Horas con helada por día	Temperatura mínima
1	Siembra	16/11-20/11	0	0,0	0,5
2	Emergencia	21/11-24/11	0	0,0	0,0
3	Aparición de cotiledones	25/11-28/11	1	1,0	-0,6
4	2 hojas verdaderas	29/11-10/12	7	3,2	-5,2
5	4 hojas verdaderas	11/12-21/12	4	3,9	-6,8
6	6 hojas verdaderas	22/12-01/01	2	3,0	-3,1
7	Ramificación e inicio de panojamiento	02/01-10/01	1	1,0	-0,8
8	Inicio de floración	11/01-17/01	0	0,0	1,6
9	Floración	18/01-25/02	5	2,4	-4,6
10	Grano lechoso	26/02-22/03	1	2,0	-0,3
11	Grano pastoso	23/03-01/04	1	1,0	-1,1
12	Madurez fisiológica	02/04-08/04	0	0,0	0,5

Fuente: Proyecto FIA UNAP

1.7 Horas frío acumuladas

El sector tiene una gran acumulación de horas de frío (Cuadro 30), lo cual implicará que, de plantarse alguna especie frutal en la cercanía de la estación meteorológica, esta especie debiera tener altos requerimientos de horas frío para así evitar floraciones tempranas las cuales serían dañadas por las heladas.



Cuadro 30. Acumulación de horas frío en Vilakuyo

AÑO	Horas Frío (7 °C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2006	214,6	378,4	288,8	1.385,8	2.878,7	4.056,2	4.827,1	3.013,2	2.312,7	1.245,7	558,7	606,3
2007	319,2	469,0	369,0	1.070,4	2.116,2	2.833,8	3.480,4	1.599,9	1.569,3	1.088,4	1.574,4	692,7
2008	226,7	558,7										

AÑO	Unidades frío											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2006	272,5	196,0	154,5	161,5	291,5	282,0	234,5	298,0	202,0	145,5	69,0	28,0
2007	160,0	146,0	234,0	140,0	313,0	285,0	353,5	354,0	233,5	130,5	167,0	128,0
2008	347,0	148,5										

1.8 Días grado

El desarrollo de la mayoría de los seres vivos está controlado por un reloj interno que esta definido por los días grado acumulados. Mientras antes se acumulen los días grado (DG) necesarios, antes las plantas alcanzarían un determinado estado fenológico como puede ser la producción de flores o de frutos. Esto está muy relacionado con el momento de la cosecha, por lo tanto, es fundamental elegir la variedad que complete su ciclo de acuerdo con los días grado del sector. El elegir una variedad que requiera de muchos DG en un sector con pocos días grado, implicará cosechas muy tardías, lo cual puede implicar menores precios de venta y mayores costos de producción. En el sector evaluado, la acumulación de DG se concentra entre octubre de un año y marzo del año siguiente. Posiblemente una búsqueda de variedades con menores requerimientos de DG podría permitir cosechas anticipadas en el sector.



Durante el período analizado, la acumulación de DG se concentra durante 2 períodos; enero – marzo y octubre – diciembre (Cuadro 31).

Cuadro 31. Días Grado en Vilakuyo

AÑO	Días Grado (10 °C- 25°C)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2006	79,0	76,0	103,1	74,4	36,8	18,6	24,0	35,3	58,0	92,6	119,0	140,4
2007	104,3	93,9	82,1	84,6	40,3	35,1	17,7	46,6	59,4	101,2	73,4	108,2
2008	61,6	87,7										

En la figura 21 se presenta una relación entre los días grados acumulados y los estadios de desarrollo de la quinua en el sector de Vilakuyo.

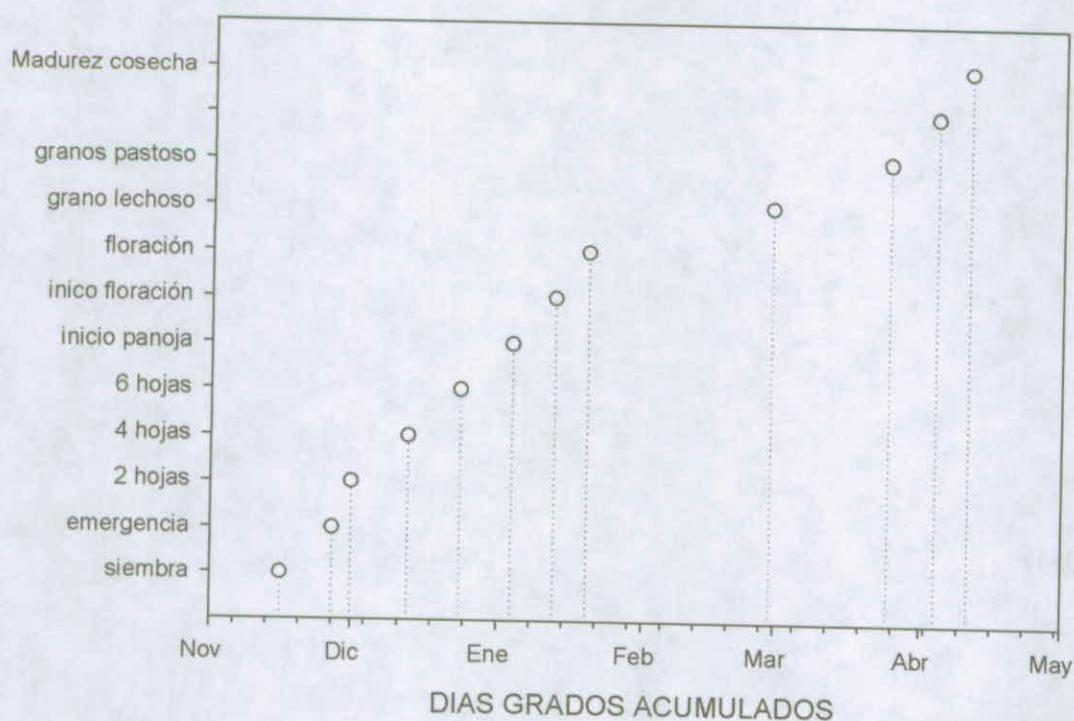


Figura 21. Relación entre los Días grado acumulados (DG) y la fenología de la quinua en el sector de Vilacollo, temporada 2006.

La cantidad de días grados requeridos por etapa de desarrollo se presenta en el cuadro 32.

Cuadro 32. Requerimientos de Días grados por etapa fenológica

Fecha	Etapa	Días grados
14-nov	siembra	-
25-nov	emergencia	72,5
29-nov	2 hojas	139,5
11-dic	4 hojas	243,0
22-dic	6 hojas	344,5
02-ene	inicio panoja	441,5
11-ene	inicio floración	534,0
18-ene	floración	596,5
26-feb	grano lechoso	940,0
23-mar	granos pastoso	1.161,5
02-abr	madurez fisiológica	1.243,5
09-abr	Madurez cosecha	1.303,5

Durante el período analizado, la acumulación de los Días Grado se concentra durante 2 períodos; enero – abril y octubre – diciembre. Dadas las condiciones ambientales descritas con anterioridad y, como consecuencia de los escasos días grado calculados, existirán serios problemas de maduración para muchos cultivos ya que difícilmente alcanzarán esta etapa fenológica. Deben privilegiarse los cultivos de ciclo más corto, ya que solamente ellos podrán llegar a la cosecha sin sufrir atrasos, cuando las bajas temperaturas disminuyan la velocidad de crecimiento y dañen las plantas y los cultivos.



1.9 Evapotranspiración

En el cuadro 33 se presentan un resumen de las evapotranspiraciones entre los años 2006 y comienzos del 2008.

Cuadro 33.- Evapotranspiración mensual en el sector de Vilakuyo

AÑO	ETO (mm/mes)											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2006	189,9	183,3	201,0	202,2	187,0	160,7	173,3	200,1	224,9	263,0	268,6	275,5
2007	232,5	214,1	193,4	227,2	194,5	174,4	183,4	239,5	226,8	278,1	261,5	264,3
2008	176,5	223,4										

Las evapotranspiraciones son máximas durante el verano, siendo noviembre y diciembre los meses con mayores demandas de agua. En el siguiente cuadro (Cuadro 34) se hace un resumen anual de las evapotranspiraciones registradas.

Cuadro 34. Evapotranspiración acumulada en el sector de la Vilakuyo

AÑO	ETO mm/año
2006	2529,4
2007	2689,7

Existe una alta demanda de agua por la atmósfera, siendo similar los valores anuales de evapotranspiración para los 2 años considerados. Otro antecedente relevante es que las precipitaciones solamente compensan una parte de lo evapotranspirado durante cada mes (Cuadro 35).



Cuadro 35. Comparación entre evapotranspiración y precipitaciones.

	2006		2007		2008	
	ET0	precipitaciones	ET0	precipitaciones	ET0	precipitaciones
Enero	189,9	48,6	232,5	48,0	176,5	93,8
Febrero	183,3	17,2	214,1	24,8	223,4	8,8
Marzo	201,0	10,0	193,4	19,8		
Abril	202,2	1,6	227,2	0,0		
Mayo	187,0	0,0	194,5	0,0		
Junio	160,7	0,0	174,4	0,0		
Julio	173,3	0,0	183,4	0,0		
Agosto	200,1	0,0	239,5	0,0		
Septiembre	224,9	0,0	226,8	2,0		
Octubre	263,0	1,2	278,1	0,0		
Noviembre	268,6	0,8	261,5	0,0		
Diciembre	275,5	0,4	264,3	24,4		

Además de concentrarse durante algunos meses del año las precipitaciones, estas alcanzan menos de un 50 % de lo evapotranspirado, lo cual define condiciones hídricas altamente restrictivas para las plantas. A pesar de la situación antes descrita, en el sector, existe una dinámica que contribuye a hacer menos restrictiva la escasez de agua, y esta es el secamiento superficial del suelo por efecto de los vientos de la tarde. El proceso anterior disminuye drásticamente la evaporación del agua desde el subsuelo permitiendo que se esta pueda conservar durante varios meses hasta el próximo período de siembra.

2.- DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE RIEGO

Investigadores responsables: Ing. agrónomo: Marcelo Lanino; Ing. E. Agrícola: Ana Riquelme e Ing. Agrónomo. Dr. y Mg Jorge Arenas

2.1 Ensayo de riego en Vilakuyo.

La siembra se realiza en entre septiembre a octubre, aprovechando el agua acumulada en el suelo para las primeras etapas del cultivo, como son la germinación y aparición de las primeras hojas. Las precipitaciones ocurren durante un período corto, tres meses, por lo que el cultivo de la quinua continúa su crecimiento y desarrollo contando sólo con el aporte de aquellas precipitaciones. Bajo estas condiciones el cultivo germina en forma escalonada y el campo se observa ralo, ya que existe poco cubrimiento. En cuanto a los rendimientos obtenidos con este sistema se consideran bajos (150 a 600 kg/ha).

De acuerdo a esta realidad se planteó un ensayo en la localidad de Vilacollo, Comuna de Colchane para apoyar algunas etapas del cultivo de quinua donde fuese más necesaria la humedad aprovechable y esta no fuese provista en forma natural, es decir, por las precipitaciones. Entonces nace la interrogante: ¿Cómo se podrían mejorar los rendimientos obtenidos hasta ahora en esta comunidad?, la suplementación del riego en momentos claves del desarrollo del cultivo (establecimiento y llenado de grano) unido a una fertilización base a nivel del suelo, provocarán un aumento en el rendimiento.

Es importante de analizar el sistema de cultivo, ya que debido a la incorporación de maquinaria, se ha modificado el sistema tradicional denominado mateado por siembras en surcos. De esta manera, se deja la semilla en el fondo de un surco, que tiene por finalidad llevar a la semilla cerca de las estratas con mayor humedad disponible y protegerlo de las condiciones ambientales (viento y bajas temperaturas). Además permite realizar un control de la erosión al afectar solo una parte del suelo.

Eso permitiría definir que existe una estructura básica de conducción que podría ser utilizada para riego (Figura 22).



Figura 22. Aspecto general de sector cultivado con quinua en la localidad de Vilakullo

De acuerdo a los datos meteorológicos, en el mes donde se realiza la siembra, se tiene un déficit de humedad a nivel atmosférico de 150 mm, valor que aumenta hasta el momento de las mayores precipitaciones.

2.2 Determinación de la Humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo se hace proporcionalmente menor en el transcurso del mes de febrero tanto a los 30 como a los 60 cm de profundidad. A los 30 cm es menor debido a los efectos de la evaporación. A partir de comienzo de marzo, donde las precipitaciones disminuyen las curvas de humedad tienden a tener un comportamiento similar en el perfil (figura 23).

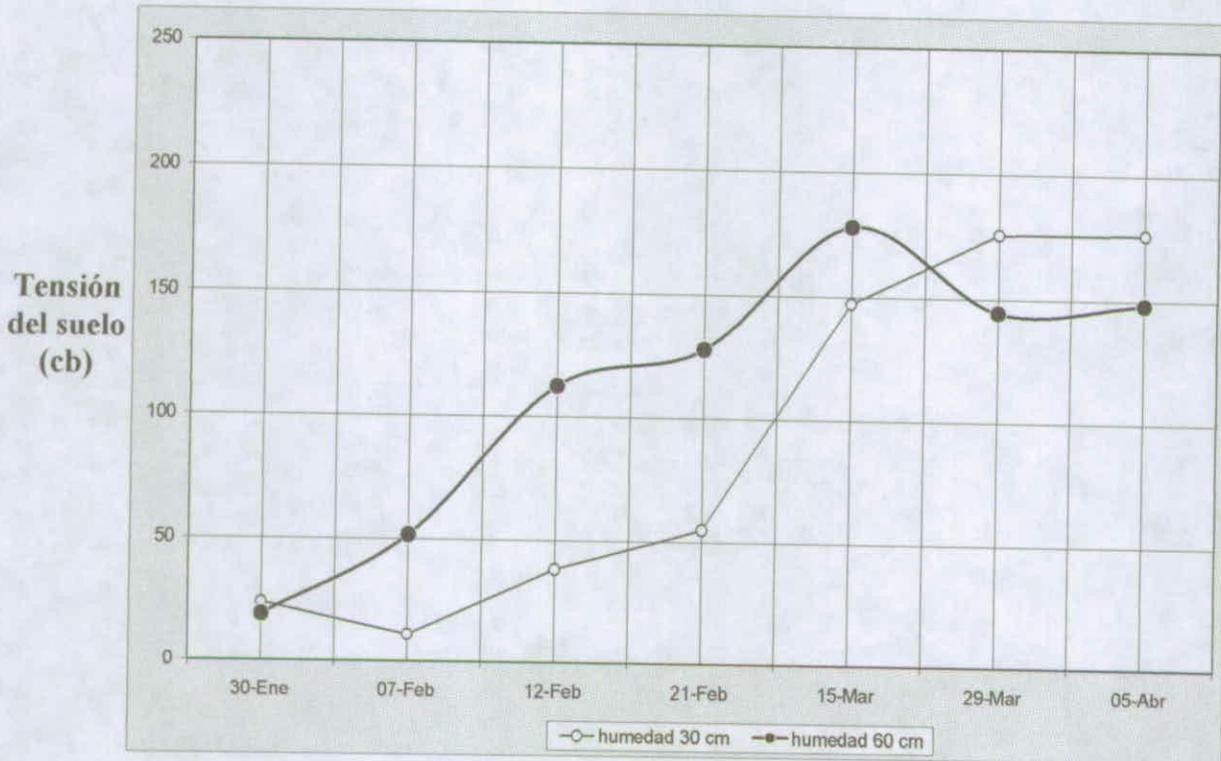


Figura 23. Humedad de suelo en el sector I. Vilakuyo

Por otro lado se realizó la prueba del cilindro infiltrómetro, en las figuras 24 a la 27 puede observarse el comportamiento del suelo después de algunos días después del riego.

Las infiltraciones acumuladas entre los 8 y 10 días después de haber aplicado riego, muestran que la velocidad de infiltración se mantiene cercana a los 10 cm/hora. Cuando han transcurrido 11 días desde que se aplicó el riego la velocidad de infiltración comienza a aumentar, ya que las precipitaciones (1,2 mm, en los días 20 y 21 de octubre) fueron bajas y los valores de evapotranspiración estuvieron en un promedio de 4,76 mm/día, produciendo un déficit de humedad de 152 mm.



Figura 24.- Infiltración acumulada 8 días después del riego

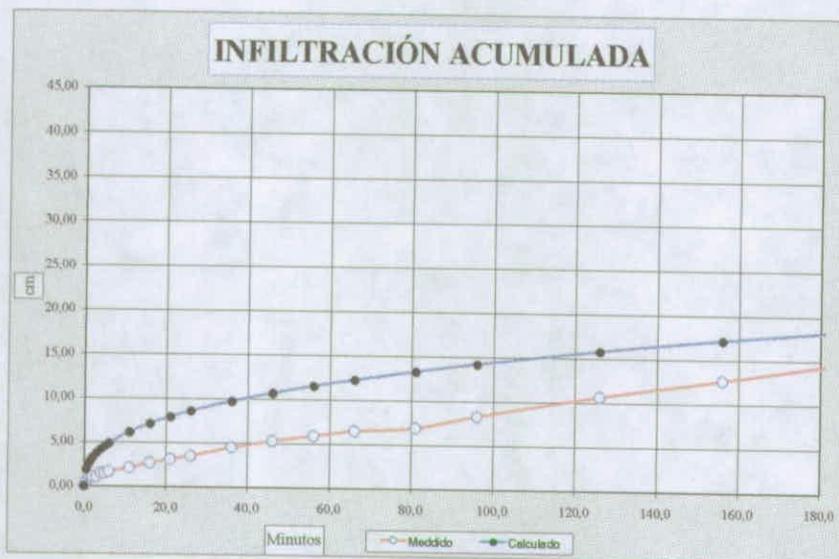


Figura 25.- Infiltración acumulada 9 días después del riego

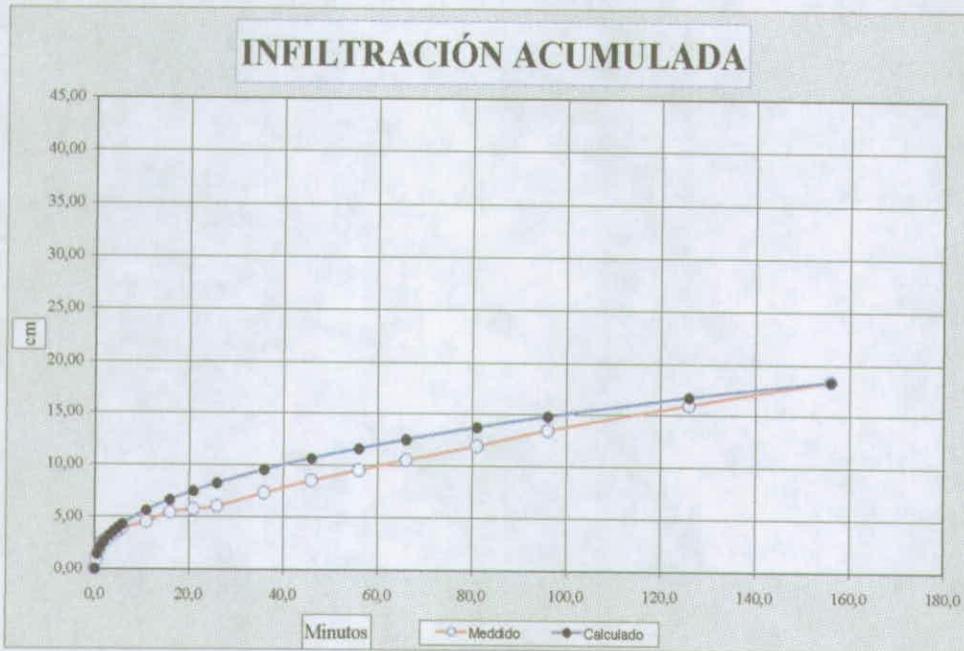


Figura 26. Infiltración acumulada 10 días después del riego

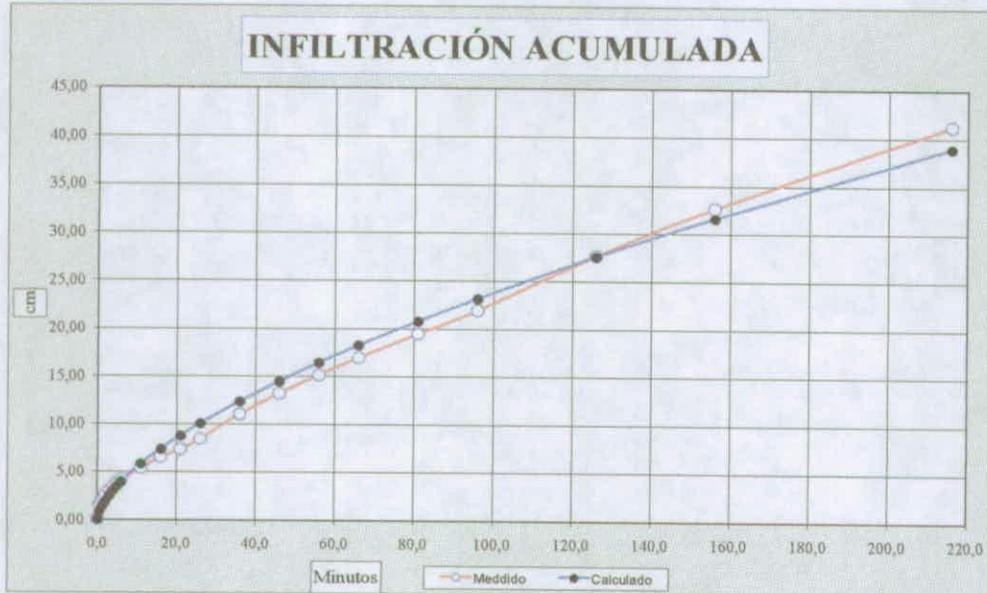


Figura 27. Infiltración acumulada 8 días después del riego



2.3 Cálculos de riego

El objetivo del riego es dejar el suelo a capacidad de campo. Esta humedad aprovechable debe estar disponible en la zona donde se concentran la mayor cantidad de raíces y raicillas. La profundidad donde se concentran mayoritariamente las raíces y raicillas es variable y dependerá de cada cultivo. Para el caso de la quinua, se puede considerar una profundidad máxima de 60 cm.

Para determinar la humedad aprovechable de los suelos de Vilacollo, se recolectaron muestras de suelo, determinándose en el laboratorio la Curva Característica de Humedad de suelo. Los datos obtenidos se entregan en el cuadro 36.

Cuadro 36. Parámetros para determinar la humedad aprovechable

Parámetros	%
0,3 bar (CC)	9,3
15,0 bares (PMP)	4,7
Humedad Aprovechable	4,6
Da (gr/cm ³)	1,36

Para el cálculo de la Humedad aprovechable, se utilizó la ecuación 13

$$HA = \frac{(CdC - PMP) \times Da \times Prof}{100} \quad (13)$$

Donde:

HA = Humedad Aprovechable (cm)

CC = Capacidad de campo

PMP = Punto de marchitez permanente

Da = Densidad Aparente

Prof = Profundidad expresada en cm

Reemplazando los valores se tiene:

$$HA = 37,54 \text{ mm}$$

$$HA = 375,36 \text{ m}^3/\text{ha}$$



Por lo que se necesitan 37,54 mm en este suelo para llegar a Capacidad de Campo (CC) hasta los 60 cm de profundidad si es que el riego se realiza cuando el suelo esta en la condición de marchitez permanente.

Sin embargo debido a que inicialmente solo se requiere mojar los primeros 30 centímetros, la cantidad de agua se puede reducir a la mitad, es decir 188 m³ por hectárea. Si aplicamos solamente agua a la superficie cultivada (surcos), se necesitan 94 m³. Para disponer de este volumen de agua es necesario contar con un pozo con un caudal de 1 L/s.

Existen muchas variedades de quinua, que se ubican a diferentes alturas y condiciones edafoclimáticas. Existen las que viven en lugares donde las precipitaciones alcanzan niveles sobre los 1000 mm, en cambio hay otras que lo hacen en lugares como el altiplano y sobreviven con 100 mm. Por lo que la necesidad de riego de este cultivo en cuanto a cantidad y momento de aplicación dependerá de la variedad utilizada, la que deberá estar adaptada a las condiciones de la zona.

Así, numerosos autores, señalan que el riego permite incrementar en forma significativa los rendimientos obtenidos, reportándose hasta 12 ton ha⁻¹, en donde se ha combinado riego y mejores condiciones de suelo y clima. Experiencias en la Estación Experimental Canchones, con riego por goteo y fertirrigación se han alcanzado valores de 10 ton ha⁻¹ (Delatorre *et al.*, 1995). Esto a diferencia de lo que reporta Miranda (2005), en Bolivia, donde el rendimiento promedio fue de 750 kg ha⁻¹, que se compara con lo que se menciona en Chile (600 kg ha⁻¹).

Los suelos de Vilacollo presentan un estrecho margen de humedad aprovechable (4,6%), lo que obliga a realizar riegos frecuentes.

Se considera que las necesidades de agua de los cultivos están representadas por la suma de la evaporación directa desde el suelo mas la transpiración de las plantas que es lo que comúnmente se conoce como evapotranspiración (ETP). Por esto, la evapotranspiración suele expresarse en mm de altura de agua evapotranspirada en cada día (mm/día) y es una cantidad que variará según el clima y el cultivo.

También es importante considerar el estado de desarrollo de las plantas al momento de regar, no presentan los mismo requerimientos plantas con 2 hojas que las plantas que se encuentran en pleno llenado del grano, estas últimas requieren más agua. Para corregir esta situación se emplea un término conocido como coeficiente de cultivo (Kc), este factor, describe las variaciones de la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la cosecha.



2.4 Evapotranspiración de referencia calculada y estimada.

El conocer la evapotranspiración de referencia (ET_r), es el primer paso para hacer un buen diseño de riego, tanto desde el punto de vista agronómico como hidráulico. Los datos contenidos en el cuadro de evapotranspiración diaria, son los primeros realizados en el sector a partir de datos reales obtenidos desde el mismo sector de análisis.

En la actualidad, para hacer los cálculos de riego se usan datos de evapotranspiración de referencia “oficiales” y que se encuentran en el “Mapa de la evapotranspiración de Chile. En el cuadro 37 se comparan los valores mensuales de ET_r calculados a partir de Penman Monteith (ET calculada) y los valores determinados oficialmente por la CNR para el sector (ET estimada)

Cuadro 37. Comparación de valores de ET_r calculados y estimados para el sector de Vilacollo

MES	AÑO		CNR
	2006	2007	
Enero	189,9	232,5	80,0
Febrero	183,3	214,1	78,0
Marzo	201,0	193,4	73,0
Abril	202,2	227,2	78,0
Mayo	187,0	194,5	67,0
Junio	160,7	174,4	54,0
Julio	173,3	183,4	57,0
Agosto	200,1	239,5	64,0
Septiembre	224,9	226,8	73,0
Octubre	263,0	278,1	86,0
Noviembre	268,6	261,5	92,0
Diciembre	275,5	264,3	90,0

Fuente: Proyecto FIA UNAP, y CNR “Mapa de evapotranspiración de Chile”



Se observan que la ETr determinada por la CNR, subvaloran los calculados a partir de los datos medidos localmente. En promedio, la diferencia entre ambos valores es superior al 40%, con lo cual, de no corregirse estos, las tasas de riego oficiales de la CNR son menores en un 40% a las calculadas a través de la fórmula de evapotranspiración para las condiciones locales. Lo anterior implicará las obras de riego que se construyan para el sector estarían subdimensionadas cerca de un 40% respecto de los caudales con los cuales se debieran regar los cultivos.

2.5 Cálculo de riego para la quinua

Así, para la estimación de la evapotranspiración de la quinua (ETc), se multiplicó el valor de ETr por un coeficiente específico de este cultivo (Kc). Con lo anterior, el valor de ETr, que corresponde a un valor de ET promedio para el sector, se transforma en un valor específico para el cultivo. El valor de Kc se obtiene a partir de la siguiente expresión (ecuación 14):

$$Kc = \frac{ETr}{ETc} \quad (14)$$

Los valores de Kc están relacionados con los estados fenológicos de las plantas y a las velocidades de crecimiento y desarrollo en cada estado. En el cuadro 38 se incluyen los estados fenológicos del cultivo durante la última temporada y que se midieron para el sector en donde se realizaron los ensayos.



Cuadro 38. Estadios fenológicos del cultivo de la quinua en Vilakuyo

	Estado fenológico	DIAS		Fecha
		Por estado	Acumulados	
1	Siembra	0	0	16 nov
2	Emergencia	5	5	21 nov
3	Aparición de cotiledones	5	10	25 nov
4	2 hojas verdaderas	5	15	29 nov
5	4 hojas verdaderas	16	31	11 dic
6	6 hojas verdaderas	11	42	22 dic
7	Ramificación e inicio de panojamiento	11	53	02 ene
8	Inicio de floración	9	62	11 ene
9	Floración	7	69	18 ene
10	Grano lechoso	39	108	26 feb
11	Grano pastoso	25	133	23 mar
12	Madurez fisiológica	10	143	02 abr
13	Madurez cosecha	7	150	09 abr

Fuente: Proyecto FIA UNAP



En la figura 28 se consideran en forma simultánea los días desde la siembra (eje X) y los respectivos valores de K_c (eje Y) para el cultivo de la quinua.



Fuente: Análisis de la Evapotranspiración de Referencia en el Altiplano Boliviano y Determinación de los Requerimientos de Riego de Quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). Magali García, Dirk Raes and S.-E. Jacobsen

Figura 28. Valores de K_c para la quinua durante su desarrollo desde emergencia a cosecha



2.6 Cálculo de la evapotranspiración del cultivo de la quinua (ETq).

A partir de la información anterior, se calcula la ETq para la quinua, los datos obtenidos se presentan en el cuadro 39.

Cuadro 39. Cálculo de ETq por estado fenológico y fecha

Estado Fenológico	Días		Fecha	ETr (mm/día)	Kc	ETc (mm)		
	Por Estado	Acumulados				Diaria	Estado	
Emergencia	5	5	21-Nov	5,2	0,52	2,7	13,5	
Aparición de cotiledones	5	10	25-Nov	5,2	0,52	2,7	13,5	
2 hojas verdaderas	5	15	29-Nov	5,2	0,52	2,7	13,5	
4 hojas verdaderas	16	31	11-Dic	5,4	0,67	3,6	57,9	
6 hojas verdaderas	11	42	22-Dic	5,4	0,75	4,1	44,6	
Ramificación e inicio de panojamiento	11	53	02-Ene	3,9	0,87	3,4	37,3	
Inicio de floración	9	62	11-Ene	3,9	1,00	3,9	35,1	
Floración	7	69	18-Ene	3,9	1,00	3,9	27,3	
Grano lechoso	39	108	26-Feb	4,3	1,00	4,3	167,7	
Grano pastoso	25	133	23-Mar	4,2	0,85	3,6	89,3	
Madurez fisiológica	10	143	02-Abr	4,1	0,70	2,9	28,7	
Madurez cosecha	7	150	09-Abr	4,1	0,70	2,9	20,1	
TOTAL (mm por temporada)							548,5	

Fuente: Proyecto FIA UNAP

Las mayores demandas de agua se producen durante el llenado del grano, que coincide con las lluvias del llamado “invierno altiplánico”. Lo anterior implica que existe un ajuste de las demandas agua de la planta a las condiciones de pluviometría del sector. El período crítico sería durante noviembre y diciembre, cuando las lluvias son escasas y su ocurrencia define una situación de alta incertidumbre para los productores. En caso de aplicarse riego, este se debiera aplicar preferentemente hasta el comienzo del período de lluvias estivales.

Considerando los factores de cultivo, se determina un requerimiento de $5.485,0 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, para la temporada (150 días), sin embargo existen periodos en los cuales no sería necesario regar, lo que dependerá de las precipitaciones para completar su desarrollo. Por otro lado, considerando las características del suelo, y la ausencia de precipitaciones entre octubre y diciembre, se debe establecer una frecuencia de riego durante los primeros estados de 6 a 7 días hasta el día 21, esto implica entregar 3 riegos de aproximadamente $130 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ cada uno.



Luego se deberá suplementar entre el periodo de 2 hojas a 6 hojas, por un periodo de 30 días, con una frecuencia de riego de 10 días y un volumen de agua de $300 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ por riego. Por esta razón se deberá disponer entre 1.000 a $1.200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para suplementar durante el periodo sin precipitaciones. Estos valores están sujetos a cantidad de agua precipitada, así como a la oportunidad de esta.

2.7 Conclusiones

La época de siembra de la quinua en el Altiplano chileno está supeditada a la ocurrencia de precipitaciones, ocurriendo en el cultivo las mayores demandas de agua durante el llenado del grano (noviembre - enero), que coincide con las lluvias del llamado “invierno altiplánico”. En este período no se tiene la certeza de la ocurrencia por lo que se produce una situación de alta incertidumbre para los productores. Es así como es necesario realizar un ajuste de las demandas de agua de la planta. En caso de aplicarse riego, este se debiera aplicar preferentemente hasta el comienzo del período de lluvias estivales.

La cantidad de agua a aplicar va a depender principalmente de la ET_q y las precipitaciones ocurridas en estos períodos de mayor demanda, sin embargo, estas son relativas. No se considera un riego al 100% de las necesidades hídricas del cultivo, a capacidad de campo, de ser así, se debería realizar riego con una frecuencia de seis días con 24,5 mm, considerando las condiciones de suelo propias del sector de Vilakuyo.

3. SELECCIÓN DE LINEAS PROMISORIAS DE QUINUA CON VALOR AGRONÓMICO A PARTIR DEL GERMOPLASMA LOCAL

Investigador responsable: Ing. Agrónomo, Dr. Francisco Fuentes y Licenciado en Agronomía, Sr Matías Sanchez.

3.1 CARACTERIZACION MORFOLOGICA PRIMER CICLO

3.1.1 Estadística descriptiva de parámetros morfológicos

Los resultados se presentan resumidos en el cuadro 40. En estas se pueden apreciar valores de media poblacional, desviación estándar, coeficiente de variación y valores mínimos y máximos para cada una de las variables evaluadas.



Cuadro 40. Resumen estadístico de características cuantitativas para quinuas amarillas y rojas.

Co lo r	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
A	CP (cm)	45	7,31	1,91	25,06	4,50	12,00
A	CT (cm)	45	1,39	0,27	19,19	0,80	1,80
A	AP (cm)	45	83,22	13,38	15,00	51,00	118,00
A	LP (cm)	45	35,71	3,57	26,08	19,00	46,00
A	R	45	23,98	3,52	13,54	21,00	38,00
A	PP (gr)	44	134,43	66,77	49,67	30,00	395,00
A	FG (gr)	45	72,50	37,96	52,36	16,30	193,20
A	IC	44	0,54	0,09	16,02	0	0,67
A	LH (cm)	35	5,39	0,84	14,80	4,05	7,33
A	AH (cm)	35	3,79	0,83	21,98	1,97	5,90
A	NDH	35	7,32	2,59	39,26	4,00	18,50
A	P100G (gr)	45	0,48	0,04	7,54	0,38	0,54
A	DG (mm)	45	2,31	0,06	2,83	2,18	2,45
Co lo r	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
R	DP (cm)	51	7,85	2,73	34,82	5,00	16,00
R	DT (cm)	51	1,34	0,42	31,42	0,90	2,30
R	AP (cm)	51	97,16	17,50	18,01	75,00	150,00
R	LP (cm)	51	38,63	11,55	29,90	3,90	73,00
R	R	51	31,12	4,48	14,38	23,00	42,00
R	PP (gr)	51	147,45	145,25	98,51	30,00	715,00
R	PG (gr)	51	72,24	65,14	90,17	10,80	303,90
R	IC	51	0,51	0,08	15,66	0,20	0,55
R	LH (cm)	46	5,26	1,10	20,95	2,48	3,02
R	AH (cm)	46	3,25	0,37	26,95	1,88	5,30
R	NDH	34	6,85	2,57	38,63	4,40	14,20
R	P100G (gr)	51	0,42	0,05	12,09	0,33	0,58
R	DG (mm)	51	2,23	0,13	6,03	1,97	2,57

Nomenclatura: **DP:** Diámetro de panoja; **DT:** Diámetro de tallo; **AP:** Altura de planta; **LP:** Longitud de panoja; **R:** Ramificación; **PP:** Peso de planta; **PG:** peso de granos; **IC:** Índice de cosecha; **LH:** Longitud de hojas; **AH:** Ancho de hojas; **NDH:** Número de dientes / hoja; **P100G:** Peso de los 100 granos; **DG:** Diámetro de granos.



Se puede observar amplia variación para cada uno de los parámetros, sin embargo destacan significativamente para fines de selección y establecimiento de las dos líneas promisorias de germoplasma (amarilla y roja) diferentes, las variables que describen la característica de grano, estas son: peso de los 100 granos y diámetro de granos, y aquellos parámetros que definen el rendimiento (índice de cosecha, altura de planta, ancho de hojas y ramificación).

De los resultados obtenidos, especialmente aquellos que describen la característica de granos para ambas categorías coinciden con valores típicos de quinuas de los salares evaluados en Bolivia por Rojas *et al.* (2000).

Coefficiente de Pearson

Para ambos grupos en evaluación hubo diferencias significativas ($p \leq 0,05$), correspondiendo a 35 diferencias para accesiones amarillas y 44 diferencias para accesiones rojas. Los coeficientes mayores que 0,4 fueron considerados como asociación lineal representante del patrón natural de variación dentro de cada grupo (Cuadro 41)

Entre las variables evaluadas para las accesiones amarillas, la mayor correlación se encontró entre el peso de planta y peso de granos de la panoja ($r=0,93$). Destacaron también correlaciones como altura de planta con diámetro de tallo y largo de panoja con $r=0,80$ y $r=0,79$, respectivamente y, largo de hojas con altura de planta y diámetro de tallo con $r=0,73$ y $r=0,72$ respectivamente.

En este caso la asociación positiva entre altura de planta y diámetro de panoja ($r=0,47$), diámetro de tallo ($r=0,80$), largo de panoja ($r=0,79$), ramificación ($r=0,58$), peso de planta ($r=0,62$), peso de grano de la panoja ($r=0,53$), largo de hoja ($r=0,73$) y ancho de hoja ($r=0,46$), indica que las plantas tienden a producir mayor biomasa para alcanzar mayor producción. No obstante, en términos de caracterización del grano, se presenta con una correlación positiva entre diámetro de grano y diámetro de panoja ($r=0,42$) y peso de los 100 granos ($r=0,62$), presentándose el diámetro de la panoja como un componente de rendimiento importante en el análisis de estas accesiones, pese a la no significancia positiva del peso de grano de la panoja ($r=0,13$).

Por otra parte las accesiones rojas presentaron la mayor correlación entre peso de planta y peso de grano ($r=0,85$) y entre diámetro de panoja ($r=0,85$). En segundo lugar destacan las asociaciones entre diámetro de tallo con diámetro de panoja ($r=0,82$) y peso de planta ($r=0,82$), y entre diámetro de grano y peso de los 100 granos ($r=0,82$).



Al igual que accesiones amarillas, hubo correlación positiva de altura de planta con largo de panoja ($r=0,67$), peso de planta ($r=0,73$), peso de grano de la panoja ($r=0,68$) y largo de hoja ($r=0,47$), mostrando una tendencia de acumulación positiva de biomasa asociada al peso de grano producido individualmente por las plantas de este grupo.

A diferencia de las accesiones amarillas, dentro del grupo de accesiones rojas se presentó una asociación positiva del diámetro de granos con diámetro de panoja ($r=0,41$), diámetro de tallo ($r=0,43$), peso de planta ($r=0,47$), peso de grano de la panoja ($r=0,51$), ancho de hojas ($r=0,42$) y peso de los 100 granos ($r=0,82$), confirmando nuevamente la tendencia de acumulación de biomasa asociada positivamente a características de grano.

Estos últimos resultados difieren de los reportados por Rojas *et al.* (2000), quienes encontraron asociación negativa entre el diámetro de grano y largo de panoja, señalando que el tamaño del grano está asociado a la tendencia de desarrollar cortas panojas y altos contenidos de saponinas.

Así mismo, tanto accesiones amarillas como rojas presentaron asociación positiva entre variables de diámetro de grano y peso de los 100 granos, con valores de $r=0,62$ y $r=0,82$ respectivamente, coincidiendo esto último con resultados de Ochoa y Peralta (1988), Cayoja (1996) y Rojas *et al.* (2000).

Finalmente resultados de correlación positiva entre diámetro de tallo, altura de planta, diámetro de panoja y largo de panoja, son coincidente con resultados hallados por Risi y Galway (1989), y de Ochoa y Peralta (1988), indicando que accesiones con valores altos para diámetro de tallo y altura de planta durante etapas fenológicas tempranas también desarrollan panojas largas (Rojas *et al.*, 2000).

Cuadro 41. Coeficiente de Pearson para accesiones amarillas y rojas

Colo r= Amarillas

Correlacion de Pearson: coeficientes\probabilidades

	DP (cm)	DT (cm)	AP (cm)	LP(cm)	R	PP (gr)	PG (gr)	IC	LH (cm)	AH (cm)	NDH	P100G (gr)	DG (mm)
DP (cm)	1,0000	0,0009	0,0049	0,0008	0,5500	0,0002	0,0010	0,4800	0,0200	0,2400	0,8300	0,0500	0,0100
DT (cm)	0,5400	1,0000	0,0000	0,0000	0,0200	0,0000	0,0000	0,8200	0,0000	0,0038	0,8300	0,2900	0,4800
AP (cm)	0,4700	0,8000	1,0000	0,0000	0,0003	0,0001	0,0012	0,4400	0,0000	0,0100	0,4400	0,0900	0,6100
LP(cm)	0,5500	0,6800	0,7900	1,0000	0,0050	0,0000	0,0000	0,4900	0,0000	0,0100	0,2800	0,0700	0,3900
R	0,1100	0,3900	0,5800	0,4700	1,0000	0,0400	0,1300	0,2300	0,0024	0,0001	0,0300	0,0500	0,6400
PP (gr)	0,6000	0,7000	0,6200	0,7500	0,3500	1,0000	0,0000	0,5700	0,0012	0,0500	0,7300	0,4500	0,4200
PG (gr)	0,5400	0,6600	0,5300	0,6800	0,2700	0,9300	1,0000	0,1500	0,0100	0,0800	0,5400	0,4100	0,4600
IC	-0,1300	-0,0400	-0,1400	-0,1200	-0,2100	-0,1000	0,2500	1,0000	0,3200	0,8400	0,4600	0,6800	0,9000
LH (cm)	0,3900	0,7200	0,7300	0,7100	0,5000	0,5300	0,4300	-0,1700	1,0000	0,0000	0,2400	0,2600	0,8500
AH (cm)	0,2100	0,4800	0,4600	0,4600	0,6300	0,3300	0,3000	-0,0400	0,6800	1,0000	0,0000	0,9100	0,6700
NDH	0,0400	0,0400	0,1400	0,1900	0,3700	0,0600	0,1100	0,1300	0,2100	0,6800	1,0000	0,6900	0,9600
P100G (gr)	0,3400	0,1900	0,2900	0,3200	0,3400	0,1300	0,1500	0,0700	0,2000	0,0200	-0,0700	1,0000	0,0001
DG (mm)	0,4200	0,1300	0,0900	0,1500	0,0800	0,1400	0,1300	-0,0200	0,0300	-0,0800	-0,0100	0,6200	1,0000

PROYECTO:

98

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile

Color = Rojas

Correlacion de Pearson: coeficientes/probabilidades



Gobierno de Chile
Fundación para la
Innovación Agraria

	DP (cm)	DT (cm)	AP (cm)	LP (cm)	R	PP (gr)	PG (gr)	IC	LH (cm)	AH (cm)	NDH	P100G (gr)	DG (mm)
DP (cm)	1,0000	0,0000	0,0001	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,8500	0,0044	0,3000	0,5800	0,0100	0,0200
DT (cm)	0,8200	1,0000	0,0000	0,0001	0,8400	0,0000	0,0000	0,2800	0,0002	0,0300	0,5700	0,0100	0,0100
AP (cm)	0,6100	0,7100	1,0000	0,0000	0,1000	0,0000	0,0000	0,9200	0,0047	0,0500	0,9800	0,0600	0,0300
LP (cm)	0,7300	0,6400	0,6700	1,0000	0,6200	0,0000	0,0001	0,9000	0,2300	0,9600	0,1000	0,3000	0,4700
R	0,0004	0,0400	0,2900	-0,0900	1,0000	0,4000	0,2800	0,9800	0,0200	0,1300	0,1000	0,4600	0,4500
PP (gr)	0,8500	0,8200	0,7300	0,7400	0,1500	1,0000	0,0000	0,7800	0,0004	0,0200	0,3900	0,0011	0,0100
PG (gr)	0,7300	0,6400	0,6800	0,6300	0,1900	0,8500	1,0000	0,0100	0,0040	0,0400	0,4500	0,0004	0,0020
IC	-0,0300	-0,1900	-0,0200	0,0200	-0,0040	-0,0500	0,4600	1,0000	0,5100	0,9200	0,9600	0,2700	0,3900
LH (cm)	0,4800	0,6100	0,4700	0,2100	0,3900	0,5700	0,4800	-0,1200	1,0000	0,0000	0,0200	0,0100	0,0200
AH (cm)	0,1800	0,3800	0,3400	0,0100	0,2600	0,3900	0,3600	0,0200	0,6900	1,0000	0,0000	0,0015	0,0100
NDH	-0,1000	0,1000	0,0042	-0,2900	0,2900	0,1500	0,1300	0,0100	0,4100	0,7100	1,0000	0,0100	0,0700
P100G (gr)	0,4500	0,4300	0,3300	0,1800	0,1300	0,5300	0,5700	0,1900	0,4500	0,5200	0,4600	1,0000	0,0000
DG (mm)	0,4100	0,4300	0,3600	0,1300	0,1300	0,4700	0,5100	0,1500	0,3900	0,4200	0,3100	0,8200	1,0000

PROYECTO:

99

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Análisis de componentes principales

El análisis de componentes principales (ACP) permite analizar la interdependencia de variables métricas, permitiendo encontrar, con pérdida mínima de información, un nuevo conjunto de variables (componentes principales) no correlacionadas que expliquen la estructura de variación en los parámetros que caracterizan ambos grupos de quinas evaluados (Cuadro 42).

Cuadro 42. Análisis de componentes principales dentro de accesiones amarillas y rojas

Análisis de componentes principales

Datos estandarizados

Color = Amarillas

Correlaciones con las variables originales		
Variables	CP 1	CP 2
DP (cm)	0,62	0,26
DT (cm)	0,84	0,1
AP (cm)	0,84	-0,03
LP (cm)	0,8	0,08
R	0,48	-0,44
$\Gamma\Gamma$ (gr)	0,84	0,23
PG (gr)	0,76	0,15
IC	-0,19	-0,13
LH (cm)	0,85	-0,2
AH (cm)	0,67	-0,61
NDH	0,28	-0,61
P100G (gr)	0,26	0,61
DG (mm)	0,21	0,65

Datos estandarizados

Color = Rojas

Correlaciones con las variables originales		
Variables	CP 1	CP 2
DP (cm)	0,93	-0,24
DT (cm)	0,93	-0,15
AP (cm)	0,91	-0,17
LP (cm)	0,74	-0,41
R	0,66	0,02
$\Gamma\Gamma$ (gr)	0,92	-0,25
PG (gr)	0,93	-0,22
IC	-0,16	0,19
LH (cm)	0,64	0,35
AH (cm)	0,72	0,48
NDH	0,2	0,81
P100G (gr)	0,35	0,75
DG (mm)	0,48	0,59

Para las accesiones amarillas el primer componente principal diferenció entre acciones mediante la variable de largo de hoja, seguida de parámetros como diámetro de tallo, altura de planta y peso de planta. Baja contribución tuvo el índice de cosecha en el análisis como también los valores de peso de los 100 granos y diámetro de granos. Esto significó que las accesiones diferenciaron en mayor medida mediante parámetros determinantes de la arquitectura de la planta que por característica de grano.



En el análisis del segundo componente principal, la tendencia mostró que principalmente la discriminación estuvo representada por la variable de diámetro de grano y peso de los 100 granos, así mismo en forma negativa ancho de hoja y número de dientes de la hoja y la última contribución la ramificación.

En el grupo de accesiones rojas la discriminación correspondió en primer lugar por las variables de diámetro de panoja, diámetro de tallo y peso de granos de la panoja. En segundo lugar por peso de planta y en tercer lugar con alta contribución el parámetro de altura de planta.

Dentro del segundo componente principal la discriminación entre accesiones rojas tuvo como variables críticas el número de dientes de la hoja, seguida del peso de los 100 granos y finalmente por el diámetro de grano. De todas las variables estudiadas, el índice de cosecha se presentó para ambos grupos de accesiones como el de menor contribución dentro el primer componente principal.

Análisis de conglomerados

Usando el método jerárquico de encadenamiento promedio, se agruparon en tres grupos las accesiones amarillas y en cuatro las rojas. La finalidad de este análisis es obtener el mayor conocimiento sobre la estructura natural de agrupamiento de las variables en estudio con el fin de seleccionar accesiones dentro de cada grupo en estudio.

De esta forma se pudo agrupar en 39 accesiones amarillas similares y dentro de accesiones rojas 38 (Figuras 29 y 30)

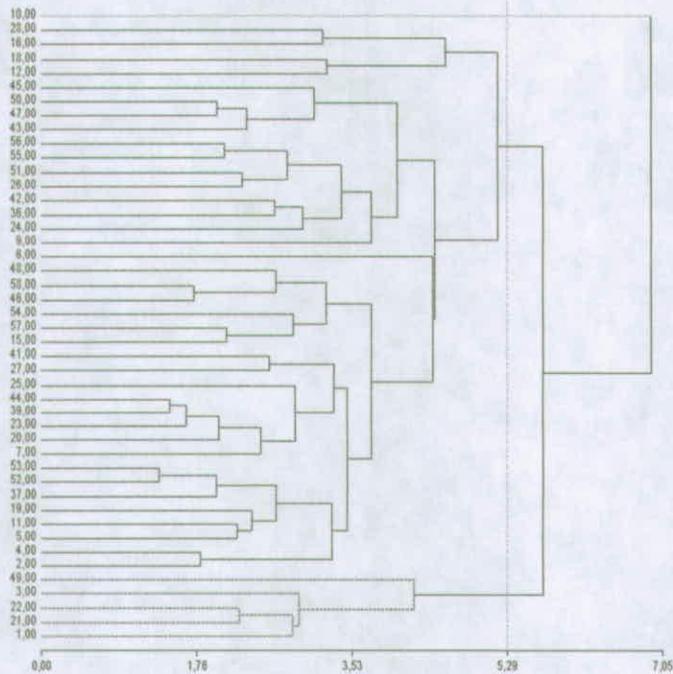


Figura 29. Análisis de similitud entre accesiones amarillas

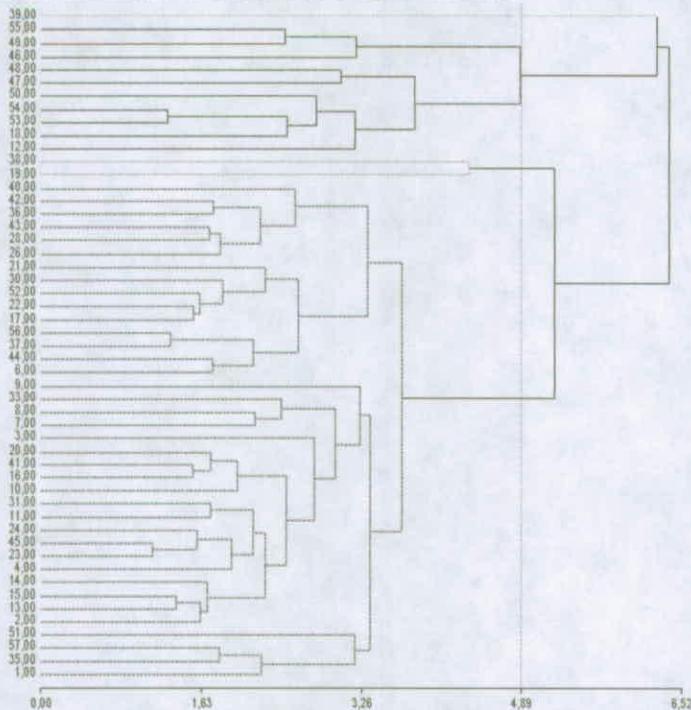


Figura 30. Análisis de similitud entre accesiones rojas



En base a la estructura de estas poblaciones resulta una alta homogeneidad en la estructura de ambas categorías de análisis, esto es dentro del grupo de quinuas amarillas y de quinuas rojas, no obstante estaría pendiente la incorporación de la evaluación molecular, la que dará una mayor precisión al momento de establecer categorías de similitud, tomando en cuenta que esta última evaluación se basa en la comparación de secuencias de ADN genómico, descartando la interacción genotipo – ambiente, eliminando así el ruido producido por factores de tipo abióticos, parámetros variables en cualquier campo de cultivo.

Para cada una de las variables estudiadas se observó amplia variación, destacando significativamente para fines de selección y establecimiento de las dos líneas promisorias de germoplasma (amarilla y roja), las variables que describen la característica de grano, estas son: peso de los 100 granos y diámetro de granos, y aquellos parámetros que definen el rendimiento (índice de cosecha, altura de planta, ancho de hojas y ramificación).

Se considera de manera preliminar en una misma categoría 39 accesiones amarillas y 38 accesiones en la categoría roja

CARACTERIZACION MOLECULAR PRIMER CICLO

Se utilizaron para el análisis molecular 32 accesiones rojas y 32 accesiones amarillas a partir de la clasificación realizada a partir de análisis multivariado de características morfológicas. El trabajo de selección de germoplasma se realizó en un campo de cultivo de 8 hectáreas perteneciente a la Comunidad Indígena Aymara de Ancovinto (Latitud Sur 19°26'15.7", Longitud Oeste 68°37'42.3", altitud: 3.756 msnm.).

Las accesiones analizadas se resumen en tabla 43.

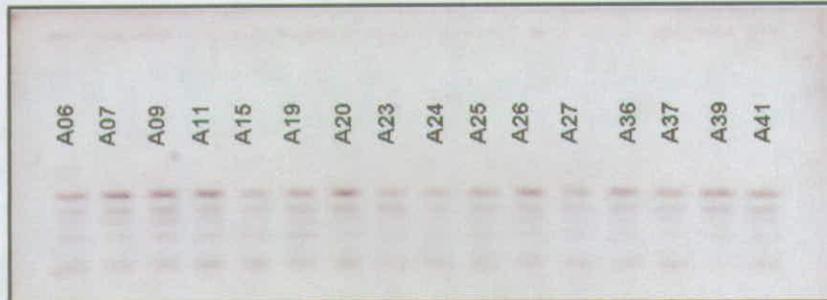
Cuadro 43. Accesiones amarillas y rojas usadas para análisis molecular.

Accesiones amarillas				Accesiones rojas			
A06	A24	A42	A51	R02	R13	R23	R37
A07	A25	A43	A52	R03	R14	R24	R41
A09	A26	A44	A53	R04	R15	R26	R42
A11	A27	A46	A54	R06	R16	R28	R43
A15	A36	A47	A55	R07	R17	R30	R44
A19	A37	A48	A56	R08	R20	R31	R45
A20	A39	A5	A57	R10	R21	R33	R52
A23	A41	A50	A58	R11	R22	R36	R56



La técnica RAPD permitió la detección de polimorfismo entre accesiones, logrando establecer 4 grupos de similaridad genética basada en amplificación de ADN anónimo. Con un total de 12 partidores de 10-mer se generaron 153 marcadores moleculares los cuales fueron utilizados para discriminar entre las accesiones estudiadas. Cada partidador amplificó en promedio 12 marcadores generando un escaso nivel de polimorfismo entre accesiones. Estos resultados confirman un estrecho parentesco entre las accesiones seleccionadas, considerando que el material vegetal fue elegido a partir de mezclas de semillas cultivadas año tras año por agricultores de la comunidad y que fueron categorizadas previamente a través de análisis morfológico multivariado. De esta forma se detectó la carencia absoluta de polimorfismo con algunos de los partidores, mientras que otros mostraron algunos polimorfismos entre accesiones (Figura 31 a y b) que sirvieron para establecer 4 categorías de similitud genética (Figura 32). El grupo I estuvo representado por un 34,4% del total de accesiones, compuesta por 19 accesiones amarillas (86,4%) y 3 accesiones rojas (13,6%), el Grupo II, fue representado con un 59,4% del total de accesiones, individualizada por 10 accesiones amarillas (26,3%) y 28 accesiones rojas (73,7%). El Grupo II presentó para las accesiones amarillas un conglomerado único dentro del grupo, en su mayoría rojo. El Grupo III estuvo representado sólo por 3 accesiones (4,7% del total de accesiones, con dos accesiones amarillas y una roja, por último; el Grupo 4 estuvo compuesto únicamente por una accesión amarilla, representando un 1,5% del total de accesiones. Los resultados muestran que las categorías amarillas y rojas se pueden clasificar dentro de los grupos I y II respectivamente, indicando una baja variación intraespecífica entre ambas categorías, evidenciando que la técnica RAPD es una herramienta suficientemente útil (Ruas *et al.*, 1999) para discriminar categorías de selección en el progreso hacia la homogenización genética en líneas promisorias de quinua. No obstante, destaca la selección basada en estudios morfológicos como una valiosa estrategia de selección que asume cierto grado de variación intraespecífica entre categorías (Fuentes *et al.*, 2005).

a)



b)

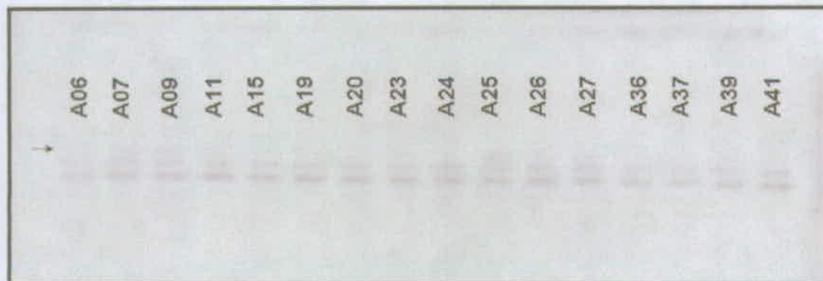


Figura 31: Electroforesis en gel de agarosa mostrando los patrones de amplificación de los marcadores RAPD usando el partidor OPZ04 (a) y OPY11 (b) para 16 accesiones amarillas de quinua.

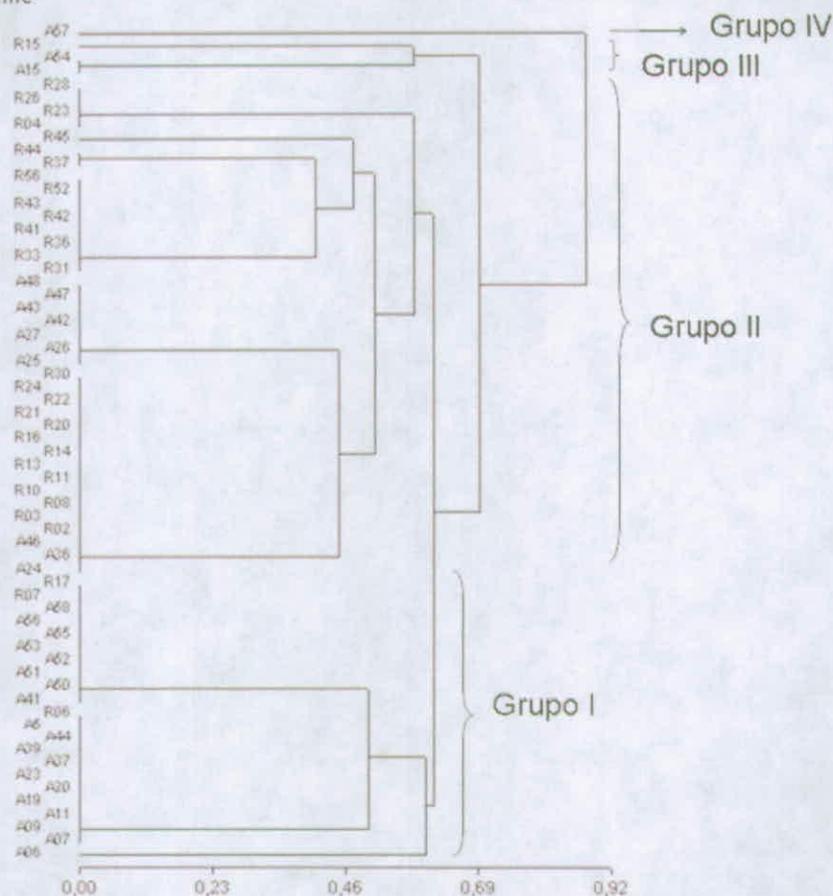


Figura 32. Relación genética de 64 accesiones de *Chenopodium quinoa* Willd basados en marcadores moleculares RAPD. La escala representa similaridad genética entre accesiones (UPGMA).

El uso de marcadores moleculares del tipo RAPD permitió la discriminación entre categorías de similitud genética, sin embargo fue capaz además de entregar información de variación intra-específica entre ambas categorías de selección. Indicando un nivel bajo de variación intra-específica entre accesiones. La evaluación morfológica presenta ventajas para establecer categorías preliminares de selección, no obstante el complemento del análisis molecular precisa la estrategia de homogenización genética entre categorías. Se recomienda como complemento el uso de un número mayor de marcadores RAPDs y/o el uso de otras técnicas moleculares, como por ejemplo SSR (*simple sequence repeat*) o AFLPs (*amplified fragment length polymorphism*) para verificar con diversos enfoques de análisis las relaciones genéticas entre accesiones amarillas y rojas.



CARACTERIZACION MORFOLOGICA SEGUNDO CICLO

La caracterización genética de germoplasma nativo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en un segundo ciclo de selección, se realizó durante los meses de Abril a Septiembre del año 2007.

La evaluación morfológica se realizó en campo experimental de 3200 m² en la localidad de Vilacollo, 19°24' S, 68°33' W, Altitud: 3686 msnm.

Se seleccionaron 50 plantas de panoja amarilla y 50 plantas con panoja roja en cada parcela de selección. Con un total de 100 plantas individualizadas con código de acceso dentro de la unidad predial. El criterio de selección de plantas fue según características fenotípicas correlacionadas con alto rendimiento de grano, como son largo de panoja y diámetro de panoja entre otras. Adicionalmente la selección se complementó con el descarte de plantas con daños evidentes por ataque de plagas y/o enfermedades.

Para la caracterización morfológica se usó 14 descriptores morfológicos agrupados en descripción de planta y de grano de quinua.

Los descriptores a evaluados fueron: altura de planta(cm), diámetro de tallo(mm), número de ramificaciones (n°), número de dientes en hojas intermedias (N°), longitud y ancho de hojas intermedias (cm), peso de planta(g), largo de panoja (cm), ancho de panoja (cm), diámetro de grano (mm); peso del total de granos(g), peso de 100 granos (g); contenido de saponina (mg/g) e índice de cosecha (%).

El análisis descriptivo consideró las variables de media poblacional, desviación estándar, coeficiente de variación y valores mínimos y máximos para cada una de las variables evaluadas. Se analizó la correlación de las variables cuantitativas mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson el cual mide el grado de asociación lineal de dos o más variables.

La clasificación de los ejemplares en grupos de similaridad se realizó usando análisis de conglomerados, mediante el método jerárquico de encadenamiento promedio de la población (UPGMA,) y el coeficiente de correlación de Pearson.

Se realizó también la derivación de variables ortogonales para la discriminación de grupos de similaridad a partir de las matrices de datos usando el análisis de componentes principales (PCA, *Principal Components Analysis*) (Hair *et al.*, 1992).



Cuadro 44: Estadística descriptiva para accesiones amarillas

Variable	Media	D.E.	CV	Min.	Máx.
Altura de Planta (cm)	79,82	15,29	19,16	30,00	106,00
Largo de Panoja (cm)	30,32	5,00	16,48	14,00	38,00
Diámetro de Panoja (mm)	68,26	15,17	22,22	40,33	107,61
Diámetro de Tallo (mm)	14,65	3,40	23,20	8,64	23,95
Numero de Dientes de Hoja (no.)	5,04	1,73	34,38	1,00	8,33
Largo de Hoja (cm)	3,64	0,94	25,73	1,50	5,33
Ancho de Hoja (cm)	2,66	0,96	36,04	0,50	5,33
Numero de Ramificación (no.)	14,58	3,86	26,48	7,00	26,00
Peso de Planta (g)	150,39	73,16	48,64	45,00	360,00
Diámetro de Granos(mm)	2,45	0,19	7,68	1,94	2,72
Peso de Granos Totales(g)	40,89	27,21	66,54	1,40	128,31
Peso de 100 Granos (g)	0,51	0,08	15,50	0,18	0,65
Saponinas (mg/g)	1,71	0,92	54,13	0,31	4,96
Índice de Cosecha	0,55	0,18	33,60	0,10	1,00

El cuadro 44 muestra las medias poblacionales, desviación estándar, coeficientes de variación, valores máximos y mínimos para los 14 descriptores evaluados en accesiones amarillas. Se puede observar que las características de grano como diámetro de grano (7,68 cv), peso de 100 granos (15,50 cv) y largo de panoja (16,48 cv) poseen una baja dispersión con respecto a la media, aspectos importantes que se deben considerar al momento de seleccionar germoplasma, debido a la escasa variación que presentan estos datos con respecto a la media para todas las accesiones amarillas.

Peso de planta junto con peso de granos totales poseen la mayor variación observada con respecto a la media, (características relacionadas con el rendimiento), posiblemente influenciado por la alta variabilidad del germoplasma aun presente con respecto a estas variables.



Cuadro 45: Estadística descriptiva de accesiones rojas

Variable	Rango de Variación	Promedio	D.E.	CV (%)
Altura de Planta (cm)	59,00 - 112,00	86,98	12,07	13,87
Largo de Panoja (cm)	23,00 - 47,00	35,46	5,50	15,51
Diámetro de Panoja (mm)	40,64 - 90,37	64,52	11,58	17,95
Diámetro de Tallo (mm)	9,35 - 24,33	14,98	3,11	20,75
Numero de Dientes de Hoja (no.)	3,00 - 10,67	6,57	2,04	30,98
Largo de Hoja (cm)	3,00 - 5,50	3,96	0,66	16,57
Ancho de Hoja (cm)	2,00 - 4,70	2,96	0,63	21,37
Numero de Ramificación (no.)	9,00 - 26,00	14,44	3,67	25,42
Peso de Planta (g)	60,00 - 530,00	169,90	88,75	52,24
Diámetro de Granos(mm)	1,91 - 2,84	2,54	0,19	7,65
Peso de Granos Totales(g)	18,13 - 139,38	62,92	30,69	48,78
Peso de 100 Granos (g)	0,37 -0,60	0,51	0,05	9,14
Saponinas (mg/g)	0,70 -4,18	2,17	0,80	36,89
Índice de Cosecha	0,35 -1,07	0,66	0,11	16,93

Para las accesiones rojas (Cuadro 45) las variables que poseen escasa variación con respecto a la media son peso de 100 granos, índice de cosecha y diámetro de grano, lo que concuerda con el análisis descriptivo de las accesiones amarillas.

Peso de planta junto con peso de granos totales poseen la mayor variación observada con respecto a la media.

De los resultados obtenidos, existen características muy superiores en cuanto a arquitectura de la planta como características de grano de quinuas de Bolivia, Perú, sur de Chile y norte de Argentina evaluadas por Rojas (2003).



Análisis de componentes principales

Cuadro 46: Valores de coeficientes asociados con los cuatro primeros componentes principales en accesiones amarillas.

Componentes Principales	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
Valores propios	3,63	2,42	1,89	1,66
Porcentaje de la varianza (%)	26	17	14	12

Cuadro 47.: Valores de vectores asociados con los cuatro primeros componentes principales en accesiones amarillas

	Vector de coeficiente			
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
Altura de Planta (cm)	0,78	0,09	0,02	-0,26
Largo de Panoja (cm)	0,82	0,07	-0,01	-0,15
Diámetro de Panoja (mm)	0,60	0,48	-0,34	-0,03
Diámetro de Tallo (mm)	0,59	0,16	0,08	-0,26
Numero de Dientes de Hoja (no.)	-0,11	0,61	0,12	0,33
Largo de Hoja (cm)	-0,29	0,72	0,02	0,36
Ancho de Hoja (cm)	-0,28	0,72	0,08	0,32
Numero de Ramificación (no.)	0,79	-0,12	-0,18	0,20
Peso de Planta (g)	0,63	0,46	-0,04	0,11
Diámetro de Granos(mm)	-0,02	0,42	0,66	-0,34
Peso de Granos Totales(g)	0,60	-0,18	0,19	0,66
Peso de 100 Granos (g)	0,16	0,04	0,84	-0,33
Saponinas (mg/g)	-0,10	0,17	-0,67	-0,25
Índice de Cosecha	0,20	-0,53	0,31	0,60

Se consideraran los componentes cuyos valores propios explican un 70% o más de la varianza total según Cliff (1987). Por lo tanto se consideraran los primeros cuatro componentes principales que explicarán más del 69% de la varianza total (cuadro 46).

El primer componente principal contribuyó con un 26% de la varianza total (cuadro 47). La distribución de los coeficientes del primer vector propio y de correlación indica que el largo de panoja, número de ramificaciones y altura de la planta fueron las variables que más contribuyeron en forma positiva a dicho componente. En segundo lugar se encuentra peso de la planta, peso de los granos totales y ancho de panoja; a su vez las variables que contribuyeron en mayor forma negativamente fueron largo de hoja, ancho de hoja y número de dientes de las hojas.



El primer componente principal define como agrupación de variables a aquellas relacionadas a la arquitectura de accesiones amarillas, las cuales son consideradas de pequeñas a tamaño medio (30 a 106 cm), con panojas de tamaño variable entre 14 a 38 cm para largo y 40 a 108 mm para ancho, y número de ramificaciones variable entre 7 a 26. Así mismo se pudo determinar que aquellas plantas con mayor peso de plantas, poseen un mayor peso de granos. Por su parte, estas mismas accesiones presentaron hojas pequeñas y con pocos dientes, características propias de quinua de los salares (Fuentes et al., 2005).

El segundo componente principal contribuyó en un 17% de la varianza total explicada. De acuerdo con los coeficientes del segundo vector propio y de correlación las variables que más contribuyeron en forma positiva fueron ancho de hoja, largo de hoja y número de dientes de hojas intermedias, en segundo lugar están ancho de panoja, peso de planta y diámetro de granos. De forma negativa se presentaron contribuyendo las variables de índice de cosecha, peso de granos totales y número de ramificaciones. Pudiendo señalar en este segundo componente que la discriminación entre accesiones fue relacionada a las características de hojas y panojas anchas, granos grandes y un peso de planta mayor, pero que poseen menor cantidad de granos y de bajo número de ramificaciones.

El tercer componente principal contribuyó con un 14% de la varianza total explicada. En este caso, los coeficientes del tercer vector propio y de correlación indicaron que el peso de 100 granos, diámetro de grano e índice de cosecha, fueron las que más contribuyeron en el componente seguidas por peso de granos totales y número de dientes de hojas. De forma negativa contribuyó contenido de saponina, ancho de panoja y número de ramificaciones. Este componente permitió discriminar plantas por características de producción de grano, las que además se caracterizaron por poseer un bajo contenido de saponina en sus granos, panojas delgadas y con ramificaciones.

El cuarto componente principal contribuyó con un 12% de la varianza total explicada. En este caso, los coeficientes del cuarto vector propio y de correlación indicaron que las variables que contribuyeron en mayor proporción fueron peso de granos total, índice de cosecha y largo de hoja, seguidos del número de dientes de hojas, ancho de hoja y número de ramificaciones; de forma negativa contribuyeron diámetro de grano, peso de 100 granos, altura y diámetro de tallo. Este componente principal discrimina al conjunto de accesiones de quinuas amarillas por poseer una mayor cantidad de granos en la panoja, aunque con menor diámetro, y bajo peso, bajo número de ramificaciones escasas ramificaciones, hojas grandes y dentadas; baja altura de planta y tallos delgados.



Cuadro 48: Proporción de la varianza explicada por cada variable original sobre los cuatro primeros componentes principales en la caracterización de las accesiones amarillas.

Características	Componentes principales				Proporción de la varianza
	1	2	3	4	
Peso de granos total	0,360	0,032	0,036	0,436	0,864
Peso de 100 granos	0,026	0,002	0,706	0,109	0,842
Índice de cosecha	0,040	0,281	0,096	0,360	0,777
Largo de hoja	0,084	0,518	0,000	0,130	0,733
Diámetro de grano	0,000	0,176	0,436	0,116	0,728
Nº. ramificaciones	0,624	0,014	0,032	0,040	0,711
Ancho de panoja	0,360	0,230	0,116	0,001	0,707
Ancho de hoja	0,078	0,518	0,006	0,102	0,706
Largo de panoja	0,672	0,005	0,000	0,023	0,700
Altura	0,608	0,008	0,000	0,068	0,685
Peso planta	0,397	0,212	0,002	0,012	0,622
Saponina	0,010	0,029	0,449	0,063	0,550
Nº. dientes hojas	0,012	0,372	0,014	0,109	0,508
Diámetro de tallo	0,348	0,026	0,006	0,068	0,448

Las variables mas discriminatorias del germoplasma para las accesiones amarillas fueron peso de granos total, peso de 100 granos e índice de cosecha, respectivamente. Esta contribución específica de las características de grano, explicarían aun la diversidad genética del material evaluado con respecto a esta característica productiva; la variable de diámetro de tallo ocupó el último lugar lo que permite afirmar que es una variable que no presenta una variación dependiente de los genotipos estudiados (Cuadro48).



Cuadro 49. Valores de coeficientes asociados con los cuatro primeros componentes principales en accesiones rojas.

Componentes Principales	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
Valores propios	4,41	2,28	1,94	1,36
Porcentaje de la varianza (%)	32	16	14	10

Cuadro 50. vectores asociados con los cuatro primeros componentes principales en accesiones rojas.

	Vector de coeficiente			
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
AP(cm)	0,83	0,09	-0,08	0,33
LP(cm)	0,68	-0,02	0,06	0,46
DP(cm)	0,77	0,02	-0,16	-0,14
DT(mm)	0,86	0,05	-0,04	-0,01
NDH(no.)	0,01	0,52	-0,25	-0,35
LH(cm)	0,10	0,88	0,07	-0,13
AH(cm)	0,07	0,90	0,19	-0,14
NR(no.)	0,73	-0,22	-0,35	0,15
PP(g)	0,84	-0,07	-0,00	-0,37
DG(mm)	0,00	-0,11	-0,63	-0,44
PGT(g)	0,75	-0,07	0,43	-0,36
P100G(g)	-0,27	0,29	-0,60	0,16
S(mg/g)	0,13	0,49	-0,10	0,61
IC (%)	-0,06	0,01	0,85	0,01

En el análisis de accesiones rojas se consideraran los componentes cuyos valores propios explicaron el 70% o más de la varianza total según Cliff (1987). Para este caso se consideraron los primeros cuatro componentes principales que explicaron más del 71% de la varianza total (Cuadros 49 y 50).

El primer componente principal contribuyó con un 32% de la varianza total explicada. La distribución de los coeficientes del primer vector propio y de correlación indica que diámetro de tallo, peso de planta y altura de planta fueron las variables que más contribuyeron en forma positiva a dicho componente, seguidas de ancho de panoja, peso de granos total y numero de ramificaciones; por otra parte la variable que contribuyó en forma negativamente fue el peso de 100 granos. El primer componente principal caracterizó plantas altas, ramificadas, con



panojas anchas, con mayor cantidad de granos, no obstante estos granos fueron de peso bajo, significando plantas con gran desarrollo vegetativo con tamaño general de grano pequeño.

El segundo componente principal contribuyó con un 16% a la varianza total. De acuerdo con los coeficientes del segundo vector propio y de correlación las variables que más contribuyeron en forma positiva fueron ancho de hoja, largo de hoja y número de dientes de hojas. Esto concuerda completamente con el segundo componente de accesiones amarillas. En segundo lugar están saponina y peso de 100 granos. De forma negativa se registró a las variables de número de ramificaciones y diámetro de granos. De esta forma el componente describe plantas con hojas de mayor tamaño y mayor número de dientes, bajo número de ramificaciones, con granos amargos y de mayor peso dentro de cada una de las categorías registradas.

El tercer componente principal contribuyó con un 14% a la varianza total. En este caso, los coeficientes del tercer vector propio y de correlación indican con contribución positiva a índice de cosecha y peso de granos total. De forma negativa contribuyó en gran proporción diámetro de grano y peso de 100 granos, seguidas de número de dientes de hojas y diámetro de panoja. Esta contribución permite señalar para este componente el agrupamiento de plantas que presentaron hojas anchas poco dentadas y alta producción de granos de tamaño pequeño además de panojas delgadas.

El cuarto componente principal contribuyó con un 10% a la varianza total. En este caso, los coeficientes del cuarto vector propio y de correlación indican que las variables que contribuyeron en mayor proporción fueron contenido de saponina, largo de panoja y altura de la planta. De forma negativa contribuyeron diámetro de grano, peso de planta y peso de granos totales. La discriminación del componente estuvo determinada por accesiones con panojas largas y con granos amargos y pequeños dentro de cada uno de los rangos descritos.



Cuadro 51: Proporción de la varianza explicada por cada variable original sobre los cuatro primeros componentes principales en la caracterización de las accesiones rojas.

Características	Componentes principales				Proporción de la varianza
	1	2	3	4	
Peso granos total	0,563	0,005	0,185	0,130	0,882
Ancho de hoja	0,005	0,810	0,036	0,020	0,871
Peso planta	0,706	0,005	0,000	0,137	0,847
Altura	0,689	0,008	0,006	0,109	0,812
Largo de hoja	0,010	0,774	0,005	0,017	0,806
Diámetro de tallo	0,740	0,003	0,002	0,000	0,744
Índice de cosecha	0,004	0,000	0,723	0,000	0,726
Nº. ramificación	0,533	0,048	0,123	0,023	0,726
Largo de panoja	0,462	0,000	0,004	0,212	0,678
Saponina	0,017	0,240	0,010	0,372	0,639
Ancho de panoja	0,593	0,000	0,026	0,020	0,639
Diámetro de grano	0,000	0,012	0,397	0,194	0,603
Peso de 100 granos	0,073	0,084	0,360	0,026	0,543
Nº. dientes hojas	0,000	0,270	0,063	0,123	0,456

Las variables que más contribuyeron a la varianza de los cuatro primeros componentes fueron peso de granos totales, ancho de hoja y peso de planta respectivamente (Cuadro 51).



Altura de la planta con largo de panoja obtuvieron el grado de correlación más alta ($r = 0,85$) lo que indica que plantas más altas poseen una panoja más larga. La altura de planta también tuvo una relación positiva con número de ramificaciones (R) ($r = 0,51$), infiriendo que plantas altas además de tener panojas largas tienen alto número de ramificaciones (Cuadro 52).

El segundo más alto nivel de correlación lo posee peso de granos totales e índice de cosecha ($r = 0,66$) describiendo plantas con características favorables para la producción de granos

La tercera más alta correlación existió entre largo de hoja y ancho de hoja ($r = 0,64$) lo que corrobora esta relación directa explicando hojas ovaladas para aumentar su superficie foliar.

Entre diámetro de grano y peso de granos totales ($r = 0,60$) existe la cuarta más alta correlación demostrando que granos con mayor diámetro efectivamente tienen un mayor peso.

Otra interesante correlación es la que ocurre entre número de dientes de hojas y ancho de hoja ($r = 0,53$) puesto que hojas con mayor número de dientes aumentan su superficie, este caso en específico su ancho.

Existe una alta correlación entre altura de planta con número de ramificaciones y peso de planta ($r = 0,49$ y $r = 0,51$ respectivamente) demostrando, que un mayor desarrollo de la planta promueve un mayor desarrollo de panoja.

El número de ramificaciones tuvo una correlación alta con peso de granos totales ($r = 0,48$) lo que puede deberse a la existencia de panojas laterales, específicamente en las ramificaciones, lo que aumenta la producción de grano.

Entre peso de planta y peso de granos totales existe una alta correlación ($r = 0,46$) producto que a mayor peso de granos mayor es el peso de la planta.

En cuanto a diámetro de tallo se observa una correlación positiva con ramificaciones y peso de planta ($r = 0,41$ y $r = 0,50$) similar a la que ocurre entre altura de planta con número de ramificaciones y peso de planta posiblemente debido a las mismas razón de mayor desarrollo de la planta.

El largo de panoja tiene una alta correlación con el ancho de panoja ($r = 0,44$) lo que resulta en panojas de buenas características del punto de vista productivo, el largo de panoja también se relaciona con el número de ramificaciones positivamente ($r = 0,49$) mostrando



que con un mayor número de ramificaciones se aumenta la producción de grano, y por consiguiente el peso de la planta ($r = 0,42$).

Existe una correlación positiva entre diámetro de panoja y diámetro de tallo ($r = 0,40$), puesto que plantas con un diámetro de tallo mayor posee un mayor peso de planta ($r = 0,50$) y por ende una mayor producción de grano lo que deriva en panojas más grandes. Finalmente se registró altura de planta con ancho de panoja ($r = 0,46$).

El índice de cosecha, el peso de granos totales y el peso de 100 granos tienen una correlación negativa con el contenido de saponinas ($r = 0,25$, $r = -0,29$ y $r = -0,36$ respectivamente) describiendo planta más productiva, con una cantidad de granos mayor y más pesados, poseen menor cantidad de saponina en sus granos.

Existe otra correlación negativa importante entre número de ramificaciones y largo de hoja ($r = -0,32$) lo que describe plantas con un gran número de ramificaciones y hojas pequeñas.

Existe una correlación negativa entre altura de plantas y largo de hojas ($r = -0,25$) y esta a su vez con largo de panoja ($r = -0,25$) infiriendo que plantas altas y con panojas largas poseen hojas pequeñas.

Otra interesante correlación negativa es la que se produce entre número de ramificaciones y diámetro de grano ($r = -0,25$) advirtiéndose que las plantas que poseen un gran número de ramificaciones además poseen granos de diámetro inferior a aquellas que poseen menor número de ramificaciones.

También se da una correlación negativa entre peso de planta e índice de cosecha ($r = 0,22$) lo que describe plantas que poseen un desarrollo vegetativo importante pero baja producción de granos.

Análisis de correlación de Pearson

Cuadro52: Matriz de correlación simple usando coeficiente de Pearson para accesiones amarillas.

Variable	AP	LP	DP	DT	NDH	LH	AH	R	PP	DG	PGT	P100G	IC	S
Altura de planta	1,00													
Largo de panoja	0,85	1,00												
Diámetro de panoja	0,46	0,44	1,00											
Diámetro de tallo	0,30	0,31	0,40	1,00										
Numero de dientes en hojas	-0,07	-0,05	0,04	-0,11	1,00									
Largo de hoja	-0,25	-0,25	0,20	-0,12	0,37	1,00								
Ancho de hoja	-0,12	-0,12	0,12	-0,13	0,53	0,64	1,00							
Numero de ramificaciones	0,51	0,49	0,47	0,41	0,07	-0,32	-0,25	1,00						
Peso de planta	0,34	0,42	0,51	0,50	0,17	0,19	0,04	0,37	1,00					
Diámetro de grano	0,14	0,05	0,07	0,07	0,17	0,21	0,20	-0,25	0,05	1,00				
Peso Granos Totales	0,25	0,39	0,17	0,15	-0,02	-0,02	-0,11	0,48	0,46	-0,12	1,00			
Peso de 100 granos	0,22	0,14	-0,15	0,23	0,02	-0,09	-0,05	-0,05	0,04	0,60	0,03	1,00		
Índice de cosecha	0,03	0,06	-0,15	-0,15	-0,19	-0,15	-0,15	0,27	-0,22	-0,10	0,66	0,10	1,00	
Contenido de saponinas	0,06	0,03	0,24	-0,16	-0,06	0,09	0,03	-0,05	-0,07	-0,11	-0,29	-0,36	-0,25	1,00

*Valores en negrita representan significancia estadística ($p \leq 0,05$)

Cuadro 53. Matriz de correlación simple usando coeficiente de Pearson para accesiones rojas

Variable	AP	LP	DP	DT	NDH	LH	AH	R	PP	DG	PGT	P100G	IC	S
Altura de planta	1,00													
Largo de panoja	0,71	1,00												
Diámetro de panoja	0,54	0,41	1,00											
Diámetro de tallo	0,67	0,46	0,68	1,00										
Numero de dientes en hojas	-0,04	-0,03	0,15	-0,01	1,00									
Largo de hoja	0,15	-0,01	0,02	0,13	0,30	1,00								
Ancho de hoja	0,08	0,00	0,04	0,07	0,36	0,84	1,00							
Número de ramificaciones	0,65	0,50	0,52	0,57	-0,07	-0,12	-0,17	1,00						
Peso de planta	0,55	0,36	0,59	0,69	0,02	0,09	0,05	0,55	1,00					
Diámetro de grano	-0,05	-0,16	0,13	0,03	0,13	-0,05	-0,14	0,13	0,07	1,00				
Peso de granos totales	0,47	0,32	0,52	0,60	-0,05	0,07	0,10	0,35	0,83	-0,09	1,00			
Peso de 100 de granos	-0,08	-0,26	-0,06	-0,18	0,11	0,15	0,09	-0,03	-0,26	0,17	-0,41	1,00		
Índice de cosecha	0,26	0,20	0,08	0,19	0,09	0,27	0,28	0,03	-0,11	-0,13	-0,10	0,16	1,00	
Contenido de Saponinas	-0,08	0,00	-0,07	-0,07	-0,17	0,02	0,14	-0,30	-0,18	-0,39	0,36	-0,33	-0,06	1,00

*Valores en negrita representan significancia estadística ($p \leq 0,05$)



Del cuadro 53 se puede inferir que, el grado de correlación mayor lo obtuvo largo de hoja con ancho de hoja ($r = 0,84$) corroborando las relación que existe en esta especie que posee hojas ovaladas lanceoladas.

El segundo grado de correlación más alto lo obtuvo peso de planta con peso de granos totales ($r = 0,83$) lo que quiere decir que plantas con mayor desarrollo vegetativo poseen mayor cantidad de granos.

La altura de planta tiene correlación positiva con largo de panoja, diámetro de tallo, número de ramificaciones, peso de planta, diámetro de panoja y peso de granos totales ($r = 0,71$; $r = 0,67$, $r = 0,65$; $r = 0,55$; $r = 0,54$ y $r = 0,47$ respectivamente) describiendo plantas altas con panojas altas y anchas, con un tallo grueso, gran número de ramificaciones, que se traduce en una planta con mayor biomasa, todo esto en cuanto a la arquitectura de la planta. En las accesiones rojas también se percibe que las plantas altas tiene un grano de mayor peso.

Correlaciones importantes de mencionar son las que ocurren entre peso de planta con ancho de panoja, diámetro de panoja y número de ramificaciones ($r = 0,59$; $r = 0,69$ y $r = 0,55$) todas características que aporta a la biomasa de la planta.

Largo de panoja presenta correlación positiva con diámetro de panoja y diámetro de tallo ($r = 0,41$, $r = 0,46$) el que a su vez posee una correlación positiva con diámetro de panoja ($r = 0,68$) describiendo plantas con panojas de gran tamaño y con tallo grueso.

Peso de granos totales muestra una correlación positiva con diámetro de panoja y diámetro de tallo ($r = 0,52$, $r = 0,60$) describiendo plantas con gran cantidad de granos, panojas robustas y tallos grande para soportar dichas panojas.

El número de ramificaciones tiene correlación positiva con largo de panoja, diámetro de panoja y diámetro de tallo ($r = 0,50$; $r = 0,52$ y $r = 0,57$) describiendo plantas ramificadas con grandes panojas y un tallo con diámetro adecuado para soportar el peso de las panojas.

Las correlación más negativa se obtuvo entre peso de granos totales y peso de 100 granos ($r = -0,41$) lo que significa que plantas con mayor cantidad de granos, estos son más pequeños.

La segunda correlación más negativa se dio entre diámetro de grano y contenido de saponinas ($r = -0,39$) demostrando que plantas con granos grandes poseen poco contenido de saponina.



La tercera correlación negativa existe entre peso de 100 granos y contenido de saponinas ($r = -0,33$) queriendo decir que granos con un mayor peso poseen menor cantidad de saponina.

La cuarta correlación más negativa se dio entre número de ramificaciones y contenido de saponinas ($r = -0,30$) describiendo plantas con gran número de ramificaciones, pero que a su vez poseen un bajo contenido de saponina en sus granos.

Peso de planta tubo una correlación negativa con peso de 100 granos ($r = -0,26$), lo que quiere decir que plantas con mayor desarrollo vegetativo poseen granos livianos corroborando los que ocurre con las accesiones amarillas.

Existe una correlación negativa entre largo de panoja y peso de 100 granos ($r = -0,26$) esto quiere decir que panojas mas grandes poseen granos aparentemente más pequeños y livianos.

La comparación entre accesiones usando el test de Duncan para las catorce variables morfológicas evaluadas muestra diferencias significativas ($\alpha=0,05$) para altura de planta (AP), largo de panoja (LP), número de dientes de hojas (NDH), largo de hoja (LH), diámetro de grano (DG), peso de granos totales (PGT), contenido de saponinas (S) e índice de cosecha (IC), siendo los valores mayores para accesiones rojas en todas las variables con diferencias significativas. Los valores destacan por su importancia productiva son IC para accesiones rojas con un índice de 66% otra variable relevante fue el bajo contenido de saponinas en accesiones amarillas con 1,71 mg/g valor promedio que la caracteriza como semi-dulce descriptor importante a considerar en los programas de mejoramiento en quinua.

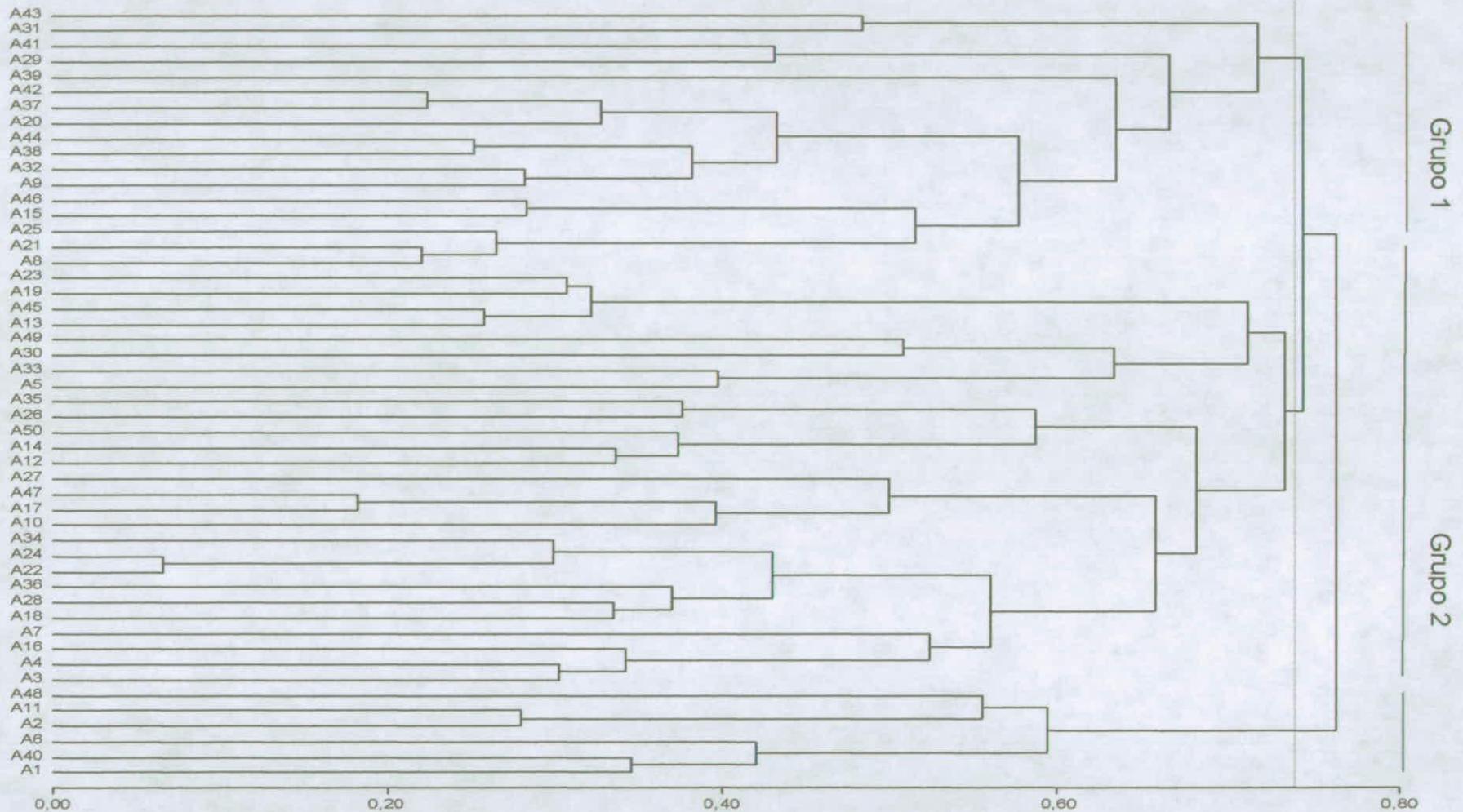


Figura 34 : Dendrograma de distancias entre 50 accesiones amarillas (coeficiente de Pearson).

PROYECTO:

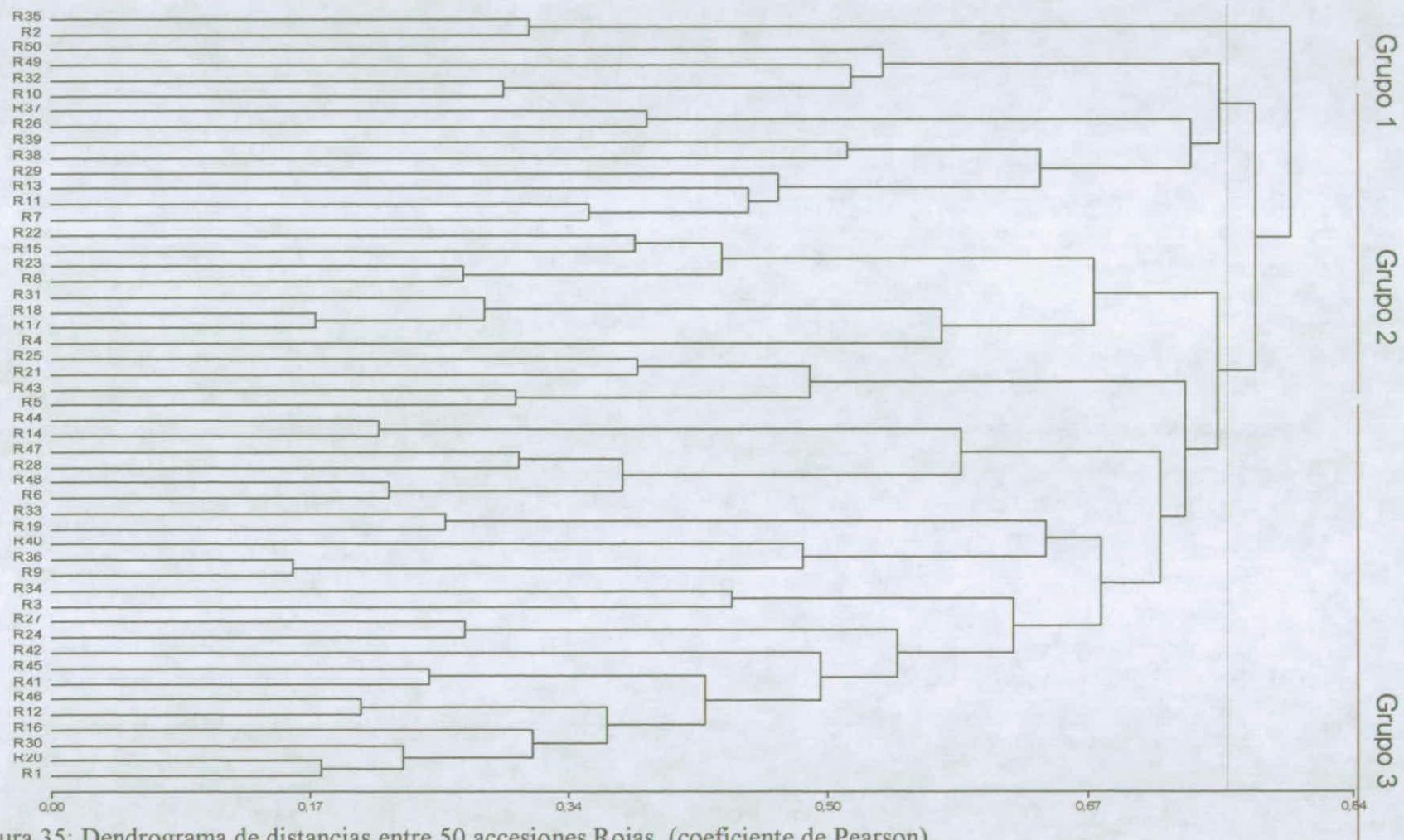


Figura 35: Dendrograma de distancias entre 50 accesiones Rojas (coeficiente de Pearson).

PROYECTO:



Para accesiones amarillas (Figura 34) el grupo 1 estuvo conformado por 17 accesiones caracterizadas por tener granos con un diámetro de 2,48mm, plantas con una altura de 77,18 cm, y granos con un contenido de saponina que las cataloga como semidulces (1,71mg/g).

El grupo 2 lo conformaron 28 accesiones que se caracterizan por tener plantas con una altura de 88,18 cm, granos con un diámetro de 2,43 mm y un contenido de saponinas que las catalogan como semidulces (1,70mg/g).

El grupo 3 lo conformaron 6 accesiones que se caracterizan por tener plantas con una altura de 84,0 cm, granos con un diámetro de 2,2 mm y un contenido de saponinas que las catalogan como amargas (2,20mg/g).

Los primeros 2 grupos presentaron similares características en cuanto a todas sus variables cuantitativas, a diferencia del grupo 3 que posee accesiones con granos amargos. No obstante fue elegido para una selección molecular el grupo con un mayor número de accesiones añadiendo dos individuos del grupo 1 que tuvieran características favorables en cuanto a baja saponina y un adecuado diámetro de granos para completar 30 accesiones.

La clasificación de similaridad, usando análisis de conglomerados, mediante el método jerárquico de encadenamiento promedio de la población y coeficiente de correlación de Pearson formó dos grupos dentro de las accesiones rojas (Figura 35).

El grupo 1 se caracteriza por poseer 2 accesiones con plantas que alcanzan los 89,0 cm de alto, con un peso de granos totales de 58,0 g, gran producción de biomasa (peso de la planta de 175,0g) y un contenido de saponina que la cataloga como plantas con granos amargos (3,9 mg/g).

El grupo 2 se caracteriza por poseer 12 accesiones con plantas que alcanzan los 91,3 cm de alto, con un peso de granos totales de 73,0 g, gran producción de biomasa (peso de la planta de 185,0 g) y un contenido de saponina que la cataloga como plantas con granos amargos (2,3 mg/g).

El grupo 3 se caracteriza por poseer 36 accesiones con plantas que alcanzan los 85,4 cm de alto, con un diámetro de granos de 2,6 g, y un contenido de saponina que la cataloga como plantas con granos amargos (2,0 mg/g).

Debido al número de accesiones con características similares que posee el grupo 3, se decidió considerarlo para el análisis molecular, discriminando individuos con alto contenido de saponina, para tener una selección de accesiones de bajo contenido de saponinas dentro de la categoría.

CARACTERIZACION MOLECULAR SEGUNDO CICLO

Al finalizar la primera etapa de selección de germoplasma de quinua se valida en conjunto la interacción de la evaluación morfológica y molecular del germoplasma. El empleo de estas dos metodologías en conjunto ha permitido el agrupamiento preliminar de grupos de similitud en ambos tipos de quinua (rojo y amarillo) con el propósito de identificar el grupo mas homogéneo en cada tipo y repetir nuevamente el proceso hasta lograr una homogeneidad de cultivo que posibilite la cosecha mecánica, la maduración homogénea del cultivo y el rendimiento homogéneo por planta, entre las características mas importantes a mejorar.

La experiencia del primer ciclo confirma que la metodología propuesta se presenta como una herramienta útil para el objetivo de selección.

La justificación del presente trabajo se sustenta en poder establecer las relaciones genéticas basadas en marcadores moleculares entre dos poblaciones previamente caracterizadas morfológicamente y estimar el grado de avance en el proceso de homogenización de las categorías seleccionadas para su cultivo en el altiplano de la Provincia de Iquique.

Se utilizaron para el análisis molecular 30 accesiones rojas y 30 accesiones amarillas a partir de la clasificación realizada a partir de análisis multivariado de características morfológicas aplicadas a plantas seleccionadas al azar en campo de cultivo. El trabajo de selección se realizó en campo de ensayo de 2 hectáreas perteneciente a la Comunidad Indígena Aymara de Ancovinto (Latitud Sur 19 °26'15.7", Longitud Oeste 68°37'42.3", altitud: 3.756 msnm.). Las accesiones analizadas se resumen en el cuadro 54.

Cuadro 54. Accesiones amarillas y rojas usadas para análisis molecular.

Accesiones amarillas				Accesiones rojas			
A3	A15	A28	A39	R1	R17	R28	R42
A4	A16	A29	A41	R3	R18	R30	R43
A5	A17	A30	A42	R5	R19	R31	R44
A8	A18	A32	A44	R6	R20	R33	R45
A9	A19	A33	A45	R9	R21	R34	R46
A10	A21	A35	A47	R12	R24	R36	R47
A12	A22	A37		R14	R25	R40	
A13	A24	A38		R16	R27	R41	



La técnica RAPD permitió la detección de polimorfismo entre accesiones rojas y amarillas, logrando identificar 5 categorías de similaridad genética basada en amplificación de ADN anónimo en el grupo rojo, de los cuales dos de ellos fueron los más numerosos (43,3% y 36,6%). Dentro del grupo amarillo se identificó 11 categorías, de las cuales solo una reunió un número importante de accesiones con fines de selección (15 accesiones), el resto de categorías presentó un patrón de agrupamiento disímil que no permitió agrupamientos discretos de accesiones (Figura 36).

Con un total de 12 partidores de 10-mer se generaron 153 marcadores moleculares los cuales fueron utilizados para discriminar entre las accesiones estudiadas. Cada partidor amplificó en promedio 12 marcadores generando un bajo nivel de polimorfismo entre accesiones. Estos resultados nuevamente confirman un estrecho parentesco entre las accesiones seleccionadas en ambos grupos, esto se explica considerando la procedencia de los materiales estudiados, los cuales son provenientes de mezclas de semillas cultivadas año tras año por agricultores de la comunidad y del proceso de selección desarrollado ya en dos temporadas.

De esta forma se detectó la carencia absoluta de polimorfismo con algunos de los partidores, mientras que otros mostraron algunos polimorfismos entre accesiones (Figura 36) que sirvieron para establecer las diferentes categorías de similitud genética tanto en accesiones rojas como amarillas (Figura 37 y 38).



Figura 36. Electroforesis en gel de agarosa mostrando los patrones de amplificación de los marcadores RAPD usando el partidor OPZ16 para 15 accesiones rojas de quinua.

El 26,7% de los marcadores generados fueron polimórficos para accesiones rojas y el 39,9% para accesiones amarillas. Estos valores permiten inferir un proceso más acelerado de homogenización de accesiones rojas que de accesiones amarillas, no obstante esto debiera ser complementado con mayor cantidad de marcadores a modo de establecer mayor certeza de esta hipótesis.

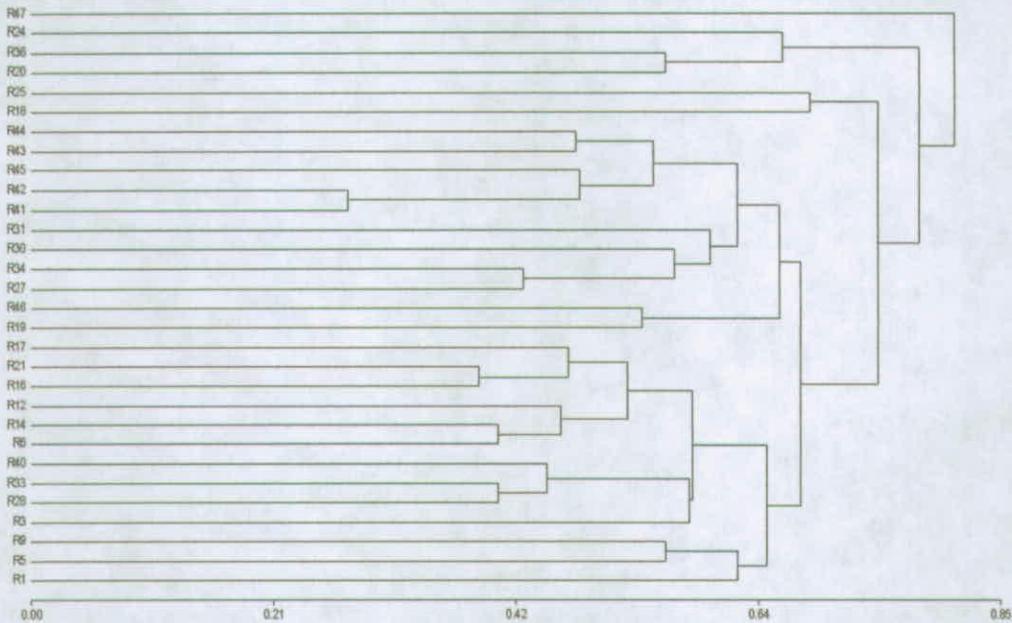


Figura 37. Relación genética de 30 accesiones de quinua roja basada en marcadores moleculares RAPD. La escala representa similaridad genética entre accesiones (UPGMA).

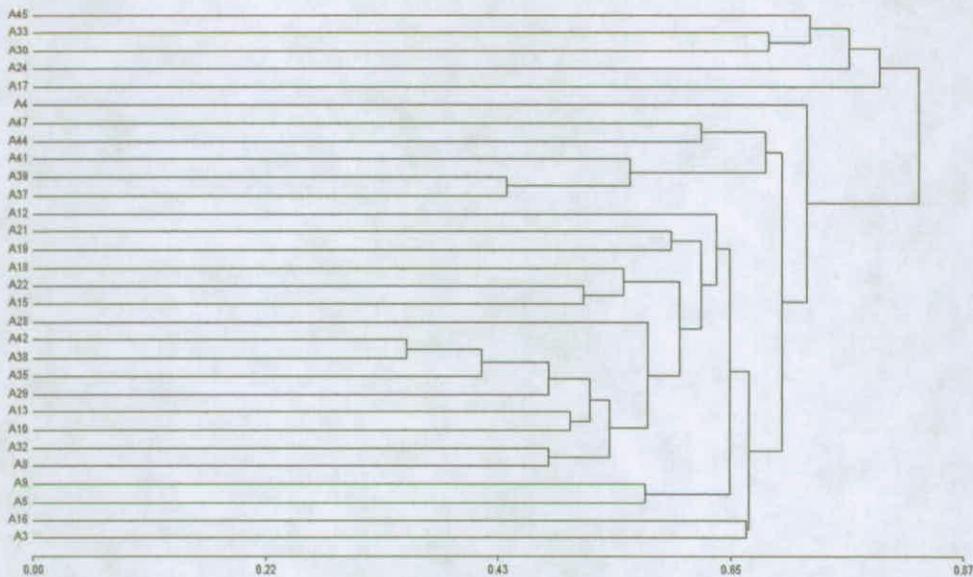


Figura 38. Relación genética de 30 accesiones de quinua amarilla basada en marcadores moleculares RAPD. La escala representa similaridad genética entre accesiones (UPGMA).



El uso de marcadores moleculares del tipo RAPD permitió la discriminación entre categorías de similitud genética para accesiones rojas y amarillas.

A partir de la información molecular en complemento con los resultados de análisis morfológico se obtuvo un grupo de selección de quinuas rojas de un 43,3% del total analizado y de un 50% para quinuas amarillas.

Los resultados indican que la clasificación morfológica y molecular son efectivas como metodología para establecer categorías preliminares de selección.

CARACTERIZACION MORFOLOGICA TERCER CICLO

La evaluación morfológica se realizó en campo experimental de 3200 m² en la localidad de Vilacollo. Se seleccionaron 50 plantas de panoja amarilla y 50 plantas con panoja roja en cada parcela de selección. Con un total de 100 plantas individualizadas con código de accesión dentro de la unidad predial.

Para la caracterización morfológica se usó 13 descriptores morfológicos agrupados en descripción de planta y de grano de quinua (Figura 39).

Los descriptores a evaluados fueron: altura de planta(cm), diámetro de tallo(mm), número de ramificaciones (n°), número de dientes en hojas intermedias (N°), longitud (cm), peso de planta(g), largo de panoja (cm), ancho de panoja (cm), diámetro de grano (mm); peso del total de granos(g), peso de 100 granos (g); contenido de saponina (mg/g) e índice de cosecha (%).

La medición del contenido de saponinas se realizó a través del método estándar afrosimétrico descrito por Koziol (1990).



Figura 39. Individuos seleccionados y rotulados en localidad de Vilacollo. a) Accesión amarilla A27, b) accesión roja R1.

Se analizó la correlación de las variables cuantitativas mediante el coeficiente de correlación lineal de Pearson el cual mide el grado de asociación lineal de dos o más variables.

La clasificación de los ejemplares en grupos de similaridad se realizó usando análisis de conglomerados, mediante el método jerárquico de encadenamiento promedio de la población (UPGMA,) y el coeficiente de correlación de Pearson.

Se realizó también la derivación de variables ortogonales para la discriminación de grupos de similaridad a partir de las matrices de datos usando el análisis de componentes principales (PCA, *Principal Components Analysis*) (Hair *et al.*, 1992).



En el cuadro 55 se observan las asociaciones entre variables mediante la correlación de Pearson para accesiones amarillas. La asociación más importante se da entre Peso de la planta (PP) y Peso Total de Granos (PTG) ($r = 0,88$), identificando que plantas a mayor producción de biomasa mayor cantidad de granos, pero de diámetros pequeños.

Otra asociación positiva importante es la que se da entre Altura de planta (AP) y Diámetro de Tallo (DT) ($r = 0,51$), describiendo que a mayor altura de la planta mayor es el diámetro de su tallo, esto para soportar el peso de la parte aérea de la planta. Una tercera asociación importante en forma positiva es la que se genera entre Diámetro de Panoja (DP) y DT ($r = 0,44$), describiendo plantas que a medida que aumenta en DP lo mismo ocurre con su DT, el mismo fenómeno ocurre entre la asociación de las variables AP y DT.

En cuanto a asociaciones negativas la más importante es la que se genera entre PP e Índice de Cosecha (IC) ($r = -0,42$), identificando plantas con mayor biomasa, y producción de granos pequeños y de bajo peso.



Cuadro 55. Análisis de Correlación de Pearson de accesiones amarillas

	AP (cm)	DP (mm)	LP (cm)	DT (mm)	NR (n°)	NDH (n°)	AH (cm)	PP (g)	P100 G (g)	DG (mm)	PTG (g)	IC	Sap (mg/g)
AP(cm)	1,00												
DP(mm)	0,34	1,00											
LP(cm)	0,40	0,42	1,00										
DT(mm)	0,51	0,44	0,39	1,00									
NR(n°)	0,17	0,24	0,26	0,11	1,00								
NDH(n°)	0,17	0,24	0,26	0,11	1,00	1,00							
AH (cm)	-0,31	5,7E-04	0,02	-0,13	0,15	0,15	1,00						
PP (g)	-0,09	0,02	-0,10	-0,02	0,08	0,08	-0,03	1,00					
P100G (g)	0,13	0,25	0,19	0,04	0,14	0,14	-0,34	-0,17	1,00				
DG (mm)	-0,01	-0,11	-0,05	0,03	-0,17	-0,17	0,13	-0,07	0,02	1,00			
PTG (g)	-0,08	0,13	-0,13	0,01	0,05	0,05	0,05	0,88	-0,17	-0,11	1,00		
IC	0,09	0,30	-0,05	0,03	-0,14	-0,14	0,16	-0,42	0,06	-0,12	0,01	1,00	
Sap (mg/g)	0,04	-0,05	-0,10	-0,22	0,05	0,05	-0,36	0,04	0,29	-0,29	0,09	0,06	1,00

*Valores en negrita representan significancia estadística ($p \leq 0,05$)

Cuadro 56. Análisis de Correlación de Pearson de accesiones rojas

	AP (cm)	DP (mm)	LP (cm)	DT (mm)	NR (n°)	NDH (n°)	AH (cm)	PP (g)	P100 G (g)	DG (mm)	PTG (g)	IC	Sap (mg/g)
AP(cm)	1,00												
DP(mm)	0,20	1,00											
LP(cm)	0,32	0,38	1,00										
DT(mm)	0,26	0,39	0,31	1,00									
NR(n°)	0,03	0,41	0,40	0,34	1,00								
NDH(n°)	-0,14	-0,16	-0,03	0,05	-0,01	1,00							
AH (cm)	-0,02	0,07	0,07	0,33	0,16	0,74	1,00						
PP (g)	0,23	0,59	0,61	0,57	0,47	-3,8E-0,3	0,23	1,00					
P100G (g)	0,16	0,10	0,18	0,08	-0,18	-0,08	0,02	-4,0E-03	1,00				
DG (mm)	-0,04	0,07	0,06	-0,07	-0,18	-0,01	0,08	-0,08	0,09	1,00			
PTG (g)	0,19	0,60	0,57	0,51	0,48	-0,11	0,04	0,89	0,13	-0,19	1,00		
IC	-0,10	-0,17	-0,27	-0,22	-0,11	-0,13	-0,32	-0,51	0,25	-0,19	-0,13	1,00	
Sap (mg/g)	0,11	0,10	-0,13	0,17	-0,03	-0,20	0,07	0,03	0,02	-0,12	0,07	0,03	1,00

*Valores en negrita representan significancia estadística ($p \leq 0,05$)

PROYECTO:

132

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



En el Cuadro 56 se muestra las asociaciones entre variables mediante la correlación de Pearson para accesiones rojas.

La asociación positiva más importante se muestra entre las variables Peso de la planta (PP) y Peso Total de Grano (PTG) ($r = 0,89$) caso idéntico a lo que sucede con las accesiones amarillas, describiendo que a mayor producción de biomasa, mayor es la producción de granos pequeños.

La segunda asociación positiva importante se genera entre Largo de Panoja (LP) y PP ($r = 0,61$) describiendo que plantas que poseen gran producción de biomasa producirán plantas con panojas largas.

La tercera asociación positiva importante se genera entre Diámetro de Panoja (DP) y PTG ($r = 0,60$) describiendo que plantas con un DP mayor, poseen gran cantidad de granos.

Como asociación negativa importante tenemos la que se da entre PP e Índice de Cosecha (IC) ($r = - 0,51$), corroborando lo que sucede con las accesiones amarillas.

Análisis de componentes Principales para accesiones rojas

Cuadro57: Valores de coeficientes asociados a los componentes principales de accesiones rojas

Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	3,87	0,30	0,30
2	1,95	0,15	0,45
3	1,32	0,10	0,55
4	1,26	0,10	0,65
5	1,12	0,09	0,73
6	0,90	0,07	0,80
7	0,66	0,05	0,85
8	0,56	0,04	0,90
9	0,50	0,04	0,93
10	0,41	0,03	0,97
11	0,29	0,02	0,99
12	0,14	0,01	1,00
13	0,02	1,4E-03	1,00



Cuadro 57. Valores de los primeros cinco componentes principales para accesiones rojas

Variables	C1	CP2	CP3	CP4	CP5
AP(cm)	0,18	-0,18	0,30	0,21	0,22
DP(mm)	0,36	-0,14	0,05	-0,03	0,03
LP(cm)	0,36	-0,06	0,24	-0,17	-0,21
DT(mm)	0,35	0,07	-0,02	0,29	0,13
NR(n°)	0,31	0,01	-0,37	-0,14	-0,21
NDH(n°)	-1,6E-03	0,63	-2,1E-03	0,20	-0,26
AH(cm)	0,14	0,60	0,06	0,31	0,01
PP(g)	0,47	0,02	-0,03	-0,10	0,04
P100G(g)	0,04	-0,19	0,54	0,43	-0,35
DG(mm)	-0,04	0,12	0,60	-0,32	0,23
PTG(g)	0,44	-0,16	-0,10	0,03	-0,17
Sap(mg/g)	0,04	-0,14	-0,18	0,51	0,59
IC	-0,22	-0,30	-0,11	0,36	-0,47

En el cuadro 57 se muestran los coeficientes de los componentes principales que para análisis se tomaron los 5 primeros componentes principales que describen el 73 % del germoplasma de accesiones rojas analizado.

En el cuadro 59 se muestran los valores de los primeros cinco componentes principales.

El primer componente principal describe el 30% del germoplasma, compuesto por características de panoja, arquitectura de la planta, biomasa y producción de granos en del peso y el diámetro de estos granos producidos.

El segundo componente principal describe el 15% del germoplasma, describiendo características de hoja, en desmedro de características productivas de grano y arquitectura de la planta.

El tercer componente principal describe el 10% del germoplasma, muestra principalmente característica de arquitectura de la planta en desmedro de características de producción y saponinas.

El cuarto y quinto componente principal que en su sumatoria muestran el 19% del germoplasma muestran característica de química del grano (Saponina) y de productividad, sumados a características de arquitectura como son Altura de planta.



Análisis de componentes principales para accesiones amarillas

Cuadro 59: Valores de coeficientes asociados a los componentes principales de accesiones amarillas

Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	3,86	0,30	0,30
2	1,96	0,15	0,45
3	1,67	0,13	0,58
4	1,41	0,11	0,69
5	1,02	0,08	0,76
6	0,81	0,06	0,83
7	0,62	0,05	0,87
8	0,60	0,05	0,92
9	0,39	0,03	0,95
10	0,38	0,03	0,98
11	0,27	0,02	1,00
12	0,01	8,8E-04	1,00
13	0,00	0,00	1,00

Cuadro 60. Valores de los primeros cinco componentes principales para accesiones amarillas

Variables	CP1	CP2	CP3	CP4
AP(cm)	0,24	-0,12	-0,16	0,58
DP(mm)	0,38	-0,07	-0,15	-0,12
LP(cm)	0,34	0,02	-0,16	0,07
DT(mm)	0,29	0,02	-0,40	0,32
NR(n°)	0,29	0,34	0,48	0,16
NDH(n°)	0,29	0,34	0,48	0,16
AH(cm)	-0,03	0,50	-0,04	-0,35
PP(g)	0,40	0,06	-0,16	-0,32
P100G(g)	0,21	-0,40	0,25	-0,12
DG(mm)	0,21	-0,39	0,10	-0,35
PTG(g)	0,41	0,03	-0,08	-0,24
Sap(mg/g)	2,3E-03	-0,40	0,43	0,04
IC	0,07	-0,08	0,09	0,26



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

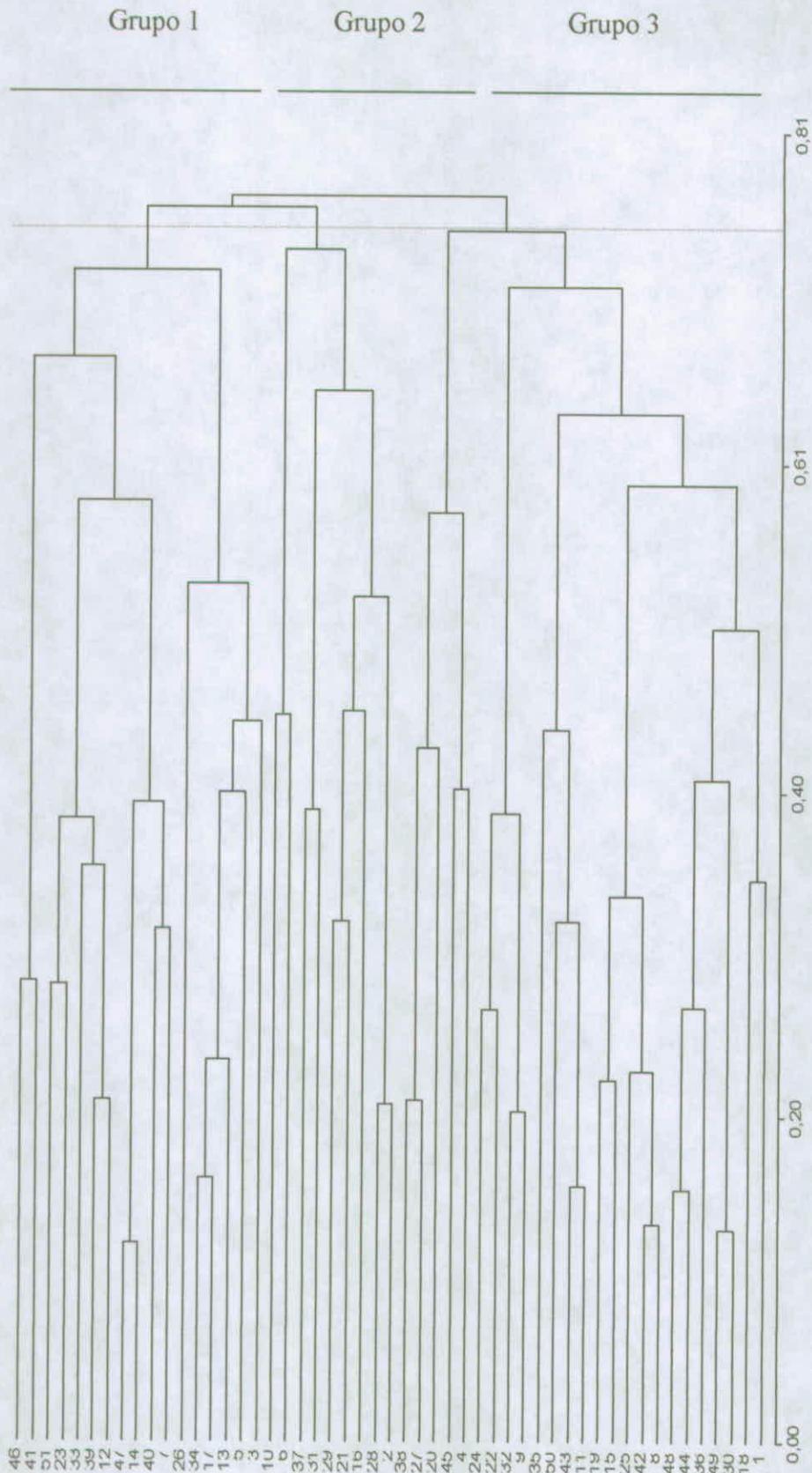


Figura 41. Dendrograma de conglomerados de caracterización morfológica en accesiones amarilla

PROYECTO:

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile

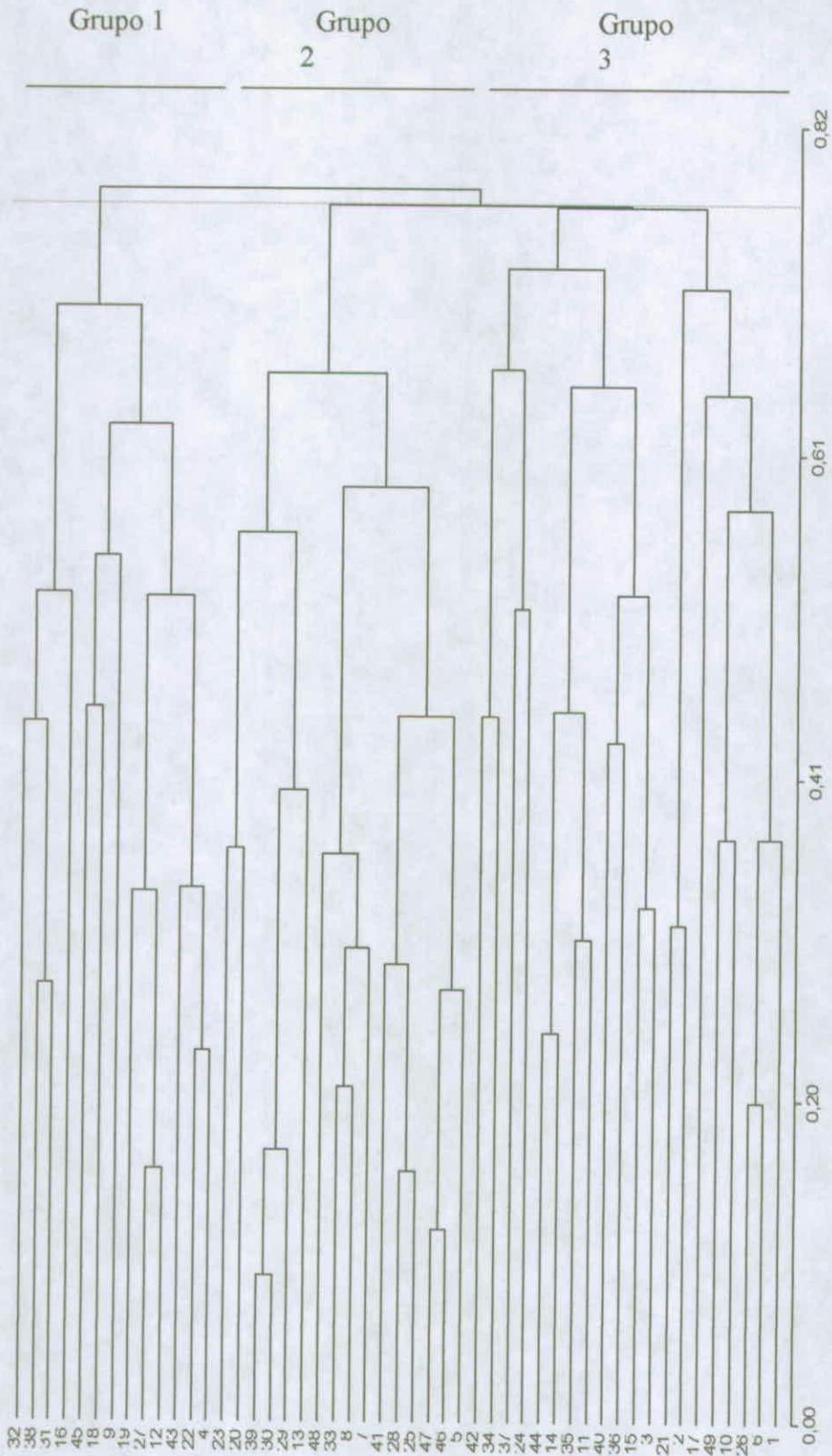


Figura 42. Dendrograma de conglomerados de caracterización morfológica en accesiones rojas.

PROYECTO:

137
INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



En los cuadros 59 y 60 muestra los coeficientes de los componentes principales y los valores de estos componentes respectivamente, tomando para análisis los primeros cuatro componentes principales que describen el 69 % del germoplasma de accesiones amarillas.

El primer componente principal describe el 30% del germoplasma, priorizando variables que describen características de grano, además de variables que muestran la arquitectura de la planta.

El segundo componente principal, con un 15%, describe características de hoja y producción de biomasa.

El tercer componente principal, con un 13%, describe al igual que el segundo componente principal, características de hoja y características específicas de grano como son el Diámetro del grano y el Peso de los 100 Granos, en desmedro de característica de arquitectura de la planta.

El cuarto y último componente principal analizado para estas accesiones caracteriza el 11% del germoplasma. Este describe características que tienen que ver con la productividad de la planta conjuntamente con características químicas de los granos.

Análisis de conglomerados

La figura 41 muestra la forma de agrupamiento de las asociaciones amarilla. Se conformaron 3 grupos, el Grupo 1 con 17 accesiones, el Grupo 2 con 9 accesiones y el Grupo 3 con 25 accesiones.

El grupo con características más deseables para continuar la selección es el Grupo 2 que muestra accesiones con plantas de mayor altura, mayor largo y diámetro de panoja, mayor diámetro de tallo, mayor número de ramificaciones, mayor número de dientes de hoja, mayor diámetro de grano, y menor contenido de saponina que los grupos 1 y 3. Por las razones nombradas anteriormente las accesiones del Grupo 2 fueron seleccionadas para continuar con la caracterización molecular.

La figura 42 muestra la forma de agrupación de las accesiones rojas. Se conformaron 3 grupos, el Grupo 1 con 13 accesiones, el Grupo 2 con 16 accesiones y el Grupo 3 con 20 accesiones.

El grupo con características más deseables para continuar la selección es el Grupo 3 que muestra accesiones con plantas de panojas más gruesas, con hojas más dentadas y anchas, con más producción de biomasa, mayor diámetro de grano, mayor producción de granos y



menor contenido de saponina que los grupos 1 y 2. Por estas razones las accesiones del grupo 3 fueron seleccionadas para continuar con la caracterización molecular.

CARACTERIZACION MOLECULAR TERCER CICLO

El procedimiento realizado para este análisis es el mismo utilizado en los ciclos anteriores. Para este caso se consideraron 9 accesiones amarillas y 20 accesiones rojas (Cuadro 61).

Cuadro 61. Código de accesiones seleccionadas a partir de análisis morfológico.

Accesiones amarillas			Accesiones rojas				
A2	A21	A37	R01	R10	R17	R34	R40
A06	A28		R02	R11	R21	R35	R42
A10	A29		R03	R14	R24	R36	R44
A16	A31		R06	R15	R26	R37	R49

A partir de la información obtenida de marcadores moleculares de ADN se construyeron matrices binarias para cada línea de selección. Los datos consistieron en valores 1 ó 0 para la presencia o ausencia de alelos presentes en cada genotipo (Figura 43). Cada matriz de datos fue analizada usando el método SIMQUAL (Similaridad para datos cualitativos) con coeficiente de Similaridad de Jaccard. Un dendograma fue construido empleando análisis de conglomerados, mediante el método jerárquico de encadenamiento promedio de la población (UPGMA) (Figura 44).



Figura 43: Alelos de las 20 accesiones rojas y 9 accesiones amarillas seleccionadas a partir de análisis morfológico para un tercer ciclo de selección, utilizando primer OPY 15. Se muestra la separación electroforética en gel de agarosa (1,4%)

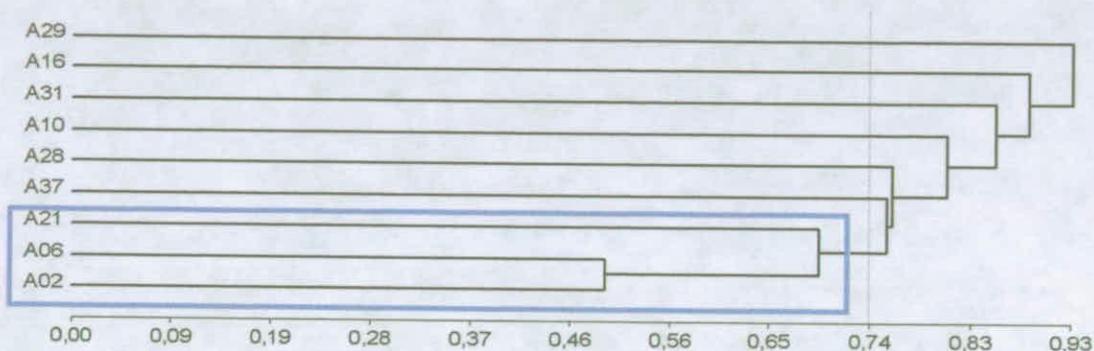


Figura 44: Dendrograma de conglomerados construido a partir de caracterización molecular en accesiones amarillas.

Cuadro 62. Valores Promedios de descriptores morfológicos y químicos en grupos formados a partir de análisis molecular (Coeficiente de Jaccard) para accesiones amarillas

	AP(cm)	DP(mm)	LP(cm)	DT(mm)	NR(n°)	NDH(n°)	AH(cm)	PP(g)	P100G(g)	DG(mm)	PTG(g)	IC	S(mg/g)	Pt.(mg/g)	Ad. (g/g)
Grupo I	116	73,72	38,0	16,51	26	26	1,97	250	0,59	2,45	94,62	0,38	1,99	1,01	0,39
Grupo II	112	63,40	37,0	12,06	21	21	1,87	130	0,54	2,28	52,24	0,40	1,60	1,42	0,41
Grupo III	99	87,16	40,0	17,86	27	27	2,47	285	0,57	2,49	116,82	0,41	1,54	0,97	0,45
Grupo IV	109	125,11	38,0	19,77	24	24	1,87	275	0,50	2,50	126,63	0,46	1,79	1,25	0,41
Grupo V	89	75,90	28,0	15,9	17	17	4,00	205	0,39	2,28	65,25	0,32	1,86	1,58	0,46
Grupo VI	99	84,72	35,2	17,11	27	27	1,80	205	0,58	2,54	88,80	0,43	2,05	1,44	0,33
Grupo VII	109	54,03	34,0	13,20	20	20	1,00	175	0,58	2,46	67,32	0,38	2,63	1,31	0,37
Grupo VIII	103	100,67	31,5	16,85	22	22	2,17	245	0,52	2,46	105,45	0,42	0,92	1,28	0,41

AP: Altura de planta; DP: Diámetro de panoja; LP: Largo de panoja; DT: Diámetro de tallo; NR: número de ramificaciones; NDH: Número de dientes en hojas; AH: Ancho de hoja; PP: Peso de planta; P100G: Peso de 100 granos; DG: Diámetro de grano; PTG: Peso total de granos; IC: Índice de cosecha; S: Saponina; Pt.: Proteínas; Ad.: Almidón.

PROYECTO:

141

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079

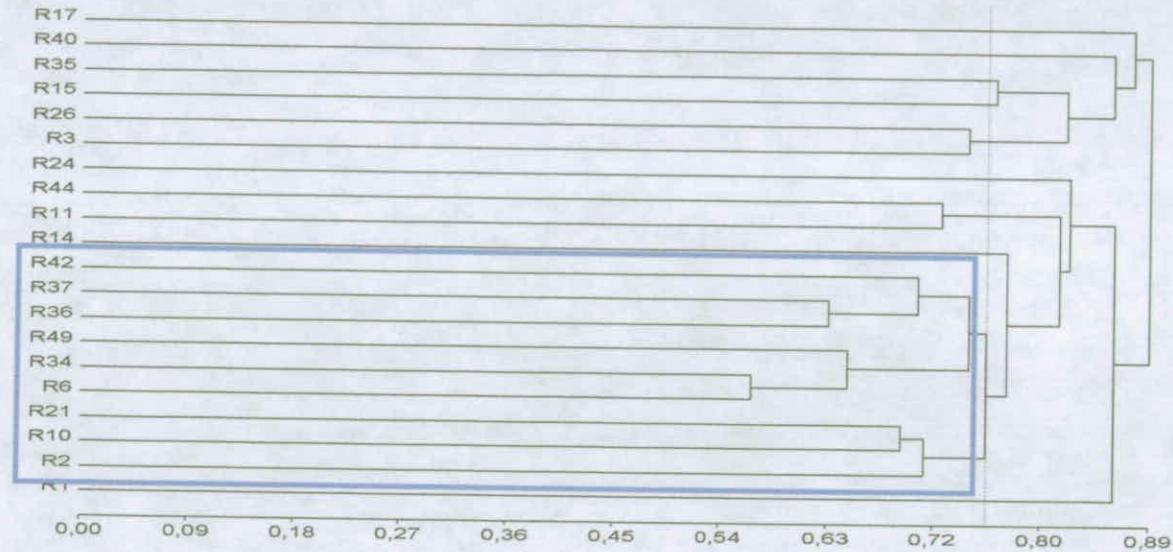


Figura 45. Dendrograma de conglomerado de caracterización molecular en accesiones rojas

PROYECTO:

142

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Cuadro 63. Valores Promedios de descriptores morfológicos y químicos en grupos formados a partir de análisis molecular (Coeficiente de Jaccard) para accesiones rojas.

	AP(cm)	DP(mm)	LP(cm)	DT(mm)	NR(n°)	NDH(n°)	AH(cm)	PP(g)	P100G(g)	DG(mm)	PTG(g)	IC	S(mg/g)	Pt.(mg/g)	Ad. (g/g)
Grupo I	97,00	40,72	35,00	19,11	18,00	8,67	4,73	150,00	0,60	2,41	45,79	0,31	1,86	0,81	0,18
Grupo II	103,00	69,51	29,00	14,06	18,00	7,33	3,03	170,00	0,49	2,43	60,58	0,36	1,21	1,01	0,13
Grupo III	102,00	90,71	29,00	15,57	18,00	9,67	4,80	250,00	0,54	2,43	75,72	0,30	1,41	0,57	0,14
Grupo IV	104,00	53,48	29,00	14,24	20,00	7,33	3,13	115,00	0,54	2,38	43,74	0,38	1,08	1,28	0,18
Grupo V	97,00	59,37	23,00	13,61	12,50	8,00	3,30	147,50	0,51	2,29	50,54	0,35	2,25	1,27	0,12
Grupo VI	106,00	47,47	21,00	18,49	13,00	8,67	3,93	120,00	0,56	2,23	59,88	0,50	2,12	0,62	0,09
Grupo VII	106,00	47,53	28,50	13,46	15,00	4,33	1,88	102,50	0,49	2,27	51,46	0,50	2,63	1,24	0,15
Grupo VIII	91,00	40,11	26,00	11,92	13,00	13,67	4,77	110,00	0,45	2,38	30,23	0,27	0,66	0,75	0,13
Grupo IX	100,40	56,82	29,28	13,11	18,78	6,35	3,11	133,33	0,46	2,34	46,91	0,36	1,76	1,17	0,15
Grupo X	93,00	57,92	32,00	14,40	19,00	8,00	1,30	140,00	0,46	2,29	75,50	0,54	1,41	0,77	0,15

AP: Altura de planta; DP: Diámetro de panoja; LP: Largo de panoja; DT: Diámetro de tallo; NR: numero de ramificaciones; NDH: Numero de dientes en hojas; AH: Ancho de hoja; PP: Peso de planta; P100G: Peso de 100 granos; DG: Diámetro de grano; PTG: Peso total de granos; IC: Indice de cosecha; S: Saponina; Pt.: Proteínas; Ad.: Almidón.



En la figura 44 se muestran las tres accesiones seleccionadas (encerradas en rectángulo), las que principalmente fueron seleccionadas por tener características deseadas desde el punto de vista morfo-agronómico (Cuadro 62) y, por formar conglomerado a partir de la línea de corte (85% de coeficiente de disimilaridad), lo que las hace más cercanas entre sí, a diferencia de los otros grupos formados después de la línea de corte.

La figura 44 muestra las 9 accesiones rojas (en rectángulo) seleccionadas, principalmente se seleccionaron debido a que muestran el mayor grupo formado después de la línea de corte (85% de coeficiente de disimilaridad), además de sus características morfo-agronómicas (Cuadro 63)

Luego de realizado el análisis de conglomerados a partir de la caracterización molecular, finalmente se seleccionaron 3 accesiones amarillas y 9 accesiones rojas, con un total final de 12 accesiones para multiplicar, 6 accesiones en invernadero de plantas madres y 6 accesiones en invernadero de policarbonato.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO EN QUINUA

Durante el proceso de selección y mejoramiento realizado, se validó la técnica de selección masal con la asistencia de técnicas moleculares de marcadores de ADN, mostrándose efectiva para el objetivo de homogenización de características morfológicas y agronómicas en campo.

Un aspecto relevante que marcó el éxito de este modelo de trabajo fue las relaciones de confianza generadas entre la Comunidad Indígena de Ancovinto y Universidad Arturo Prat. Esto significó al inicio del proceso de selección, la comunicación directa en campo con agricultores para conocer desde la propia comunidad, las características de interés para seleccionar y mejorar. Asimismo, esta relación permitió adicionalmente tener acceso al germoplasma local para su colección y estudio.

La validación de este modelo de trabajo desarrollado en la Comunidad Indígena de Ancovinto, se presenta como una herramienta efectiva para su aplicación en otras comunidades de la región y otras regiones, el cual puede significar la obtención potencial de nuevos materiales mejorados que contribuyan directamente al desarrollo de más unidades de negocios en torno a la quinua y sus derivados.



Es importante destacar que estos procesos de selección y mejoramiento, deben tener un apoyo de largo plazo, de manera de concluir los procesos de mejoramiento con variedades inscritas en el registro nacional de variedades, y no quedar en procesos que signifiquen etapas intermedias para la obtención de variedades.

Se destaca finalmente la integración de múltiples esfuerzos de organizaciones estatales de apoyo a la agricultura, de científicos, agricultores y empresarios de diversas partes de Chile y región andina, que han permitido concretar oportunidades de dar a conocer los diversos trabajos realizados en quinua, los cuales ofrecen la oportunidad final de desarrollar la agricultura basada en el grano de quinua de manera cooperativa. Esta manifestación se ha materializado sistemáticamente en este último tiempo mediante iniciativas como publicaciones de divulgación, giras tecnológicas entre agricultores, reuniones científicas, proyecto de integración territorial entre otras.



4. MONITOREO DE PLAGAS. MANEJO BIORRACIONAL DE PLAGAS EN ANCOVINTO.

Investigador responsable: Biólogo, Mg. Cs. Víctor Tello

4.4 Identificación de la artropofauna asociada al cultivo de la quinua.

La artropofauna asociada a la quinua, en la localidad de Ancovinto, durante el período de muestreo se constituyó de tres especies de la clase Insecta (no se registró araña roja). La más extendida y causante del mayor daño, por lo menos visual, fue una mosca minadora (Diptera: Agromyzidae (Figuras 46 y 47 estado larval mina el mesófilo de las hojas de la quinua causando una reducción del tejido fotosintético. Su impacto en los rendimientos en la zona de estudio habría que cuantificarlo. Zanabria y Banagas (1997) indican la presencia de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), anteriormente se le había consignado como *L. braziliensis*.



Figura 46. Daños provocados por la acción de larvas de moscas minadoras (*Hapopleodes* sp.).



Figura 47. Moscas minadoras (*Hapopleodes* sp.). A, adulto; B, puparios.

Otra especie colectada fue un gusano cortador (Lepidoptera: Noctuidae) el cual fue encontrado en la panoja alimentándose de raquis y botones florales (Figuras 48 y 49). Aunque normalmente estas larvas son de hábitos crepusculares y nocturnos, enterrándose durante el día, la especie encontrada en Ancovinto fue colectada durante el día. Inicialmente se pensó que correspondía a una especie del género *Heliothis*. No se capturaron otras especies de esta familia. Los nóctuidos identificados en el altiplano peruano-boliviano son *Heliothis titicacae* Hardwick y *Copitarsia turbata* H.S. (Lepidoptera: Noctuidae) (Sanabria y Banegas, 1997). Sin embargo, las clasificaciones por entomólogos han definido a este especie como *Helicovespa* sp.

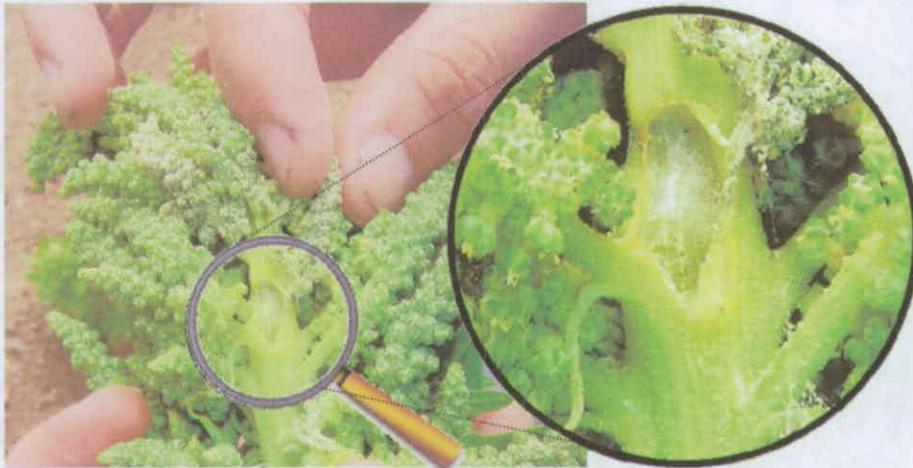


Figura 48. Daños causados por gusanos cortadores en la panoja, (*Heliovespa cea*).

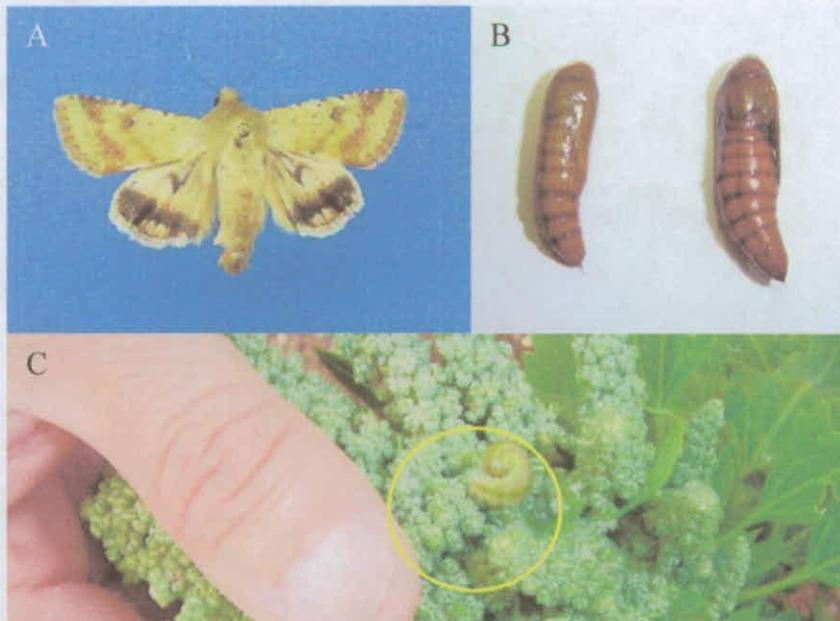


Figura 49. Diferentes estados de desarrollo de *Heliovespa cea*. A, adulto; B, pupas; C, larva.



Por último una especie del grupo de los áfidos (Homoptera: Aphididae) fue colectada en la panoja alimentándose en el tejido tierno de los botones florales, succionando la savia y eventualmente provocando daños al debilitar los brotes y reduciendo los rendimientos, debiéndose evaluar estas pérdidas. La especie en cuestión, posiblemente pertenezca al género *Aphis* (Figura 50). En el Perú, Zanabria y Banegas (1997) citan a dos especies de áfidos asociados con la quinua, *Myzus persicae* Sulzer y *Macrosiphon euphorbiae* Thomas. Además, en Bolivia (en la zona agrícola de Oruro) los mismos autores indican la presencia de una nueva especie de “pulgón negro” asociada a la quinua, *Aphis* sp.



Figura 50. Afido adulto áptero (*Aphis* sp) asociado a la panoja de la quinua.

4.1.2 Disposición intra-planta

Los insectos identificados se disponen en diferentes partes de la planta. El significado biológico de esto es evitar la competencia interespecífica, explotando cada especie sustratos diferentes (Figura 51).

Los lepidópteros se asocian con un daño a nivel del cuello de planta cuando ésta es pequeña. La postura de los huevecillos lo realiza la hembra en las hojas de la planta. Cuando la planta forma la panoja, el daño se localiza en la base de ésta, provocando, la caída de la inflorescencia sobre todo en las de mayor volumen por efecto de su peso (Figura 52).



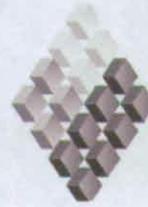
Las larvas de las moscas minadoras se encuentran principalmente en las hojas de la parte media-alta de la plantas, prefiriendo la hembra oviponer en las hojas más jóvenes (tiernas) (Figura 53)

En el caso de los áfidos, éstos no atacan el follaje, localizándose exclusivamente en la panoja de la planta, apareciendo tardíamente en el desarrollo del cultivo

El “Tunku” de acuerdo a lo observado por Lanino (1977) el ataque de esta plaga se localiza en el follaje tierno de las plantas jóvenes, provocando la sintomatología típica de la enfermedad que son: enanismo, acortamiento de entrenudos, amarillamiento y hojas pequeñas



Figura 51. Distribución intra-planta de las plagas asociadas al cultivo de la quinua en la localidad de Ancovinto.



El daño provocado por gusanos cortadores de la quinua se muestra en la figura 52.

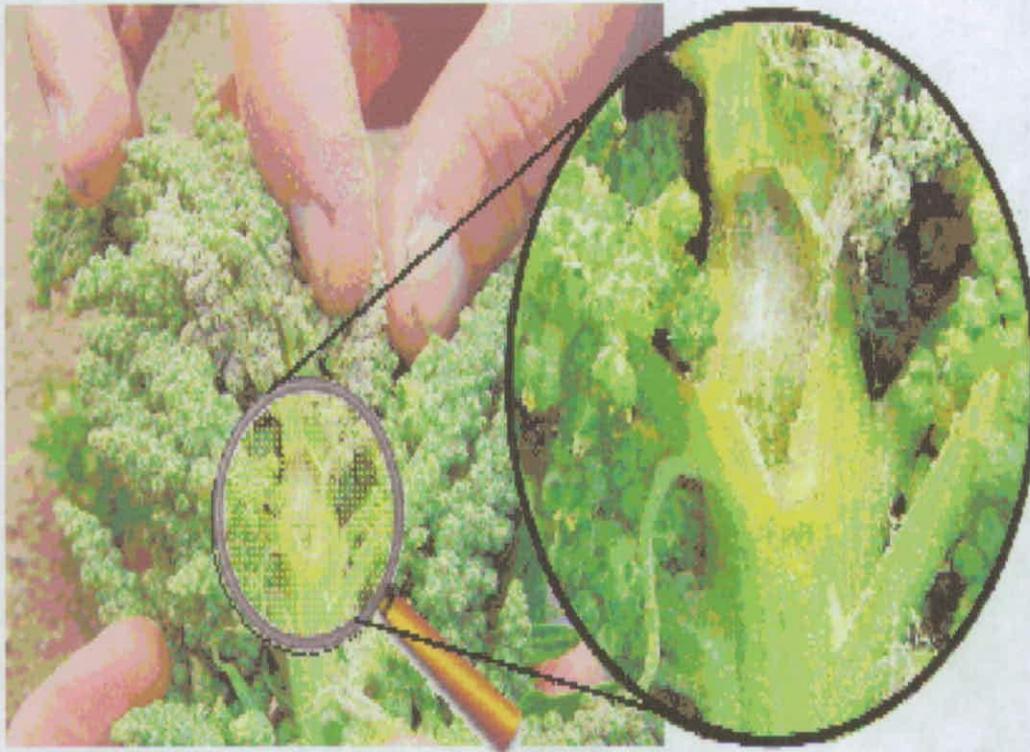


Figura 52 Daño provocado por gusanos cortadores (*Helicoverpa ceca*) en la panoja de la quinua.

4.1.3 Relación estado fenológico-insecto

Las abundancias relativas de las tres especies de insectos asociados con el cultivo de la quinua en la localidad de Ancovinto, se concentran en el mes de marzo, donde se presentó la etapa 12 que es cuando los frutos al ser presionados presenta una consistencia pastosa de color blanco, ocurre de los 130 a 160 días de la siembra (Figura 53). En el Perú, de acuerdo a Mujica (1999), en esta fase el ataque de la segunda generación de *Eurisacca quinoae* Povolny “Kcona-Kcona” causa daños considerables.

Los áfidos se concentran en las etapas 12, 13 y 14, grano pastoso, madurez fisiológica y madurez de cosecha, respectivamente. La etapa 12 ya fue caracterizada, en el caso de la



etapa 13, corresponde a la fase en la que la planta completa su madurez, y se reconoce cuando los granos al ser presionados por las uñas presenta resistencia a la penetración, ocurre de los 160 a 180 días de la siembra, en esta etapa el contenido de humedad del grano varía de 14 a 16 %; el lapso comprendido desde la floración hasta la madurez fisiológica, viene a constituir el período de llenado de grano. En la etapa 14 los granos sobresalen del perigonio, dando una apariencia de estar casi suelto y listo para desprenderse, la humedad de la planta es tal que facilita la trilla.

Al concentrarse el ataque de áfidos en estas etapas, quizás motivada por la oferta de refugio que genera la inflorescencia, la ventana biológica para el daño es bastante restringida. El control debiera estar dirigido a controlar las primeras colonias en las etapas 10 y 11. La población de áfidos de la etapa 14 no requiere control, pues la inflorescencia ya está entrando en período de cosecha y no utilizable, como alimento, para los áfidos.

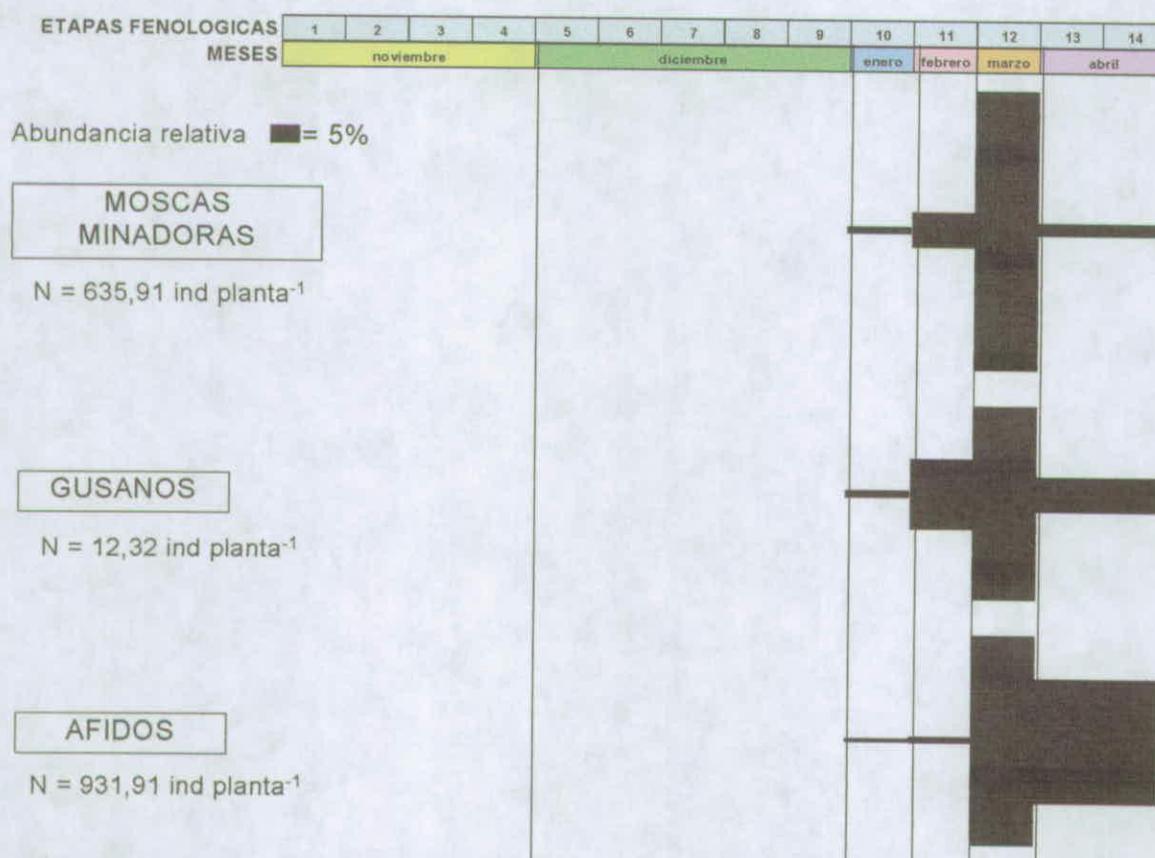


Figura 53. Activograma de las especies-plaga en relación con los estados fenológicos del cultivo de la quinua en la localidad de Ancovinto.



Consideraciones sobre las especies

Las especies colectadas en Acovinto, son el primer registro de insectos-plaga asociados con el cultivo de la quinoa. El estatus específico se discutirá en el siguiente informe una vez que se identifiquen las especies. Cabe hacer notar que la especie más importante citada para el altiplano del norte de Chile, conocida vulgarmente como "Tunku", *Tapajosa* sp (Homoptera: Cicadellidae), no fue colectado por ninguno de los procedimientos de muestreo utilizados.

Determinación de parámetros poblacionales (disposición espacial y distribución temporal).

4.1. 4 Disposición espacial.

La Ley de la Potencia de Taylor ajustó mejor los datos en las tres especies estudiadas ($0,90 \leq r^2 \leq 0,94$) que la Regresión de Iwao ($0,72 \leq r^2 \leq 0,93$). El parámetro b de Taylor fue significativamente mayor que 1 ($P \leq 0,05$) en las tres especies: larvas minadoras ($t = 4,175$; $gl = 7$), gusanos cortadores ($t = 3,182$; $gl = 7$) y áfidos ($t = 4,175$; $gl = 7$) (Cuadro 1).

La Regresión de Iwao presentó el parámetro β significativamente mayor que 1 ($P \leq 0,05$) sólo para gusanos cortadores ($t = 3,534$; $gl = 7$) y fue no significativo ($P > 0,05$) para larvas minadoras ($t = 0,916$; $gl = 7$) y áfidos ($t = 1,913$; $gl = 7$) (Cuadro 65).

Cuadro 65. Estadísticos de la Ley de la Potencia de Taylor y de la Regresión de Iwao para insectos colectados en plantas de quinoa en P'okoloma (Cariquima).

	Regresión de Iwao			Ley de la Potencia de Taylor		
	α	β	r^2	$\text{Log } a$	b	r^2
Minadoras	26,08	1,27 ns ¹	0,72	-0,04	1,88 b	0,90
Gusanos	0,004	1,57 a	0,93	0,20	1,48 b	0,93
Afidos	90,81	1,78 ns	0,73	1,03	1,62 b	0,94

¹Los valores a y b de β y b son significativamente diferentes de 1 ($P \leq 0,05$), respectivamente, según prueba $t_{\alpha/2}$ ($gl = n - 2$). Los valores ns fueron no significativos ($P > 0,05$).



Ajuste a la distribución Binomial Negativa (BN).

Para determinar la distribución espacial de las tres especies, los datos de colecta se ajustaron a la distribución BN. El valor de k fue obtenido a través del método de momentos (Davis, 1994). Para las larvas minadoras y gusanos cortadores el ajuste fue de un 88,9% de los muestreos y para los áfidos un 55,6% de los muestreos se ajustaron a la BN. Los valores del parámetro k de esta distribución fluctuaron entre 0,65 y 5,23; 0,64 y 33,46; 0,09 y 2,24 para larvas minadoras, gusanos cortadores y áfidos, respectivamente (Cuadros 66,67 y 68).

Cuadro 66. Prueba de significancia para el ajuste de los datos de distribución de frecuencia de la población de larvas minadoras asociadas con quinua a la distribución binomial negativa.

Muestreo	Media	Varianza	k	P
04 febrero	24,09	233,73	2,28	0,49 **
12 febrero	17,09	125,68	1,90	0,21 **
18 febrero	17,83	169,58	2,38	0,64 **
28 febrero	6,96	38,66	1,42	0,74 **
4 marzo	69,71	12728,03	0,65	0,003 ns
10 marzo	209,36	7522,50	5,23	0,35 **
17 marzo	148,71	12651,94	1,79	0,35 **
24 marzo	94,96	5124,49	1,70	0,57 **
3 abril	47,20	1271,72	1,55	0,86 **

** Valores significativos según prueba χ^2 ($P \leq 0,05$). ns = valores no significativos ($P > 0,05$)

Cuadro 67. Prueba de significancia para el ajuste de los datos de distribución de frecuencia de la población de gusanos cortadores asociadas con quinua a la distribución binomial negativa.

Muestreo	Media	Varianza	k	P
04 febrero	0,62	0,81	2,05	0,83 **
12 febrero	0,47	0,47	33,46	0,35 **
18 febrero	0,58	0,69	1,98	0,79 **
28 febrero	0,91	2,44	0,64	0,01 ns
4 marzo	1,60	3,80	1,35	0,07 **
10 marzo	1,93	2,43	10,30	0,39 **
17 marzo	0,87	0,92	15,71	0,91 **
24 marzo	3,82	12,19	1,95	0,37 **
3 abril	1,53	4,78	0,78	0,16 **

** Valores significativos según prueba χ^2 ($P \leq 0,05$). ns = valores no significativos ($P > 0,05$)



Cuadro 68. Prueba de significancia para el ajuste de los datos de distribución de frecuencia de la población de áfidos asociadas con quinua a la distribución binomial negativa

Muestreo	Media	Varianza	<i>k</i>	<i>P</i>
04 febrero	2,49	67,01	0,26	0,0001 ns
12 febrero	5,64	121,03	0,14	0,54 **
18 febrero	5,75	62,60	0,41	0,85 **
28 febrero	12,16	1602,62	0,09	0,57 **
4 marzo	32,02	2512,42	0,24	0,79 **
10 marzo	128,78	47309,87	0,28	0,04 ns
17 marzo	126,04	55388,22	0,42	0,03 ns
24 marzo	266,27	33930,02	2,24	0,46 **
3 abril	334,76	111058,36	1,22	0,14 **

** Valores significativos según prueba χ^2 ($P \leq 0,05$). ns = valores no significativos ($P > 0,05$)

Consideraciones sobre disposición espacial

La Ley de la Potencia de Taylor presentó un mejor ajuste de los datos de los muestreos indicando que las tres especies estudiadas se disponen en un arreglo espacial agregado (conglomerados). Al ajustar estos datos de muestreo a una distribución de frecuencia, los de las tres especies se ajustaron a la binomial negativa. Esta información permitirá desarrollar futuros planes de muestreo secuencial, faltando determinar los umbrales de acción y económicos para esta zona agrícola.

4.1.5 Distribución temporal.

Muestreo en plantas

Moscas minadoras

El "peak" poblacional de las larvas minadoras en las plantas de quinua se presentó entre el 4 y 24 de marzo, alcanzando un máximo fue de $209,36 \pm 13,08$ ind planta⁻¹, $n = 45$, el 10 de marzo (Figura 69). La densidad más baja se presentó el 28 de febrero con $6,96 \pm 0,93$ ind planta⁻¹, $n = 45$.

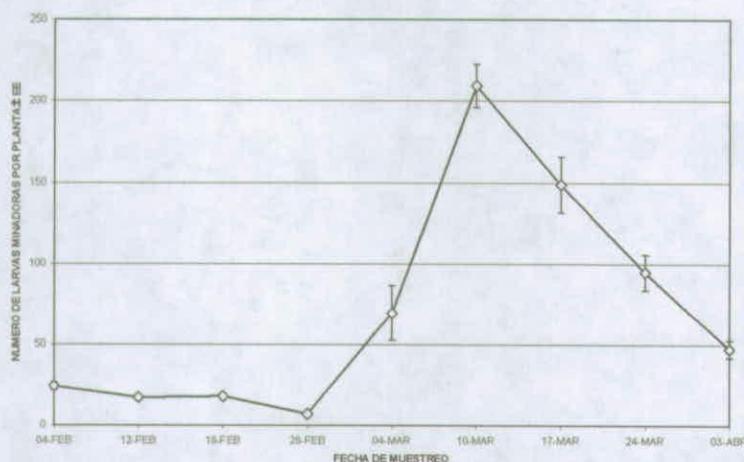


Figura 69. Número de larvas minadoras (\pm EE) colectadas en plantas de quinoa ($n = 45$).

Gusanos cortadores

Se presentaron dos “peaks” poblacionales de las larvas de noctuidos (gusanos cortadores). El primero aconteció el 10 de marzo con $1,93 \pm 0,24$ ind planta⁻¹, $n = 45$, y el segundo entre el 24 de marzo y el 3 de abril con $3,82$ ind planta⁻¹, $n = 45$ (Figura 70). La densidad más baja se presentó el 28 de febrero con $6,96 \pm 0,93$ ind planta⁻¹, $n = 45$.

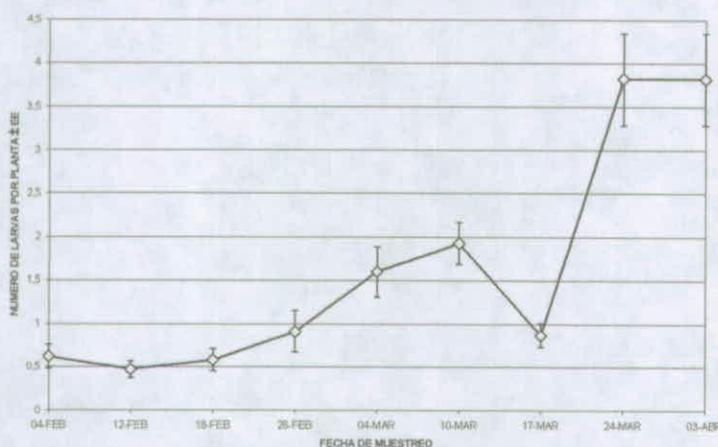


Figura 70. Número de gusanos cortadores (\pm EE) colectadas en plantas de quinoa ($n = 45$).



Áfidos

La densidad poblacional de los áfidos, partir del primer muestreo, 4 de febrero, se fue incrementando hasta alcanzar su máximo el 3 de abril con $334,76 \pm 50,24$ ind planta⁻¹, n = 45 (Figura 71). Su nivel poblacional más bajo fue el 4 de febrero con $2,49 \pm 1,23$ ind planta⁻¹, n = 45.

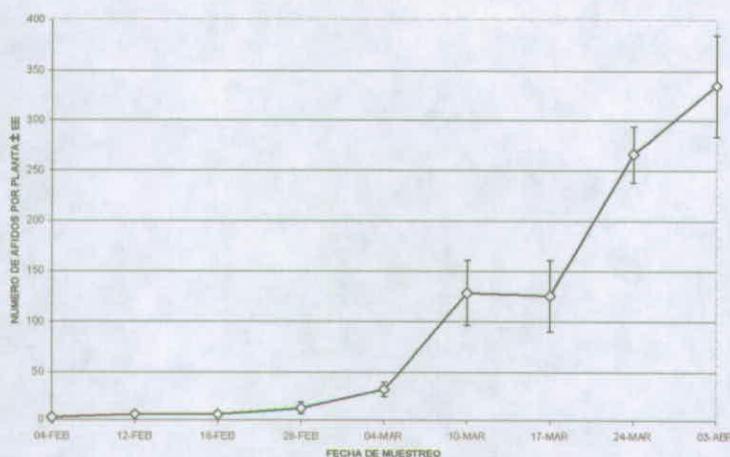


Figura 71. Número de áfidos (± EE) colectadas en plantas de quinua (n = 45).

Los porcentajes de colecta de las tres especies de insectos asociados con plantas de quinua en la temporada de este estudio fueron: Áfidos 58%, larvas minadoras 41% y gusanos cortadores 1% (Figura 72)

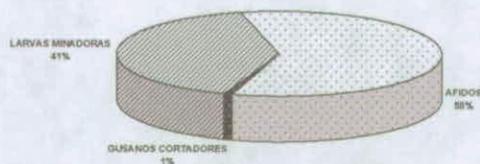


Figura 72. Porcentaje de cada especie del total de muestreos realizados en plantas completas de quinua.



Los análisis estadísticos entregaron diferencias altamente significativas entre las densidades poblacionales de las tres especies de insectos ($F = 16,23$; $gl = 2, 24$; $P < 0,0001$) (Cuadro 69).

Cuadro 69. Prueba de Tukey para insectos colectados en plantas de quinua

Especie	Media	n
Larvas minadoras	1.65 a ¹	9
Áfidos	1.56 a	9
Gusanos cortadores	0.38 b	9

¹Valores con la misma letra, en la misma columna, no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).

Trampas amarillas pegajosas

Moscas minadoras

Las capturas de moscas minadoras en las trampas pegajosas tuvieron su máximo el 18 de febrero con $59,42 \pm 39,35$ ind trampa⁻¹, $n = 12$ (Figura 73). A partir de esa fecha las capturas fueron disminuyendo hasta alcanzar el valor más bajo el 15 de abril con $1,83 \pm 2,17$ ind trampa⁻¹, $n = 12$.

Gusanos cortadores

Los adultos voladores de esta especie capaces de ser capturados por trampas, ya sea pegajosas o con agua, son polillas nocturnas de la familia Noctuidae. Solamente un ejemplar fue capturado durante todo el período de muestreo, el 10 de marzo, lo que en promedio representa $0,083 \pm 0,29$ ind trampa⁻¹, $n = 12$ (Figura 73).

Áfidos

La captura de áfidos por este tipo de trampas fue bastante baja, incluso un período entre el 12 de febrero y el 4 de marzo no hubo capturas. El máximo alcanzado fue de $1,75 \pm 1,36$ ind trampa⁻¹, $n = 12$ (Figura 73).

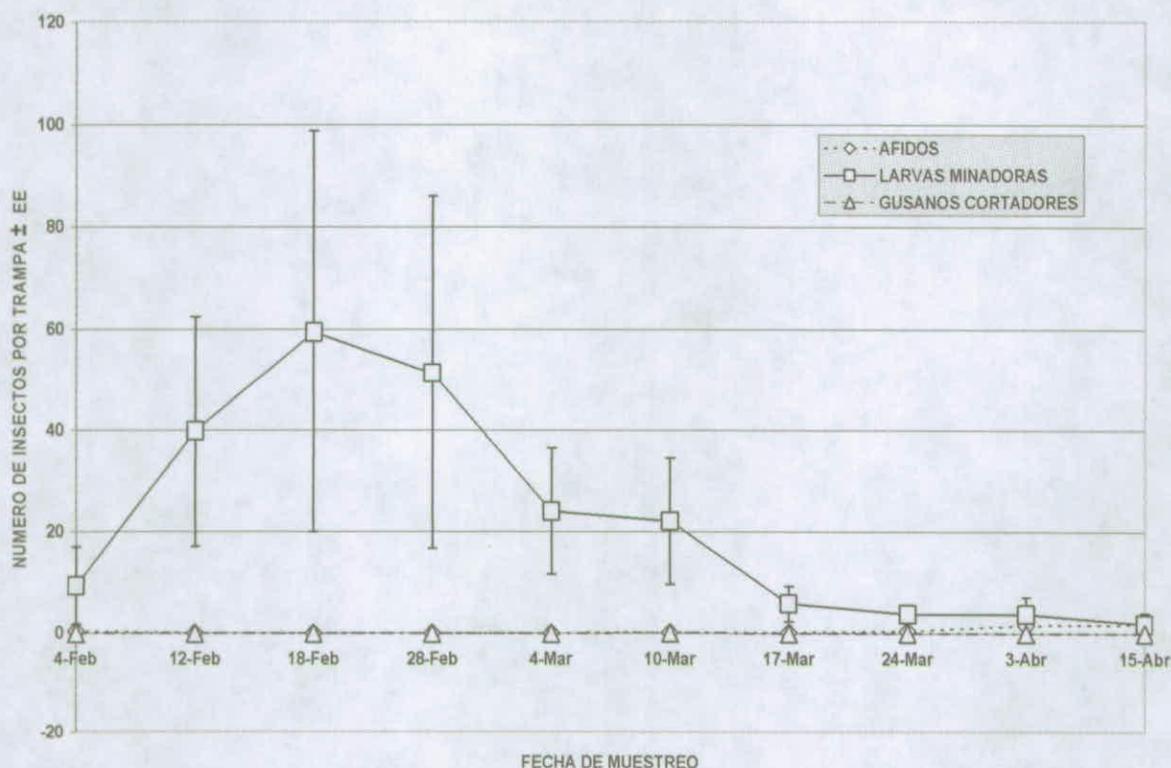


Figura 73. Número de insectos (± EE) colectadas en trampas amarillas pegajosas (n = 12).

No hubo diferencias significativas entre las diferentes trampas (N, S, E y O) para las tres especies estudiadas; áfidos ($F = 0,44$, $gl = 3, 36$; $P > 0,05$); moscas minadoras ($F = 1,66$, $gl = 3, 36$; $P > 0,05$) y polillas de noctuidos ($F = 1,00$, $gl = 3, 36$; $P > 0,05$). Aún cuando no hubo diferencias, para las moscas minadoras, las trampas que se ubicaron en el norte y oeste, fueron las que capturaron más dípteros (Cuadro 70). En el caso de los áfidos, las trampas ubicadas en los sectores sur, este y oeste, colectaron aproximadamente lo mismo, pero en la del sector norte la captura fue muy baja.

Cuadro 70. Prueba de Tukey para insectos colectados en trampas amarillas pegajosas

Sector	Minador	Gusanos	Afidos
Norte	1,22 a	0,00 a	0,06 a
Sur	0,84 a	0,01 a	0,13 a
Este	1,01 a	0,00 a	0,12 a
Oeste	1,27 a	0,00 a	0,12 a

¹Valores con la misma letra, en la misma columna, no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).



Al analizar la captura total de las cuatro trampas, encontramos diferencias significativas entre las especies estudiadas ($F = 156,29$; $gl = 2, 117$; $P < 0,05$) (Cuadro 71). Las más altas capturas las registró las moscas minadoras (98%), los áfidos y polillas presentaron un promedio estadísticamente igual de capturas (2 y 0%, respectivamente) (Figura 74).

Cuadro 71. Prueba de Tukey para insectos colectados en trampas amarillas pegajosas

Especie	Media	n
Larvas minadoras	1.09 a ¹	40
Áfidos	0,11 b	40
Gusanos cortadores	0,003 b	40

¹Valores con la misma letra, en la misma columna, no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).

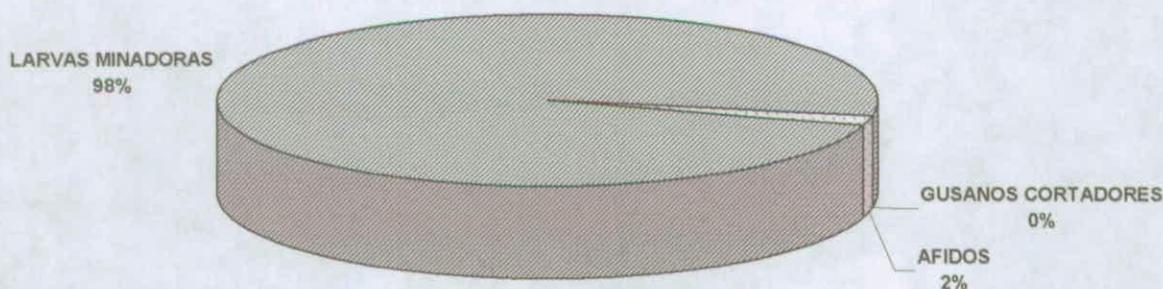


Figura 74. Porcentaje de cada especie del total de colectas realizadas con trampas amarillas pegajosas.



Trampas amarillas con agua

Moscas minadoras

Las capturas de moscas minadoras en las trampas pegajosas tuvieron su máximo el 28 de febrero con $7,00 \pm 4,69$ ind trampa⁻¹, n = 4 (Figura 75). A partir de esa fecha las capturas fueron disminuyendo hasta alcanzar, en el último muestreo (15 de abril) el valor de $0,75 \pm 0,48$ ind trampa⁻¹, n = 4.

Gusanos cortadores

Esta trampa colectó un total de 5 ejemplares de la polilla entre el 4 y el 24 de marzo. En la primera fecha se registró la máxima captura que fue de $0,50 \pm 0,29$ ind trampa⁻¹, n = 4 (Figura 75).

Áfidos

La captura máxima de áfidos se registró el 15 de abril con $3,00 \pm 1,29$ ind trampa⁻¹, n = 4 (Figura 76). Las capturas más bajas se registraron el 18 de febrero y el 4 de marzo con $1,00 \pm 0,71$ ind trampa⁻¹, n = 4.

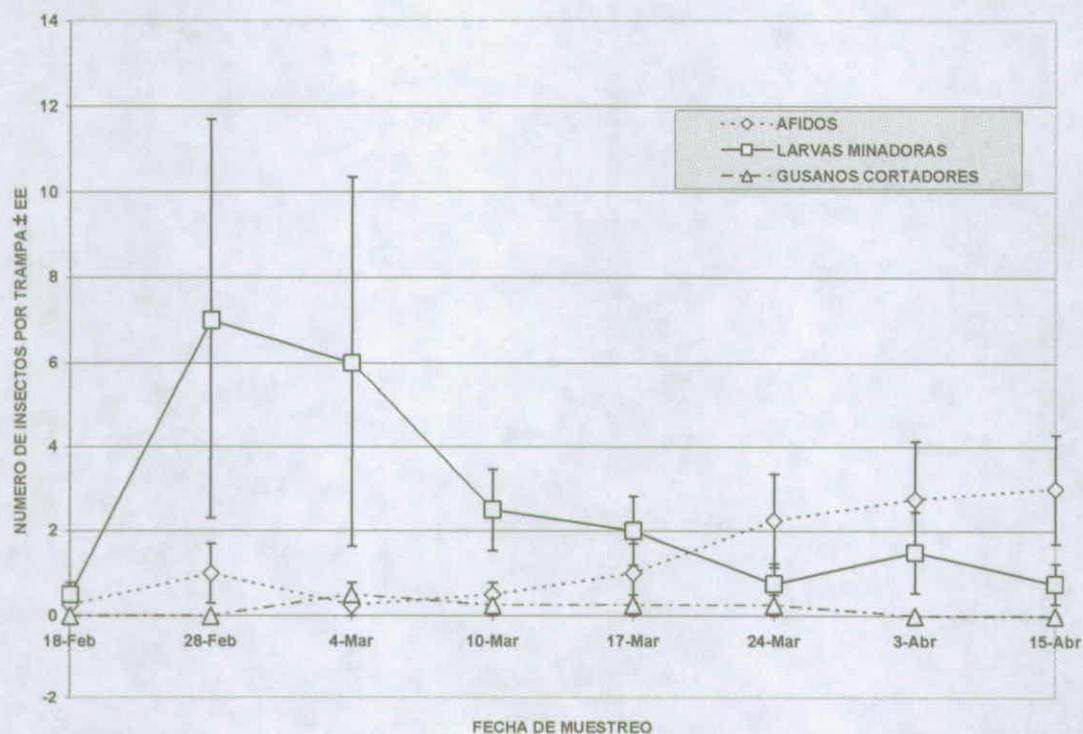


Figura 77. Número de insectos (\pm EE) colectadas en trampas amarillas con agua ($n = 4$).

Sólo las capturas de áfidos presentaron diferencias significativas entre las diferentes trampas (NE, SE, NO y SO); áfidos ($F = 3,98$; $gl = 3, 28$; $P \leq 0,05$); moscas minadoras ($F = 1,86$, $gl = 3, 28$; $P > 0,05$) y polillas de noctuidos ($F = 2,55$; $gl = 3, 28$; $P > 0,05$). Aún cuando no hubo diferencias, para las moscas minadoras, la trampa que se ubicó en el NE fue la que capturó más dípteros (Cuadro 72). En el caso de las polillas nocturnas, la trampa ubicada en el punto NE fue la que capturó más polillas. Las trampas SE y NO no colectaron a esta especie.

Cuadro 72. Prueba de Tukey para insectos colectados en trampas amarillas con agua

Sector	Minador	Gusanos	Afidos
NE	0,61 a	0,11 a	0,29 ab
SE	0,32 a	0,00 a	0,40 a
NO	0,24 a	0,00 a	0,00 b
SO	0,37 a	0,04 a	0,38 a

¹Valores con la misma letra, en la misma columna, no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).



Al analizar la captura total de las cuatro trampas, encontramos diferencias altamente significativas entre las especies estudiadas ($F = 13,64$; $gl = 2, 117$; $P < 0,001$) (Cuadro 73). Las más altas capturas las registraron las moscas minadoras (64%) y los áfidos (33%) (estadísticamente iguales) y las más bajas las polillas nocturnas (3%) (Figura 78).

Cuadro 73. Prueba de Tukey para insectos colectados en trampas amarillas pegajosas

Especie	Media	N
Larvas minadoras	0,39 a ¹	32
Áfidos	0,27 a	32
Gusanos cortadores	0,04 b	32

¹Valores con la misma letra, en la misma columna, no son significativamente diferentes ($P \geq 0,05$).

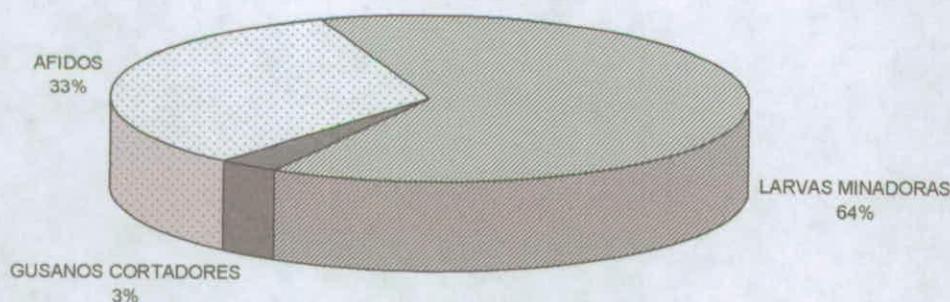


Figura 78. Porcentaje de cada especie del total de colectas realizadas en trampas amarillas con agua.

Análisis de correlaciones

Se encontró correlaciones significativas ($P < 0,05$) entre las densidades de los áfidos y los tres procedimientos de muestreo utilizados ($0,82 < r < 0,91$) (Cuadro 74). La correlación más alta se encontró entre el muestreo absoluto (plantas) y las trampas amarillas con agua ($r = 0,91$; $P < 0,01$).



No hubo correlación significativa entre las densidades de las moscas minadoras y gusanos cortadores y los procedimientos empleados ($P \geq 0,05$).

Cuadro 74. Análisis de correlación entre los diferentes procedimientos de muestreo.

Procedimientos	Áfidos	Moscas minadoras	Gusanos cortadores
Absoluto x T. con agua	0,91273 ¹	-0,25030	0,36331
	0,0041 ²	0,5883	0,4231
Absoluto x T. pegajosa	0,81929	-0,46444	0,19963
	0,0069	0,2079	0,6066
T. con agua x T. pegajosa	0,84912	0,32856	0,16667
	0,0156	0,4718	0,7210

¹ Coeficiente de correlación de Pearson.

² Probabilidad $> |R|$ bajo $H_0: \rho=0$.

Consideraciones sobre distribución temporal

Las poblaciones de fueron bien representadas por los muestreos absoluto y trampas amarillas con agua. Las trampas pegajosas interpretaron bien las fluctuaciones poblacionales de las moscas minadoras. La presencia de gusanos cortadores fue bien representada por el muestreo absoluto debido al hábito no subterráneo de la larva. Los adultos, como era de esperarse no fueron eficazmente colectados por las trampas utilizadas, debiéndose utilizar una del tipo fototrópica.

4.1.6 Consideraciones finales

La artropofauna asociada con el cultivo de la quinua en la zona agrícola de P'okoloma, localidad de Ancovinto, está representada por moscas minadoras de la familia Agromyzidae, pulgones de la familia Aphididae y gusanos cortadores de la familia Noctuidae. No se detectó la presencia de *Tapajosa* sp ("Tunku").

La especie más abundante y capaz de generar los mayores daños es la mosca minadora.

Las poblaciones de las tres especies detectadas se distribuyen espacialmente en un arreglo agregado.

La distribución estadística que mejor representa la disposición espacial fue la binomial negativa.



La ubicación de las trampas no detectó, en general, diferencias entre las capturas de las tres especies estudiadas.

Solamente para áfidos es posible monitorear sus poblaciones por medio de una trampa, especialmente con la del tipo Möerick (amarilla con agua).

4. 1.7 Conclusiones y recomendaciones

La artropofauna asociada con el cultivo de la quinua en la zona agrícola de P'okoloma, localidad de Ancovinto, está representada por moscas minadoras de la familia Agromyzidae, pulgones de la familia Aphididae y gusanos cortadores de la familia Noctuidae. No se detectó la presencia de *Tapajosa* sp ("Tunku").

La especie más abundante y capaz de generar los mayores daños es la mosca minadora.

Las poblaciones de las tres especies detectadas se distribuyen espacialmente en un arreglo agregado.

La distribución estadística que mejor representa la disposición espacial fue la binomial negativa.

La ubicación de las trampas no detectó, en general, diferencias entre las capturas de las tres especies estudiadas.

Solamente para áfidos es posible monitorear sus poblaciones por medio de una trampa, especialmente con la del tipo Möerick (amarilla con agua).

4.2 CONTROL DE PLAGAS

4.2.1 Evaluación de biopesticidas

Las especies colectadas en Ancovinto, son el primer registro de insectos-plaga asociados con el cultivo de la quinua. El manejo de estas plagas ha sido realizado por los agricultores de la zona en forma totalmente ciega, ya que la mayoría de ellos no las reconoce, sobre todo las moscas minadoras cuyo daño real ha pasado desapercibido para ellos. Esta investigación preliminar buscó seleccionar algunos insecticidas biológicos (extractos



vegetales como productos comerciales) evaluando su efecto sobre la sobrevivencia de larvas de moscas minadoras. También se monitoreó la presencia de *Tapajosa* sp (“Turku”) en la zona de cultivo a través de trampas amarillas pegajosas y se determinó la taxocenosis nematológica de los suelos cultivados con quinua en la zona agrícola de Ancovinto.

Determinación de la efectividad de cinco biopesticidas en el control de larvas de moscas minadoras a través de su abundancia relativa.

Para determinar si existían diferencias entre las poblaciones de la plaga en las parcelas donde se aplicarían los tratamientos antes de la aplicación de éstos. De haberse encontrado diferencias se utilizaría esta evaluación como covariable para corregir las evaluaciones postaplicación. Los resultados de este análisis no mostraron diferencias estadísticas significativas entre las diferentes parcelas [$F=0,10$; g.l. = (5, 15); $P=0,9906$] (Fig. 79).

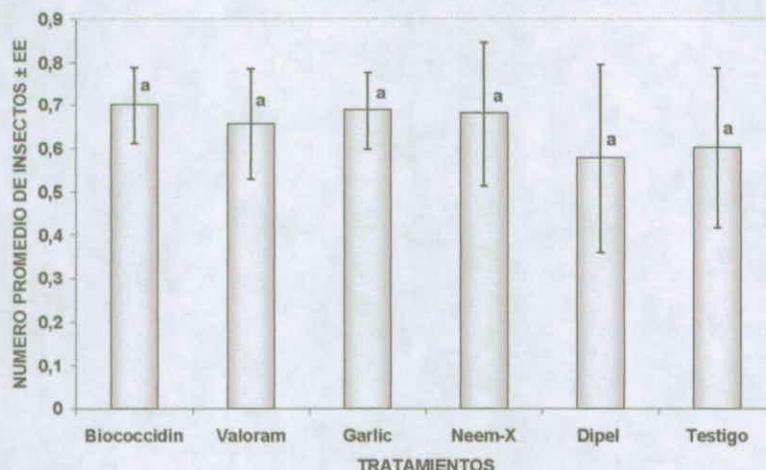


Figura 79. Número promedio de larvas de moscas minadoras por planta. Los valores con la misma letra indican que no hubo diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rano múltiple de Tukey al 5% (Evaluación pre-aplicación de tratamientos).

A los 7 días siguientes se realizó la primera aplicación de los tratamientos (13 de enero) y a la semana siguiente se realizó la primera evaluación postaplicación (20 enero). El análisis de varianzas mostró diferencias estadísticas altamente significativas [$F= 31,27$; g.l. = (5, 15); $P=0,0001$]. La prueba de Tukey reveló que los biopesticidas que mostraron un mejor efecto protector del cultivo fueron el Neem-X y el Biococcidín, con promedios de $3,5 \pm 1,0$ y $4,0 \pm 0,9$ ind·planta⁻¹, respectivamente (Fig.ura 80).

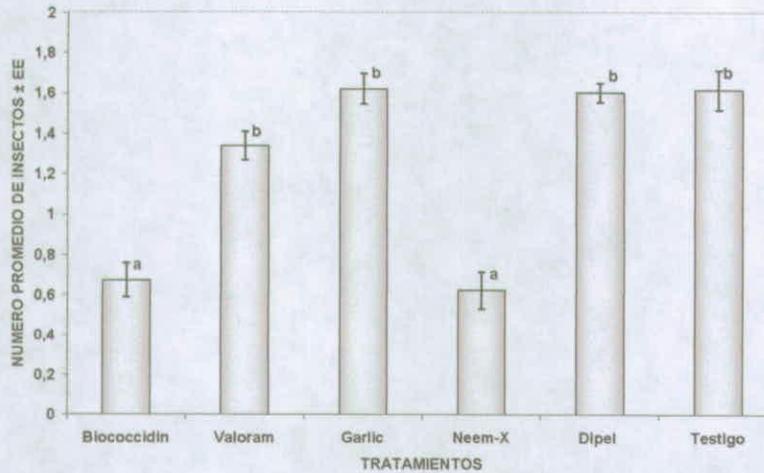


Figura 80. Número promedio de larvas de moscas minadoras por planta. Los valores con la misma letra indican que no hubo diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rano múltiple de Tukey al 5% (Evaluación 7 días después de la primera aplicación de tratamientos).

El día 27 de enero se realizó una aplicación de refuerzo de los biopesticidas. A los 7 días posteriores a ésta se realizó la segunda evaluación postaplicación. Se volvió a encontrar diferencias altamente significativas entre los tratamientos [$F= 43,02$; g.l.= (5, 15); $P=0,0001$]. La prueba de Tukey reveló que los biopesticidas que mostraron un mejor efecto protector del cultivo fueron el Neem-X y el Biococcidin, con promedios iguales de $8,5 \pm 2,4$ y $8,5 \pm 1,6$ ind·planta⁻¹, respectivamente. Otro biopesticida que mostró diferencias con el testigo fue Valoram con $41,5 \pm 6,7$ ind·planta⁻¹ (Figura 81).

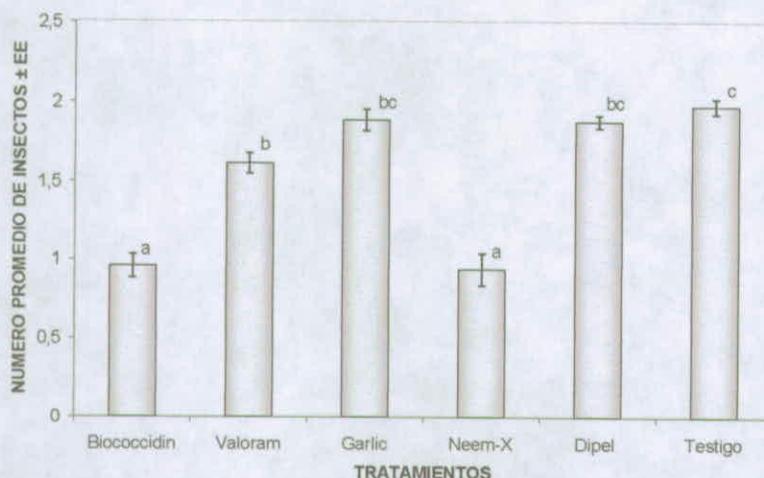


Figura 81. Número promedio de larvas de moscas minadoras por planta. Los valores con la misma letra indican que no hubo diferencias significativas de acuerdo a la prueba de rango múltiple de Tukey al 5% (Evaluación 7 días después de la segunda aplicación de tratamientos).

4.2.2 Comentarios

Este ensayo preliminar permitió seleccionar tres biopesticidas, los cuales son:

Neem-X (inhibe las mudas, procesos motores y repelencia) de Insectos y Ácaros. Control de pulgones, mosquitas, gusanos y polillas para evitar resistencias. Tiene 0 DÍAS de carencia y certificado uso orgánico.

Bio Coccidin. Efectivo contra huevos, ninfas y adultos de plagas succionadoras protegidas bajo caparazón como conchuelas, escamas, chanchitos blancos, pulgones, mosquita blanca y arañitas. También lava la fumagina, desprendiéndola de la fruta o vegetal.

Valoram Mata y repele: Afidos, Arañitas, Trips, Gusanos, Polillas, Minadores, Langostinos, Mosquitas blancas, Saltamontes, y muchos otros más



4.3 Determinación de la presencia de especímenes de *Tapajosa* sp en los tolares adyacentes a la zona de cultivo de quinoa en Ancovinto

Con el objetivo de determinar la presencia del cicadélido *Tapajosa* sp se monitoreó bisemanalmente las poblaciones de tola circundantes a la zona del cultivo de quinoa en Ancovinto. Se utilizaron trampas amarillas pegajosas, las cuales fueron instaladas en cada punto cardinal del sector de cultivo (N, S, E y O). Las trampas se ubicaron en el interior de un matorral (“tola”) colgado por un alambre. Cada 14 días se revisó cada una de las trampas, reponiéndose el pegamento (Stikem Special) si éste perdía capacidad de adherencia.

No se detectaron especímenes de *Tapajosa* sp en ninguna de las trampas en todo el período de monitoreo. Esto coincidió también con los muestreos realizados en las plantas de quinoa donde tampoco se detectaron individuos de esta especie.

4.4 Determinación de la composición taxonómica de la nematofauna presente en los terrenos de cultivo de quinoa en Ancovinto.

Se enviaron a análisis nematológico dos muestras compuestas de suelo previo a la siembra de quinoa. Estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de Nematología del INIA-La Platina, por el Sr. Héctor González Rodríguez, hematólogo encargado de dicho laboratorio. El resultado de este análisis detectó sólo la presencia de un género fitopatógeno (*Pratylenchus*) con una densidad relativa variando entre 20-40 ind/250 g de suelo (leve) y de nemátodos saprófitos



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA - LA PLATINA

1 LABORATORIO DE NEMATOLOGIA

ANALISIS NEMATOLOGICO

N° Lab :C-458-S

Nombre	: UNIVERSIDAD ARTURO PRAT	Identificación	: MUESTRA 1.
Dirección	: AV. ARTURO PRAT 2120, IQUIQUE	Fecha Recepción	: 07-11-2005
Predio	: NO SE INDICA	Fecha Despacho	: 02-12-2005
Provincia	: IQUIQUE	Cultivo Anterior	: QUINOA
Comuna	: IQUIQUE	Cultivo Actual	: NO SE INDICA
Localidad	: COLCHANE	Cultivo Próximo	: NO SE INDICA

2 RESULTADOS

1. En Suelos

Género y/o especie de Nematodo	Cód	Población x 250g Suelo	Género y/o especie de Nematodo	Cód	Población x 250g Suelo
Pratylenchus	01	20	Rotylenchus	10	
Meloidogyne(larvas)	02		Glodobera rostochiensis	11	
Helicotylenchus	03		Heterodera	12	
Criconemoides	04		Tylenchorhynchus	13	
Longidorus	05		Paratylenchus	14	
Trichodorus	06		Hemicycliophora	15	
Xiphinema americanum	07		Ditylenchus dipsaci	16	
Xiphinema index	08		Saprófagos	17	30
Tylenchulus semipenetrans	09		Otros	29	

2. En Raíces , Bulbos , Tallos , Hojas , Semillas.

Ditylenchus dipsaci	30		Helicotylenchus	35	
Xiphinema americanum	31		Meloidogyne (hembra y larva)	36	
Xiphinema index	32		Globodera y Heterodera	37	
Tylenchulus semipenetrans	33		Aphelenchoides	38	
Pratylenchus	34		Otros	49	

PROYECTO:

170

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Universidad
ARTURO PRAT

del Estado de Chile

2.1 INTERPRETACIÓN:

1. En suelo	I.FV	<u> X </u>	MEDI	<u> </u>	SEVER	<u> </u>
2. En raíces, bulbos, tubérculos,	LEV	<u> </u>	MEDI	<u> </u>	SEVER	<u> </u>



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

OBSERVACIONES:

NIVEL DE INFESTACION LEVE CON NEMATODOS PARASITOS EN SUELO.

HECTOR GONZALEZ RODRIGUEZ

NEMATOLOGO ENCARGADO DE

LABORATORIO

**2.2 INIA LA PLATINA , Santa Rosa
N°11610 Paradero 33 , La
Pintana. Teléfono (02)7575240-
Fax(02)7575231**

PROYECTO:

171

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA



GOBIERNO DE CHILE
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INIA - LA PLATINA

3 LABORATORIO DE NEMATOLOGIA

ANALISIS NEMATOLOGICO

N° Lab :C-459-S

Nombre	: UNIVERSIDAD ARTURO PRAT	Identificación	: MUESTRA 2
Dirección	: AV. ARTURO PRAT 2120, IQUIQUE	Fecha Recepción	: 07-11-2005
Predio	: NO SE INDICA	Fecha Despacho	: 02-12-2005
Provincia	: IQUIQUE	Cultivo Anterior	: QUINOA
Comuna	: IQUIQUE	Cultivo Actual	: NO SE INDICA
Localidad	: COLCHANE	Cultivo Próximo	: NO SE INDICA

4 RESULTADOS

1. En Suelos

Género y/o especie de Nematodo	Cód	Población x 250g Suelo	Género y/o especie de Nematodo	Cód	Población x 250g Suelo
Pratylenchus	01	40	Rotylenchus	10	
Meloidogyne(larvas)	02		Glodobera rostochiensis	11	
Helicotylenchus	03		Heterodera	12	
Criconemoides	04		Tylenchorhynchus	13	
Longidorus	05		Paratylenchus	14	
Trichodorus	06		Hemicycliophora	15	
Xiphinema americanum	07		Ditylenchus dipsaci	16	
Xiphinema index	08		Saprófagos	17	30
Tylenchulus semipenetrans	09		Otros	29	

2. En Raíces , Bulbos , Tallos , Hojas , Semillas.

Ditylenchus dipsaci	30		Helicotylenchus	35	
Xiphinema americanum	31		Meloidogyne (hembra y larva)	36	
Xiphinema index	32		Globodera y Heterodera	37	
Tylenchulus semipenetrans	33		Aphelenchoides	38	
Pratylenchus	34		Otros	49	

PROYECTO:

172

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

4.1 INTERPRETACIÓN :

1. En suelo	I.FV	<u> X </u>	MEDI	<u> </u>	SEVER	<u> </u>
2. En raíces, bulbos, tubérculos,	LEV	<u> </u>	MEDI	<u> </u>	SEVER	<u> </u>

OBSERVACIONES:

NIVEL DE INFESTACION LEVE CON NEMATODOS PARASITOS EN SUELO.

HECTOR GONZALEZ RODRIGUEZ

NEMATOLOGO ENCARGADO DE

LABORATORIO

4.2 INIA LA PLATINA , Santa Rosa
N°11610 Paradero 33 , La
Pintana. Teléfono (02)7575240-
Fax(02)7575231

PROYECTO:

173

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



5.- VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE MANEJO AGRONÓMICO: TECNOLOGÍA DE FERTILIZACIÓN DEL CULTIVO.

Investigadores responsables: Ing Agrónomo, Dr y Mg Cs. José Delatorre e Ing.Ejec. Avícola, Li.c en Agronomía. Ana Riquelme

Procedimientos para fertilizar

En suelos con condiciones restrictivas como los de zonas áridas o y/o desérticas, necesariamente el éxito del manejo de la fertilidad pasa por conocer las condiciones restrictivas que permitan establecer una estrategia de mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Por esta razón, previo a la aplicación de fertilizantes, se debe realizar un diagnóstico de las condiciones operativas que deberá enfrentar el cultivo. Por ejemplo, riego, textura y estructura del suelo, características físico-químicas, nutrientes, materia orgánica, etc. A partir de esta información se determinan las etapas a seguir, los que podemos separarlas en cinco pasos críticos:

- Corrección del abastecimiento de agua para las plantas
- Corrección de los problemas físicos –químicos del suelo, como pH, Sodicidad, salinidad
- Corrección del contenido de materia orgánica
- Corrección de los requerimientos de nutrientes minerales del suelo
- Aplicación de fertilizantes para abastecer los requerimientos de las plantas

a) Abastecimiento de agua para el cultivo

Además de la escasez de lluvias, la capacidad de retención de humedad de los suelos en la zona de Cariquima, es muy baja. Los suelos del sector son del tipo franco arenoso, con un bajo contenido de materia orgánica (0,7%), esto le confiere a su vez una muy baja capacidad de almacenamiento de agua. Así a capacidad de campo (-0,3 bares), la humedad retenida por el suelo no supera los 9,3%, en tanto que la humedad aprovechable es 4,6%. Esta condición implica que con escasez de lluvias, el suelo requiera de riegos más frecuentes.



Durante la temporada 2006-2007, la siembra de quinua se realizó durante el mes de octubre de 2006, en este mes las precipitaciones fueron de 1,2 mm, con un déficit de humedad que alcanzó a 152 mm, producido por una mayor Evapotranspiración.

Para proporcionar a las semillas un ambiente húmedo, se aplicó un riego de 6,25 mm, cuyo objetivo fue humedecer los primeros 40 cm de suelo (Figura 82). Es importante considerar que en condiciones normales el agricultor siembra sin darle ninguna mejora al suelo, como aumentar la capacidad de retención mediante la incorporación de materia orgánica y/o por la aplicación de riegos suplementarios. En el mes de noviembre, cuando las plantas tenían entre 2 a 4 hojas, se aplicó la misma cantidad de agua, ya que las precipitaciones tan solo alcanzaron 0,8 mm. Un tercer riego se realizó en diciembre cuando el cultivo tenía entre 8 a 12 hojas verdaderas en promedio. En este mes las precipitaciones fueron de 0,4 mm. Por tanto, el mejoramiento del contenido de humedad del suelo, permite también una mejora en la disponibilidad de los nutrientes minerales para las plantas.

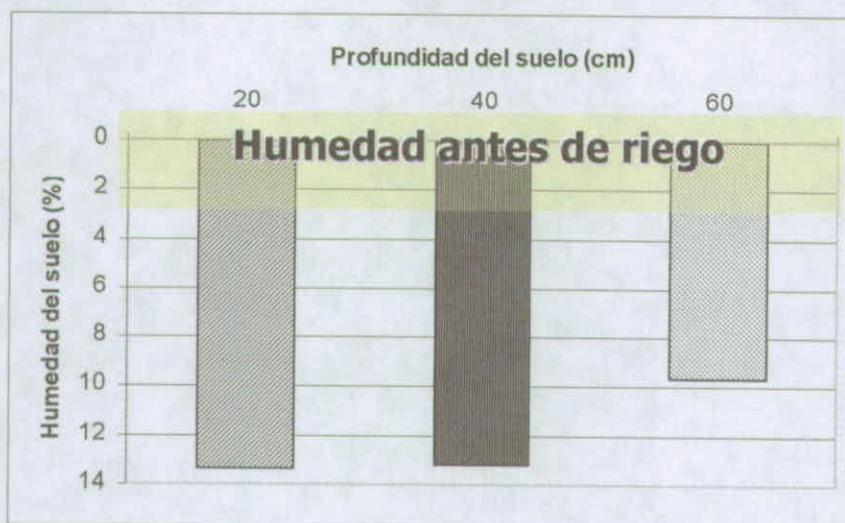


Figura 82.- Incremento de la humedad del suelo después un riego suplementario.

b) Corrección de problemas físicos-químicos del suelo

El cuadro 75 nos muestra suelos sin problemas de salinidad, con altos contenidos de calcio, lo que tiene una directa relación con el pH alcalino del suelo. Además existe un contenido de sodio muy bajo.



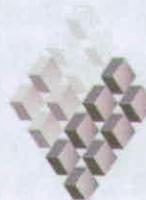
Por otra parte, la textura del suelo es de tipo franco arenoso, lo que significa un suelo muy permeable, lo que unido al bajo contenido de materia orgánica, le confiere la particularidad de poca capacidad de retención de agua.

Cuadro 75.- Características físico-químicos de los suelos de Cariquima

Profundidad de la muestra: 0-40 cm		Vilakuyo		Cruz pampa		P'oko loma	
Elemento	unidades						
pH 1:2,5	Suspensión	8,8	Fuertemente Alcalino	7,7	ligeramente Alcalino	8,7	Fuertemente Alcalino
C. E.	dS/m	0,8	Sin problema	0,2	Sin problema	0,5	Sin problema
Calcio	meq/100 g	9,1	Alto	3,4	Bajo	5,2	Medio
Magnesio	meq/100 g	0,9	Medio	1,48	Alto	0,78	Medio
Sodio	meq/100 g	0,17	Muy bajo	0,23	Bajo	0,12	Muy bajo
Potasio	meq/100 g	0,57	Alto	0,79	Alto	0,59	Alto
CIC	meq/100 g	9,9		5,9		7	
M. O.	%	0,7	Muy bajo	0,6	Muy bajo	0,7	Muy bajo
Arcilla	%	12		16		14	
Limo	%	17		17		13	
Arena	%	71		67		73	
Clase textural		Fco. Arenosa		Fco. Arenosa		Fco. Arenosa	

El alto contenido de calcio provoca un incremento del pH, razón por la cual una de las estrategias puede ser, utilizar fertilizantes de reacción ácida, como urea. Otra estrategia es incrementar la dosis de fertilizantes calculados, según el % de retrogradación o de fijación de los iones, por efecto del alto pH. El pH del suelo en la zona de los ensayos (Vilakuyo), es de 8,8 lo que provoca fuertes problemas en fósforo, ya que debido al alto contenido de calcio, se formará fosfatodicalcico, compuesto altamente insoluble. De igual forma el pH afectará la disponibilidad de microelementos, en particular el hierro.

Otra problema encontrado es el bajo contenido de materia orgánica, lo que dificulta el intercambio catiónico y con ello, afecta la disponibilidad de nutrientes, por este motivo se debe elevar a valores cercanos al óptimo, es decir al menos a 3%.



c) Corrección de materia orgánica

La aplicación de materia orgánica es parte de un balance que se establece en el suelo. Esta se transforma en humus y además se producen iones, consecuencia de la mineralización. Tal como se ha mencionado en los datos anteriores, la textura de los suelos no permite una gran capacidad de retención de humedad. Por ello es necesario mejorar la estructura, lo que puede lograrse mediante la aplicación de materia orgánica en forma de guano. Esto además contribuye a la fertilización del suelo ya que el estiércol también aporta nutrientes. En el cuadro 76 se presenta el análisis del guano de oveja disponible en Ancovinto.

Cuadro 76. Análisis del guano de oveja de la localidad de Ancovinto.

Elemento	Unidad	Contenido
pH (1:5)		7,4
C.E	dS/m	1,8
Materia Orgánica (MO)	%	47,5
Carbono Orgánico	%	27,6
Relación C/N		17,4
Humedad	%	11,0
Nitrógeno	%	1,6
Fósforo (P ₂ O ₅)	%	0,82
Potasio (K ₂ O)	%	1,7

El guano que se utiliza en Ancovinto, posee muy buenas características físico-químicas, el pH es muy cercano al neutro, la C.E es muy baja, con altos contenidos de Humus, así como una relación C/N muy cercana a la estabilidad. Además presenta altos contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio.

El estiércol aplicado, debe descomponerse, parte se transformará en humus y otra se mineralizará liberando de esta forma elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, etc.

El contenido ideal de humus en un suelo es de 3%. En suelos como los de Cariquima, que tiene 0,8% de humus, se deben agregar unas 300 toneladas por hectárea de guano para corregir las deficiencias. Estas aplicaciones se pueden disminuir en un 10%, si incorporamos al suelo los residuos de la quinua (cañas) debidamente picadas. Como 300 toneladas es una cifra muy alta, podemos parcializar las aplicaciones en 6 años. Esto implica incorporar 51 toneladas hectárea año. En el caso que la siembra se realice en forma mateada (por hoyos), la dosis de guano se reduce a una cuarta parte, es decir 12,8 toneladas



año (Cuadro 77). La aplicación de guano se podría realizar mediante la misma máquina que siembra, a la cual se le debe agregar una tolva para guano y los mecanismos para incorporar y tapar el estiércol.

Cuadro 77. Requerimiento de aporte de guano para alcanzar un 3% de materia orgánica en un plazo de 6 años.

%MO del suelo	Total Ton/hectárea	(Aplicaciones en 6 años) Ton/año	Mateado Ton/año
0,5	350	58	14,5
0,8	308	51	12,8
1,0	280	47	11,8
1,2	250	42	10,5
1,6	196	32	8,0
2,0	140	23	5,8

El cuadro 77 nos permite inferir en base al porcentaje de humus, cuanto falta para alcanzar un 3% de humus en el suelo. Así por ejemplo, si nuestro suelo posee 0,8% de materia orgánica, deberemos incorporar 308 toneladas de guano de una sola vez. Si esto es muy alto, podemos hacer el mejoramiento en 6 años, lo que implica solo 51 toneladas anuales. Sin embargo si solo vamos a incorporar al hoyo de siembra, ser requieren 12,8 toneladas anuales.

6.2.2 Corrección de la fertilidad del suelo en Vilakuyo

La fertilización total debe considerar dos componentes, la fertilización del suelo y la de la planta. Para el primer componente, se deben aumentar los elementos minerales a los valores adecuados de fertilidad en el suelo. Para el segundo, se debe cumplir los requerimientos nutricionales de las plantas, asegurando aportar nutrientes suficientes para satisfacer la tasa de extracción. Para el cálculo de los requerimientos de fertilizantes en los suelos de la zona de Cariquima, se utilizaron los datos obtenidos en el análisis de suelo los que se presentan en el cuadro 78.



Cuadro 78.- Fertilidad de suelo en tres localidades de Cariquima.

Profundidad de la muestra: 0-40 cm		LOCALIDAD					
Elemento	Concentración	Vilakuyo		Cruz pampa		P'oko loma	
pH	Suspensión	8,8		7,7		8,7	
C.E	dS/m	0,8		0,2		0,5	
Nitrógeno	ppm	22	Regular	16	Bajo	17	Bajo
Fósforo	ppm	9	Bajo	9	Bajo	4	Muy bajo
Potasio	ppm	225	Adecuado	308	Adecuado	232	Adecuado

El cuadro 78, nos muestra la necesidad de mejorar la fertilidad de los suelos, en particular en dos de los tres elementos, como son nitrógeno y fósforo. El tercer elemento, como es el potasio, si bien se manifiesta como en cantidades adecuadas, al considerar el pH del suelo (8,8), requiere también de correcciones del orden del 30% al igual que todos los demás elementos.

Para corregir la deficiencia de nitrógeno que existe en el suelo, se debe calcular cuanto nitrógeno se aporta con el guano. Los datos anteriores nos indicaron que se debían incorporar 12,8 toneladas de guano por hectárea. Por otra parte, los análisis de fertilidad del guano de oveja del sector, nos muestran que este producto posee un contenido de 1,6% de Nitrógeno (Cuadro 76), es decir una tonelada de guano aportará 16 kg de nitrógeno.

Por tanto, al guano incorporado aportará al primer año el equivalente a 250 kg de nitrógeno por hectárea. Esta cantidad es más que suficiente para elevar el contenido del suelo a valores considerados como normales.

Por otra parte, el fósforo deberá encontrarse en concentraciones iguales o superiores a 10 mg por kg (según el método de Olsen), el potasio 150 mg por kg (utilizando el método del acetato) y el calcio sobre 4.000 mg por kg.

Dado los bajos valores que el suelo posee de fósforo (4 a 9 ppm), es necesario corregir a fin de elevarlos a valores cercanos al óptimo (10 ppm). Los cálculos para corregir la deficiencia de fósforo en el suelo muestran que se requieren 4.200 kg de P₂O₅ por hectárea. Este valor puede ser parcializado en cinco años, lo que implica incorporar 837 kg/ha/año.



Si lo aplicamos como superfosfato triple (46% de P_2O_5), significa incorporar 1.820 kg/ha/año de este producto. Ahora bien, si la siembra es mateada, como ocurre en la zona, podemos incorporar solo al hoyo de plantación lo que implica 455 kg/ha/año de superfosfato triple.

Si quisiéramos aplicar un producto orgánico como el guano rojo de ave, el que posee un 12% de P_2O_5 se deberán incorporar 1.800 kg/ha de guano rojo, cuando se cultiva en forma mateada.

En ambos casos, se deben descontar 100 kg de P_2O_5 aportado por el guano de oveja. Todos estos cálculos se han realizado incluyendo el % de retrogradación consecuencia del pH básico del suelo.

En el caso del potasio, los análisis muestran que los niveles se encuentran adecuados, los que además son suplementados por el aporte del guano de ovino a razón de 210 kg de K_2O , razón por la cual, para los resultados de los análisis, no es necesario aplicar este fertilizante.

6.2.3 Fertilización del cultivo de la quinua

En esta etapa, también deben considerarse, las condiciones químicas del suelo, particularmente el pH del suelo en la zona de Vilakuyo es de 8,8, por lo que producirá un bloqueo en la disponibilidad de los fertilizantes, en especial el fósforo.

Los requerimientos del cultivo, se estimaron en función de las tasas de extracción, esto corresponde a establecer cuanto fertilizante extrae desde el suelo una tonelada de grano. Otro dato importante, en función de las leyes de la fertilización, es que se requiere mantener una relación de **1: 0,5: 0,7**. En base a los datos anteriores se determinaron las dosis requeridas por la quinua. Así, para obtener un rendimiento de 1.600 kg /ha, se sugieren las siguientes cantidades (Cuadro 79).



Cuadro 79. Tasa de extracción, unidades de fertilizantes y relación de fertilizantes para el cultivo de la quinua.

Elemento	TASA DE EXTRACCIÓN (unidades de fertilizantes por 1.000 kg de cosecha)	Unidades de fertilizantes para producir 1.600 kg de semillas	Relación N:P:K
N	30	48	1,0
P ₂ O ₅	14	22	0,5
K ₂ O	20	32	0,7

Validación de los cálculos en forma experimental

Para determinar las dosis de fertilizantes para el crecimiento y desarrollo de la quinua, se estableció un ensayo en dos temporadas de cultivo. En la primera temporada, el ensayo realizado consistió en incorporar los fertilizantes mediante, las siguientes combinaciones de productos: 1.- guano ovino (GO); 2.- urea; 3.- urea más superfosfato triple (Urea+SFT) y 4.- guano ovino mas superfosfato triple (GO+ SFT). Dado que el potasio se encuentra en un 50% más de lo recomendado para los suelos, no fue considerado en el estudio de fertilización. En el cuadro 80 se presentan las unidades de fertilizantes y cantidad de fertilizante comercial o guano equivalente a las unidades de cada ensayo.

Cuadro 80. Unidades de fertilizantes y cantidades de fertilizante requeridos de acuerdo a la tasa de extracción. Los valores han sido corregidos por el efecto detrimental del pH.

Fertilizantes	Unidades / ha		Dosis de fertilizantes (Kg/ha)
	N	P	
Urea	120	-----	250
SFT	-----	60	130
Guano ovino	120		6.000

Los resultados de los tratamientos de fertilizantes se presenta en la figura 84, de ellos podemos deducir que en la primera temporada el tratamiento con mejor rendimiento



corresponde a la aplicación de guano ovino más superfosfato triple. Reflejando con ello, que las principales limitantes son precisamente nitrógeno y fósforo.

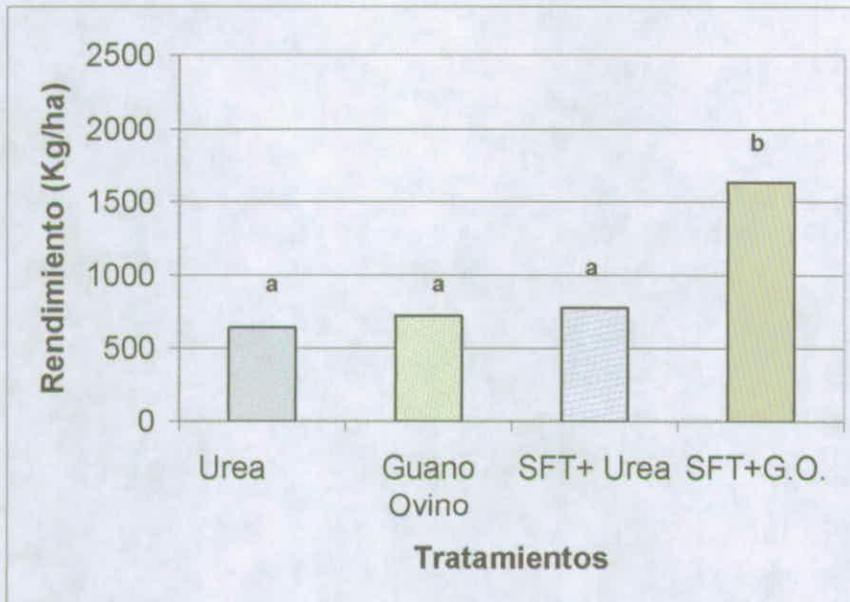


Figura 84. Efecto de la fertilización sobre los rendimientos primera temporada.

Por otra parte, los rendimientos obtenidos en el tratamiento donde se incorporan guano de oveja y SFT, superan en 5 veces los rendimientos promedios obtenidos por los agricultores de la zona.

Validación experimental segunda temporada

La temporada siguiente en paralelo a la validación del cultivo se sembró quinua en el mismo sector donde se realizó el ensayo de fertilización, sin embargo, esta vez no se aplicaron fertilizantes, sino solamente guano a razón de 12,8 toneladas por hectárea. Los resultados encontrados se muestran en la figura 85.

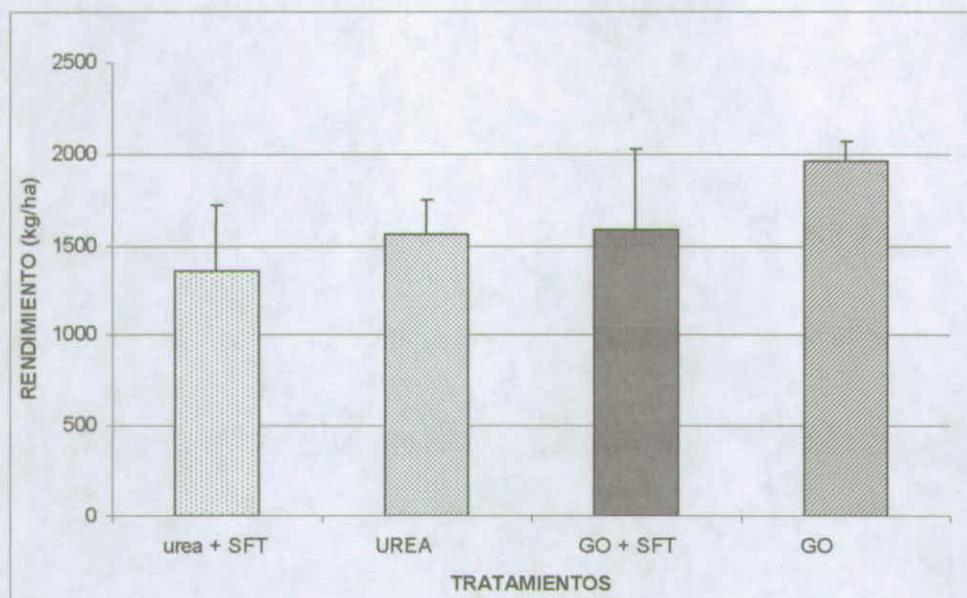


Figura 85. Efecto de la fertilización sobre los rendimientos en la segunda temporada.

Los datos nos demuestran que la mantención de la fertilidad del suelo mediante la aplicación de guano, en los lugares donde se había fertilizado el año anterior, provoca un aumento en los rendimientos.

Validación de los resultados a escala de cultivo

Los resultados encontrados en la temporada anterior fueron validados en 1 hectárea de cultivo, para ellos se aplicó la misma relación de unidades de fertilizantes de la temporada anterior, a un área que no había sido fertilizada y cultivada anteriormente. Cabe señalar que las precipitaciones en la temporada fueron menores (90 mm) a las del año anterior (148 mm). Otra consideración importante, se refiere a que no se incorporaron nuevos fertilizantes sintéticos. El suelo se corrigió con la aplicación solamente de guano de ovino a razón de 38,5 ton/ha. La fertilización para el cultivo se realizó en base a un bioabono formulado con turba negra más guano rojo. En conjunto ambos elementos aportaron 80 kg de nitrógeno y 256 Kg. de fósforo (P_2O_5) por hectárea.



Al diferenciar el rendimiento por selección, se encuentra que Amarilla alcanza un promedio de 1.350 kg/ha en tanto que roja 1.981 kg/ha (figura 86). Esta diferencia se debe a la menor densidad de plantas por hectárea que tuvo la accesión amarilla, producto de la mortalidad por las heladas, así como a la mayor sensibilidad al déficit hídrico. Los rendimientos en ambas accesiones son superiores a los promedios de la zona, los que no superan los 600 kg/ha.

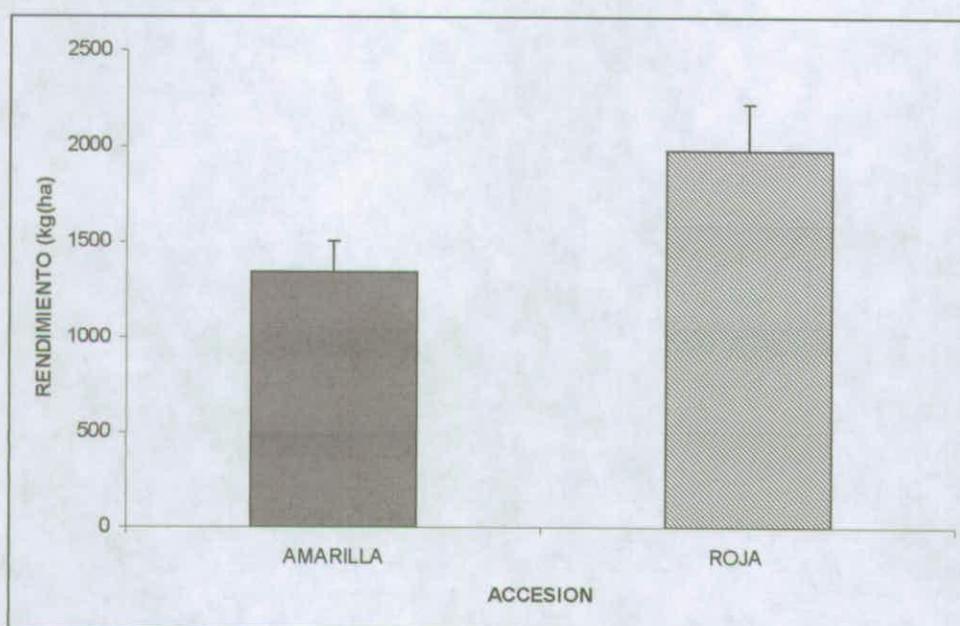


Figura 86. Rendimientos en quinua cultivadas en seco y fertilizadas con biofertilizantes.

En la figura 87 y 88 se muestran los trabajos de arreglo del terreno y la incorporación de fertilizantes.



Figura 88.- Preparación de suelo y siembra de ensayos de quinua en parcela de Vilakuyo.



PROYECTO:

185

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile

Figura 89. Incorporación de Fertilizantes



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

Conclusiones

Los rendimientos obtenidos refuerzan la idea que junto con resolver el problema de la fertilización se debe necesariamente resolver el riego.

Es posible obtener buenos rendimientos con la aplicación de fertilizantes de origen orgánico.

Finalmente, los resultados muestran el gran impacto que provoca el mejoramiento de la fertilidad en suelos tan pobres como los del altiplano, Los resultados obtenidos en cualquiera de los tratamientos superan los rendimientos obtenidos por los agricultores. Todo ello, a pesar de las dificultades, como fueron la siembra tardía, el retraso en la lluvia y las heladas que debieron soportar las plantas.



7. EVALUACIÓN DE NORMAS DE MANEJO POS COSECHA

Investigadores responsables: Ing. Alimentos. María Isabel Oliva e Ing. Ejec. Agrícola. Andrés Salinas.

7.1 Presentación de Resultados y Discusión

7.1.1 Caracterización del grano de Quinua

La composición química de las accesiones de Quinua de las cosechas 2005 y 2007 se observan en los cuadros 82 y 83.

Cuadro 82. Composición Química de la Quinua año 2005

Código	% Humedad	% Grasa	% Ceniza	% Carbohidratos**	% Proteína
Quinua *	9,80	7,40	3,00	64,10	13,00
Quinua Roja	10,4	5,90	3,30	67,20	13,20
Quinua Amarilla	10,9	5,20	3,20	67,70	13,00

- Datos del Tabla de composición de alimentos Chilenos
- ** Datos obtenidos por diferencias

Cuadro 83. Composición Química de la Quinua año 2007

Código	% Humedad	% Grasa	% Ceniza	% Carbohidratos**	% Proteína
Quinua *	9,80	7,40	3,00	64,10	13,00
Quinua Roja	11,1	6,34	3,48	65,82	13,26
Quinua Amarilla	11,2	6,58	3,36	65,72	13,14

- Datos del Tabla de composición de alimentos Chilenos
- ** Datos obtenidos por diferencias



La composición química de las accesiones de Quinoa Roja y Amarillas son similares, por lo tanto, se puede inferir que nutricionalmente son iguales y son comparables a las Quinuas del sur que aparecen en la tabla de composición de alimentos elaborada por Schmidt Hebbel.

Es importante, sin embargo conocer el comportamiento de las proteínas para definir el tipo de industrialización a las que pueden ser sometidas. De modo de lograra alimentos nuevos y agregar así valor a la Quinoa.

7.2 Caracterización Microbiológica

Se analizaron dos muestras de Harina de quinoa con la finalidad de conocer su calidad higiénico sanitaria, los resultados se encuentran en el cuadro 84.

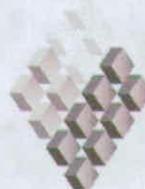
Cuadro 84 Resultados Microbiológicos de Harina de Quinoa

Muestra	Recuento Enterobacterias ufc/g	Salmonella Presencia o Ausencia en 25 g	Recuento Hongos N° colonias/g	Recuento Levaduras N° colonias/g
1	300	Ausencia	35	< 10
2	10	Ausencia	35	< 10
Promedio	155	Ausencia	35	< 10

Las muestras analizadas pueden presentar diferentes grados de calidad dependiendo del microorganismo indicador. El análisis de la calidad de los resultados es el siguiente::

- Calidad microbiológica Medianamente Aceptable para el Recuento de Enterobacterias, que es de clase 3.
- Calidad microbiológica Aceptable para el indicador Salmonella, que es de clase 2.
- Calidad microbiológica Aceptable para el Recuento de Hongos, que es de clase 3,.
- Calidad microbiológica Aceptable para el Recuento de Levadura, que es de clase 3.

Los análisis de Salmonella, Recuento de Hongos y Levadura tienen el mejor grado de calidad microbiológico según lo indicado por los estándares del Reglamento Sanitario de los Alimentos. Sin embargo para el Recuento de Enterobacterias es solo Medianamente Aceptable.



Cuadro 85. Capacidad de absorción de agua de diferentes accesiones de quinua

QUINUA	CAA (ml/g)
Aislado Proteico Quinua de Amarilla	2
Aislado Proteico Quinua de Roja	0,67
Harina de Quinua*	1,3
Quinua Entera Amarilla	0
Quinua Entera Roja	0

*Quinua que se tostó para escarificar

Se observa que la quinua amarilla presentó una mayor capacidad de absorción de agua, con un valor de 2 ml/g, resultados similares a los señalados por Granito *et al.*, (2004) para frijol que muestran un rango de 1,5 a 4,1 ml/g. Gajardo (2005) demuestra que la capacidad de absorción de agua esta influenciada por el tiempo y la temperatura de almacenamiento, obteniendo valores de 4,53 a 2,26 ml/g los que disminuyeron dependiendo del tiempo y temperatura de almacenamiento de 1 a 4 meses y temperaturas de 20, 30 y 40°C respectivamente.

Ninguna de las harinas fue capaz de retener el agua, ya que esta capacidad se pierde por la presencia de lípidos y carbohidratos que son insolubles en agua.

7.4.2. Capacidad de absorción de grasa (CAG)

La capacidad de absorción de grasa de la harina tostada de quinua se presenta en el cuadro 86.

Cuadro 86. Capacidad de absorción de grasa en granos tostados de quinua.

QUINUA	CAG (ml/g)
Aislado Proteico Quinua de Amarilla	1,6
Aislado Proteico Quinua de Roja	1,7
Harina de Quinua*	2,0
Quinua Entera Amarilla	0,2
Quinua Entera Roja	0



Se sugiere que para aumentar el grado de calidad en el Recuento de Enterobacterias, que provienen del suelo, y del huano no fermentado, la cosecha se realice cortando las plantas y no arrancándolas como se realiza hoy, a fin de evitar la diseminación de este tipo de microorganismo.

7.3 Cantidad de Saponina presente en las semillas de Quínoa

Para la medición de saponinas se utilizó el método de Estimación Afrosimétrico recomendado por Koziol 1990, que se basa en la solubilidad de la saponina en agua y la estabilidad de la espuma formada por agitación. Para poder obtener resultados de mg de saponina disueltos en 5ml de agua se construye una curva patrón con concentraciones de saponina conocidos. Se toma una muestra en estudio de peso $0,5 \text{ gramos} \pm 0,02$ se mezcla con 5 ml de agua destilada y se somete a agitación por varios intervalos de tiempo según la metodología propuesta, una vez obtenida la espuma se proceda a medirla, esta medición se lee en las curva patrón y se obtiene el resultado en mg de Saponina por 5ml.

Los resultados de cantidad de saponina indican que la accesión amarilla tiene $6,2 \text{ mg/5ml}$ y la roja $4,8 \text{ mg/5ml}$. La cantidad de saponina presente no permite una desaponificación en húmedo ya que el nivel de espuma formado será muy grande, considerando que con $0,5 \text{ gr}$ dan una columna de espuma de $7,05 \text{ cm}$ en quínoa amarilla y $6,4 \text{ cm}$ en quínoa roja para las cantidades usadas en la metodología propuesta por Koziol. Se desprende, por lo tanto, que es mejor trabajar con un sistema mixto de desamargado, primero una escarificación en seco de modo de disminuir la cantidad de saponina presente. Posteriormente, el grano escarificado debe ser lavado de modo que el contenido de saponinas de la quínoa se encuentre entre de $0,04$ a $0,25\%$.

7.4 Propiedades Funcionales

7.4.1 Capacidad de absorción de agua (CAA)

EL cuadro 85 muestra los resultados obtenidos de las mediciones de capacidad de absorción de agua de aislados proteicos, harina de quinua y granos enteros de quinua.



Cuadro 85. Capacidad de absorción de agua de diferentes accesiones de quinua

QUINUA	CAA (ml/g)
Aislado Proteico Quinua de Amarilla	2
Aislado Proteico Quinua de Roja	0,67
Harina de Quinua*	1,3
Quinua Entera Amarilla	0
Quinua Entera Roja	0

*Quinua que se tostó para escarificar

Se observa que la quinua amarilla presentó una mayor capacidad de absorción de agua, con un valor de 2 ml/g, resultados similares a los señalados por Granito *et al.*, (2004) para frijol que muestran un rango de 1,5 a 4,1 ml/g. Gajardo (2005) demuestra que la capacidad de absorción de agua esta influenciada por el tiempo y la temperatura de almacenamiento, obteniendo valores de 4,53 a 2,26 ml/g los que disminuyeron dependiendo del tiempo y temperatura de almacenamiento de 1 a 4 meses y temperaturas de 20, 30 y 40°C respectivamente.

Ninguna de las harinas fue capaz de retener el agua, ya que esta capacidad se pierde por la presencia de lípidos y carbohidratos que son insolubles en agua.

7.4.2. Capacidad de absorción de grasa (CAG)

La capacidad de absorción de grasa de la harina tostada de quinua se presenta en el cuadro 86.

Cuadro 86. Capacidad de absorción de grasa en granos tostados de quinua.

QUINUA	CAG (ml/g)
Aislado Proteico Quinua de Amarilla	1,6
Aislado Proteico Quinua de Roja	1,7
Harina de Quinua*	2,0
Quinua Entera Amarilla	0,2
Quinua Entera Roja	0



La capacidad de absorción de grasa más alta, obtenida por la harina tostada de quinua corresponde a 2 ml/g (figura . Sangronis (2004) señala una CAG para harina de granos crudos de leguminosas de 2,2; 2,1 y 1,9 ml/g a temperaturas de 25; 47,5 y 70°C respectivamente, demostrando que la CAG presenta una relación inversa con la temperatura. Araya (2005) establece que la CAG en aislados de quinua está relacionada con la cantidad de proteína y es levemente afectado por la temperatura y pH.

La CAG es una propiedad importante en la formulación de productos cárnicos, sustitutos de carne y en productos de panadería y sopas, además se relaciona con la capacidad de retener las características de sabor y con la suavidad del producto al cual se añade (Sangronis, 2004); (Araya, 2005). Los valores encontrados similares a los de leguminosas permiten inferir que a partir del grano de quinua se puede producir sustitutos de carne.



Figura 90. Vista de los tubos antes de ser Centrifugados

Capacidad y estabilidad emulsificante

Los valores de la capacidad y estabilidad emulsificante del grano tostado de quinua se muestra en el cuadro 87.



Cuadro 87. Capacidad y estabilidad de la propiedad de emulsificación en granos de quinua.

QUINUA	C.E (%)	E.E
Aislado Proteico Quinua de Amarilla	-	0,52
Aislado Proteico Quinua de Roja	-	0,43
Harina de Quinua*	-	0,53
Quinua Entera Amarilla	-	0,44
Quinua Entera Roja	-	0,45
Media**		0,49 ± 0,06

*Quinua que se tostó para escarificar

C.E= Capacidad emulsificante

E.E= Estabilidad emulsificante

** Media±D.E

Granito et al (2004) indica que la capacidad emulsificante del Grano de frijol crudo se encuentra entre 48 y 49% en cambio la harina cocida, no presentó capacidad emulsificante. La capacidad emulsificante de los productos estudiados donde se estipuló adicionar como máximo 500 ml de aceite vegetal, es alta todos son capaces de retener esa cantidad de aceite sin llegar al quiebre de la emulsión.

La conformación nativa, las proteínas globulares presentes en los granos donde los aminoácidos polares están expuestos hacia la fase acuosa, favorece la solubilidad, emulsificación y propiedades espumantes.

La habilidad de la proteína para ayudar en la formación y estabilización de la emulsión es particularmente importante en la elaboración de productos batidos y salsas emulsionadas tales como la mayonesa, postres congelados y embutidos. En este caso el aislado proteico de germen de quinua a pH 6,0 tiene una capacidad emulsificante semejante a la del huevo (Figura.91).

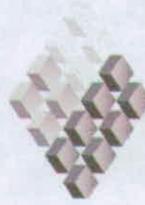


Figura 91. Secuencia de Capacidad de emulsificación

7.4.4. Capacidad de formación y estabilidad de espuma

a. Capacidad de formación de espuma (CFE)

En el cuadro 88 se observa que la capacidad de formar espuma se encuentra entre 56 y 57%, en cambio la harina y las quinuas enteras no presentaron esta capacidad. Estos valores son más altos al compararlos con otros autores. Sangronis (2004) indica que las variaciones en el pH afectan la capacidad espumante para granos de frijol demostrando valores de 45; 41,7 y 46,7% a pHs de 3; 6 y 8, en cambio a temperaturas de 25 47,5 y 70°C obtiene resultados más bajos 2,2; 2,1; 1,9% respectivamente. El mismo autor indica que la capacidad para formar espuma, es una propiedad que depende de la cantidad de proteínas presentes, de su estructura y de la habilidad relativa de esas proteínas para desnaturalizarse, precipitar y disminuir la tensión superficial en la interfase aire-liquido de la espuma.

Cuadro 88. Capacidad de formación de espuma en aislados proteicos de quinua

PROYECTO:

193

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



QUINUA	CFE (%)
Aislado Proteico Quinua de Amarilla	56
Aislado Proteico Quinua de Roja	57
Harina de Quinua*	0
Quinua Entera Amarilla	0
Quinua Entera Roja	0

*Quinua que se tostó para escarificar

Granito et al (2004) señalan que el método de generación de espuma contribuye a una desnaturalización parcial de las proteínas, la cual aumenta su flexibilidad haciendo posible obtener una capacidad espumante moderada en granos de frijón 59%. Al aplicar procesos térmicos, altas temperaturas 80 y 120°C, ocurre desnaturalización proteica, que junto con el método de generación de espuma (batido a altas velocidades) puede disminuir el poder espumante 8% para granos de frijón, debido a la agregación de precipitación de proteínas.

c. Capacidad de estabilidad de la espuma (CEE)

En la figura 92 se muestra que existe una estabilidad de la espuma hasta los 40 minutos, luego se produce una leve disminución a las temperaturas de 50 y 60 minutos, para caer drásticamente a los 120 minutos. Este comportamiento es similar al observado por Granito et al (2004) indicando que la capacidad espumante se ve afectada por la velocidad de adsorción, la flexibilidad y la hidrofobia, mientras que la estabilidad depende de las propiedades reológicas de la película proteica.

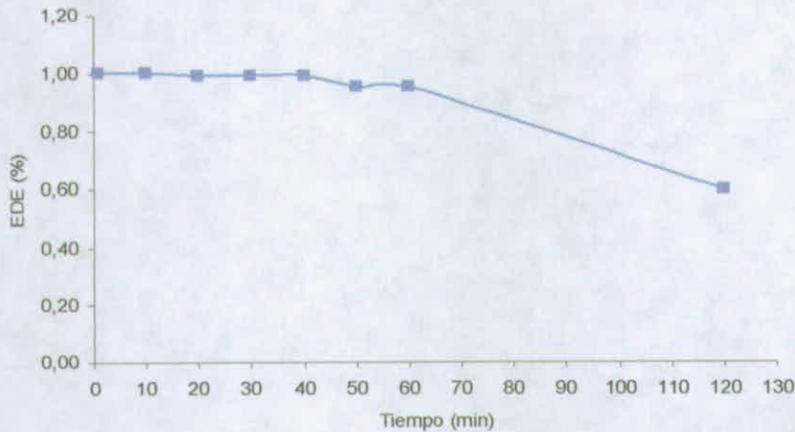


Figura 92. Estabilidad de la espuma en aislados proteicos de quinua.

En la figura 93 se observa que el volumen de espuma presentado por la quinua amarilla es más estable en función del tiempo en comparación a la quinua roja. Exhibiendo a los 60 minutos volúmenes entre 232 a 220 ml, cayendo fuertemente a los 120 minutos con un volumen de 140 ml. En cambio la quinua roja muestra un mayor volumen desde el primer minuto de medición hasta los 10 minutos con un volumen de 450 ml, para estabilizarse en 300ml hasta los 60 minutos y decaer a los 120 minutos.

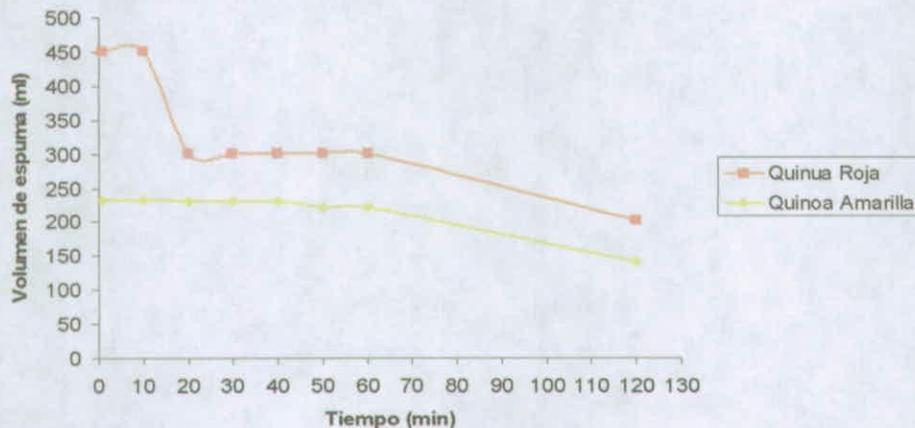
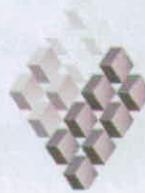


Figura 93. Incremento del volumen de espuma en aislados proteicos de quinua.



7.4.5. Capacidad de gelificación

En el cuadro 89 se observa que para todas las muestras se logró obtener geles, pero se requiere de una concentración de 40% de proteína para obtener esta característica, valor muy alto al ser comparado con otros resultados. Sangronis (2004), señala para diferentes leguminosas formaciones de gel a partir de una concentración mínima de 8 hasta 12%, obteniendo geles con características débiles y firmes dependiendo de la variedad del grano. Granito et al (2004) indica resultados similares en frijol logrando formación del gel a una concentración del 12 y 14%.

Cuadro 89. Capacidad de gelificación a una concentración de 40% en aislados proteicos de quinua.

Quinua	Estructura
Aislado Proteico Quinua de Amarilla	Rígido
Aislado Proteico Quinua de Roja	Semi- rígido
Harina de Quinua*	Rígido
Quinua Entera Amarilla	Rígido
Quinua Entera Roja	Rígido

*Quinua que se tostó para escarificar

La formación y firmeza del gel depende de la concentración de la proteína, tipo de proteína y de los componentes no proteicos. Variaciones en las propiedades gelificantes de diferentes harinas de leguminosas pueden cambiar según la proporción de los otros constituyentes como son proteínas, carbohidratos y lípidos, sugiriendo que la interacción entre tales componentes puede ejercer un papel significativo en las propiedades funcionales. También se ven afectadas por diversos factores ambientales como el pH, las sales y otros aditivos (Granito *et al.*, 2004); Sangronis, 2004; Araya, 2005).

Cabe mencionar que la firmeza de los geles se ve incrementada por la concentración en el caso de los aislados proteicos, y su viscosidad tiende a incrementarse exponencialmente conforme se aumenta la concentración, lo que es normal en dispersiones proteicas, sin embargo esta capacidad en las proteínas estudiadas es baja y por lo tanto no se recomienda su uso como extensor cárnico.

Por otra parte, las muestras estudiadas que mantienen todos sus componentes, logran geles más rígidos en comparación con los de aislados proteicos, rigidez que se debe fundamentalmente a la gelatinización del almidón presente.



7.5 Planta de procesamiento de Quinua

Las actividades de la pos cosecha tienen como principal finalidad asegurar el aumento del valor de los productos agrícolas y alimenticios mediante la aplicación de técnicas de poscosecha rentables y apropiadas para el medio ambiente que permitan reducir las pérdidas y aumentar la calidad. Es, por lo tanto, el conjunto de operaciones que van desde la recogida del grano hasta su uso por el consumidor y se le denomina sistema de poscosecha.

Sin embargo, las pérdidas físicas de Quinua en pos cosecha representan en promedio un 19,4%, divididas en un 10,5% para pre cosecha, 1,3 para ciega, 1,7 recolección, 2,4 trillado y 3,4% de lavado (Nieto y Soria, 1991, citado por Nieto y Valdivia, 1990).

7.5.1 Definición de la línea de proceso

La línea de proceso definida en este proceso se realizó tomando en consideración los valores de saponina y el tamaño uniforme de las accesiones estudiadas. La línea de proceso definida es la que se presenta en la figura 94.

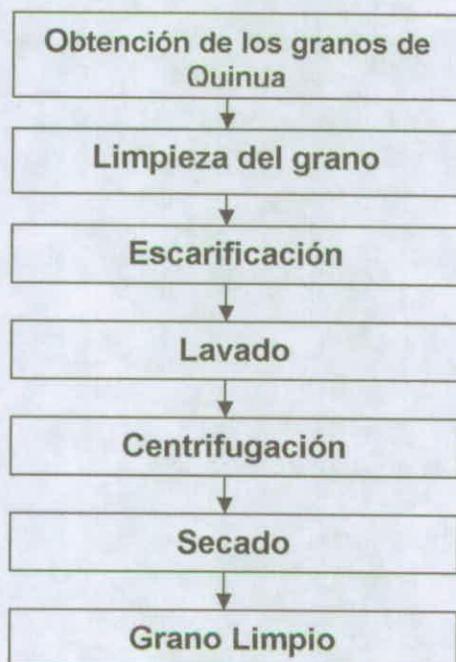


Figura 94. Línea de Proceso definida para la obtención de Quinua Perlada



7.5.2 Descripción de los equipos

a. Limpieza del grano

El equipo es un seleccionador primario de dos tamices que tiene por finalidad separar piedras, tallos, hojas, grano pequeño de los granos medianos y grandes. El primer tamiz separará las impurezas mayores y deja pasar todo el grano y las piedras, el segundo tamiz separa los granos medianos y grandes dejando pasar a un tercer depósito los granos pequeños y las piedras. Figura 95.



Figura 95. Equipo para la limpieza del grano y Escarificador



b. Escarificador

Equipo que por abrasión entre los granos y contra las paredes separa la cascarilla del grano: La cascarilla se elimina por una tolva inferior y el grano limpio es descargado por una salida lateral.

c. Lavador

Equipo encargado de retirar la saponina remanente en el grano, el equipo agita e impulsa el grano hacia el ducto de salida (Figura 96a).



Figura 96. Equipo para el lavado de la quinua (a) y Centrífuga (b)

d. Centrífuga

Equipo que tiene por finalidad eliminar el agua que el grano adquirió en el proceso anterior, por medio de la fuerza centrífuga (Figura 96b).



e. Secado

El secado de los granos de quinua se realiza por deshidratación solar.

7.5.3 Puesta en Marcha de los equipos

Se midió en cada uno de los equipos la cantidad alimentada y la cantidad de producto a la salida de modo de definir la merma. Además, se midió en los equipos de escarificado y lavado la cantidad de saponina inicial y final usando el método recomendado por Koziol (1990).

a. Limpiador de grano o Seleccionador primario

La figura 97 y 98 muestra el funcionamiento del seleccionador de grano durante su puesta en marcha.



Figura 97. Puesta en Marcha del Seleccionador Primario

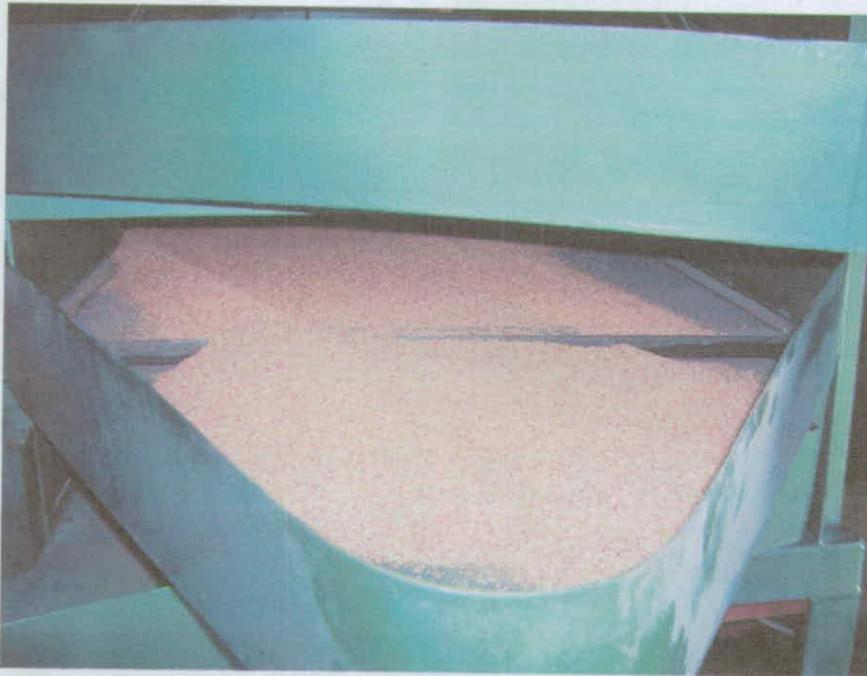


Figura 98. Salida de los granos clasificados por el equipo

La eficiencia de las máquinas seleccionadoras se presentan en el cuadro 90, los valores se expresan en forma porcentual

Cuadro 90. Eficiencia de la maquina seleccionadora.

% Grano grande y Mediano	% Grano pequeño y piedras	% Paja y hojas	% Pérdida
92,7	1,9	3,8	1,6

Los datos obtenidos son de 92,7% de granos de quinua y 7,3% de impurezas y pérdida, resultados que concuerdan con pruebas realizadas con una clasificadora "Clipper super, modelo x29D", la cual consta de 4 cribas, se logró procesar alrededor de 0,5 t/h, obteniéndose los siguientes resultados 90 a 95% de granos de quinua y 5% de impurezas y perdidas (Galárraga, 1987, citado por Nieto y Valdivia, 1990).



b. Escarificador

El escarificador tiene 5 posiciones en la abertura de salida de los granos escarificados. Se realizaron 5 pruebas, el equipo se hizo funcionar por 5 minutos en las posiciones 0, 1, 2, 3 y 4 se adicionó una carga de 1 kilo de Quinua por prueba. Se midió la cantidad de quinua que el equipo retenía, la cantidad de saponina y Porcentaje de granos partidos, como se indica en los cuadros siguientes (91, 92 y 93).

Cuadro 91. Cantidad de Quinua escarificada en 5 minutos y por posición de la abertura de salida del grano escarificado

Abertura posición	Peso (kg.)		
	Entrada	Salida	Retención
0	1	0,70	0,30
1	1	0,85	0,15
2	1	0,90	0,10
3	1	0,95	0,05
4	1	0,95	0,05

Cuadro 92. Porcentaje de Semillas partidas y saponina por posición en la abertura de salida del grano escarificado

Abertura posición	Porcentaje de Semillas partidas	Porcentaje de Saponina
0	2,0 %	0,20%
1	4,0%	0,08%
2	1,6%	0,25%
3	1,4%	0,34%
4	1,4%	0,30%



Cuadro 93. Rendimiento del Equipo

Abertura posición	Peso (kg.)		
	Entrada	Salida	Cascarilla
0	3,815	2,97	0,575
1	3,865	3,15	0,415

Torres y Minaya, 1980, citado por Nieto y Valdivia, 1990) indican para una máquina escarificadora que utiliza el proceso combinado de efecto abrasivo y golpeado, una eficiencia del 95% de escarificación y los contenidos de saponina en el producto final fluctúan entre el 0.04 y 0.25%, dependiendo de la variedad utilizada como materia prima, datos que concuerdan con los obtenidos, se recomienda trabajar con la abertura en posición 2 con la finalidad de obtener un porcentaje menor de granos partidos. En las figuras 99 y 100 se observa el equipo en funcionamiento.



Figura 99. Vista de la Tolva de alimentación del Escarificador



Figura 100. Vista lateral del equipo (a) y quinua escarificada (b)



c. Lavado

En el cuadro 94 se observan los resultados obtenidos mediante diferentes métodos de lavado de quinua.

Cuadro 94. Resultados de desaponificado de granos de quinua por diferentes métodos de lavado.

Parámetro	Licuidora 3450 r.p.m.	Licuidora 800 r.p.m.	Despulpador 600 r.p.m.
Carga (kg.)	6	6	2
Tiempo de lavado (minutos)	4	4	4
Absorción de agua (%)	19.21	29.23	25.49
Daño mecánico al grano (%)	0.96	1.11	8.89
Saponina eliminada (%)	2.65	3.62	3.39
Pérdida de proteína (%)	1.21	1.33	1.28
Rendimiento (kg/h)	30.0	26.7	10.4

Fuente: (Soria *et al.*, 1990, citado por Nieto y Valdivia, 1990).

El equipo de lavado es efectivo para la eliminación de la saponina que deja el escarificador, los resultados en porcentaje de saponina remanente que queda adherida al grano después de dos lavados es de 0,03%, sin embargo cabe destacar que el equipo no trabajó a carga completa y es probable que este valor sea un poco mayor al obtenido. Por otra parte, en estas condiciones de trabajo la absorción de agua es mucho mayor a lo esperado, el fabricante indica un incremento en la humedad de 6 puntos porcentuales y lo obtenido fue de 20 puntos. Es importante considerar que este equipo debe trabajar a carga completa, ya que al no poder disminuir la cantidad de agua se pierde la relación litros de agua por kilo de grano de quinua, aumentando los costos en agua y en la operación posterior de secado del grano.

d. Centrifuga

Se centrifugaron las muestras a la salida del lavado, se sacaron muestras cada 5 minutos por 15 minutos para determinar si hay mayor pérdida de agua mientras más tiempo de residencia se tenga, los resultados se encuentran tabulados en el cuadro 95.



Cuadro 95. Relación entre el tiempo de Centrifugado y el Porcentaje final de agua del grano de Quinua

Tiempo centrifugado	Porcentaje de agua en el grano de Quinua
5'	30,1%
10'	30,1%
15'	30,3%

Como se observa el tiempo de residencia en el equipo no tiene un efecto mayor de pérdida de agua, es probable que esto tenga relación con la carga de la máquina, ya que no se trabajó a carga completa por no disponerse de suficiente material (figura 101).

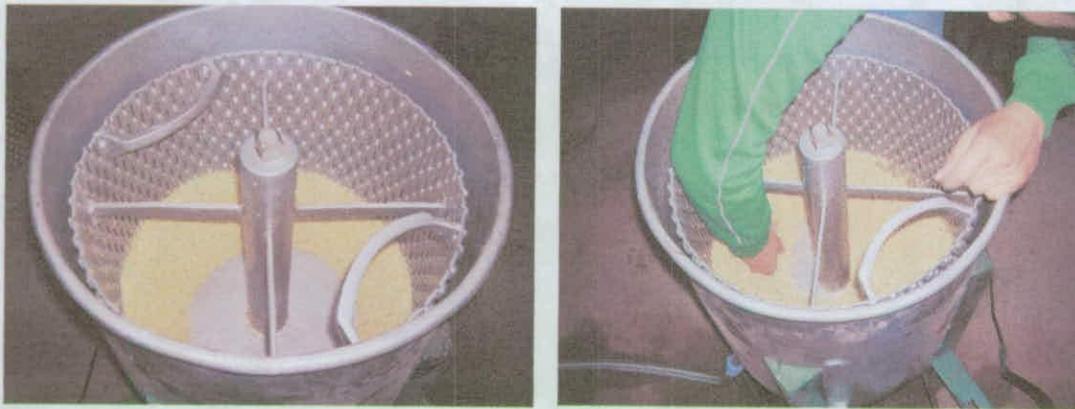


Figura 101. Vista del Centrifugador



7.6. Conclusiones y recomendaciones

Los niveles de saponina que presentan las accesiones de quinua estudiadas fueron predominantes en la elección del sistema de escarificación. Se definió para el lay out el sistema mixto o de dos etapas, donde la primera, es por vía seca y la segunda por vía húmeda y en base a las cantidades de saponina a retirar en cada etapa se posteriormente se concreto la compra de los equipos.

El aislado proteico de quinua amarilla presenta las mejores propiedades de absorción de agua, estabilidad de la emulsión y de emulsificación, mientras que el aislado proteico de quinua roja lo hace en absorción de grasa y capacidad de formación de espuma. Sin embargo los otros componentes de la quinua disminuyen las propiedades funcionales de la proteína excepto en la capacidad de absorción de aceite y gelificación.

La Harina de quinua que se tostó para escarificar es la única de los productos enteros estudiados que presenta funcionalidad en la capacidad de absorción de grasa, la cual incluso es mayor que la de los aislados proteicos estudiados, permitiéndole aumentar la capacidad de retener las características de sabor.

Ambos aislados proteicos presentan un incremento en el volumen de espuma de de un 250% para quinua roja y un 232% para quinua amarilla, sin embargo en estabilidad es mucho mejor la accesión amarilla, por lo que se recomienda para ser utilizadas como reemplazante de huevo y para espumas o batidos alimentarios de consistencia diversa como helados, soufflé entre otros.

Los equipos seleccionados cumplen con las especificaciones técnicas solicitadas, para el tamaño del grano de las accesiones en estudio. Es importante para que el escarificador se encuentre en la posición dos de abertura de salida del grano de modo de tener la mejor relación grano partido – Porcentaje de Saponina.

7.7 Recomendaciones

Se recomienda cambiar el sistema de cosecha y en vez de arrancar las plantas de quinua estas sean segadas de modo de disminuir la cantidad de pequeñas piedras que traen los granos y aumentar el grado de Calidad Bacteriológica en el Recuento de Enterobacterias de modo de poder acceder a mercados más exigentes.



Universidad
ARTURO PRAT
del Estado de Chile



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

Se recomienda que el equipo de lavado trabaje a plena capacidad de manera de evitar la hidratación excesiva del grano que redundará en mayores gastos energéticos en la operación de secado y se corre el riesgo de que la quinua germine perdiendo su calidad como quinua perlada.

Finalmente se recomienda construir un equipo de deshidratación solar tipo box colector, de modo de poder manejar los tiempos de secado y la humedad final del grano y además evitar las contaminaciones microbianas cruzadas del secado en cancha.

PROYECTO:

208

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS PARA LA PRODUCCIÓN MEJORADA DE QUINUA EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO, ALTIPLANO DE LA PROVINCIA DE IQUIQUE.

Código: FIA-PI-C-2004-1-A-079



8 CREACIÓN DE UNA UNIDAD DE NEGOCIOS EN LA COMUNIDAD DE ANCOVINTO

Investigadores responsables: Jorge Arenas Charlín, Alvaro Carevic Rivera, Andrés Salinas Barraza

Las diferentes etapas de la actividad se detallan a continuación:

8.1 Taller: Importancia de la asociatividad

Este taller estuvo dirigido por el Dr. Álvaro Carevic a la comunidad Aymara de Ancovinto (Anexo 1). El enfoque estuvo basado en resaltar la importancia de la asociatividad y como esta es crucial para el desarrollo del territorio productivo de toda la zona del Altiplano Chileno. En el anexo 1 se entregan mayores detalles de la misma.

8.2 Taller Organizaciones posibles de formar

Taller dirigido por la Ingeniera Comercial Sr. Claudia Labraña (Anexo2), quien entrega una mirada general de cómo se pueden organizar. Para ello desarrolla un taller con las diferentes alternativas comerciales, destacando las Cooperativas Agrícolas y las Sociedades Anónimas.

8.8 Formas Jurídicas de Cooperativas y Sociedades Anónimas

Esta Charla es dictada por el Ingeniero Sr. Mario Campos perteneciente a Sercotec de la Primera Región (Anexo 3). Esta se centra principalmente en las formas jurídicas de la asociatividad en el sector agropecuario, la forma legal, alternativas para la formación de las organizaciones económicas campesinas en Chile (sociedades civiles, económicas y otras), las nuevas normas que la ley estipula para las cooperativas agrícolas, sociedades y los principales tipos de estas más sus estatutos de conformación. Como tributan y como deben constituirse.



8.4 Estudio de un caso Real

Es importante para los agricultores poder observar a otras comunidades que hayan dado este paso de formalizarse y pudiesen contar como lo habían logrado entregando su visión de los beneficios y dificultades de la organización campesina. Es por esto que se invitó al Gerente de la Cooperativa las nieves de la Sexta Región Paredones el Sr. Ricardo Valdebenito (Anexo 4). Quien entrega su experiencia en los años de trabajo de la Cooperativa las Nieves, y como esta organización los a hecho encontrarse con nuevos mercados antes impensables para los agricultores por si solos.

8.5 Elección de Forma asociativa

En base a los antecedentes recogidos, los agricultores se reúnen y determinan el tipo de asociatividad que desean.

8.6 Normas tributarias de las asociatividades.

Por último y para cerrar esta etapa de formalización fue necesario las formas tributarias que cada organización requiere, para esto el Servicios de Impuestos Internos (Anexo 5) designa a un funcionario para una charla sobre las normas tributarias de cooperativas y Sociedades. Resalta los privilegios de asociarse como cooperativa Agrícola Campesina, el impuesto a la renta, el impuesto al valor agregado, Impuesto territorial – contribuciones, código tributario, timbres y estampillas todo esto con una visión a la cooperativas agrícolas y cual eran de estos beneficios y como deben afrontar los deberes con dicha institución.

8.7 Elección de Forma Asociativa

En base a los antecedentes recibidos, los agricultores determinan el tipo de asociatividad que desean tener, seleccionado la formación de una Cooperativa.

8.8 Formalización de la Cooperativa

El principal, resultado de esta actividad fue la constitución de unidad de negocios conformada por los agricultores de Ancovinto. En el anexo 6 se presenta el acta de constitución de la Cooperativa Agrícola Aymara de Ancovinto, la que ha sido gestionada gracias a las actividades realizadas con anterioridad y es un logro dentro de las comunidades aymaras, al ser la primera Cooperativa Agrícola que existe en la Comuna de Colchane.