

**Quinua
y Kañiwa**
cultivos andinos

**ARCHIV
49767**

5/10/2000
6200
T2
231

37-0-1005

Tapia, M.
Gandarillas, H.
Alandia, S.
Cardozo, A.
Mujica, A.

CIID. Oficina Regional para la América Latina, Bogotá
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Turrialba

Quinoa y la kañiwa: cultivos andinos. Bogotá, CIID, Oficina Regional para la América Latina, 1979. 228 p.: il.

Compilación de estudios sobre /cultivo alimenticio/ de /grano/s (quinoa y kañiwa) en la /Región Andina/ - aspectos históricos (/historia/) y /distribución geográfica/ de /zona cultivada/s en la actualidad, /botánica/ y /mejoramiento genético/ de la planta, /técnica de cultivo/ y determinación de los /costos de producción/ para el análisis agroeconómico; valor /nutritivo/ de la quinoa como /alimento rico en proteínas/ y como /alimento para animales/, /plaga/s y /enfermedades de la planta/, /elaboración de alimentos/ y su transformación en /harina/s; /bibliografía/.

CDU: 633.1

ISBN: 0-88936-200-9

Foto portada: Mario Tapia

49767

LA QUINUA Y LA KAÑIWA

Cultivos Andinos

Mario Tapia, Humberto Gandarillas,
Segundo Alandia, Armando Cardozo,
Angel Mujica, René Ortiz, Víctor Otazu,
Julio Rea, Basilio Salas, Eulogio Zanabria

ISN 49767

MFN 3509



CENTRO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIONES PARA EL DESARROLLO (CIID)
INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS (IICA)

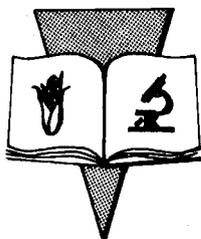
ARCHIV
633.1
T3

© Mario Tapia

© Derechos reservados de esta edición por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra sin el permiso del editor por escrito.

EDITORIAL IICA



1979

Serie: Libros y Materiales Educativos No. 40

Este libro fue publicado conjuntamente por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID). Es parte de la Serie de Libros y Materiales Educativos, la cual cuenta con el apoyo financiero de la Fundación Kellog, y cuyo fin es contribuir al desarrollo agrícola del Continente Americano.

Noviembre, 1979

Bogotá, Colombia

Contenido

Los Autores.....	5
Introducción.....	7
PARTE I	
La quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd).....	9
1. HISTORIA Y DISTRIBUCION GEOGRAFICA, M. Tapia....	11
Relaciones históricas.....	11
Distribución prehispánica y nomenclatura regional.....	13
Descripciones de los cronistas.....	14
Actuales centros de producción.....	15
2. BOTANICA, H. Gandarillas.....	20
Introducción.....	20
Morfología de la planta.....	20
Descripción de la planta.....	21
Aspectos fisiológicos de la planta.....	29
Clasificación botánica.....	31
Razas de quinua.....	33
3. GENETICA Y ORIGEN, H. Gandarillas.....	45
Introducción.....	45
Estudios cromosómicos.....	45
Genética y herencia.....	48
Origen de la quinua.....	61
4. MEJORAMIENTO GENETICO, H. Gandarillas.....	65
Biología reproductiva.....	66
Técnicas de mejoramiento.....	71
Colección de germoplasma.....	80
5. PRACTICAS AGRONOMICAS, J. Rea, M. Tapia, A. Mujica..	83
Introducción.....	83
Aspectos climáticos.....	85
Rotaciones.....	89

Preparación del terreno.....	90
Siembra.....	91
Variedades.....	98
Fertilización.....	104
Deshierbe.....	107
Ataque de aves.....	108
Cosecha.....	109
Rendimientos.....	117
Costos de producción.....	117
Glosario de términos.....	119
6. PLAGAS, R. Ortiz, E. Zanabria.....	121
Introducción.....	121
Insectos cortadores de plantas tiernas.....	121
Insectos minadores y destructores de granos.....	125
Insectos masticadores y defoliadores.....	131
Insectos picadores y chupadores.....	133
7. ENFERMEDADES, S. Alandia, V. Otazú, B. Salas.....	137
Antecedentes.....	137
Mildió (<i>Peronospora farinosa</i>).....	137
Mancha foliar (<i>Ascochyta hyalospora</i>).....	142
Podredumbre marrón del tallo (<i>Phoma exigua</i> var. <i>foveata</i>) ...	144
Mancha ojival del tallo (<i>Phoma</i> sp.).....	145
Mancha bacteriana (<i>Pseudomonas</i> sp.).....	147
Nemátodos.....	147
Enfermedades de menor importancia.....	147
8. VALOR NUTRITIVO, A. Cardozo, M. Tapia.....	149
Consideraciones generales.....	149
La quinua como alimento.....	152
La quinua en la alimentación animal.....	182
9. INDUSTRIALIZACION, M. Tapia.....	193
Introducción.....	193
Elimación de la saponina.....	193
Producción de harinas.....	197
Panificación.....	198
Elaboración de otros productos.....	200
PARTE II	
La kañiwa (<i>Chenopodium palidicaule</i> Aellen).....	203
10. KAÑIWA, M. Tapia.....	205
Relaciones históricas y distribución.....	205
Botánica.....	206
Labores agrícolas.....	211
Valor nutritivo.....	213
Utilización.....	214
Bibliografía.....	217

Los Autores

- ALANDIA BORDA, Segundo** Ingeniero agrónomo, M.S. Especialista en fitopatología. Director Regional del Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, Cochabamba, Bolivia.
- CARDOZO GONZALES, Armando** Ingeniero agrónomo, Ph. D. Especialista en nutrición animal. Gerente de INFOL, La Paz, Bolivia.
- GANDARILLAS SANTA CRUZ, Humberto** Ingeniero agrónomo, M.S. Investigador de cultivos andinos. Medalla Agrícola Latinoamericana. Director de la Oficina de Planificación del Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, La Paz, Bolivia.
- MUJICA SANCHEZ, Angel** Ingeniero agrónomo. Especialista zonal de quinua. Ministerio de Alimentación, Zona XII, Puno, Perú.
- ORTIZ ROMERO, René** Biólogo. Catedrático de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú.
- OTAZU MONZON, Víctor** Ingeniero agrónomo, Ph. D. Catedrático de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú.
- REA CLAVIJO, Julio** Ingeniero agrónomo. Especialista del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Proyecto Fomento Agroindustrial de la Quinua. Fondo Simón Bolívar, Puno, Perú.

SALAS TURPO, Basilio Ingeniero agrónomo, M.S. Catedrático de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú.

TAPIA NUÑEZ, Mario Ingeniero agrónomo, Ph. D. Especialista en desarrollo agrícola. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, La Paz, Bolivia.

ZANABRIA HUISA, Eulogio Ingeniero agrónomo, M.S. Catedrático de Entomología de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú.

Introducción

La preparación de un libro sobre los diferentes aspectos botánicos, agronómicos, económicos y de industrialización del cultivo de la quinua y la kañiwa, ha tenido como objetivo poner al alcance de la mayoría de técnicos que se dedican a estos cultivos una revisión lo mas exhaustiva posible de la información que se tiene hasta la fecha y que no siempre se encuentra disponible por su dispersión.

De esta manera trata de cumplir con la tarea de exponer los resultados obtenidos, para evitar duplicaciones en la investigación futura, además de poner en evidencia las áreas que aún no han sido estudiadas adecuadamente y que, por tanto, necesitan mayor atención.

Por medio de numerosas visitas e intercambios a lo largo de todos los Andes, desde Colombia hasta el norte de Argentina y Chile, se ha tratado de recoger la tradición en el cultivo de estas especies. Numerosos serían los nombres por mencionar de científicos y campesinos que han enriquecido con sus experiencias la información que se presenta. A ellos presentamos nuestro reconocimiento.

Este libro cuenta con la participación de diferentes autores, los cuales han imprimido su propia personalidad a cada una de sus contribuciones. No obstante, se ha tratado de dar un común denominador a los diferentes capítulos, en el sentido de que se trata de especies cultivadas y utilizadas por siglos y que merecen mayor atención por parte de la ciencia moderna. Esta situación cobra aun más interés en la actual época de escasez de alimentos vivida por la mayoría de los países en desarrollo que generalmente ocupan áreas de ecología bastante diferentes a la de los países con un alto desarrollo tecnológico en el sector agropecuario.

La quinua y la kañiwa, por su excepcional valor nutritivo y su adaptabilidad a condiciones climáticas difíciles, están llamadas a solucionar parte de los problemas de alimentación de nuestros pueblos, y constituiría una falta de responsabilidad no aprovechar estos recursos y no dedicarles todos nuestros esfuerzos.

En los primeros capítulos de este libro se revisan tanto las fuentes de información sobre el origen y la distribución de estos cultivos, como los aspectos genéticos, botánicos y de mejoramiento. En el capítulo sobre valor nutritivo se muestra, ante la evidencia de los análisis bromatológicos, el verdadero valor de estos granos, que se basa en la calidad biológica de la proteína y su posible ubicación en la dieta de nuestras poblaciones andinas. En el capítulo sobre labores agrícolas, además de presentar los diferentes experimentos efectuados y las numerosas variedades que existen como fruto de la domesticación y selección realizadas por los campesinos andinos, se discute el controvertido aspecto del análisis económico de la producción de estos alimentos. Vale la pena insistir, en que un mero análisis economicista no considera los aspectos sociales de la producción de estos granos ni evalúa en su verdadera dimensión la necesidad de contar con alternativas agrícolas en medios como los Andes Altos, donde la agricultura tecnificada y consumidora de energía al estilo occidental muchas veces ha fracasado, y nos muestra a países andinos con el común denominador de ser importadores de alimentos, cuando antiguamente la población autóctona contaba con excedentes.

En el capítulo de industrialización se señalan las posibilidades de transformar estos granos y diversificar su utilización si se aplica adecuadamente la tecnología de alimentos.

Se debe aclarar que al utilizar el término "kañiwa" se emplea la transcripción fonética de la lengua quechua, en aimará sería "kañawa".

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a los profesionales que participaron como co-autores, así como al Dr. Oscar De Córdova quien revisó el capítulo sobre fitomejoramiento en forma completamente desinteresada, y de manera especial al Ing. Luis Lescano quien contribuyó en diferentes formas al mejoramiento del texto de los capítulos sobre genética y fitotecnia.

Las ilustraciones fueron hechas por el Ing. José Rossel y el biólogo René Ortiz, a quienes les reconozco su cooperación. Finalmente, y no por ello menos importante, el agradecimiento a mi esposa Ana María quien pacientemente copió y revisó los manuscritos en repetidas oportunidades; sin su cooperación esta obra no hubiera podido completarse.

Mario E. Tapia

PARTE I
LA QUINUA
(*Chenopodium quinoa* Willd.)

1

Historia y Distribución Geográfica

Mario Tapia

"No se halló en todas estas Indias trigo ni otra especie de grano de los que en Europa nacen en espigas; sólo tres géneros de semillas dió el Creador a los naturales de esta tierra que les sirve de pan, que son: el maíz, la quinua y el chiau".

Cobo, 1890 : 340

RELACIONES HISTORICAS

La quinua, la kañiwa y las especies de *Amaranthus* comestibles constituyeron en conjunto un importante componente de la alimentación de los pueblos prehispánicos en las tierras altas de los Andes. Su uso fue común en las regiones andinas hasta el primer tercio de este siglo, cuando los países de la zona iniciaron la importación masiva del trigo.

En las tierras altas de México también se cultivó una quenopodiácea, el *Chenopodium nuttalliae*, denominado "huauhtli", que tiene gran similitud con la quinua (Hunziker, 1952). Aparentemente su importancia en el Imperio Azteca era grande, según se deduce del código de Antonio Mendoza, primer Virrey de México entre los años 1535 y 1550, en el cual se indican los tributos en granos que cada uno de los 363 pueblos vasallos del Imperio Azteca pagaban anualmente (citado por Hunziker, 1952):

Maíz	28 trojes*
Frijoles	21 trojes
Chiau**	21 trojes
Huauhtli	18 trojes

En un *khipu* del siglo XVI, estudiado por Murra (1975), se muestra la importancia que tenía la producción de quinua en la sierra central del Perú. La quinua antecede a la papa en el *khipu*. Sin embargo, se debe indicar que hay poca información acerca de ritos religiosos con el uso de quinua o papa. Cárdenas (1969) no cree que la quinua haya reemplazado totalmente al

*1 Troje: equivalente de 4000 - 5000 fanegas. Se considera la fanega una medida volumétrica que varía según el lugar y el producto. En España equivalía a 55 litros.

**Chiau: *Salvia hispánica* L.

maíz en las tierras altas y menos para ceremonias religiosas. El señala la tradición que aún tienen en la actualidad los nativos de la cordillera, de viajar a los valles a canjear maíz con papas o sal.

Como indica Núñez (1970) no se conoce bien cómo fueron domesticadas la quinua y la papa. Sin embargo, por hallazgos en el norte de Chile (complejo Chinchorro), el autor señala que al menos la quinua fue utilizada antes del año 3000 A.C. Por los hallazgos en el área de Ayacucho, Perú, Uhle (1919) da una fecha incluso anterior, 5000 años A.C., como el inicio de la domesticación de esta planta.

Towle (1961) menciona varios hallazgos arqueológicos de quinua, consistentes en ramas fructíferas terminales y granos sueltos, encontrados en diferentes regiones del Perú y en la zona costera de Arica, Chile.

Bollaert (1860) relata que encontró semillas de quinua en las antiguas tumbas indígenas en Tarapacá y en Calama (Chile) y en la región Colchagua-Diaguita. Latham (1936) menciona haber encontrado semilla de quinua en una antigua sepultura indígena de Tiltil (Chile) y en bastante cantidad en Quillagua (Chile).

La Figura 1 presenta quinuas con diferentes fechas de antigüedad, comprobadas con el método del carbono 14. Se puede observar que el porcentaje de semillas "ayaras" o "ajaras" (quinua silvestre de grano negro) va disminuyendo en las muestras más recientes.

Este proceso de selección tomó algunos siglos y en la actualidad se reconocen como variedades más evolucionadas, aquellas que contienen muy bajo porcentaje de "ayaras".

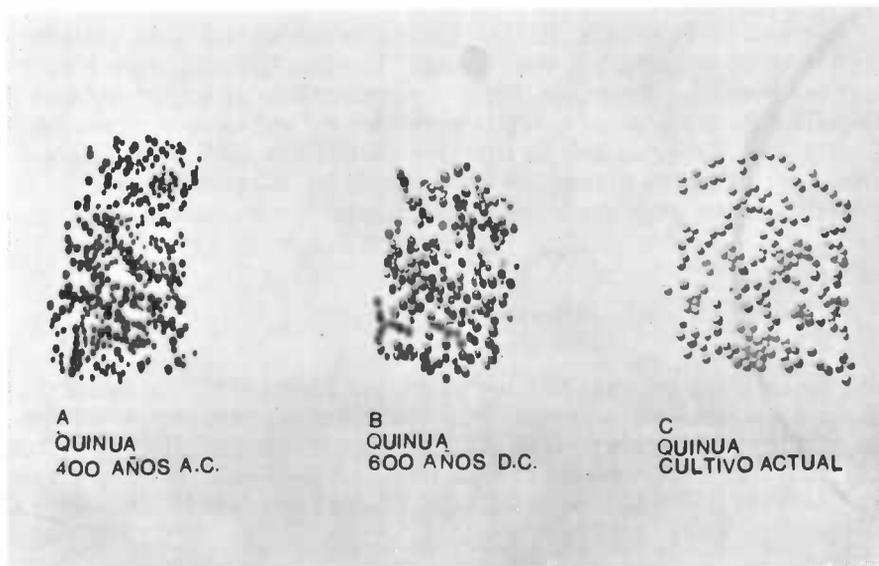


Figura 1. Muestras arqueológicas de quinua comparadas con una de cultivo actual. (Foto M. Tapia).

DISTRIBUCION PREHISPANICA Y NOMENCLATURA REGIONAL

Pulgar Vidal (1954) cree que tanto los Chibchas como otras tribus de la meseta Cundi-boyacense (Colombia) cultivaron intensamente la quinua. También se ha sugerido que los antiguos habitantes de Cuyumbe (actuales ruinas de San Agustín en el Huila, Colombia), quienes tenían relaciones con los pobladores de la sabana de Bogotá, ayudaron a la dispersión de la quinua hacia el sur de la actual Colombia, y que en una etapa posterior habiendo emigrado hacia el sur del continente, hubieran llevado sus semillas, entre ellas la quinua, que compartida con otras naciones, explicaría su distribución en Ecuador.

En el norte del Perú el cultivo de la quinua fue común, pero en asociación con maíz. Más al sur, ésta alcanzó importancia tanto en el "Callejón de Huaylas" como en el valle del Mantaro, donde fue ampliamente cultivada por la tribu de los Huancas.

Numerosas fuentes relatan que a la llegada de los españoles a esa región, los "colcas" o depósitos de alimentos tenían grandes cantidades de grano de quinua.

Ulloa Mogollón en 1586 hace referencia al uso de la quinua en la provincia de los Collaguas (Bolivia). Como ya se dijo, existen evidencias de que la quinua era ampliamente cultivada en los valles del norte de Chile. En 1558, Cortés Hoguea, primero en visitar la isla de Chiloé (Chile) halló en ella siembras de quinua. En el territorio argentino, Pedro Sotelo (1583) menciona esos cultivos en el valle de Calchaquies y en las cercanías de Córdoba.

Como referencia de cultivos de quinua mas australes están los relatos del padre jesuita Antonio Mechoni (1747) quien cuenta que "tan al sur como a orillas del lago Nahuel Huapi, los araucanos cultivaban esta especie".

En cuanto a nombres regionales de la quinua, hay evidentemente tantos cuantas regiones o idiomas la conocían. Robledo, citado por Pulgar Vidal (1954), especifica que los Chibchas (Colombia) la denominaron "pasca" y que con gran sorpresa se ha definido que "pasca" etimológicamente significa "la olla o comida del padre".

El nombre "suba" o "supha" (idioma chibcha) es indicado por Pulgar Vidal como el nombre primitivo de la quinua en el área de Bogotá, y el autor lo relaciona con el término aimará de "hupha", que se utiliza aún en algunas regiones de Bolivia. En el resto del territorio que ahora es Colombia se había generalizado el nombre quechua "quinua", pero en Cundinamarca el nombre indígena era "parca".

En el idioma aimará las quinuas han recibido diferentes nombres, según la variedad. La morada se llamaba "cami", la blanca y mas apreciada "ppfique", la colorada "kana llapi", la amarilla "cchusllunca", otra variedad amarillenta "ccachu yusi" y la silvestre "isualla", de acuerdo a Latham (1936). Sin embargo, este autor confunde a la kañiwa y la incluye

dentro de las variedades de quinua, denominándola "la quinua cenicienta o cañagua". El mismo autor añade que en el norte de Chile se cultivaba quinua y que se llamaba en atacameño "dahue". Bertonio (1879) añade voces aimará para las variedades como "aara", "ccallapi" y "vocali". También menciona una variedad entre colorada y negra, la "cami hupa".

Toro (1964) relaciona la antigüedad del cultivo y el origen de la domesticación de la quinua, con el actual uso de las voces quechua "kiuna" y aimará "jupha" y "jiura", y las ve como pruebas de que las razas aimará y quechua fueron las primitivas domesticadoras de esta planta.

DESCRIPCIONES DE LOS CRONISTAS

El primer español que menciona el cultivo de "quinua" en el nuevo mundo es Pedro de Valdivia, quien al informar al Emperador Carlos I en 1551 sobre los cultivos en los alrededores de Concepción, Chile, indica que la región es "abundosa de todos los mantenimientos que siembran los indios para su sustentación, así como maíz, papas, quinuas".

Sin embargo, existió una fuerte confusión al no identificar a la quinua en todos los casos con la especie *Chenopodium quinoa* W. Los españoles, por ejemplo, relacionaron siempre la quinua con los bledos de la península ibérica. Bernabé Cobo (1653) dice: "la quinua es una planta muy parecida a los bledos". El bledo se describía en Europa como una planta anual de tallos rastreros de la familia de las Quenopiáceas y otra como Amarantácea, *Amaranthus blitum* L. La confusión aparece cuando el eminente botánico Carolus Clusius en su *Historia Rariorum Plantarum* de 1601, presenta la primera ilustración de una especie que él denomina quinua pero que en realidad es una planta de *Amaranthus caudatus* L.

Los pobladores andinos cultivaban, con casi la misma antigüedad que la quinua, dos especies de *Amaranthus*, *Amaranthus caudatus* y *Amaranthus mantegazzianus* en áreas muy semejantes, aunque estas especies no llegan a las alturas en que se cultiva la quinua.

El nombre que reciben estas *Amaranthus* es también el de "quinua". Incluso se ha encontrado últimamente en el área de Sella, Tarija, Bolivia, una especie de *Amaranthus* que tiene una inflorescencia muy parecida a la de *Chenopodium*. Esta recibe el nombre de "coimi", pero indistintamente se le llama también "quinua".

El Inca Garcilaso de la Vega en sus famosos *Comentarios Reales* dice respecto a la quinua: "el segundo lugar de las mieses que se crían sobre la haz de la Tierra dan a lo que llaman "quinua" y en español "mijo" o arroz pequeño: porque en el grano y el color se le asemeja algo". Este historiador hace referencia a la primera exportación de granos de quinua al viejo mundo, que no lograron propagarse por "haber llegado muertos".

Cieza de León (1560) informa que en el sur de Colombia también se cultivaba la quinua en las tierras altas entre las ciudades de Pasto y Quito y escribe: "en todos estos pueblos se da poco maíz o casi ninguno, a causa

de ser la tierra muy fría y la semilla de muy delicada; más críanse abundancia de papa y quinio y otras raíces que los naturales siembran”.

Bernabé Cobo, basándose en datos de Polo de Ondegardo, indica que una de las huacas o adoratorios más importantes del Cuzco, en la salida a Chinchasuyo, era la huaca “capi”, en que se veneraba una raíz de quinua de donde creían los indígenas que se había originado la ciudad (Cobo, 1895).

Patiño (1964) encontró que en la relación de La Paz (Chuquiago) de 1586, se habla de la quinua como una de las semillas que servían de alimento a los indígenas (Jiménez de la Espada, 1885, II, 68).

Es casi imposible creer que durante los siglos de la colonia existió tan poco interés por el estudio de esta especie. Las pocas referencias que se tienen de esta época, son mayormente de investigadores europeos.

Humboldt, después de su visita a Colombia, relata que “así como en Europa ha seguido la viña a los griegos, el trigo a los romanos, el algodón a los árabes y en América el maíz acompañó a los aztecas, la papa a los incas, la quinua fue de los habitantes de la antigua Cundinamarca”. Esta referencia responde probablemente a lo que el sabio pudo ver aún en la época de su visita.

ACTUALES CENTROS DE PRODUCCION

De norte a sur del continente suramericano se pueden señalar los siguientes centros actuales de mayor producción de quinua (ver mapa):

Colombia

Según Acosta (1948) el cultivo de la quinua fue abundante en el pasado, sin embargo está actualmente casi abandonado en las sabanas colombianas, debido a que la mayor parte de las áreas agrícolas de las tierras frías de Cundinamarca y Boyacá se convirtieron en “potreros” de pastoreo.

Pulgar Vidal (1954) opina que la quinua se puede y debe sembrar en el área de Cundinamarca, nombre que etimológicamente significa “país de las heladas” y que esta planta podría tener una producción segura.

En la actualidad la región con mayor cultivo la constituye el Departamento de Nariño, con las localidades de Ipiales, Puerres, Contadero, Córdoba, San Juan, Mocondino, Pasto (Pulgar Vidal, 1954 b).

Desde 1947, el catedrático Braulio Montenegro de la Universidad de Nariño ha dedicado su esfuerzo al fomento del cultivo de la quinua y en 1958 obtuvo una variedad mejorada, la “Dulce de Quitopamba” que da rendimientos de 1500 a 2000 kgs/ha, con fertilizaciones de 30 a 50 kilos de nitrógeno por hectárea.

Romero (1976) hizo siembras experimentales en el Centro Agropecuario “Marengo” de la Universidad Nacional, para probar la introducción de

nuevas variedades. Encontró rendimientos de 400 a 500 g por planta con la variedad Sajama de Bolivia.

Ecuador

En el Ecuador la quinua ha persistido entre los campesinos del área de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo y Loja; (Cardozo, 1976; Tapia, 1976 y Romero, 1976).



SURAMERICA: *Distribución de las áreas de cultivo de quinua.*

Morales (1975) comparó unos 18 ecotipos provenientes de las zonas de Imbabura, Cayambe, Cotopaxi y Chimborazo con material de Bolivia y destacaron los ecotipos ecuatorianos "Chaucha", "Punin", "Grande" y "Staquinua" con muy buenos rendimientos.

Es importante observar que los ecotipos locales varían en su período de crecimiento que va de 170 a 227 días y que la variedad Sajama traída de Bolivia, completa su maduración en 123 días, por efecto del cambio de fotoperíodo. Los rendimientos de Sajama fueron muy bajos, sin embargo se debe anotar que la susceptibilidad de esta variedad al "mildiú" y a la bacteriosis es muy alta en medios húmedos como la sierra del Ecuador.

Las quinuas de Latacunga, Ambato, Carchi, Riobamba y Cuenca son de grano chico, en general de porte elevado y de grano bastante amargo.

Se calcula que la superficie total cultivada es de unas 1200 ha en todo el país (Frere, Rea y Rijks, 1975).

Perú

En la actualidad es el país donde más se cultiva la quinua y donde se ha seleccionado una serie de variedades.

En la región de los valles interandinos se le encuentra cultivada dentro de campos de maíz y habas, o como borde de cultivos de papa. Pero es en las tierras altas, donde no se da el maíz, que su cultivo adquiere mayor importancia.

En Cajamarca se acostumbra sembrar 6 a 10 surcos de maíz seguidos por uno de quinua, en un sistema que se conoce como "Chaihia". Sólo en las tierras altas cercanas a la "jalca" se pueden ver pequeños campos de quinua en monocultivo.

Otras áreas de importancia son la región del Callejón de Huaylas en Ancash, el valle del Mantaro y tierras altas de Jauja en Junín, Andahuaylas en Ayacucho, así como las tierras altas del departamento del Cuzco.

En el valle del Mantaro y la parte alta de Jauja, se siembran las variedades Blanca y Rosada de Junín, de granos muy uniformes y contenido bajo de saponina.

En el valle entre Cuzco y Sicuani, a alturas de 3000 - 3600 m con precipitación de más de 500 mm, se cultiva la "Amarilla de Marangani", cuyos rendimientos pueden sobrepasar los 2000 kg/ha.

La variedad Blanca de Junín se ha adaptado plenamente a las condiciones de Antapampa en el Cuzco a 3700 m, allí se pueden encontrar los cultivos comerciales más extensos, hasta 150 has, con rendimientos por encima de los 2000 kgs/ha.

La quinua adquiere realmente importancia en el Altiplano del Collao, sobre los 3800 m, donde no se puede producir maíz. Las parcelas de cultivo de quinua aparecen en las pequeñas quebradas o terrenos cercanos a lagunas o al lago Titicaca. Alrededor de la laguna de Orurillo se ha seleccionado la variedad Cheweca, que produce un grano pequeño, casi dulce, muy

suave y especial para elaborar harinas. De la región de Cabanillas procede la variedad Kanccolla (del Collao), de granos casi dulces que tiene altos rendimientos. La variedad denominada "arroz jiura" de granos pequeños, muy blancos y dulces se cultiva en los campos de Macarí.

Finalmente, en el lado peruano del lago está difundido un ecotipo denominado "Blanca de Juli". Otros ecotipos locales incluyen las quinuas "Chullpi" de grano transparente, al igual que en el maíz.

Según la Dirección General de Estadísticas del Perú, el cultivo de la quinua cubría más de 47.000 has en el año 1951, pero esta superficie fue disminuyendo (ver Cuadro No. 1).

Cuadro No. 1

ESTADISTICAS DEL CULTIVO DE QUINUA EN EL PERU (Narrea, 1976)

Año	Superficie (Has)	Prod. T. M.
1951	47.200	42.500
1955	32.605	35.995
1965	18.961	18.535
1969	16.955	7.563
1971	15.035	6.045
1972	16.000	7.040
1973	15.500	6.852
1974	15.600	7.020
1975	15.000	8.065

De esta superficie, más del 75% está concentrada en el departamento de Puno, al suroeste del país, en el altiplano que limita con Bolivia.

Bolivia

Tanto en el Altiplano como en los valles interandinos, la quinua se ha mantenido sobre todo como un cultivo de autoconsumo para los miles de campesinos que aprecian su valor nutritivo. Las estadísticas reflejan que en Bolivia se cultivan 11.000 has.

Aquí también se debe distinguir entre la quinua del altiplano con una planta de menor tamaño (hasta 1,60 m) y las quinuas de los valles que pueden alcanzar 2 metros o más. Alrededor del lago Titicaca los cultivos se concentran en la península de Copacabana y con mayor incidencia en el área entre Desaguadero y Guaqui. Los cultivos disminuyen en frecuencia y extensión hacia el sur hasta Oruro.

Las provincias de Quijarro, Nor Lipez y Daniel Campos del Departamento de Potosí, y Ladislao Cabrera del Departamento de Oruro, con unas 3000-4000 has son las principales áreas productoras en el país (Baptista, 1976).

La región de los salares de Coipasa y Uyuni se caracteriza por las condiciones más xerofíticas en las cuales se cultiva la quinua, ello determinó

una adaptación de los métodos de cultivo desde hace unos dos siglos (ver capítulo Prácticas Agronómicas, Variedades).

Chile

En ese país se cultiva la quinua en dos zonas ecológicas y geográficas muy diferentes. Por una parte, en el altiplano chileno (p. ej. Isluga, Iquique) en el norte del país, las condiciones y variedades son muy semejantes al altiplano boliviano (Lanino, 1976). Por otra parte, en los campos de la zona de Concepción, en el sur, a nivel del mar, con fotoperíodo más largo, se encuentran ecotipos muy diferentes de grano pequeño, aplanado, algo transparente (como cocido). Como ejemplo mencionamos la variedad Catentoa (Junge, 1973).

Argentina

La quinua se cultiva en pequeñas áreas de unos 100 m en las tierras altas de Jujuy y Salta en el norte. Vorano y García (1976) opinan que la quinua, a pesar de una serie de dificultades en su utilización (mayormente autoconsumo), es una especie irremplazable para las condiciones de la puna argentina.

2

Botánica

Humberto Gandarillas

INTRODUCCION

La protohistoria muestra que la quinua es uno de los cultivos más antiguos de los viejos pueblos americanos. Su desarrollo posterior se equipara con el del maíz y la papa. Sin embargo, su cultivo no ha progresado porque la cultura española que penetró las tierras americanas, impuso principalmente el trigo y la cebada en el grupo de los cereales. Mas tarde, estos y otros productos introducidos ocuparon la atención de las poblaciones nativas que entonces empezaron a usarlos. De este modo, el conocimiento y el mejoramiento de los cultivos andinos fue relegado a un segundo plano.

Por las razones anteriores, poca ha sido la investigación y el estudio sobre los diferentes aspectos del sistema botánico de la quinua. Particularmente superficial es el conocimiento sobre su citología y ontogenia, e incluso su morfología no está bien establecida pese a que investigadores latinoamericanos y europeos han abundado sobre aspectos relacionados con las clasificaciones botánicas y agronómicas.

En este capítulo se hace una revisión de aquellos aspectos que tienen valor esencialmente práctico, como morfología y clasificación botánica, los cuales están íntimamente relacionados, porque sin el conocimiento de la primera cualquier clasificación que se haga no tendrá el valor esperado.

MORFOLOGIA DE LA PLANTA

El estudio de la morfología de la quinua tiene especial importancia para la identificación de las razas dentro de la especie *Chenopodium quinoa* Willd y las variedades dentro de las primeras. Según Briggie (1967), el científico, ya sea fitotecnista, genetista, fitopatólogo, fisiólogo u otra clase de especialista, emplea la morfología como un lenguaje de exposición para informar sus investigaciones y como un medio directo para identificar su material. Igualmente tiene importancia para el productor, el comprador y el industrial en la identificación de las diferentes variedades en el mercado.

Desde el punto de vista de la clasificación, no todos los caracteres morfológicos tienen el mismo valor. Entre los más constantes se deben mencionar el hábito de la planta y las formas de la inflorescencia, la hoja y el fruto. La altura de la planta y los colores de la planta y del fruto son buenos caracteres para diferenciar variedades, no razas, porque estos caracteres están involucrados dentro de las últimas. Los órganos de la flor de la quinua son tan pequeños, que han dificultado los propósitos de clasificación.

DESCRIPCION DE LA PLANTA

Raíz

La germinación de la quinua se inicia a las pocas horas de tener humedad, alargándose primero la radícula que continúa creciendo y da lugar a una raíz pivotante vigorosa que puede llegar hasta 30 cm de profundidad. A partir de unos pocos centímetros del cuello, empieza a ramificarse en raíces secundarias, terciarias, etc., de las cuales salen las raicillas que también se ramifican en varias partes. Algunas raicillas son excesivamente tenues y largas, como un cabello de más de 5 centímetros de longitud (Figura 1).



Figura 1. Sistema radicular de la quinua de aproximadamente 60 cm de longitud. (Foto H. Gandarillas).

La raíz de la quinua es fuerte, muy excepcionalmente se observa el vuelco por efecto del viento, excesiva humedad después de un riego o su propio peso. Puede sostener plantas de 2 y más metros de altura.

La profundidad de la raíz guarda estrecha relación con la altura de la planta. Se han podido detectar plantas de 1,70 m de altura con una raíz de 1,50 m, y plantas de 90 cm con una de 80 cm (Pacheco y Morlon, 1978).

Tallo

El tallo es cilíndrico a la altura del cuello y después anguloso debido a que las hojas son alternas a lo largo de cada una de las cuatro caras. Tiene una hendidura de poca profundidad, que abarca casi toda la cara, la cual se extiende de una rama a otra. A medida que la planta va creciendo, nacen primero las hojas y de las axilas de éstas, las ramas. De acuerdo a la variedad, el tallo alcanza diferente altura y termina en la inflorescencia. Así como existen en otras especies variedades altas y bajas, en la quinua también se observan ambos extremos, pudiendo variar la altura entre 50 cm y 2 metros.

La textura de la médula en las plantas jóvenes es blanda, cuando se acerca a la madurez es esponjosa y hueca, de color crema y sin fibras, aplastándose fácilmente cuando se la apreta con los dedos. Por el contrario, la corteza es firme y compacta, formada por tejidos fuertes. El color del tallo puede ser verde; verde con axilas coloreadas; verde con listas coloreadas de púrpura o rojo desde la base, y finalmente coloreado de rojo en toda su longitud.

Hábito

Normalmente de la axila de cada hoja del tallo nace una rama y de esta otras, según su hábito. En algunos ecotipos o razas las ramas son poco desarrolladas alcanzando unos pocos centímetros de longitud, y en otros* son largas y llegan casi hasta la altura de la panoja principal, terminando en otras panojas, o bien, crecen en forma tal que la planta toma una forma cónica con la base amplia. Por este carácter, que es muy útil para la clasificación botánica, el hábito puede ser sencillo y ramificado (Gandarillas, 1974). En las plantas con hábito sencillo se destaca nítidamente la inflorescencia (Figura 2).

La observación del hábito debe ser cuidadosa porque algunas plantas de hábito sencillo, cuando disponen de suficiente espacio para desarrollarse, tienden a ramificarse desde el suelo. En las siembras comerciales a chorro continuo, las plantas tienden a mostrar un tallo único por quedar suficientemente tupidas.

Cotiledones y hojas

Durante el proceso de germinación, el alargamiento de la radícula llega a su máxima extensión alrededor del cuarto día; luego se inicia el alargamiento del hipocotilo. Bajo las condiciones medioambientales del altiplano boliviano (12°C), los cotiledones emergen del suelo al sexto día.

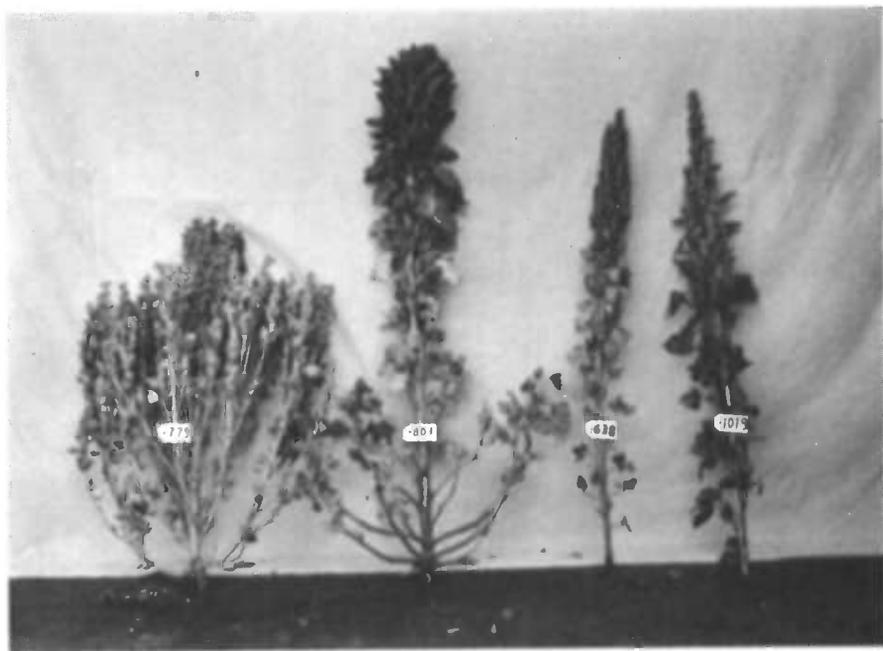


Figura 2. Hábito de crecimiento de la planta de quinua, ramificado y sencillo.
(Foto H. Gandarillas).

Aunque la quinua se siembra superficialmente a menos de un centímetro de profundidad para facilitar la germinación, el hipocotilo puede alargarse más de cinco centímetros para alcanzar la superficie del suelo.

La hoja, como la de todas las dicotiledóneas, está formada por el pecíolo y la lámina. Los pecíolos son largos, finos, acanalados en su lado superior y de un largo variable dentro de la misma planta. Los que nacen directamente del tallo son más largos, y los de las ramas primarias más cortos.

La lámina es polimorfa en la misma planta, siendo las láminas de las hojas inferiores de forma romboidal o triangular y de las superiores lanceoladas o triangulares (León, 1964 y Rea, 1947). Las hojas de las diferentes razas son características y de gran valor para propósitos taxonómicos. Por lo general la lámina es plana, pero en ciertas razas de valles puede ser ondulada, dando a la planta un aspecto peculiar. La lámina de las hojas jóvenes normalmente está cubierta de papilas, que cubren también los tallos jóvenes y las inflorescencias. Las papilas son esferoidales o globosas de 1,4 mm de diámetro, blancas, púrpuras o rojas, tanto en la cara como en el anverso. Algunas veces las hojas son brillantes y carentes de papilas.

El número de dientes de la hoja es uno de los caracteres más constantes (Gandarillas, 1968) y varía según la raza de 3 a 20 dientes (Figura 3), en el último caso siendo hojas aserradas. Las razas con hojas más aserradas se encuentran entre el centro-norte del Perú y el Ecuador. En cambio,

las cultivadas en Bolivia tienen muy pocos dientes y en algunos casos carecen de ellos o tienen sólo uno o dos.

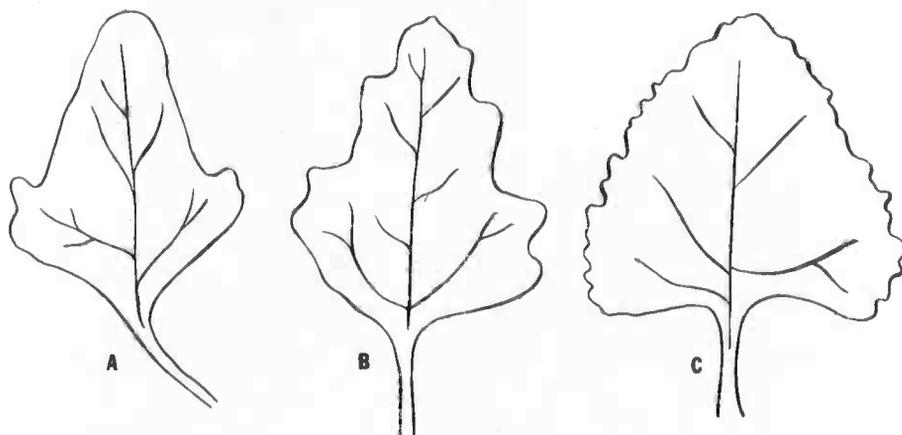


Figura 3. Variación del número de dientes en las hojas de quinua. A) raza del sur del Perú y Bolivia de pocos dientes; B) raza del centro del Perú de 3 a 12 dientes; C) raza del norte del Perú y Ecuador con más de 12 dientes.

Las hojas inferiores pueden medir hasta 15 cm de largo por 12 cm de ancho. Las hojas superiores son más pequeñas y pueden carecer de dientes, como las hojas que salen de las inflorescencias que apenas miden 10 cm de largo por 2 cm de ancho. En la mayoría de las hojas, las láminas presentan tres nervios principales que nacen del pecíolo.

Color

El color de la planta joven está dado solamente por la hoja; el de la planta adulta, por las hojas, el tallo y la panoja. Los colores básicos son el rojo, el púrpura y el verde.

Las plantas rojas son de este color en toda su extensión, abarcando todos los órganos. Las plantas púrpuras tienen las hojas apicales de este color cuando están jóvenes; después de la floración las hojas basales son verdes, y las apicales y la panoja se tornan de color púrpura. Cuando están maduras, la panoja puede ser púrpura o amarilla, según que el color del grano sea respectivamente blanco o amarillo.

Las plantas púrpuras y verdes pueden tener el tallo y las axilas de estos colores o listado.

Inflorescencia

La inflorescencia de la quinua es racimosa y por la disposición de las flores en el racimo se considera como una panoja. Algunas veces está clara-

mente diferenciada del resto de la planta, siendo terminal y sin ramificaciones, pero en otras no existe una diferenciación clara debido a que el eje principal tiene ramificaciones que le dan una forma cónica peculiar. Puede ser laxa o compacta, dependiendo de la longitud de los ejes secundarios y de los pedicelos. Las panojas compactas tienen los ejes secundarios y pedicelos cortos.

El eje principal de la inflorescencia es anguloso como el tallo y tiene dos surcos paralelos en cada cara. Las flores que se agrupan a lo largo del eje principal o los ejes secundarios dan lugar a las formas de inflorescencia amarantiforme y glomerulada respectivamente (Figuras 4 y 5). La inflorescencia ancestral es la glomerulada, la misma que es dominante sobre la amarantiforme, siendo esta última por lo tanto un mutante (Gandariillas, 1974). Algunas veces la inflorescencia aparenta un racimo perfecto, debido a que los glomérulos son sueltos y los pedicelos largos.

En la inflorescencia glomerulada se observa que del eje principal nacen los ejes secundarios y de estos los ejes glomerulados que pueden tener de 0,5 a 3 cm de longitud. A lo largo de estos últimos se agrupan las flores en número de 20 o más, sobre un receptáculo. El tamaño del glomérulo, que es esférico, depende de la longitud del eje glomerular y la disposición de los grupos de flores.



Figura 4. Panoja glomerulada y amarantiforme de quinua.
(Foto M. Tapia).

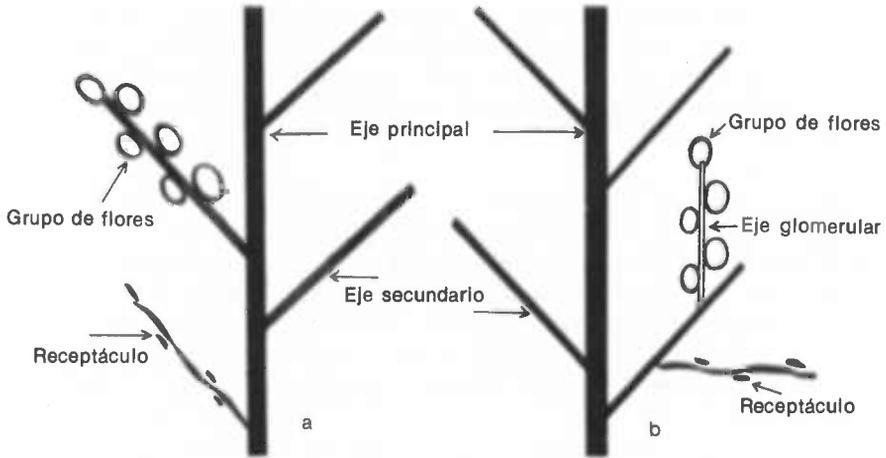


Figura 5. Formas de Inflorescencia, A) Amarantiforme, B) Glomerulada.

En el tipo de inflorescencia amarantiforme, el eje glomerular nace directamente del eje principal, dependiendo el tamaño del glomérulo de la longitud del eje principal. En muchas razas de quinua se puede observar que los glomérulos amarantiformes se ramifican debido a que los grupos de flores nacen a lo largo de ejes terciarios y cuaternarios, dando a la panoja un aspecto más compacto.

La longitud de las panojas es muy variable, se pueden agrupar en pequeñas de 15 cm, y medianas y grandes de hasta 70 cm, siendo muy características las que tienen la panoja diferenciada del tallo. Algunas veces los glomérulos amarantiformes son enormemente largos y pueden medir hasta 14 cm, siendo lo normal alrededor de 6 cm. El tamaño de los glomérulos esféricos es muy variable, mientras que en las especies silvestres no pasan de 5 mm, las cultivadas varían entre 8 y 20 mm.

Flores

Igual que las flores de todas las quenopodiáceas, las de la quinua son incompletas, dado que carecen de pétalos. Las flores en el glomérulo pueden ser hermafroditas o pistiladas, y el porcentaje de cada una de ellas depende de la variedad. Normalmente se observa un porcentaje similar de ambos, pero también extremos con preponderancia de hermafroditas o pistiladas, o macho estériles. Las hermafroditas en el glomérulo además de ser apicales, sobresalen de las pistiladas que se encuentran en la parte inferior.

La flor hermafrodita está constituida por un perigonio sepaloide de cinco partes, el gineceo con un ovario elipsoidal con dos o tres ramificaciones estigmáticas rodeadas por el androceo formado por cinco estambres curvos y cortos y un filamento también corto (Figura 6). La flor femenina consta solamente del perigonio y el gineceo. El tamaño del primero varía de 2 a 5 mm y el del segundo de 1 a 3 mm. Igual que el resto de la planta,

el perigonio está cubierto de papilas en el lado externo. Las flores son sésiles o pediceladas, pudiendo en algunos casos tener los pedicelos más de 5 mm.

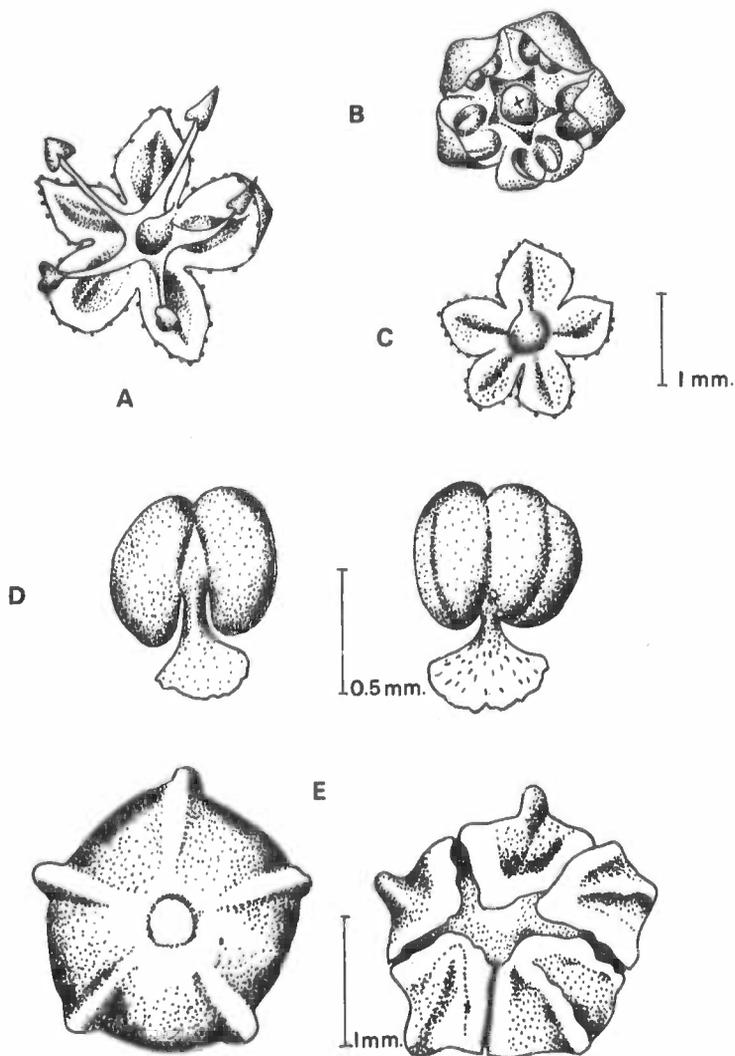


Figura 6. *Ch. quinoa* A) flor hermafrodita en anthesis B) flor hermafrodita antes de la anthesis C) flor femenina D) estambre antes de la dehiscencia, caras externa e interna respectivamente E) fruto cubierto por el perigonio, caras dorsal y ventral respectivamente. (Tomado de Hunziker, 1943).

Fruto

El fruto es un aquenio cubierto por el perigonio, del que se desprende con facilidad al frotarlo cuando está seco.

El color del fruto está dado por el del perigonio y se asocia directamente con el de la planta, de donde resulta que puede ser verde, púrpura o rojo. En la madurez, el púrpura puede secarse del mismo color o amarillo, teniendo en este último caso la semilla amarilla. En estado maduro el perigonio tiene forma estrellada, por la quilla que presentan los cinco sépalos.

El pericarpio del fruto que está pegado a la semilla, presenta alvéolos y en algunas variedades se puede separar fácilmente. Para consumirla, algunas poblaciones de los Andes separan el pericarpio tostando primeramente el grano y frotándolo después con los pies en un mortero de piedra. Pegada al pericarpio se encuentra la saponina, que le transfiere el sabor amargo.

La semilla está envuelta por el episperma en forma de una membrana delgada. El embrión está formado por los cotiledones y la radícula, y constituye la mayor parte de la semilla que envuelve al perisperma como un anillo (Figura 7). El perisperma es almidonoso y normalmente de color blanco.

Las diferentes coloraciones del perigonio, pericarpio y episperma se presentan en el Cuadro 1 y son la razón para que la inflorescencia de la quinua presente tan variados colores.

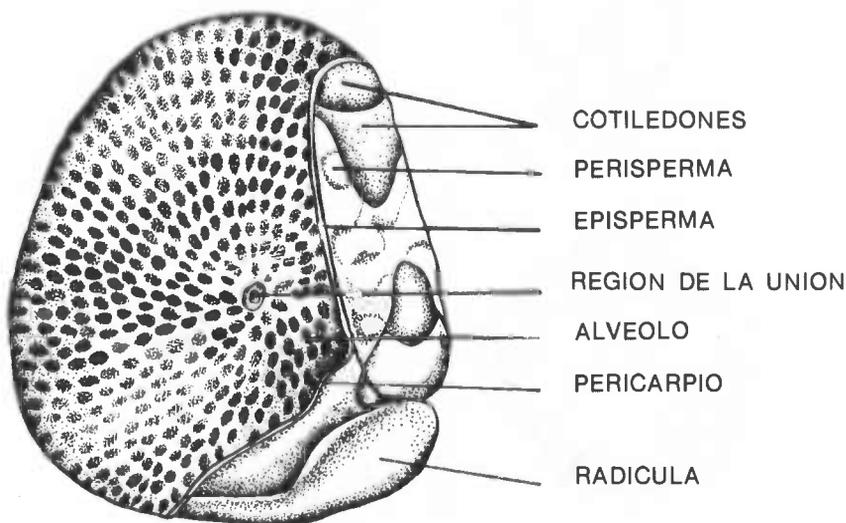


Figura 7. Partes del fruto de quinua.

El pericarpio blanco puede descansar sobre episperma blanco, café o negro. El pericarpio amarillo está solamente sobre episperma blanco. Finalmente, el pericarpio negro sobre episperma negro. Los frutos que tienen el episperma café o negro y están envueltos por un pericarpio claro que puede ser blanco o café, reciben el nombre de Ccoyto.

Cuadro No. 1

COLORACION EN EL FRUTO Y GRANO DE LA QUINUA

Perigonio	Pericarpio	Episperma
verde	traslúcido	traslúcido
rojo	blanco sucio	blanco
púrpura	blanco opaco	café
	amarillo claro	café oscuro
	amarillo intenso	negro-marrón
	anaranjado	negro-brillante
	rosado	
	rojo bermellón	
	guinda	
	café	
	gris	
	negro	

Entre los colores que Quispe et. al. (1976) diferencian según el pericarpio, se pueden mencionar los granos blancos "chullpi" (hialino); amarillo claro; amarillo intenso "jani"; anaranjado; rosado claro o "pandila"; rojo o "wila"; quindo o "airampu-wila"; bicolor o "misa jupa"; negro o "marrón"; gris o "okke ccoytu"; guindo claro "pisancalla". Según los mismos autores existen tres formas de granos: cónicos, cilíndricos y elipsoidales. Se pueden considerar tres tamaños de granos: tamaño grande de 2,2 a 2,6 mm, tamaño mediano de 1,8 a 2,1 mm y tamaño pequeño menor a 1,8 mm.

El fruto puede tener los bordes afilados o redondeados. El anterior carácter es valioso para propósitos taxonómicos, ya que las quinuas cultivadas, con pocas excepciones, siempre tienen el borde afilado, en tanto que las silvestres lo tienen redondeado.

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LA PLANTA

Investigaciones recientes permitieron determinar la existencia de un sistema enzimático de fijación de CO_2 en diversas plantas. Actualmente este sistema es muy importante en agricultura, por la eficiencia que tienen las plantas C_4 en la fijación CO_2 , frente a intensidades luminosas altas y temperaturas elevadas, velocidad de reacción fotosintética, utilización de agua, traslocación de azúcares y su comportamiento frente a herbicidas.

La quinua ha sido clasificada como una planta de tipo C_3 o ineficiente, considerándose entre aquellas que fijan el CO_2 por medio de la enzima RuDP-carboxilasa y que forman un primer compuesto estable tricarbonatado. Su sistema sería ineficiente en la fijación del CO_2 , a diferencia de otros cultivos como la caña de azúcar, que son del tipo C_4 . Esta determinación se efectuó en base al tipo anatómico de las hojas, fundamentalmente por la ausencia de la vaina de los haces y la presencia bien definida del parénquima clorofiliano de empalizada (Zvietcovitch, 1976).

En cuanto al crecimiento de la planta, Flores (1977) ha efectuado un análisis del desarrollo fenológico de tres variedades de quinua: Sajama, Kancolla y Blanca de Juli. Se han podido definir cinco sub-períodos:

1. De siembra a brotamiento
2. De brotamiento a la aparición del primer par de hojas
3. De aparición del primer par de hojas al panojamiento
4. De panojamiento a floración
5. De floración a maduración.

De estos sub-períodos, el tercero y quinto son los más prolongados.

Se estudiaron también los rangos de duración de cada uno de los sub-períodos, en nueve diferentes épocas de siembra que iban del 10 de septiembre al 29 de noviembre (Cuadro 2).

Cuadro No. 2

RANGOS DE DURACION DE LAS DIFERENTES FASES EN EL CULTIVO DE LA QUINUA EN PUNO, PERU
(Flores, 1977)

Fases	Variedad		
	Sajama días	Kancolla días	Blanca de Juli días
Brotamiento	11-57	11-57	11-57
Aparición de hojas	5-9	5-9	5-9
Panojamiento	45-51	45-56	45-56
Floración	11-31	20-29	20-29
Maduración	60-80	65-106	69-109
Total	139-192	153-197	157-200

En el mismo trabajo se pudo estudiar la constante térmica y el régimen pluviométrico para las tres variedades en nueve diferentes épocas de siembra (Cuadro 3).

Ochoa (1972) ha estudiado los índices de intensidad de crecimiento, crecimiento relativo y de intensidad de asimilación neta de cuatro ecotipos de la zona de Ayacucho, Perú. Se encontró que la intensidad de crecimiento aumentaba desde los 29 días después de la germinación hasta los 71 en forma uniforme para las variedades tardías y precoces. A partir de esta fecha, el crecimiento en las variedades tardías se hace más lento, con lo que su periodo de crecimiento se prolonga más de 200 días hasta la maduración. El crecimiento relativo disminuye ostensiblemente a partir de los 85 días en ambas variedades con un índice inferior a 0,2. La intensidad de asimilación neta, indicada por la materia seca en gramos y fotosintetizada por decímetro cuadrado de superficie foliar en una semana, variaba de 0,2 entre la sexta y la octava semana, hasta un máximo de 0,8 a los 106 días después de la germinación, coincidiendo con la época más seca.

Cuadro No. 3

CONSTANTE TERMICA, REGIMEN PLUVIOMETRICO Y RENDIMIENTO
DE TRES VARIETADES DE QUINUA, SEMBRADAS EN NUEVE FECHAS
DIFERENTES Y SU PRODUCCION DE GRANO EN KGS/HA
(Flores, 1977)

Fecha de siembra	Variedad								
	Sajama			Kancolla			Blanca de Juli		
	CT °C	RP mm	RM kg/ha	CT °C	RP mm	RM kg/ha	CT °C	RP mm	RM kg/ha
10 septiembre	1523	613	1860	1853	635	3570	1884	648	3100
20 septiembre	1694	538	1550	1805	605	2670	1856	620	2700
30 septiembre	1768	606	1000	1913	609	1740	1913	609	1600
10 octubre	1692	606	735	1837	609	1250	1838	609	1350
20 octubre	1757	600	470	1877	603	550	1903	603	800
30 octubre	1660	600	250	1779	602	630	1805	602	500
9 noviembre	1564	595	205	1684	597	220	1710	597	300
19 noviembre	1479	588	85	1599	592	960	1625	592	800
29 noviembre	1380	588	420	1500	592	480	1526	592	500

C.T. = Constante térmica en °C

R.P. = Régimen pluviométrico en mm

RM = Rendimiento en kg/ha

CLASIFICACION BOTANICA

Las primeras clasificaciones de la quinua se hicieron tomando en cuenta el color de la planta y del fruto, incluyendo en algunos casos la forma del fruto o el sabor de los granos. Posteriormente se clasificaron considerando los caracteres morfológicos de la planta, de acuerdo a normas taxonómicas. Los diferentes conceptos empleados en un principio se explican porque fueron realizados por botánicos europeos o latinoamericanos que tenían acceso solamente a material de herbario, o bien por profesionales ajenos a esta materia. Las clasificaciones más serias se han hecho observando material vivo proveniente de colecciones masivas, en las áreas de cultivo.

Clasificaciones tomando en cuenta el color del fruto

La primera clasificación que se conoce de la quinua fue realizada por González sobre material proveniente del altiplano boliviano en 1917. Este autor, quien también fue el primero en determinar la saponina presente en los granos, indicó la existencia de cuatro especies: *Chenopodium album* que se caracterizaba por tener granos dulces, *Chenopodium pallidus* de granos amargos, *Chenopodium ruber* de granos rojos y *Chenopodium niger* de granos negros.

Posteriormente, el conocido botánico peruano Herrera observó que en el Cuzco (Perú) se cultivaban las siguientes variedades: "Paracay", con el tallo y las hojas blancas; "Chojllu" o "Puca quinua" con el tallo y las

hojas rojas, "Misa" con la planta bicolor rojo y blanco, y "Ckello" con el tallo y las hojas amarillas. Se puede apreciar que esta clasificación se hizo sobre plantas maduras y secas, porque las quinuas verdes cuando están maduras, son blancas y amarillas en algunos casos.

Hunziker (1943) quien hizo la primera clasificación botánica de esta especie, indica que Humboldt, Bonpland y Kunth describieron las variedades A y B de *Chenopodium quinoa* Willd, posteriormente designadas por Moquin como *viridescens* y *rubescens*, por su respectivo color verde y rojo. Igualmente señala que Aellen describió la forma *purpureum*, por el color morado de la planta. Este mismo autor, en una colección de quinuas procedentes de Ecuador, Perú, Bolivia y Argentina consideró sinónimas la forma *purpureum* Aellen y la forma *rubescens* Moq. y estableció dos nuevas variedades: *lutescens* y *melanospermum*.

Los caracteres mas importantes de la planta y del fruto de las cuatro variedades mencionadas son:

1. *Ch. quinoa*, var. *viridescens* Moq. Plantas completamente verdes, sin pigmentos antocianicos, pericarpio blanco y borde de la semilla afilado.
2. *Ch. quinoa*, var. *rubescens* Moq. Plantas rojizas o purpúreas, pericarpio blanco, blanco-ocráceo o rojo-ladrillo.
3. *Ch. quinoa*, var. *lutescens*, Hunziker. Tallo amarillo o verdoso, a veces con estrías rojizas; brotes rosado amarillento.
4. *Ch. quinoa*, var. *melanospermum*, Hunziker. Tallo y las inflorescencias verdoso o rojizo-morado o rosado; semillas negras de bordes subredondeados y el pericarpio blanco grisáceo.

A fines de la década del 60, Toro (1968) clasificó las quinuas del sur del Perú tomando en cuenta, una vez más, el color de la semilla como el carácter más importante. En una colección de 68 muestras identificó tres nuevas especies que describió como *Chenopodium ccuchi huila*, *Chenopodium ccoyto* y *Chenopodium ayara*, de las cuales las dos primeras son cultivadas y la última silvestre. Dentro de cada especie, tomando en cuenta el color del grano, agrupó las variedades en: blancas, amarillas, rojas y grises. La especie *Ch. ccoyto* fue descrita antes por Hunziker como *Ch. quinoa*, var. *melanospermum*, y por Gandarillas como un ecotipo con el nombre de Raza Dulce. La especie *Ch. ayara* resulta ser asimismo un sinónimo de *Ch. quinoa*, *millealum* Aellen o bien *Ch. quinoa*, var. *melanospermum* Hunziker; aunque a este respecto existe alguna confusión porque el nombre indicado corresponde a quinua cultivada. Por último, *Ch. ccuchi huila* tampoco puede ser tomada en cuenta, en vista de que simplemente se trata de un ecotipo al que Gandarillas (1974) le dio el nombre de Raza Puca.

Clasificaciones tomando en cuenta los caracteres morfológicos

Cárdenas (1944) clasificó material coleccionado en la parte oriental de la cuenca del lago Titicaca y el sur del altiplano boliviano en variedades

y formas. Para hacer dicha clasificación tomó en cuenta todos los órganos de la planta y observó que la forma de la inflorescencia es el carácter mas constante y por lo tanto el mas valioso para diferenciar las variaciones dentro la especie. Clasificó la quinua por la forma de su inflorescencia en tres variedades: glomerulata, amarantiforme e intermedia, cada una de las cuales consta de varias formas como se puede ver a continuación:

1. *Ch. quinoa*, var. glomerulata Cárdenas, que incluye las formas graciflor, jaru, albo-lucida, kela parva-incrassata, melanosperma, purpuricaule, pillapensis y choke-pitu.
2. *Ch. quinoa*, var. amarantiforme Cárdenas, con las formas sub-vidicinerea, lilacia, albido-cinerea, cami-hupa, roseacinerea, real rubri-niervia, leocoflavosperma y huatajata.
3. *Ch. quinoa*, var. intermedium Cárdenas, en la cual se incluyen las formas pseudoamarantiforme y albida-macrosperma.

Según estudios realizados posteriormente por Gandarillas (1967) se sabe que la forma de la inflorescencia es un carácter genético que depende de un par de factores GG, siendo el carácter dominante el glomerulado, de donde se desprende que la clasificación de Cárdenas sería válida solamente para glomerulata y amarantiforme. El error anterior es atribuible al hecho de que la descripción botánica debe hacerse cuando la planta está en plena floración. En este caso los glomérulos de la quinua se distinguen claramente.

RAZAS DE QUINUA

Los botánicos que han estudiado la taxonomía de la quinua están de acuerdo en considerar que se trata de una sola especie, no obstante la amplia variación observada. Cárdenas (1944) y Hunziker (1943) de acuerdo con el concepto anterior dividen la especie en variedades y formas. Estudios posteriores efectuados por Gandarillas (1974) en un vasto material coleccionado a lo largo de la cordillera de los Andes, han permitido mostrar que la variación existe en los diferentes valles interandinos y concluir que dicha variación alcanza el grado de sub-especie.

Por razones prácticas, como en el caso del maíz, se ha preferido clasificar como *razas*, a las que la mayoría de veces se les ha dado el nombre del valle donde se cultivan para facilitar su identificación.

Las razones para considerar una posición intermedia entre especie y variedad son las siguientes:

1. En los exámenes citológicos efectuados se ha encontrado un número somático constante de 36 cromosomas (Gandarillas, 1967), lo que indica que si no hay variación citológica, no existe justificación para llegar al rango de especies.
2. No cabe duda que la quinua es una especie alotetraploide (Gandarillas, 1967; Simonds, 1965), en cuyo origen han participado dos diploides, aunque tales especies aún no han sido identificadas. La

enorme cantidad de razas observada en los valles interandinos entre Colombia al norte, y Chile y Argentina al sur, así como en el altiplano de Perú y Bolivia, es ante todo fruto de la presión de la selección natural sobre las semillas traslapadas por los pueblos primitivos en sus migraciones, y en segundo lugar, del proceso de selección y mejoramiento a que fueron sometidos por las diferentes civilizaciones del continente. Parece también probable que la quinua ancestral se haya cruzado con otras especies silvestres afines, ya sea espontánea o artificialmente a lo largo de los años, porque es tan profunda la diferencia morfológica entre las diferentes razas que se cultivan en el Ecuador, el norte de Perú, el sur del Perú y Bolivia, que tal diversidad no se podría explicar de otra manera.

3. La clasificación de la quinua en variedades y formas tiene poco sentido y cae fuera de la realidad taxonómica. Siendo una especie con hasta un 10% de polinización cruzada (Gandarillas, 1968), se encontrarían muchas variedades perfectamente diferenciadas en un campo de cultivo bajo las condiciones actuales de la agricultura andina. Las variedades serían identificadas por el color y tamaño de la planta, el fruto y la inflorescencia. En cambio, observando el hábito de la planta, el tipo de inflorescencia (suelta o compacta), la forma de la panoja (amarantiforme o glomerulada), la forma de la hoja y el número de dientes, se encontrará que estos caracteres son comunes para las razas, en las que quedan incluidos los caracteres mencionados para las variedades. Normalmente en cada valle se encuentra una raza y excepcionalmente dos o más, dependiendo principalmente de la amplitud de aquel. En todas las razas, con muy pocas excepciones, se observa la misma variación en lo que se refiere al color de la planta y del fruto, lo que permite deducir que la existencia de tantos alelos no puede ser simplemente obra de la naturaleza.

Gandarillas (1974) identificó 17 razas en las quinuas del Ecuador, Perú y Bolivia, y cree que pueden existir otras en vista de que el material coleccionado no cubrió todos los valles interandinos, como tampoco Chile y Argentina. A continuación se presenta la clave para la determinación de las razas y la descripción sumaria de cada una de ellas en las páginas siguientes.

Clave para la determinación de las razas

A. Inflorescencia glomerulada

- B. Glomérulos grandes de 18 a 20 mm de diámetro. Planta alta ramificada desde la base. Hojas aserradas hasta 20 dientes.

16. *Cajamarca*

- C. Panoja definida, glomérulos grandes. Planta alta ramificada. Hojas muy grandes de 8 a 10 cm.

4. *Copacabana*

D. Inflorescencia casi racimosa. Planta baja de 1 m con ramas hasta la altura del tallo central. Cáliz fructífero de 5 mm de diámetro.

11. *Cuzco*

E. Panoja compacta. Planta pequeña sin ramificaciones. Semillas medianas y grandes.

6. *Challapata*

BB. Glomérulos pequeños de 10 a 14 mm de diámetro. Planta alta de 1,4 m de altura, ramificada con aspecto piramidal. Hojas romboidales con pocos dientes.

8. *Cochabamba*

C. Panoja suelta de 4 a 9 cm de diámetro con glomérulos pequeños. Planta alta de 1,2 m de altura, ramificada. Semillas blancas, grandes.

13. *Sicuani*

D. Panoja poco diferenciada del tallo. Planta alta con tallo delgado. Hojas triangulares aserradas con 11 a 14 dientes. Semillas solamente blancas y pequeñas.

14. *Junín*

E. Panoja pequeña de 18 a 30 cm de largo. Planta alta de colores verde y rojo. Hojas triangulares pequeñas con la lámina ondulada peculiar.

15. *Ancash*

F. Panoja suelta pequeña de 25 a 30 cm de largo. Planta pequeña de 90 cm de altura, ramificada. Semillas pequeñas de colores blanco y amarillo.

10. *Glorieta*

G. Panoja indefinida del tallo. Planta baja sin ramificaciones. Hojas triangulares con dientes grandes. Semillas dulces y melanospermas.

1. *Dulce*

AA. Inflorescencia amarantiforme.

B. Glomérulos largos de 4 a 8 cm delgados. Panoja definida. Planta pequeña, sin ramificaciones. Hojas triangulares con pocos dientes.

2. *Achacachi*

C. Glomérulos muy largos de 8 a 12 mm. Panoja grande, compacta da 30 a 60 cm de largo. Semillas pequeñas con pericarpio blanco.

3. *Puno*

- D. Panoja compacta bien diferenciada. Glomérulos gruesos de 12 a 23 mm de diámetro. Planta de 1,20 m sin ramificaciones. Semillas grandes de 2,5 mm de diámetro.

5. *Real*

- BB. Glomérulos cortos de 3 a 6 cm de largo, con ramificaciones. Planta alta ramificada. Hojas romboidales sin dientes.

7. *Potosí*

- C. Panoja compacta y pequeña de 20 a 30 cm de largo. Glomérulos cortos y gruesos. Planta muy alta de 1,4 m solamente roja. Semilla grande 2,5 mm de diámetro.

12. *Puca*

- D. Panoja sin ramificaciones del tallo. Planta alta, hábito ramificado, con aspecto piramidal. Hoja triangular con pocos dientes. Semilla pequeña.

9. *Sucre*

- E. Inflorescencia amarantiforme indefinida pequeña de 20 a 25 cm de largo. Planta pequeña de 80 cm de altura sin ramificaciones. Hojas pequeñas ase-rradas hasta 21 dienetes. Semillas pequeñas y blancas.

17. *Pichincha*

Descripción de las razas

1. *Dulce* (Figura 8 A)

Su cultivo se extiende desde Juliaca en el Perú, hasta Caracollo en Bolivia y sobre las márgenes oriental y occidental del lago Titicaca. Los números típicos en la colección de quinuas de la Estación Experimental Patacamaya, Bolivia, son 573, 585, 1023, 1269. Hábito sin ramificaciones y con la panoja poco definida.

Planta pequeña de menos de un metro de altura y de colores rojo, púrpura y verde. Hojas romboidales con 2 a 7 dientes en los bordes y de 5,5 a 8 cm de largo y 4 a 6 cm de ancho. Inflorescencia glomerulada suelta de 25 a 45 cm de largo y 6 a 12 cm de diámetro. Glomérulos pequeños de 9 a 12 mm de diámetro. Semillas rojas, amarillas, blancas, cafés y grises de tamaño pequeño y mediano.

2. *Achacachi* (Figura 8 B)

Se cultiva en las localidades bolivianas de Huarina, Batallas y Achacachi, y en las peruanas de Ilave y Chucuito; es decir, a ambas orillas del lago Titicaca. Los números típicos en la colección son: 1074, 1116 y 1296. Hábito sin ramificaciones con la panoja definida. La altura de la planta llega a un metro y se observan solamente los colores verde y púrpura.

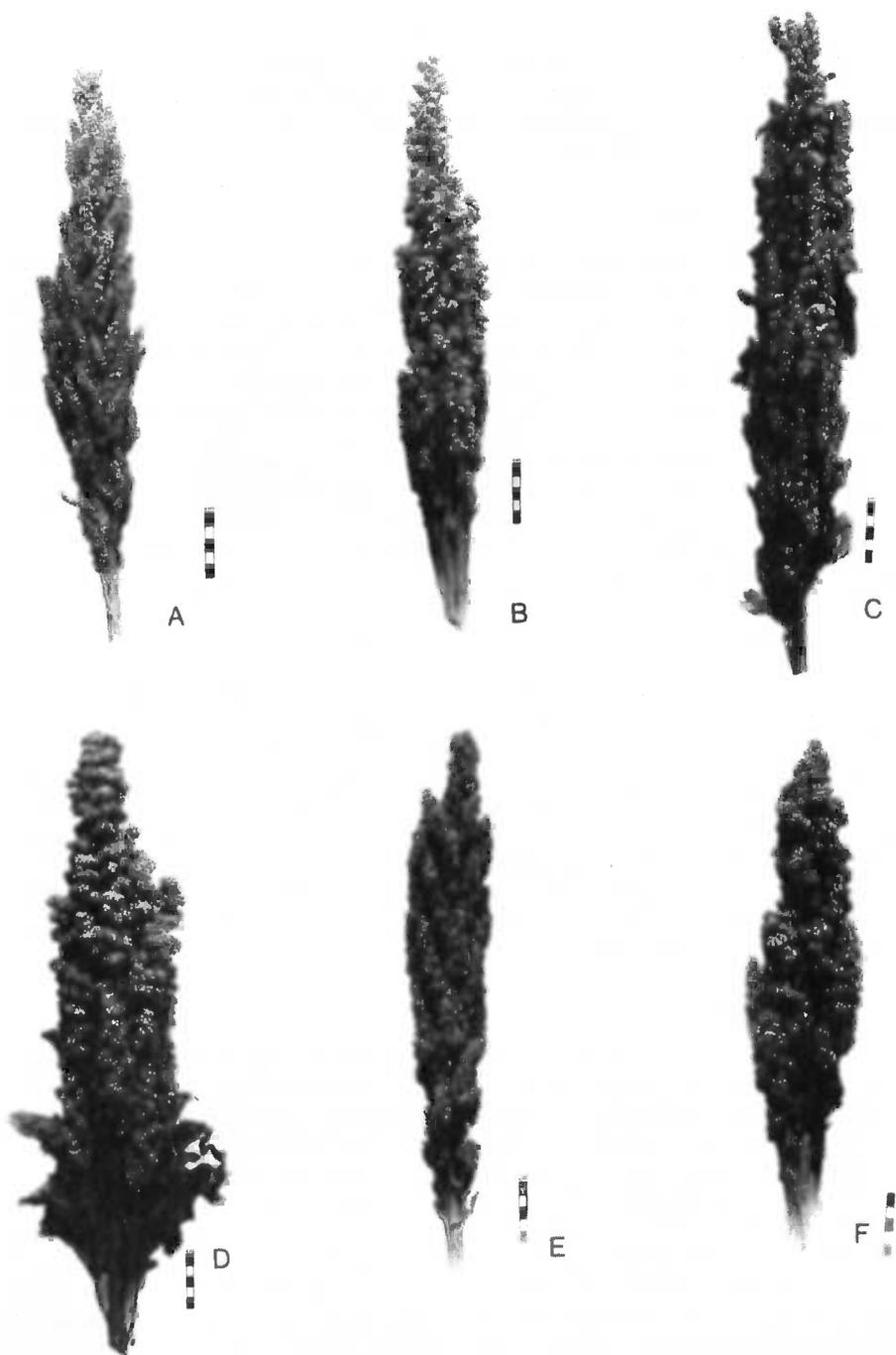


Figura 8. Razas de quinua A) Dulce, B) Achacachi, C) Puno, D) Copacabana, E) Real, F) Challapata (Foto H. Gandarillas).

Hojas triangulares con 2 a 7 dientes, de 5 a 8 cm de largo y 4,5 a 8 cm de ancho. Inflorescencia amarantiforme suelta de 25 a 40 cm de largo y 5 a 9 cm de diámetro. Entre todas las razas es la que tiene los glómérulos mas delgados, son de 4 a 8 cm de largo y 5 a 9 cm de diámetro. Las semillas son amargas, pequeñas, de color blanco.

3. *Puno* (Figura 8 C)

Se cultiva solamente en la margen noroeste del lago Titicaca en Ilave y se encuentra en la colección de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano en Puno. Los números típicos son 1355 y 1363. Hábito con ramificaciones largas que pueden llegar hasta la altura del tallo principal y la panoja definida. Planta de 1,20 m de altura y colores verde y púrpura. Hojas triangulares grandes de 6 a 9 cm de largo por 5 a 9 cm de ancho. Los dientes son pocos y no más de 8. Inflorescencia amarantiforme compacta y enorme de 30 a 60 cm de largo por 8 a 20 cm de diámetro. Glómérulos igualmente largos de 8 a 13 cm, diámetro de 8 a 12 mm. Semillas pequeñas, amargas y con el pericarpio blanco en todos los casos. Se parece a la raza Achacachi y se diferencia por tener la inflorescencia y los glómérulos mas largos. En la colección es la raza con las panojas mas grandes.

4. *Copacabana* (Figura 8 D)

Su cultivo está circunscrito a la península de Copacabana que es compartida por Perú y Bolivia y las orillas sur y sureste del lago Titicaca. Los números típicos en la colección son 1130 y 1137. Hábito con ramificaciones largas desde el cuello y la panoja definida. Plantas altas rojas, púrpuras y verdes. Hojas triángulo-romboidales con 3 a 9 dientes y son las mas grandes de la colección con 8 a 10 cm de largo y 5 a 11 cm de ancho. Inflorescencia glomerulada definida y grande de 25 a 40 de largo - 6 a 10 cm de diámetro. Glómérulos de 18 a 20 mm de diámetro. Semillas amargas, pequeñas, medianas y grandes, de colores blanco, amarillo y rojo. Esta raza está muy hibridada con la de Puno.

5. *Real* (Figura 8 E)

Es la quinua mas buscada y cotizada en los mercados del Perú y Bolivia. Se cultiva en la parte central del altiplano, extendiéndose desde Caracollo hasta Salinas de Garci Mendoza, incluyéndose las localidades de Machacamarca, Poopó, Pazña, Challapate e Uyuni. Los números típicos en la colección son 488, 497 y 547. Hábito simple sin ramificaciones, con la panoja definida. Planta de 1,20 m de altura de colores rojo, púrpura y verde. Hoja de forma romboidal con 2 a 7 dientes de 6 a 9 cm de largo y 4 a 7 cm de ancho. Inflorescencia amarantiforme compacta con los glómérulos cortos y gruesos de 14 a 35 cm de largo y 5 a 10 cm de diámetro. Los glómérulos tienen 4 a 9 cm de largo y 12 a 23 mm de diámetro. Las semillas son fuertemente amargas, llegando a un alto contenido de saponina. Son de tamaño excepcionalmente grande, alcanzando hasta 2,5 mm de diámetro y de colores rojo, café, amarillo, negro y blanco. Es la única raza en la que se observan granos negros.

6. *Challapata* (Figura 8 F)

El área de dispersión es la misma de la Real e incluye las localidades de Caracollo, Machacamarcá, Poopó, Pazña, Challapata, Uyuni y Salinas de Garcí Mendoza. Los números típicos en la colección son 540, 709. Hábito poco ramificado con la panoja compacta y glomérulos grandes. Planta pequeña de 80 cm de alto y de colores rojo, púrpura y verde. Hojas romboidales con 3 a 6 dientes grandes, son de 5 a 9 cm de largo y 5 a 9 cm de ancho. Inflorescencia glomerulada compacta de 20 a 30 cm de largo y 4 a 10 cm de diámetro. Glomérulos de 14 a 20 mm de diámetro. Semillas grandes y medianas de colores rojo, café, amarillo y blanco.

7 *Potosí* (Figura 9 A)

Es una raza que se cultiva tanto en el Departamento de Potosí (Bolivia) como a lo largo del valle del Sicuani en el Departamento del Cuzco (Perú). Probablemente tiene su origen en Potosí por la enorme variación observada. En Bolivia se la encuentra en las regiones de Don Diego, Chinoli, Puna y Lequezana y en el Perú en La Raya, Sicuani, Maranganí y Urubamba. Los números típicos de la colección son 784, 803, 805, 808, 818, 1185. Hábito ramificado con la panoja bien diferenciada. Planta de altura variable de 80 cm a 1,30 m y de colores rojo, púrpura y verde. Hojas romboidales con pocos dientes o sin ellos, de 5 a 8 cm de largo y de 4 a 7 cm de ancho. Inflorescencia amarantiforme casi siempre con ramificaciones de los glomérulos, pequeña, compacta y de forma ovoidal de 15 a 25 cm de largo. Glomérulos de 3 a 6 cm de largo y de 10 a 18 mm de diámetro. Semillas amargas, con el pericarpio rojo, amarillo y blanco y de tamaño pequeño, mediano y grande.

8. *Cochabamba* (Figura 9 B)

El cultivo de esta raza se extiende en todo el Departamento de Cochabamba. Las muestras se recolectaron en las localidades de Suticollo, Sacaba, Paracaya, Tiraque, Totora y Aquile. Los números típicos de la colección son 904 y 908. Hábito ramificado, con las ramas que dan a la planta aspecto piramidal, sin una diferenciación clara de la panoja, de colores solamente verde y púrpura. Hojas romboidales con pocos dientes que en ningún caso sobrepasan de 5, relativamente pequeñas de 6,5 a 8 cm de largo y 4,5 a 7 cm de ancho. Inflorescencia glomerulada, pequeña de 25 a 30 cm de largo y 6 a 10 cm de diámetro. Glomérulos de 10 a 14 mm de diámetro. Semillas amargas de tamaño mediano y grande y de colores blanco y amarillo. Como todas las razas cultivadas en los valles, es alta y tardía, llegando en Patacamaya hasta 1,40 m de altura. En los dos veranos cultivados, unas pocas plantas llegaron a la madurez.

9. *Sucre* (Figura 9 C)

Es cultivada en el Departamento de Chuquisaca en las localidades de Sucre, La Glorieta, Tambo, Kasa, Quiquijana y Tarabuco. Los números típicos de la colección son 867 y 872. Hábito ramificado similar a Cochabamba. Planta alta de 1,20 m, de colores púrpura y verde, predominando

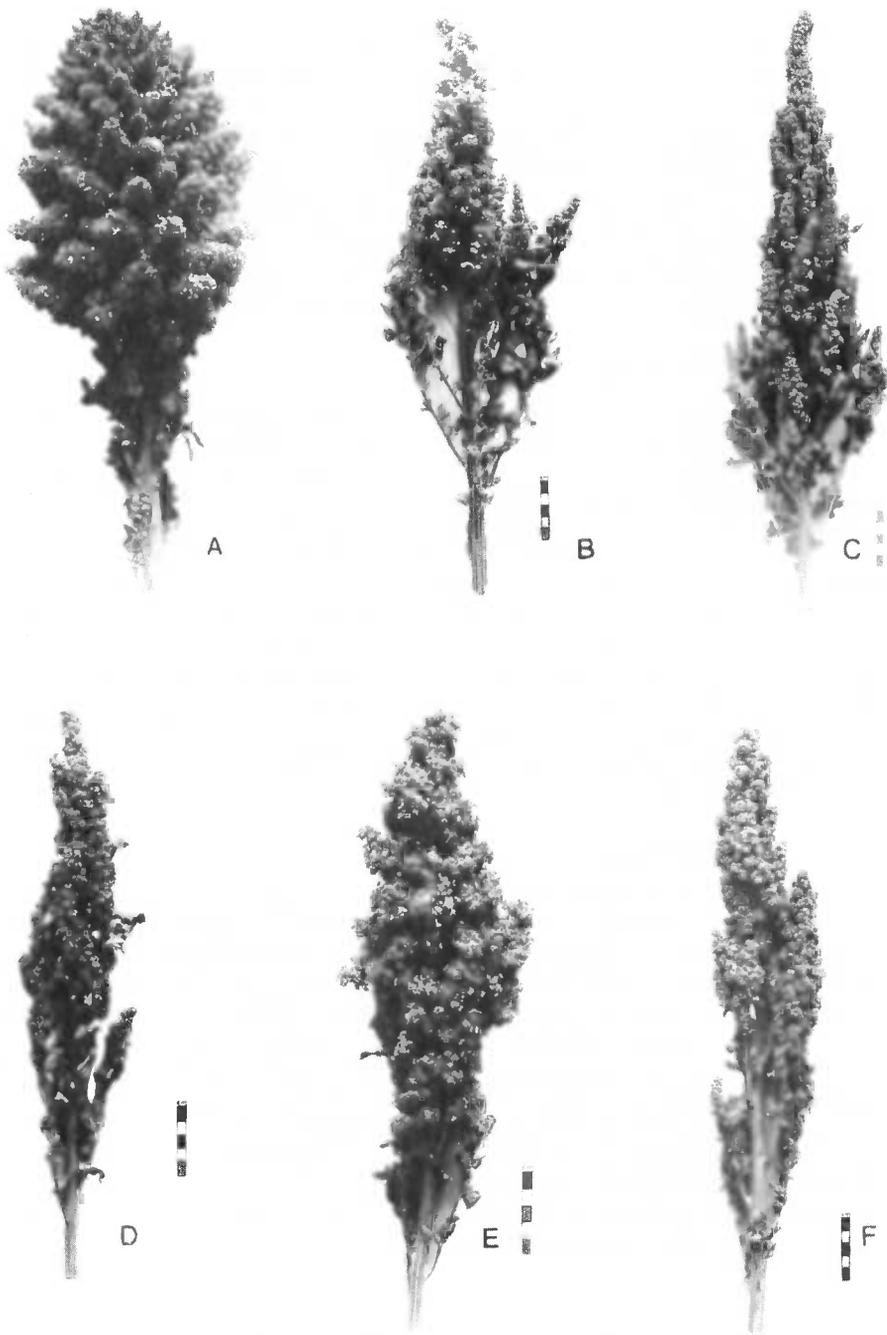


Figura 9. Razas de quinua A) Potosí, B) Cochabamba, C) Sucre, D) Glorieta, E) Cuzco, F) Sicuani. (Foto H. Gandarillas).

el primero. Hoja romboidal con 2 a 6 dientes, de 6,5 a 9 cm de largo y 4,5 a 7 cm de ancho. Inflorescencia amarantiforme de 30 a 40 cm de largo y 6 a 10 cm de diámetro. Glomérulos relativamente largos de 4 a 7 cm y 12 a 14 mm de diámetro. Semillas amargas, pequeñas y medianas con el pericarpio blanco y amarillo. Es mas precoz que la raza Cochabamba.

10. *Glorieta* (Figura 9 D)

Cultivada en La Glorieta de Sucre y Punilla, sobre el camino a Ravelo. Los números típicos de la colección son 847 y 850. Hábito ramificado similar a raza Cochabamba, planta pequeña de 90 cm de altura y de colores verde y púrpura. Hoja romboidal con 2 a 9 dientes y 6 a 7 cm de tamaño y 4 a 6 cm de ancho. Inflorescencia glomerulada suelta de 25 a 30 cm de largo y 6 a 10 cm de diámetro. Glomérulos de 11 a 14 mm de diámetro. Semillas amargas, pequeñas y medianas y de colores blanco y amarillo.

11. *Cuzco* (Figura 9 E)

Se la cultiva tanto en Bolivia como en el Perú, siendo la de mayor dispersión entre las razas descritas. En Bolivia fue colectada en las localidades de Yocalla (Potosí), Yamparáez (Chuquisaca) y Moza (La Paz); en Perú en San Pablo, Marangani, Cuzco y Pisac. Los números típicos de la colección son 877, 1152. Hábito ramificado, llegando las ramas hasta la altura del racimo principal. La planta mide hasta 1,20 m y es de colores rojo, púrpura y verde. Hojas triángulo-romboidales pequeñas con los bordes fuertemente aserrados de 4,5 a 7 cm de largo y 4 a 6 cm de ancho. En las muestras típicas la inflorescencia es un racimo perfecto, con los ejes secundarios y los pedicelos muy largos de 20 a 45 cm de largo y 10 a 20 cm de diámetro. Algunas formas tienen frutos excepcionalmente grandes, llegando hasta 2 mm de diámetro y en la madurez el perigonio no alcanza a cubrir la semilla. El grano es amargo, pudiendo ser almidonoso o cristalino, de colores blanco, amarillo y rojo, y de tamaño pequeño y grande. El origen de esta raza indudablemente está en Perú, de donde fue trasladada a Bolivia en la Colonia, durante el auge de las minas de plata en el cerro de Potosí.

12. *Puca*

Es poco cultivada en el Cuzco y fue coleccionada en San Pablo y Hailas. Los números típicos de la colección son 1253 y 1261. Hábito ramificado similar a las razas Cochabamba y Sucre. Las plantas son robustas y muy altas de 1,40 m, de color rojo únicamente. En Patacamaya ninguna otra raza la sobrepasó. Hojas grandes romboidales típicas con no más de 8 dientes, de 7 a 10 cm de tamaño y 5,5 a 8 cm de ancho. Inflorescencia amarantiforme compacta y pequeña de 20 a 30 cm de largo y 7 a 10 cm de diámetro. Los glomérulos de 4 a 7 cm de largo y 14 a 16 mm de diámetro. La semilla es grande y de colores rojo y amarillo. Se le dió el nombre de Puca (quechua, rojo) recordando al Dr. Herrera (1934) que en su clasificación usó esta denominación y además porque en las muestras estudiadas solamente se observó este color.

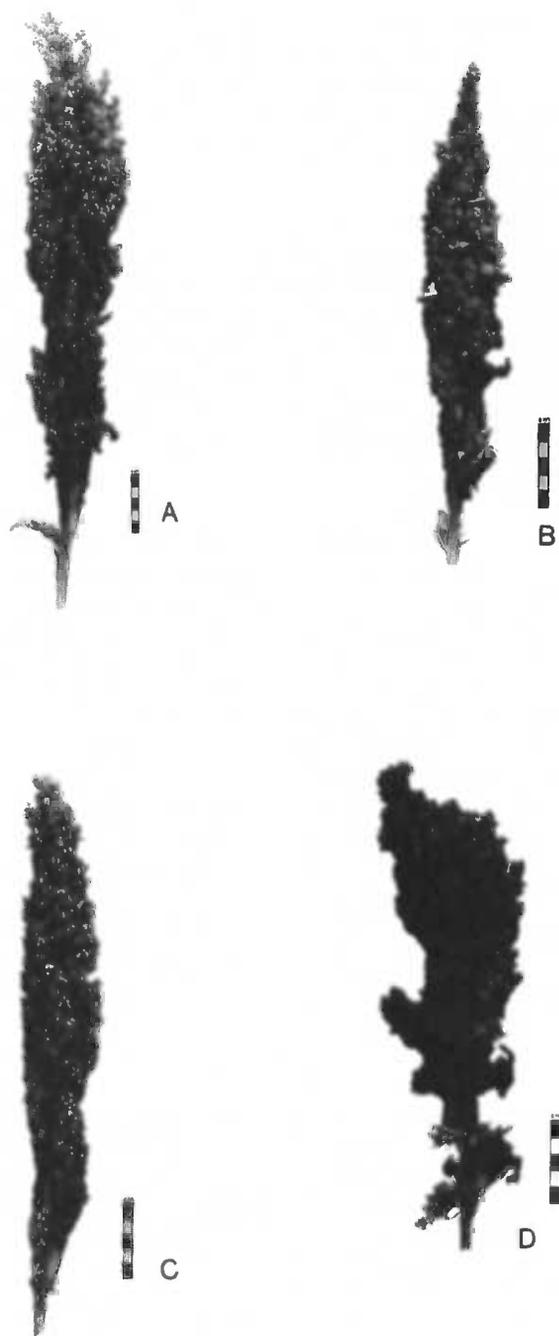


Figura 10. Razas de quinua A) Junín, B) Ancash, C) Cajamarca, D) Pichincha.
(Foto H. Gandarillas).

13. *Sicuaní* (Figura 9 F)

Fue recolectada solamente en la localidad de San Pablo de la Provincia Canchis del Departamento del Cuzco. Los números típicos de la colección son 1258 y 1263. Hábito ramificado, planta alta de 1,20 m y de colores blanco y púrpura. Hojas triangulares con 1 a 6 dientes, de 7,5 a 9 cm de largo y 5 a 8 cm de ancho. Inflorescencia glomerulada suelta de 25 a 35 cm de largo y 4 a 9 cm de diámetro, glomérulos de 10 a 16 mm de diámetro. Las semillas blancas grandes y amargas. Las panojas se parecen a la raza Dulce, diferenciándose porque la planta es ramificada y además mas alta.

14. *Junín* (Figura 10 A)

Se cultiva en la parte central del Perú y fue coleccionada en Junín y Pucará (Dep. de Junín). Los números típicos de la colección son 1459, 1463 y 1495. Hábito sin ramificaciones con la panoja poco diferenciada. Planta alta con el tallo delgado de colores púrpura y verde y de 1,2 m de altura. Hojas pequeñas triangulares aserradas con 11 a 14 dientes, de 6,5 a 8 cm de largo y 6 a 7 cm de ancho. Inflorescencia glomerulada suelta de 30 a 40 cm de largo y 5,5 a 9 cm de diámetro. Glomérulos de 9 a 15 mm de diámetro. Semillas amargas, pequeñas y medianas, solamente de color blanco. Se encuentra bastante hibridada con alguna raza de inflorescencia amarantiforme. Son muy conocidas y populares las variedades Blanca y Rosada de Junín.

15. *Ancash* (Figura 10 B)

Su cultivo está difundido en el norte de Perú y Ecuador. En Perú fue recolectada en Ancash y Santiago de Chuco, y en Ecuador en las localidades de Pisambilla, Cangaguel y Cantarillo. Los números típicos de la colección son 1478 y 1485. Hábito sin ramificaciones y la panoja poco diferenciada. Plantas de colores verde y rojo de 1,20 m de altura. Hojas pequeñas con los lóbulos desarrollados y con mas de 15 dientes en los bordes de 5 a 7 cm de largo y 5 a 8 cm de ancho. Las hojas son muy onduladas y dan a la planta un aspecto peculiar que no se observa en ninguna otra raza. Inflorescencia glomerulada indefinida pequeña de 18 a 30 cm de largo y 5 a 9 cm de diámetro. Glomérulos de 12 a 15 mm de diámetro. Granos pequeños, amargos, blancos, amarillos, cafés y rojos. Esta raza, como todas las del norte de Perú y de Ecuador, es muy tardía por lo que la mayoría de las muestras no alcanzaron a madurar en Patacamaya.

16. *Cajamarca* (Figura 10 C)

Cultivada en las localidades de El Portón y Cajamarca. Los números típicos de la colección son 1532 y 1534. Hábito ramificado desde el cuello de la planta, con ramas no muy largas. Planta de 1,20 m de altura y de colores verde, púrpura y rojo. Hojas triangulares muy aserradas con mas de 18 dientes, de 6,5 a 8 cm de largo y 7 a 8,5 cm de ancho. Inflorescencia glomerulada, suelta de 5 a 6 cm de diámetro. Semillas amargas, peque-

ñas, rojas, amarillas y blancas. Es una raza muy tardía y bajo las condiciones ambientales de Patacamaya no alcanzó a madurar.

17. *Pichincha* (Figura 10 D)

Cultivada solamente en Ecuador en las localidades de Otón, Pisambilla, Pasillo y Cangaquel. Los números típicos de la colección son 1514 y 1525. Hábito sin ramificación y con la panoja poco diferenciada. Planta pequeña de 80 cm de altura y de colores verde y púrpura. Hojas pequeñas triangulares aserradas con 12 a 21 dientes, de 5 a 7 cm de ancho. Inflorescencia amarantiforme indefinida y pequeña de 20 a 25 cm de largo y 4 a 6 cm de diámetro. Semillas blancas, pequeñas y amargas.

3

Genética y Origen

Humberto Gandarillas

INTRODUCCION

Sin lugar a dudas, la quinua estuvo sujeta en la época prehistórica a un intenso proceso de mejoramiento. Hecho que se evidencia en los tiempos actuales por la enorme variación observada en el color de la planta y el grano, el tipo de inflorescencia, su morfología y elasticidad para adaptarse a diferentes condiciones medio-ambientales, rasgos comparables a los del maíz y la papa entre las plantas domesticadas en el nuevo mundo.

En un esfuerzo por conocer la forma de herencia de los varios caracteres de la planta, con fines de mejoramiento y mejor uso de la quinua para el bienestar de la población andina, Gandarillas y sus colaboradores (1967, 1968, 1968 b, 1977) iniciaron en la Estación Experimental de Patacamaya (Bolivia) estudios relacionados con su citología y genética. Casi al mismo tiempo, Simmonds (1965) en Escocia (Gran Bretaña), estudió el color de la planta, las axilas y la esterilidad masculina.

En este capítulo se presenta un sumario de la literatura acerca de la herencia de los diversos caracteres de la planta. En él se incluyen otros trabajos inéditos, efectuados posteriormente por Gandarillas, sobre el color del fruto, cuyo análisis por la complejidad del tema reviste especial importancia dados los numerosos factores involucrados en su expresión.

ESTUDIOS CROMOSOMICOS

El número de cromosomas y algunas anormalidades en el proceso de la división de las células somáticas de la quinua, han sido extensamente estudiados por Gandarillas y Luizaga (1967). Como las anomalías observadas son peculiares y únicas, los resultados alcanzados se muestran en los párrafos siguientes.

Número de cromosomas

Darlington y Wyllie en su trabajo "Chromosome atlas of flowering plants" (1955) mencionan que Kjellmark encontró 36 cromosomas somáticos en la quinua y que Kawatani los estableció en 32, pero dudan que este último autor hubiera hecho una determinación correcta. Por su parte, en diez variedades de quinua del altiplano boliviano, una de Chile y otra silvestre también boliviana, Cárdenas y Hawkes (1948) informan que el número somático para todo el material estudiado fue de $2n = 36$ cromosomas. A su vez, en recuentos cromosómicos efectuados en material boliviano y peruano, Gandarillas y Luizaga (1967) confirmaron las cifras informadas por los últimos autores, habiendo encontrado igualmente 36 cromosomas.

Con los resultados anteriores se debe aceptar que esta especie tiene 36 cromosomas somáticos, constituidos por cuatro genomios de $n = 9$ cromosomas, ya que el número básico para el género *Chenopodium* es el anotado. El número de cromosomas de varias especies que pertenecen a ese género es de 18, lo que significaría que la quinua sería un aloetraploide, constituido por dos diploides, incluyendo la especie silvestre mencionada.

Reducción y endomitosis

La quinua es una especie que germina muy rápido y cuando se la coloca en una cápsula de Petri, las radículas son suficientemente grandes en menos de 48 horas para contar sus cromosomas. Aprovechando esta circunstancia se pueden hacer estudios masivos para investigar los cromosomas de esta especie. Se ha observado que en el proceso de división celular, en el punto de crecimiento de la raíz, se produce primeramente una reducción del número cromosómico y después una endopoliploidia. Esta última anomalía ha sido observada en otras especies de la familia a la que pertenece esta planta, pero no así el caso de la reducción.

El tamaño del fruto y el número de cromosomas para la misma muestra representada por una panoja aparece en el Cuadro 1. En las ocasiones en que fue posible contar mas de una célula por radícula, el número de cromosomas fue constante, pudiendo las radículas tener células diploides, triploides o tetraploides. Tanto entre las muestras de granos grandes como entre las muestras de granos medianos y pequeños, se observó poliploidia entre 18 y 36 cromosomas (Figura 1) lo que indica que el tamaño de la semilla es independiente del número de cromosomas.

En la mayor parte de las células las cromátidas fueron visibles, mostrando la apariencia de una X (Figura 1). La visibilidad de las cromáticas posiblemente tiene algo que ver con la poliploidia observada en las radículas, en las cuales, se producen previamente divisiones de reducción cromosomal y posteriormente de poliploidia. De acuerdo con las circunstancias, los cromosomas pueden o no dividirse longitudinalmente durante el proceso de la mitosis, es decir que en la reducción no habría división longitudinal, sino que la mitad de los cromosomas iría a integrar la célula hija.

Cuadro No. 1

NUMERO DE CROMOSOMAS EN RADICULAS DE QUINUA

Número de la muestra	Diámetro del grano mm.	Cantidad de cromosomas			Células observadas Número
		No.	No.	No.	
Granos grandes					
480	2,33	—	27	36	7
482	2,43	—	27	—	6
571	2,15	18	27	36	3
628	2,17	—	—	36	5
639	2,07	18	27	36	4
653	2,46	—	—	36	1
654	2,14	18	—	36	3
Marangani	2,40	—	27	—	5
Granos medianos					
544	1,92	—	27	36	12
559	1,88	18	27	—	4
634	1,90	—	27	36	8
636	1,90	—	27	36	5
649	1,99	18	27	36	3
Granos pequeños					
559	1,45	—	27	—	7
576	1,49	—	27	—	14
585	1,52	—	27	36	3
591	1,55	18	27	36	8
621	1,51	—	27	36	7

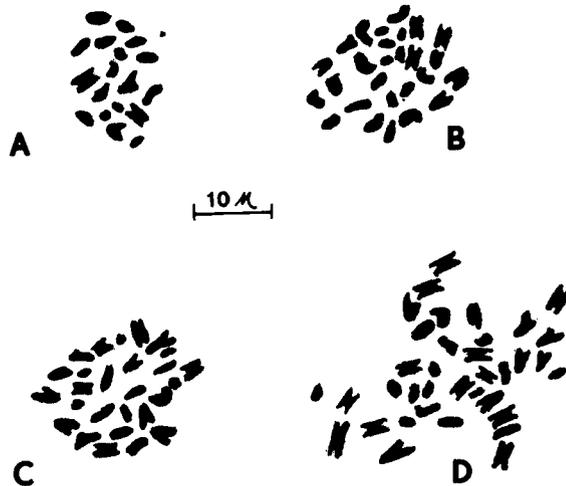


Figura 1. Diferente ploidia en la misma muestra: A y B) células diploides y triploides en la muestra 649; C y D) células triploides y tetraploides en la muestra 544.

Por otra parte se encontró poliploidia en algunas muestras dentro de la misma radícula (Cuadro 2), pudiéndose contar solamente hasta 63 cromosomas, aunque el número en algunos casos fue mayor. Asimismo, con mayor frecuencia se contaron tetraploides, estando las células con menor número de cromosomas en la parte apical.

En recuentos cromosómicos efectuados en puntas de raíz, Gandarillas y Luizaga (1967) muy ocasionalmente observaron endopoliploidia y en ninguna ocasión reducción cromosomal. En este sentido, la literatura no ha informado la existencia de reducción o endopoliploidia, a pesar de que algunos que se han preocupado del tema han empleado radículas (Cárdenas y Hawkes, 1948; Darlington y Wyllie, 1955).

Seguramente la endomitosis se produce en todas las plantas de quinua como un mecanismo normal durante el crecimiento, porque dentro de 25 muestras estudiadas, la endomitosis se halló en seis de ellas. Pero es posible que durante la vida de la planta se produzcan en ciertos órganos divisiones de reducción y poliploidia como un mecanismo normal. Lo evidente parece ser que al iniciarse la meiosis, las células sexuales permanecen constantes con sus 36 cromosomas, porque de otra manera no se podría explicar el alto grado de fertilidad de esta especie.

Cuadro No. 2

ENDOPOLIPLOIDIA EN UNA MISMA RADÍCULA DE QUINUA

Número de la muestra	Cantidad de cromosomas				
	18	—	36	—	más de 54
543	18	—	36	—	más de 54
578	—	—	36	45	más de 54
584	18	27	36	45	más de 54
563	18	—	36	—	más de 54
647	—	—	36	—	más de 54
563 x 543	—	—	36	—	más de 54

GENÉTICA Y HERENCIA

Indudablemente la quinua es la especie mejor adaptada a las condiciones semiáridas y frías del altiplano peruano-boliviano, donde la producción de alimentos tiene especial importancia para soportar una población creciente, tanto rural como urbana y especialmente esta última, ya que las ciudades y las minas crecen a una tasa superior al 3 por ciento.

Con el fin de delinear programas específicos de mejoramiento desde diferentes puntos de vista y especialmente por el alto contenido y calidad de proteína de la quinua, es necesario conocer la herencia de los varios caracteres que involucra la planta, que al final son el resultado de la interacción de varios factores genéticos y ambientales.

El conocimiento de la herencia de algunos caracteres tan simples como el color de la planta, que son independientes del rendimiento, son de

enorme importancia para la producción comercial de la quinua, a fin de prevenir mezclas en el campo que pueden afectar la calidad del grano. Por ejemplo, para evitar la contaminación de las quinuas dulces con las silvestres que son amargas, puede ser conveniente la producción de variedades rojas, porque de este modo se podrían eliminar en los campos de producción de semilla certificada las plantas silvestres que son de color verde con raras excepciones. Igualmente, para la producción de quinua destinada a la elaboración de harina, se prefieren los granos blancos. Otro ejemplo práctico para evitar las posibles mezclas de quinuas cultivadas y silvestres en el campo, consistiría en seleccionar variedades amarantiformes, ya que las quinuas silvestres tienen solamente inflorescencia glomerulada. Conociendo la forma como se heredan estos caracteres, será fácil para el fitotécnico producir variedades del tipo mencionado.

La herencia de los caracteres anotados se ha empezado a estudiar y es mucho lo que queda por investigar, si se trata de comparar con los conocimientos que se tienen sobre la genética de otras especies como el trigo, la papa, el algodón, el sorgo o cualquier otra que se cultiva en el hemisferio norte. En estas regiones la tecnología de producción de alimentos ha alcanzado enormes adelantos.

La quinua presenta una gran variación en cuanto al color de la planta y del fruto, no solamente por la diversidad sino también por el contraste. Son igualmente variables la altura sobre el nivel del mar en que se cultiva, y su adaptación a las diferentes condiciones ambientales típicas de los Andes. La altura para el cultivo comercial varía de 2000 a 4000 m, la temperatura media entre 10 y 20°C y la precipitación pluviométrica de 200 a 800 mm.

Herencia del color de la planta

Las plantas de quinua se pueden agrupar en tres colores básicos: rojo, púrpura y verde. Dentro de los dos primeros colores existen variaciones de tono, de acuerdo a la raza y la variedad. La planta roja tiene el tallo, las hojas y la panoja rojas; la púrpura tiene este color en las hojas apicales y la panoja, aunque algunas formas cuando están entrando a la madurez se tornan amarillas; finalmente, la verde tiene el tallo, las hojas y la panoja verdes.

Para entender mejor la forma en que se heredan los diferentes caracteres estudiados de la quinua, estos se mostrarán con el detalle en que fueron presentados originalmente por Gandarillas (1968 b, 1977) y Simmonds (1971), no solamente con el objeto indicado, sino también para mostrar al lector los métodos que se emplearon para el estudio correspondiente, los cuales pueden servir de guía a los estudiosos, en vista de la escasez de publicaciones originales.

Planta verde x roja. Para estudiar la herencia del color rojo de la planta, se hicieron dos cruzamientos (Gandarillas, 1968 b), empleando en ambos casos como progenitor femenino la planta de color verde. Toda la progenie F_1 fue de color rojo. En la progenie F_2 la relación de plantas rojas y

verdes fue de 3,2 : 1 y de 2,9 : 1, mostrando una buena concordancia con la relación mendeliana simple de 3 : 1, como se puede apreciar en el Cuadro 3.

En el primer cruzamiento, la segregación fue 781 R : 244 rr y en el segundo 993 R : 343 rr y los valores de X^2 fueron de 0,78 y 0,33 respectivamente, indicando que este carácter está determinado por un par de genes, de los cuales el dominante es el rojo y el recesivo el verde. Se debe hacer notar que existen diferentes tonos de plantas rojas, directamente relacionadas con la raza a la cual pertenecen.

Cuadro No. 3

PROGENIE F₂ DE UN CRUZAMIENTO DE PLANTAS VERDES X ROJAS

Número de cruzamiento	Número de plantas F ₂	Número de individuos observados		Relación observada	X ²
		Rojos	Verdes		
1	1.025	781	244	3,2 : 1	0,78
2	1.336	993	343	2,9 : 1	0,33

Planta púrpura x roja. En el cruzamiento se empleó la planta roja como progenitor masculino y en una población de 2274 individuos se encontró una segregación de 1699 R y 575 r^p r^p, dando una relación de 2,9 plantas rojas y 1 púrpura (Cuadro 4). El rojo nuevamente mostró ser un factor dominante, señalando que el color de la planta es determinado por una serie alélica, siendo el gene dominante el rojo R.

Tratándose de una serie de genes alelomorfos, el color rojo fue identificado empleando la letra R, el púrpura por las letras r^p y el verde por r. Los pigmentos rojos y púrpuras de la quinua están constituidos por betacianina y no así por antocianina, como se pensó en el pasado. Correspondiendo la beterraga (*Beta vulgaris*) y la quinua a la misma familia, es natural que sus pigmentos sean de la misma naturaleza.

Cuadro No. 4

PROGENIE F₂ DE UN CRUZAMIENTO DE PLANTA PURPURA X ROJA

Número de cruzamiento	Número de plantas F ₂	Número de individuos observados		Relación observada	X ²
		Rojos	Púrpuras		
1	2.274	1.699	575	2,9 : 1	0,11

Planta verde x púrpura. Los resultados de dos cruzamientos efectuados entre plantas verdes por púrpuras, se presentan en el Cuadro 5. El color púrpura en este caso fue dominante sobre el verde en una relación mendeliana simple de 3 : 1. En el primer cruzamiento la segregación de la ge-

neración F_2 fue 1351 r^P : 433 rr y en el segundo de 1253 r^P : 373 rr . La prueba de conformidad de X^2 alcanzó a 0,64 y 3,68 respectivamente. El valor de X^2 en el último cruzamiento es relativamente alto y da una probabilidad muy baja de solamente 5 a 10 por ciento.

Cuadro No. 5

PROGENIE F_2 DE CRUZAMIENTOS DE PLANTAS VERDES POR PURPURAS

Número de cruzamiento	Número de plantas F_2	Número de individuos observados		Relación observada	X^2
		Púrpuras	Verdes		
1	1.784	1.351	433	3,1 : 1	0,64
2	1.626	1.253	373	3,3 : 1	3,68

Simmonds (1971) estudió en Gran Bretaña la herencia del color de la planta y las axilas, y además la esterilidad masculina. De acuerdo con la información que presentó, las plantas pigmentadas empleadas tenían la parte superior del tallo y la inflorescencia rojas, lo que indica que trabajó con plantas púrpuras y verdes. Los resultados a los que llegó en el estudio del color de la planta fueron similares a los analizados anteriormente, habiendo encontrado una segregación de la segunda generación compuesta de 1002 rojas (R) y 321 verdes (rr).

Color de las axilas

La herencia del color de las axilas, como se indicó anteriormente fue estudiada por Simmonds (1971), en plantas provenientes del altiplano boliviano. Según el autor mencionado, el locus Ax controla la producción de pigmentos axilares, cuya intensidad cambia en las diferentes variedades. El recesivo ax ax carece de manchas y se presenta completamente verde. En 31 familias encontró una segregación de 824 Ax : 629 ax ax y un valor X^2 de 0,09. Como se verá más adelante, este gene está ligado con r^P que determina el color de la planta.

Herencia del color del grano

El grano de quinua desde el punto de vista botánico es un fruto, designado con el nombre de aquenio. En este capítulo, por cuestiones convencionales y principalmente por tratarse de un pseudocereal, se le llama grano o semilla. Se debe recordar que la anatomía del grano de los cereales es similar a la de la quinua. El pericarpio que es la envoltura externa del grano, es similar al pericarpio de la quinua.

El color del grano está determinado por el color del pericarpio y cuando éste es traslúcido, está determinado por el color del episperma. Las diferentes combinaciones de colores de pericarpio y episperma se presentan con más detalle en el capítulo que trata sobre la botánica de esta especie.

En los párrafos siguientes se comenta sobre el color del grano en función de un mismo color de pericarpio y episperma, y después en función de pericarpio y episperma de diferentes colores. En el primer caso los colores estudiados fueron negro, café, amarillo y blanco; en el segundo, pericarpio blanco y episperma café, y pericarpio rojo y episperma blanco.

Hasta el presente se ha estudiado apenas una pequeña parte de la forma en que se heredan los diferentes colores del pericarpio y del episperma. El color ancestral es el negro heredado de sus progenitores silvestres, del cual ha mutado varias veces en diferentes locus de los padres, ya sean diploides o tetraploides, como genes complementarios o independientes, para dar lugar de este modo a la gama de colores que se conocen. Por otra parte parecería que el primer mutante fue el café, porque en excavaciones arqueológicas efectuadas en el norte de Chile, éste era el color de la quinua encontrada. Se debe agregar que las pocas variedades de huauzontle (*Chepodiium nuttalliae*) que se cultivan en México, exhiben el color café en diferentes tonos.

Grano negro x café. La herencia de los colores negro y café ha sido estudiada, cruzando varios padres (Gandarillas, 1977) e incluyendo los diferentes tonos conocidos en esta especie. Tanto el progenitor negro como los cafés tenían el pericarpio y el episperma del mismo color, lo cual permitió observar más claramente la forma de herencia de este carácter. En las variedades de planta roja, R el color café del grano queda enmascarado por la betacianina del perigonio que se adhiere a la semilla y que le da la apariencia de grano rojo.

En el cruzamiento de una planta verde de grano negro por otra planta roja de grano café del tipo mencionado, la segregación en la segunda generación dió una relación de 9 negros : 7 cafés, indicando que se trata de un caso de herencia de factores complementarios (Cuadro 6), siendo dominante el negro. Como no existe un tercer color fuera de los anotados, el negro debe estar formado por la interacción de A y C. La designación de los genes fue tomada de los colores café y amarillo, por las razones que se señalan más adelante. El genotipo de los padres fue por tanto AACc (grano negro) y a^c a^c c^c c^c (grano café), siendo estos últimos alelos de las dos series alélicas que interaccionan para el color del grano. En la generación F₂ los genotipos de la población de granos negros es A-C- y de los cafés es Aa^cc^cc^c; a^ca^cCc^c; a^ca^cc^cc^c; AAa^cc^c; a^ca^cCC.

Cuadro No. 6

PROGENIE F₂ DE UN CRUZAMIENTO DE GRANOS NEGROS X CAFES

Segregación	Número de plantas	Número de individuos observados		X ²	P
		negros	cafés		
Observada	48	28	20	0,09	70,80
Calculada	48	27	21	—	—
Desviación	—	1	1	—	—

Los resultados de otro cruzamiento de la misma planta verde de grano negro por planta roja de grano café, diferente incluso botánicamente de la anterior, acusaron una segregación de 9 negros : 4 cafés : 3 amarillos (Cuadro 7). La relación anterior solamente se explica sobre la base de que los genotipos del café y el amarillo están en la misma serie alélica, lo cual fue confirmado en otro cruzamiento en el que participó este mismo grano de color café. Los genes para amarillo $a^c a^c$ ó $c^c c^c$ son alelos recesivos, ya sea de aa o cc y el café que participó en este cruzamiento tendrá un genotipo nuevo $a^{cc} a^{cc}$, que sería un tercer mutante del gene A. De este modo el genotipo de los 9 granos negros será A-C; de los 4 cafés $a^{cc} a^{cc} cc$ y de los 3 amarillos A-cc.

Cuadro No. 7

PROGENIE F₂ DE UN CRUZAMIENTO DE GRANOS NEGROS X CAFES

Segregación	Número de plantas	Número de individuos observados			X ²	P
		negros	cafés	amarillos		
Observada	56	36	14	6	2,57	30-30
Calculada	56	31,5	14	10,5	—	—
Desviación	—	4,5	—	4,5	—	—

Grano blanco x café. En un cruzamiento de una planta verde de granos blancos por otra de granos cafés del tipo impregnado con betacianina, la segregación de plantas verdes F₂ dió la siguiente relación de color, 9 cafés : 6 amarillos : 1 blanco. Para calcular la relación anotada no se tomaron en cuenta las plantas rojas, porque como se hizo notar anteriormente, la betacianina enmascara el color. Los resultados de este cruzamiento se muestran en el Cuadro 8.

Cuadro No. 8

PROGENIE F₂ DE UN CRUZAMIENTO DE GRANOS NEGROS X CAFES

Segregación	Número de plantas	Número de individuos observados			X ²	P
		cafés	amarillos	blancos		
Observada	277	148	101	28	4,53	10-20
Calculada	277	156	104	17	—	—
Desviación	—	8	3	11	—	—

La relación de plantas con granos cafés, amarillos y blancos indica que se trata de un caso de herencia de caracteres complementarios, existiendo dos clases de plantas amarillas que se podrían representar $a^c a^c cc$ para uno de los genotipos y $aac^c c^c$ para el otro. La interacción de a^c y c^c (a^c y c^c se comportaron como dominantes sobre los alelos a y c respectivamente) darán el color café. El genotipo blanco estará dado por doble recesivo $aacc$.

Grano amarillo x café. Cuando se cruzó una planta de grano amarillo por una roja de grano café (sin betacianina), la generación F_2 dió la relación 12 cafés : 3 amarillos : 1 blanco, mostrando una vez más la existencia de una serie de alelos múltiples que se complementan para dar un tercer carácter, que como en el cruzamiento anterior, es blanco (Cuadro 9) y el cual, en todos los casos estudiados, se expresa debido al doble recesivo.

El genotipo de los padres será $a^{cc} a^{cc} cc$ (grano café que es el mismo que en el anterior caso estudiado) y aac^{cc} , grano amarillo. Los genotipos de este cruzamiento están por lo tanto constituidos de la siguiente manera: café $a^{cc} c^c$; amarillo aac^c ; blanco $aacc$.

Cuadro No. 9

PROGENIE F_2 DE UN CRUZAMIENTO DE GRANOS AMARILLOS X CAFES

Segregación	Número de plantas	Número de individuos observados			X^2	P
		cafés	amarillos	blancos		
Observada	496	363	106	27	2,54	20-30
Calculada	496	372	93	31	—	—
Desviación	—	9	13	4	—	—

Grano negro x amarillo. Cuando se cruzó una planta de grano amarillo y otra de negro, mencionada anteriormente, se encontró en la segunda generación una nueva forma de factores complementarios constituidos de 12 negros : 4 amarillos, como se puede observar en el Cuadro 10 donde el valor de X^2 muestra un alto grado de concordancia entre el valor observado y calculado.

Cuadro No. 10

PROGENIE F_2 DE UN CRUZAMIENTO DE GRANOS NEGROS X AMARILLOS

Segregación	Número de plantas	Número de individuos observados		X^2	P
		negros	amarillos		
Observada	104	80	24	0,20	30-50
Calculada	104	78	26	—	—
Desviación	—	2	2	—	—

La muestra de grano amarillo usada en esta oportunidad intervino en el anterior cruzamiento (Cuadro 9), de donde se confirma que su genotipo fue aac^{cc} . Los genotipos de los amarillos encontrados en la generación F_2 son de dos clases: aaC y $aac^c c^c$. Del resultado de los cruzamientos analizados se deduce que existen genotípicamente cuatro clases de amarillos A-; C-; a^c - y c^c (siendo recesivo el alelo de la otra serie alélica).

Grano blanco x amarillo. La misma muestra de grano amarillo y planta púrpura empleada en los dos anteriores cruzamientos (Cuadros 9 y 10)

fue cruzada por una de grano blanco. El número de plantas de la segunda generación dió una relación casi exacta de granos amarillos y blancos de 3 : 1, como se puede apreciar en el Cuadro 11.

Cuadro No. 11

PROGENIE F₂ DE UN CRUZAMIENTO DE GRANOS BLANCOS X AMARILLOS

Número de plantas	Número de individuos observados		Relación observada	X ²	P
	amarillos	blancos			
609	458	151	3 : 1	0,03	50-95

El genotipo de la planta de grano amarillo, como se mostró antes, fue representado como aac^cc^c y el del blanco aacc, siendo completamente recesivo en la serie alélica y en todos los cruzamientos en los que se observó este color.

Grano rojo x blanco. En un cruzamiento de grano rojo por grano blanco se observó una relación de 3 rojos : 1 blanco (Cuadro 12). La muestra de grano rojo que participó en este cruzamiento provenía de planta verde, lo que significa que la inflorescencia incluye este color. Pero contrariamente a los casos observados anteriormente, en los cuales el pericarpio y el episperma eran del mismo color, el perigonio y el episperma eran blancos y el pericarpio rojo. En el Banco de Germoplasma de Patacamaya, esta es la única muestra de planta verde con grano rojo.

Cuadro No. 12

PROGENIE F₂ DE UN CRUZAMIENTO DE GRANO ROJO X BLANCO

Número de plantas	Número de individuos observados		Relación observada	X ²	P
	rojos	blancos			
34	27	7	—	0,49	5-10

En cuanto al genotipo que determina el color rojo, se podría concluir que es un aleomorfo de los anteriores factores complementarios A y C, o bien un nuevo gene que solamente afecta el color del pericarpio. Provisionalmente se lo ha designado con la letra a^r, como si se tratara de un alelo de la misma serie, lo cual en principio parece correcto porque en los cruzamientos analizados el color del pericarpio ha determinado el color del grano.

Conclusiones sobre los genes involucrados en el color del grano. Gandarillas (1968 b) consideró que el caso del cruzamiento de grano café x amarillo, que dió una segregación de 9 cafés : 6 amarillos : 1 blanco, se podía deber a genes aditivos porque observó diferentes tonos de los colores mencionados y los designó como C₁C₁C₂C₂. Pero con los nuevos resulta-

dos analizados en este capítulo, es muy claro que se trata de factores complementarios para producir los colores negro y café, siendo ellos los alelos, A, C, a^c, c^c, a^{cc}, a, c, los cuales, cuando están en condición dominante, son amarillos y cafés claros. Hay que resaltar que tanto el gene A como el C constituyen cada uno de ellos una serie alelomórfica independiente. Hasta el presente se conocen cinco alelos de la serie A: A, a^c, a^{cc}, a, y posiblemente a^r; de la serie C los alelos C, c^c y c. La existencia de las series de alelos es evidente por los resultados analizados, lo que queda por determinar es a cuál de las series corresponde el rojo y el café claro.

El negro depende de la interacción de los genes dominantes A y C; el café de los alelos a^c y c^c que son dominantes sobre a y c, de los cuales depende el blanco. El gene a^{cc} para un segundo tipo de café es dominante sobre a^c (Cuadro 9). El amarillo dependerá de los alelos A, a^c, C y c^c con la condición de que el otro par de factores complementarios sean recesivos. En el Cuadro 13 se muestra un resumen del color del grano y su respectivo genotipo.

Cuadro No. 13

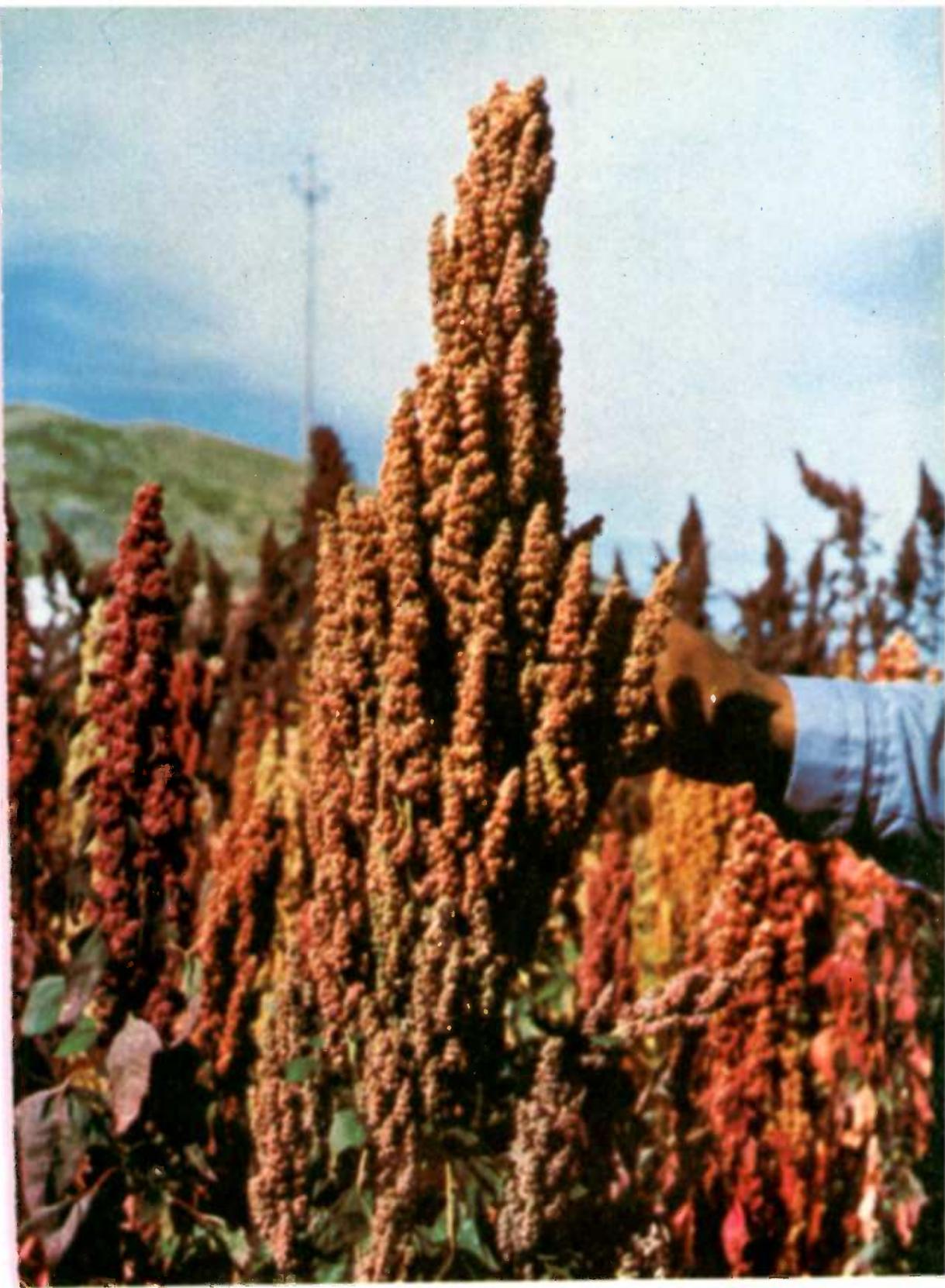
COLOR DEL GRANO Y GENOTIPO

Color del grano	Genotipo
Negro	A — C —
Café	a ^c a ^c c ^c c ^c , a ^c -c ^c -
Café claro	a ^{cc} a ^{cc} cc
Amarillo	A —, C —, a ^c -, c ^c (siendo recesivo el alelo de la otra serie alélica)
Rojo	a ^r a ^r
Blanco	aa cc

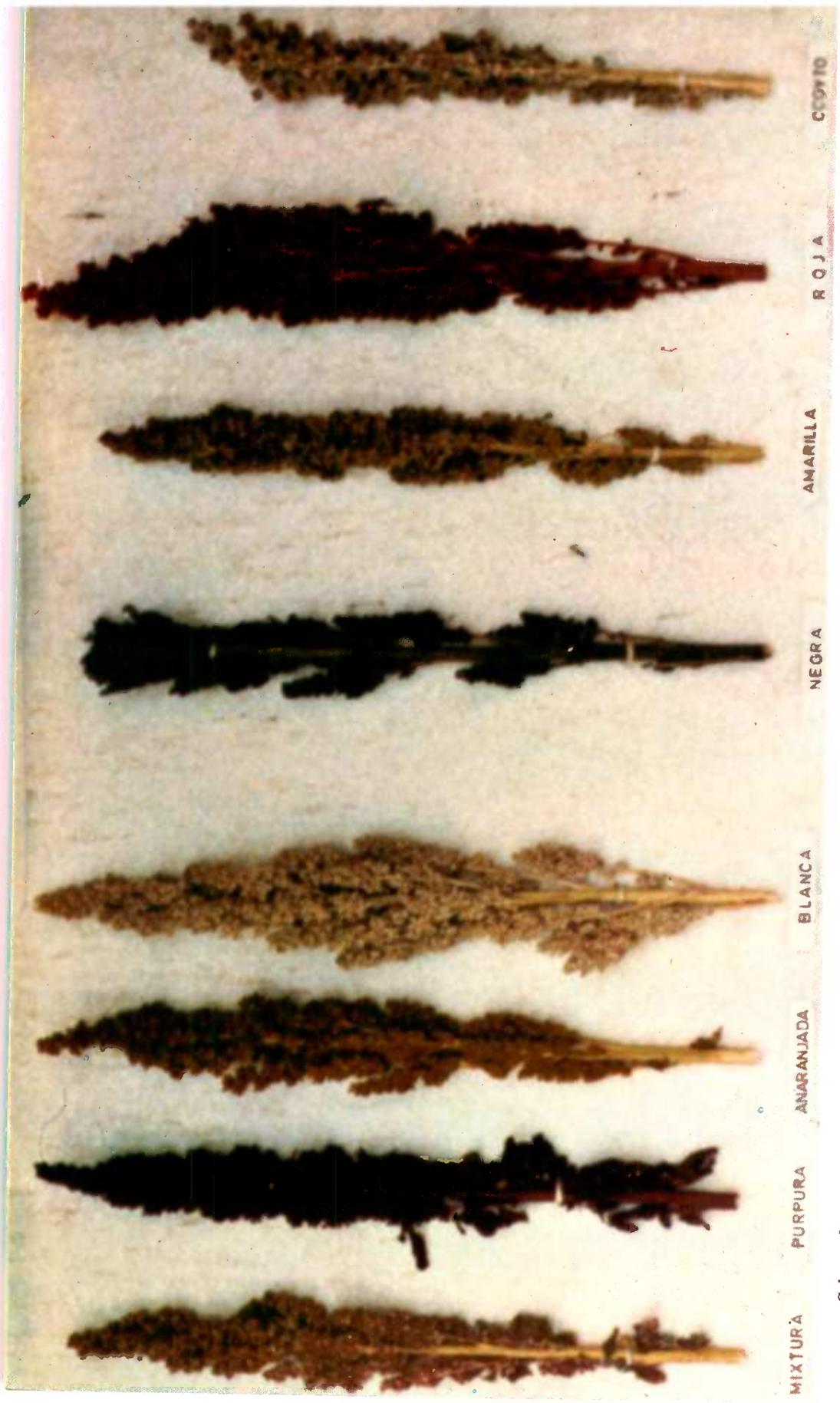
Heisser y Nelson (1974) consideran que los colores claros de la quinoa son mutantes del negro silvestre, porque cuando cruzaron una planta de semillas claras de *Chenopodium quinoa* Willd. de procedencia boliviana, con otra igualmente de granos claros de *Ch. nuttalliae* Saff., el híbrido resultante fue de semillas negras, lo cual explican ellos sobre la base de un caso de complementación genética, habiéndose producido una mutación en diferentes locus de los dos padres. La observación anterior explicaría la forma de herencia de los colores negro y café, analizados anteriormente.

Los estudios que se hagan en el futuro sobre ligamentos, permitirán conocer la ubicación de los genes en los cromosomas respectivos y a los citogenetistas la forma de identificar los cromosomas. Lamentablemente, en vista del tamaño tan reducido de las anteras que no sobrepasan de un milímetro, habrá que idear métodos sencillos para hacer este tipo de estudios.

Las dos series alelomórficas que determinan los colores del grano, implican que los genes se encuentran en dos pares de cromosomas, estando en uno de los pares la serie A y en el otro la serie C. Si no existiera esta al-



Variedad de colores de la quinua. (Foto M. Tapia).



Colores de panoja de quinua. (Foto M. Tapia).

ternativa, no se podría encontrar una explicación satisfactoria para todos los casos que se han presentado. En esto han intervenido unas pocas muestras correspondientes a diferentes razas botánicas, en cuyo complejo cromosómico han participado en el pasado varias especies del género *Chenopodium* (Wilson 1976, 1976 b).

El color amarillo, que sería la expresión de cuatro pares de genes, evidentemente es el más generalizado en las razas de quinua conocidas tanto en el Perú como en Bolivia, (Gandarillas, 1968). Al cruzar sistemáticamente dichas razas, se podrán sintetizar el café y el negro y asimismo determinar la serie aleomórfica a la que corresponde. El caso presentado por Heisser y Nelson (1974) es un buen ejemplo de lo que se podrá lograr sobre la herencia del color del grano.

Granos con carácter Chullpi

Además de los colores estudiados, los granos de la quinua poseen otros caracteres comunes y apreciados por los nativos de los Andes, como el Chullpi que es diferente del normal. Su perisperma es cristalino, como el endosperma del maíz Chullpi que está controlado por un gene recesivo (su).

La generación F_1 resultante del cruzamiento de Chullpi x normal fue normal y la generación F_2 (Cuadro 14) segregó en la proporción de tres normales Su y un Chullpi su, lo que muestra que se trata de un caso de herencia mendeliana simple.

Cuadro No. 14

GENERACION F_2 DE GRANOS CHULLPI X NORMAL

Progenie F_2		X^2	P
normal	chullpi		
67	32	2,43	10-20

Herencia del tipo de inflorescencia

Son muy pocos los caracteres que han sido estudiados en la inflorescencia de la quinua, no obstante la importancia que tiene desde el punto de vista agronómico para ver, especialmente, su relación con el rendimiento. Siendo la panoja suelta o compacta, grande o pequeña, tiene indudablemente efecto sobre la producción. Los únicos caracteres estudiados han sido la clase de panoja y el color de la misma.

Clase de panoja. En la colección de germoplasma boliviano, constituida por muestras de Bolivia, Perú y Ecuador, con más de 900 entradas, se ha observado que la inflorescencia solamente puede ser glomerulada o amarantiforme. Estudiando el número de genes que controlan este carácter, se encontró en la segregación de la segunda generación una relación de 3 glomeruladas: 1 amarantiforme, como se puede observar en el Cuadro 15.

Cuadro No. 15

HERENCIA DE LA CLASE DE PANOJA

Número de plantas	Número de individuos observados		Relación	X ²
	glomerulada	amarantiforme		
1.156	891	265	3,3 : 1	2,65

El anterior carácter, que fue estudiado junto con el color de la planta y el contenido de saponina en el fruto, no está ligado a ninguno de los nombrados. Esta es una indicación de que el locus respectivo se halla en cromosomas diferentes, lo cual desde el punto de vista de su mejoramiento es una ventaja para lograr las combinaciones más adecuadas para mejorar la calidad y el rendimiento.

Color de la inflorescencia. El color de la panoja se debe a la misma serie de alelos R, r^p y r, que determina el color de la planta, de donde resulta que los colores de la inflorescencia son el rojo, el púrpura y el verde. Cada uno de los colores anotados no es exactamente el mismo en cada una de las razas de quinua conocidas, sino que existen diferentes tonos alrededor de cada uno de ellos.

Contenido de saponina

Entre los objetivos básicos del mejoramiento de la quinua, se encuentra en primer lugar, la selección de variedades dulces, carácter debido a la ausencia de saponina. En los programas de mejoramiento realizados en Patacamaya (Bolivia) se logró aislar algunas panojas dulces en muestras provenientes de las proximidades del lugar mencionado. Estas se cruzaron con variedades amargas para estudiar la forma de herencia de este carácter.

Los resultados logrados del cruzamiento de plantas dulces por amargas se presentan en el Cuadro 16. Se puede observar que el carácter en cuestión se encuentra controlado por un par de factores D y d, siendo recesivo el carácter dulce, lo que constituye una ventaja porque facilita su selección en la generación F₂ para aislar las plantas libres de saponina.

Cuadro No. 16

PROGENIE F₂ DE UN CRUZAMIENTO DE GRANO DULCE X AMARGO

Número de plantas	Número de individuos observados		Relación	X ²
	amargos	dulces		
1.096	813	283	2,9 : 1	0,39

De acuerdo con investigaciones realizadas posteriormente, el carácter dulce no sólo está presente en ecotipos de las proximidades de Patacamaya

ya. También se ha encontrado este valioso carácter en la raza Junín que se cultiva en el centro del Perú, y de la cual se pueden aislar fácilmente plantas dulces con la ventaja de su adaptación en valles más cálidos y relativamente húmedos. Asimismo se ha observado que la variedad Chia, que corresponde a la especie *Chenopodium nuttalliae*, cultivada en México, posee este carácter.

Esterilidad masculina

La inflorescencia normal tiene en la misma panoja flores hermafroditas y femeninas. El porcentaje de estas últimas difiere según la variedad, dándose incluso el caso de que en un glomérulo únicamente la flor apical es hermafrodita (Leon, 1964). La esterilidad masculina es observada frecuentemente en las diferentes razas de quinua cultivadas en el altiplano. Gandarillas (1968) observó que algunas muestras del material coleccionado en Challapata (Oruro, Bolivia) presentaban este carácter.

Con el objeto de conseguir, eventualmente, variedades híbridas a partir de las muestras macho estériles, que son amargas, se hicieron cruzamientos y retrocruces para transferirles el carácter dulce (dd) recesivo, hallándose que en la quinua existía esterilidad masculina genética y citoplásmica.

La esterilidad masculina es un carácter fácil de distinguir porque la panoja está constituida únicamente por flores femeninas. A simple vista y en plena floración, sólo se observan los estigmas de las flores emergiendo de los periantios, mientras que las hermafroditas tienen anteras amarillas conspicuas y producen abundante polen. En las flores estériles, se observan vestigios de androceo bajo el microscopio.

Esterilidad genética

Las muestras macho estériles de Challapata, identificadas con los números 647 y 649, fueron cruzadas con quinuas dulces. En la generación F_1 todas fueron fértiles y en la generación F_2 segregaron en proporción de 3 fértiles y una estéril (Cuadro 17), mostrando que poseían esterilidad genética controlada por el gene mismo, que es un carácter recesivo, y el normal dominante Ms Ms.

Cuadro No. 17

GENERACION F_2 DE QUINUA ESTERILES X DULCES

Cruzamientos	Progenies		X ²	P
	Normales	Estériles		
647 x 563	121	36	0,358	60
647 x 579-15	141	38	1,357	25
649 x 1384-185	105	38	0,188	77
649 x 579-12	89	16	5,336	3
649 x 563	30	21	—	—

El cruzamiento 649 x 1.384-185 muestra un valor X^2 muy bajo y el cruzamiento de la muestra 649 por la dulce 563 de valores completamente desviados de la relación mendeliana simple (3 : 1). Esto se explicaría sobre la base de que el número de individuos observados fue pequeño ya que aparentemente no existe otra posibilidad.

Por su parte Simmonds (1971), en una muestra proveniente de Batallas (Bolivia), observó también la existencia de esterilidad masculina genética. Según el autor citado, casi todas las quinuas son ginomonoicas (Ms-) ya que llevan mezclas de flores femeninas y hermafroditas. En las plantas macho estériles ms ms, las anteras son abortivas, siendo por tanto funcionalmente femeninas. Los resultados obtenidos de sus trabajos se muestran en el Cuadro 18, donde 101 familias heterocigotas rindieron una relación 2017 Ms- : 691 msms, dando una relación de 3 : 1.

Simmonds estudió también el efecto de la injertación para transmitir la esterilidad citoplásmica, habiendo obtenido resultados negativos. Los injertos se hicieron en el estado plántula, cuando tenían cinco hojas, empleando los métodos de injerto y aproximación. No se encontraron efectos visibles de la injertación.

Cuadro No. 18

CRUZAMIENTO DE PLANTAS FEMENINAS DE QUINUA DE DOS FUENTES
(Según Simmonds, 1971)

Padres	Familias	Progenie		X^2
		Hermafroditas	Femeninas	
1. Msms de Msms	101	2.017	691	0,448
2. Msms de femeninas	75	1.866	643	0,527
Total 1 - 2	176	3.883	1.334	0,975

Esterilidad citoplásmica

Una tercera muestra macho estéril (650) proveniente también de Challapata (Gandarillas, 1977), fue cruzada y retrocruzada con varias quinuas dulces (Cuadro 19), habiendo dado lugar en ambas generaciones a plantas macho estériles, no obstante que la quinua dulce empleada en estos

Cuadro No. 19

PROGENIE BC₁ DE QUINUA DULCE SOBRE ESTERIL

Cruzamientos y retrocruces	Número de individuos estériles
(650 x 579-12) x 579-12	53
(650 x 1385-205) x 1385-205	77
(650 x 1385-205) x 1377-17	43
(650 x 1385-205) x 617-5	89
(650 x 1385-205) x 1384-185	52

cruzamientos posee genes Ms, como se mostró anteriormente. En los retrocruces no se encontraron plantas hermafroditas, lo cual es una buena evidencia de que se trata de esterilidad citoplásmica.

Como la presencia de plantas estériles es bastante frecuente en las poblaciones de siembras comerciales de quinua, no será difícil en el futuro encontrar material con esterilidad masculina mixta, es decir genética y citoplásmica, como es el caso del sorgo y la cebolla, en los cuales el rendimiento ha sobrepasado límites imprevisibles. Normalmente, los rendimientos promedios comerciales de sorgo en los países productores de esta especie están sobre las cinco toneladas, lo que significa que de la quinua se puede esperar igual producción, haciendo un buen empleo de este carácter.

Ligamento de los genes R, Ax y Ms

Al estudiar la herencia de plantas rojas, axilas pigmentadas y esterilidad masculina genética, Simmonds (1971) encontró que estos tres genes se hallaban ligados en el siguiente orden y porcentaje:

Ax-----8%-----R-----35%-----Ms.

Los genes para color de axila y esterilidad masculina están separados en cerca de 50 unidades. Las cifras que se muestran en el Cuadro 20 fueron obtenidas, según el autor citado, en poblaciones hermafroditas autofecundadas, fenotípicamente R, Ax o MsR, aunque no está seguro de que exista evidencia de ligamento entre los genes Ms-Ax.

Cuadro No. 20

LIGAMENTO EN QUINUA (Simmonds, 1971)

Locus (A-B)	Familias	Progenie				Ligamento	p. ± se
		AB	Ab	aB	ab		
Ms-Ax	23	492	149	165	56	—	—
R-Ax	11	202	95	81	1	29,16 (R)	11,3-5,1 (7,8-1,9)
R-Ax	5	122	8	28	23	29,98 (C)	7,3-2,0
Ms-R	7	146	55	50	4	7,68 (R)	29,2-5,7 (34,5-2,6)
Ms-R	11	273	60	66	41	17,60 (C)	36,0-3,0

ORIGEN DE LA QUINUA

Se han hecho bastantes progresos sobre la herencia de los diferentes caracteres de la planta, en cambio no se ha estudiado convenientemente la citogenética de la quinua para comprender mejor la forma de herencia de los caracteres complementarios que determinan el color de los granos, ya que aquellos están estrechamente relacionados con su origen. A pesar del hecho anotado, se tratará de explicar el origen, y más específicamente el

centro de origen y el origen genético, con los nuevos aportes y los conocimientos existentes.

Centro de origen

Desde que Vavilov estableció que el centro de origen de una planta cultivada es aquella región con la mayor diversidad de tipos, tanto de plantas cultivadas como de sus progenitores silvestres, todos los autores que han escrito sobre el origen de la quinua, están de acuerdo en considerar que es originaria de los Andes. Bukasov (1965), quien visitó México, Centroamérica y Colombia como miembro de una expedición rusa para coleccionar especies cultivadas, considera que su cultivo en los Andes del Perú y Bolivia es muy antiguo y que de allí fue llevada hacia el norte hasta Colombia y hacia el sur hasta Chile. Cárdenas (1969) está de acuerdo con este autor en que los países indicados son la patria de origen de la quinua. En cambio Voltz (citado por Bukasov, 1965) supone que se habría originado entre los Chibchas que vivían en la sabana de Bogotá, de donde habría sido llevada al altiplano. La opinión anterior tiene poca sustentación en vista de que estudios posteriores (Gandarillas, 1977) muestran concluyentemente que el centro de origen va desde el sur del nudo de Pasco hasta el altiplano boliviano, por la diversidad de ecotipos observada.

La mayor variación de quinuas cultivadas se encuentra alrededor del lago Titicaca, entre el Cuzco (Perú) y el lago Poopó (Bolivia), de acuerdo a una clasificación botánica efectuada por Gandarillas (1968) en material coleccionado en el Ecuador, Perú y Bolivia. En el Cuzco se cultivan tres razas: Cuzco, Sicuani y Puca. En la cuenca del lago Titicaca, que comprende territorios de Perú y Bolivia, cuatro: Copacabana, Dulce, Achacachi y Puno. Al sur de la anterior, es decir en la cuenca del lago Poopó, dos: Real y Challapata. Al norte del Cuzco se encuentran cuatro razas morfológicamente muy distintas que se caracterizan por tener la panoja suelta y las hojas aserradas, entre las cuales se incluyen: Pichincha, Ancash, Cajamarca y Junín. Finalmente, en los valles interandinos ubicados al sureste del lago Titicaca, están las cuatro razas siguientes: Potosí, Sucre, La Glorietta y Cochabamba. Algunas razas son comunes a los dos países como es el caso de las razas Cuzco y Potosí que se cultivan al este del lago Poopó y en el Cuzco respectivamente. Por la ubicación de las razas se evidencia que efectivamente la mayor diversidad se localiza alrededor del lago Titicaca donde se cultivan nueve de las 17 razas identificadas hasta la fecha.

En lo que se refiere a la mayor diversidad de plantas silvestres dentro del género *Chenopodium*, se debe hacer notar primero, que este género ha sido dividido por Aellen y Just (1943) en diez secciones, y segundo, que Wilson (1976) considera que los posibles parientes de la quinua estarían dentro la subsección *Cellulata* de la sección *Chenopodium*. De acuerdo a estos antecedentes, resulta que en los Andes, incluyendo el Ecuador, Perú y Bolivia, no existen sino dos especies silvestres de la subsección *Cellulata*, que son *Chenopodium quinoa*, spp. *mille anum* Aellen y *Chenopodium hircinum* Schradner, aunque de acuerdo a últimas investigaciones biosistémicas, el último autor nombrado considera que las dos especies anteriores deberían estar incluidas en la subespecie *mille anum*.

Se debe recordar que en el hemisferio norte, concretamente en México, se cultiva la especie *Chenopodium nuttalliae* Safford, de la cual se conocen algunas variedades. Según Aellen (1929) y Standley (1931) la especie anterior sería un sinónimo de *Chenopodium quinoa*; y de acuerdo a Standley y Steyermaek (1949), y por otra parte Dressler (1953), la especie cultivada en México habría sido introducida en tiempos precolombinos. Las sugerencias anteriores han sido desvirtuadas por Wilson (1976), demostrando que se trata de dos especies específicamente distintas, lo que sugeriría que tanto *Ch. nuttalliae* como *Ch. quinoa* tienen centros de origen diferentes.

Tomando en cuenta este último concepto, resulta que la especie cultivada en el hemisferio norte tiene numerosos parientes silvestres que llegan a siete, siendo los más próximos *Ch. berlandieri*, *Ch. bushianum* y *Ch. macrocalycium*, por cuanto dieron híbridos fértiles al ser cruzados con *Ch. nuttalliae*.

Origen genético

En la evolución de muchas especies de plantas cultivadas, la poliploidía ha jugado un papel importante en su origen. El trigo, por ejemplo, que es una especie hexaploide, tiene su origen en tres especies diploides: *Triticum monococcum*, *T. speltoides* y *T. tauschii* cada una de las cuales contribuyó con un genomio de 7 pares de cromosomas, siendo por lo tanto el trigo una especie alopoliplide con $n = 21$ cromosomas. Por el caso anterior, así como por el origen de otras especies y con la información disponible, se puede suponer que la quinua es un alotetraploide, en cuyo origen ha intervenido más de una especie.

Estudiando la herencia del color de los granos, Gandarillas (1968 b) encontró que algunos caracteres se heredan en una relación mendeliana simple, como el rojo y el amarillo; en cambio otros, como el negro y el café, se expresan debido a genes complementarios. Según este autor, los genes complementarios provendrían de más de una especie diploide, las cuales al cruzarse dieron origen a la quinua cultivada. Por su parte, Simmonds (1971), después de examinar la herencia del color de la planta y las axilas así como el tipo de esterilidad masculina, manifiesta que con la evidencia genética que encontró al estudiar dichos caracteres, la quinua es un anfiploide con herencia disómica, lo que quiere decir que en su origen participaron dos especies diploides con $2n = 18$ cromosomas.

Las observaciones anteriores de Gandarillas y Simmonds fueron confirmadas posteriormente por Wilson (1976) quien, al estudiar el control genético y la distribución de leucinaaminopeptidasa en los *Chenopodium* cultivados *Ch. quinoa* y *Ch. nuttalliae* y sus parientes silvestres *Ch. hircinum* y *Ch. berlandieri* respectivamente, observó en todos la presencia de dos loci polimórficos de la sustancia mencionada. Ello refleja una duplicación genética como resultado de alopoliploidía que no fue observada en las especies diploides examinadas al tiempo con las anteriores, las cuales producen solamente una banda de actividad.

Por los antecedentes anotados, existe bastante evidencia sobre el origen poliploide de la quinua, faltando determinar los padres diploides que

intervinieron en su constitución genética. Sobre este punto se debe mencionar, que entre Ecuador y Bolivia, dentro de la sección *Chenopodium*, la literatura menciona como pertenecientes a la subsección *Cellulata* solamente a *Ch. hircinum*, que es una especie tetraploide que tendría el mismo origen que la quinua. Dentro la subsección *Lejosperma* se menciona a *Ch. petiollare* de la cual existe una amplia variación, *Ch. pallidicaule* que es la kañiwa, y *Ch. carnosolum* que crece en lugares salobres y fríos. Para el resto de Suramérica, incluyendo a Chile y Argentina, se han mencionado las mismas especies.

Los hechos anotados sugieren que los ancestros de la quinua ya no existen, o que su origen se encuentra en el grupo de las especies anotadas.

4

Mejoramiento Genético

Humberto Gandarillas

Prácticamente, el mejoramiento de la quinua se inició a partir de 1965 en la Estación Experimental de Patacamaya, Bolivia, con base en un programa contra el hambre de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), financiado por la institución inglesa Oxford Famine Relief (OXFAM) y el gobierno de Bolivia que fue nombrado sede del programa. Con miras a evaluar tanto la quinua, como planta potencialmente importante para cultivo extensivo, como el método de mejoramiento a emplearse, se hicieron estudios previos sobre su modo de reproducción, herencia, métodos culturales y otros factores afines.

Trabajos recientes en la estación de Patacamaya han estado ocupados con una selección y evaluación del material genético. En Puno, la Universidad Nacional Técnica del Altiplano ha venido desarrollando un plan de selección de variedades para diferentes ecosistemas andinos.

Para alcanzar el resultado esperado en el mejoramiento de la quinua y justificar la inversión de las diferentes instituciones en tal sentido, se requiere un conocimiento cabal y exacto de su estructura genética y de su interacción con los diferentes factores ambientales. Sin el conocimiento profundo de los fundamentos del mejoramiento de las diferentes especies vegetales y la participación de otras ramas de la ciencia como la genética, la fitopatología, la entomología, la química, la estadística, y otras, lo más que se podrá lograr es un ligero aumento del rendimiento.

En el presente capítulo se indican algunos conocimientos básicos para planificar el mejoramiento genético de la quinua, los cuales si se aplican adecuadamente permitirán obtener rendimientos similares a los de otros países con el maíz, el sorgo, el arroz, la cebada, etc. El mejoramiento pretende lograr una quinua libre de saponina, de alto rendimiento, grano grande, buena calidad culinaria, tallo erecto con la panoja definida, y resistente a enfermedades, que pueda competir con otros cultivos exóticos introducidos en los Andes.

BIOLOGIA REPRODUCTIVA

Los estudios efectuados sobre el método de reproducción de la quinua son relativamente pocos. No obstante, constituyen una base para iniciar un buen programa de mejoramiento. La información valiosa con que se cuenta sobre su biología floral y modo de reproducción, permite emplear técnicas apropiadas de mejoramiento genético.

Tipos de flor en la panoja

En el mismo glomérulo de una panoja se pueden encontrar flores hermafroditas y pistiladas, siendo su porcentaje variable y pudiéndose encontrar algunas inflorescencias de flores solo pistiladas (Gandarillas, 1976). Rea (1969) hizo observaciones detalladas sobre el porcentaje de los diferentes tipos de flores en la misma panoja, clasificando el material estudiado en tres grupos principales: 1) Predominio de flores femeninas y presencia de androestériles; 2) Predominio de flores hermafroditas, y 3) Intermedias entre femeninas y hermafroditas en porcentajes variables. El encontró que el mayor número estaba incluido en este grupo. En el material estudiado en la Estación Experimental de Patacamaya solamente se encontraron unas pocas plantas androestériles, lo que significa que la observación del primer grupo no es común, como tampoco las hermafroditas predominantes. Posteriormente se determinó que la androesterilidad total se debía a esterilidad masculina genética o citoplásmica (Gandarillas, 1969; Simmonds, 1971).

Duración de la floración

Cada flor de la panoja permanece abierta de 5 a 13 días (Erquínigo, 1970; Rea, 1948). En vista de que no todas las flores se abren simultáneamente, Gandarillas (1976) hizo estudios para determinar el tiempo que dura la floración en una panoja, constatando que todas las flores se abrían de 12 a 15 días (Cuadro 1). En cuatro muestras estudiadas encontró que el porcentaje de flores abiertas era similar en cada una de las fechas en que se hicieron las determinaciones.

Por cuestiones prácticas, para hacer cruzamientos, el mismo autor determinó que la floración en un glomérulo dura alrededor de 7 días, lo que

Cuadro No. 1

DURACION DE LA FLORACION EN UNA PANOJA

Fecha de observación	Muestras y porcentaje de flores abiertas				
	482	645	646	647	648
4-1-66	1	0	5	0	0
7-1-66	50	70	65	50	40
13-1-66	96	95	95	90	95
16-1-66	98	99	97	99	100
19-1-66	100	100	100	100	100

quiere decir que las flores hermafroditas habrían de castrarse durante este periodo.

La floración se produce progresivamente a partir de las flores apicales de cada glomérulo. Por lo general, se abren al mismo tiempo las flores hermafroditas y las femeninas (homogamia). Se observa también algún grado de protandria o protiginia sin clara predominancia de una u otra, lo cual para propósitos de autofecundación o cruzamientos no tiene mayor importancia.

La dehiscencia del polen se realiza desde el alba hasta el anochecer pudiéndose hacer la recolección en bolsas de papel, como en el caso del maíz, o en lunas de reloj.

Asimismo, se observan flores hermafroditas abiertas todo el día. La máxima intensidad de floración se produce a las 12.00 horas del día, llegando las flores abiertas al 37,8 por ciento (Quispe y Vera 1976).

Modo de reproducción

Sólo existen suposiciones sobre el modo de reproducción de la quinua, unas basadas en la siembra de material que asumen que en alguna ocasión fue heterocigota, y otras en observaciones directas de las inflorescencias. En vista de ello, se consideró que la quinua es una planta de fecundación cruzada como el maíz (Ochoa, 1945), o que bien podrían existir variedades alógamas o autógamias (Rea, 1969). Para determinar el porcentaje de polinización cruzada, Gandarillas (1976) realizó una serie de experimentos en los cuales calculó el porcentaje de plantas púrpuras resultantes de siembras de semillas de plantas verdes polinizadas espontáneamente por coloreadas, dado que estos últimos caracteres son dominantes sobre la planta verde.

En la progenie de tres poblaciones cosechadas en diferentes localidades próximas a la Estación Experimental de Patacamaya, encontró que el porcentaje de polinización cruzada varía entre 2,0 y 9,0 por ciento, como se puede apreciar en el Cuadro 2. Los porcentajes de polinización cruzada más bajos se mostraron en los descendientes de las plantas cosechadas en la Estación Experimental de Patacamaya; los más altos, en los de las

Cuadro No. 2

PORCENTAJE DE POLINIZACION CRUZADA EN LA QUINUA

Planta	Procedencia de las plantas	Número de plantas		Porcentaje de cruzamiento
		verdes	púrpuras	
1	Patacamaya	247	9	3,5
2	Patacamaya	286	6	2,0
3	Sicasica	364	25	8,6
4	Sicasica	338	17	4,7
5	Chiarumani	264	27	9,0
6	Chiarumani	268	14	5,2

semillas provenientes de las localidades de Sicasica y Chiarumani. Los resultados muestran que existen diferencias tanto varietales como también entre plantas de la misma variedad.

Porcentaje de polinización cruzada

Gandarillas (1976) determinó el porcentaje de alogamia en dos campos de cultivo de quinuas de plantas verdes que se encontraban contiguos a otros de plantas coloreadas. En su trabajo, cosechó plantas que se encontraban a 1,5, 10 y 20 metros, para estudiar la distancia máxima a la que podría llegar el polen arrastrado por el viento. Los porcentajes de polinización cruzada disminuyeron a medida que aumentó la distancia entre las plantas desde 9,9 por ciento a un metro de distancia, hasta 1,5 por ciento a 20 metros. Como en el caso anterior, se encontró que la variedad tenga efecto sobre este porcentaje (Cuadro 3).

Cuadro No. 3

PORCENTAJE DE POLINIZACION CRUZADA A DIFERENTES DISTANCIAS DE SIEMBRA

Distancias en metros	Color de la planta polinizadora	Número de plantas		Porcentaje de cruce
		verdes	púrpuras	
1	Planta púrpura, grano rojo	614	68	9,9
5	Planta púrpura, grano rojo	648	19	2,8
10	Planta púrpura, grano rojo	656	18	2,6
20	Planta púrpura, grano rojo	743	4	0,5
1	Planta púrpura, grano amarillo	330	15	4,3
5	Planta púrpura, grano amarillo	459	6	1,3
10	Planta púrpura, grano amarillo	287	6	2,0
20	Planta púrpura, grano amarillo	393	6	1,5

Los resultados anteriores indican que frecuentemente la quinua es una especie de fecundación autógama ya que el porcentaje de alogamia no sobrepasa de 10 por ciento, al menos en el material estudiado que corresponde al altiplano central de Bolivia.

Esto significa que para su mejoramiento hay que emplear las mismas técnicas usadas para los cultivos de este grupo, entre los cuales se incluye el sorgo. El hecho de que exista un cierto grado de polinización cruzada, apunta a la necesidad de emplear algún método para prevenir su ocurrencia en las variedades y líneas a lo largo del proceso de mejoramiento y en los programas de producción y distribución de la semilla.

La autofecundación y su efecto sobre el vigor de la progenie

El sencillo método ideado para autofecundar la quinua consiste en encerrar la inflorescencia en una bolsa de papel, doblándola alrededor del eje de la inflorescencia con el cuidado de incluir algunas hojas para tener humedad adecuada y cerrándola con una grapa o clip, como se hace con el

maíz, por ser más eficiente y rápido. El tamaño adecuado de bolsa es de 30 centímetros de largo por 10 de ancho. Se recomienda que la bolsa sea fuerte (papel kraft de 50 lb) y pegada con goma resistente al agua para que soporte la lluvia. La bolsa puede dejarse hasta la cosecha y ser usada para anotar la fecha, la variedad o línea, las autofecundaciones, el polen empleado en los machos estériles, y otros aspectos.

Debido a que con la lluvia el papel absorbe humedad su peso aumenta y las plantas de quinua se rompen o vuelcan, por falta de firmeza para soportar este peso adicional. Para evitarlo, es aconsejable sostenerlas con un soporte de bambú o una vara de madera, como se muestra en la Figura 1. Por la experiencia adquirida en la Estación Experimental de Patacamaya, es conveniente que el bambú sea suficientemente largo como para asegurar



Figura 1. Embolsado de los glomérulos fecundados. Obsérvese la varilla de sostén.
(Foto H. Gandarillas).

la bolsa a él, y con holgura suficiente para deslizarse a medida que se desarrolla la planta. No hay que olvidar que la quinua continúa creciendo hasta aproximarse a la madurez.

El efecto detrimental de la autofecundación sobre el vigor se ha determinado midiendo el rendimiento y la altura de las plantas. En especies de fecundación cruzada como el maíz, se observa que la mayor presión de endocria (Jones 1939) se produce en las primeras generaciones. Gandarillas (1967), con el objeto de estudiar dicho efecto, autofecundó por dos generaciones sucesivas las muestras de quinua 483, 543 y 638 de las cuales la primera botánicamente corresponde a la raza Dulce y las otras a Real. La pérdida de vigor se midió comparando el rendimiento, la altura de la planta y el tamaño de la panoja de los padres y las generaciones autofecundadas. Según los resultados obtenidos, la autofecundación no afectó el rendimiento de grano, en ninguna de las tres muestras estudiadas (Cuadro 4).

Cuadro No. 4

RENDIMIENTO DE DOS GENERACIONES AUTOFECONDADAS DE QUINUA
COMPARADAS CON LOS PADRES

Generaciones	Muestras			Promedio
	483	543	638	
s ₀	1.227	1.351	993	1.190
s ₁	931	1.084	1.287	1.100
s ₂	1.259	1.339	1.080	1.224

El hecho anotado muestra que el rendimiento no es afectado por la autofecundación, lo cual es importante en la selección de plantas individuales para formar líneas a fin de uniformar algunos caracteres sin alterar el rendimiento.

La altura de la planta es un carácter muy sensible a la autofecundación en plantas de fecundación cruzada como el maíz. En la quinua, la autofecundación no mostró ningún efecto (Cuadro 5), ya que la altura promedio de los padres y las dos generaciones autofecundadas fue prácticamente similar, siendo la diferencia de 7 milímetros en favor de la segunda generación. El tamaño de la panoja de los padres y de la primera generación fue el mismo, y el de la generación s₂ ligeramente superior aunque no se encontró que fuese estadísticamente diferente.

Cuadro No. 5

ALTURA DE LOS PADRES Y LAS GENERACIONES S₁ Y S₂ EN CENTIMETROS

Generaciones	Muestras			Promedio
	484	543	638	
s ₀	44,5	43,7	51,7	46,6
s ₁	41,3	46,2	52,5	46,7
s ₂	44,9	41,3	55,9	47,4

Los resultados mencionados muestran claramente que en la quinua se deben emplear métodos de mejoramiento similares a los utilizados para las plantas autógamas. Sin embargo, se debe tomar cierta precaución para prevenir la posibilidad de alguna fecundación cruzada durante el proceso de mejoramiento y producción de semilla, con el objeto de mantener la pureza genética del material. Las técnicas de mejoramiento que se emplean con el sorgo y el algodón pueden muy bien adaptarse a la quinua y esto es lo que se ha hecho en la Estación Experimental de Patacamaya. Allí se emplearon sobre todo las técnicas utilizadas en el sorgo, porque entre ambas especies hay muchos caracteres comunes como la forma de la inflorescencia, la altura de la planta y la presencia de machos estériles.

TECNICAS DE MEJORAMIENTO

Hasta ahora no se han aplicado con intensidad métodos de mejoramiento, como sucede con otros cultivos tradicionales originarios de los Andes. El mejoramiento de esta planta empezó a surgir como preocupación a mediados de los sesentas ante la necesidad de obtener un cultivo de alto rendimiento en condiciones marginales a las de los cereales del viejo mundo. A continuación se resumen las técnicas más recomendables para este propósito.

Selección surco-panoja

El método de selección surco-panoja, que consiste básicamente en aislar fenotipos para evaluarlos posteriormente por su genotipo, descansa en el principio establecido por Vilmorin, en Francia, quien señaló que "el camino para evaluar un individuo es ensayar su progenie". Este método aparece descrito en varios textos.

El material para seleccionar puede provenir de una muestra comercial adquirida en los mercados rurales de los campos de cultivo a lo largo de carreteras, o de las colecciones de germoplasma. La recolección en los campos de cultivo ahorra un año de selección, según el número de panojas escogidas visualmente. Por lo general, los agricultores de los Andes siembran mezclas de formas, variedades y razas, lo que facilita la selección. Aun en el caso de cultivos genotípicamente similares se encuentran variaciones en el tamaño de las semillas, en la altura de las plantas y otros caracteres agronómicos.

El material anterior del primer año se siembra en bloques suficientemente grandes a fin de obtener unas 5000 plantas. Los bloques empleados en Patacamaya tenían surcos de 10 metros de largo separados entre sí 80 centímetros; las plantas se espaciaron sobre el surco a una distancia entre 10 y 20 centímetros. Ultimamente se ha generalizado el empleo de bloques de 5 metros de largo, por la facilidad que ofrecen para el manejo de diversas especies de plantas, tomando en cuenta las rotaciones culturales respectivas.

En las parcelas anteriores se autofecundan plantas seleccionadas de acuerdo con los caracteres buscados, en número no inferior a 100 para no excluir plantas que posean estos caracteres.

El segundo año se siembran las semillas provenientes de cada panoja autofecundada. Se recomienda hacerlo en surcos de 5 metros de largo, cuidando de que las plantas estén suficientemente espaciadas. A intervalos regulares entre 10 a 20 surcos se siembra un surco de una variedad comercial, con fines comparativos.

En esta población se seleccionan los surcos más prometedores y uniformes descartando los indeseables. En la cosecha se puede recoger el surco entero o en parte según la cantidad de material deseada para futuras generaciones.

El tercer año se siembran las plantas seleccionadas con una repetición, a fin de empezar a evaluar la capacidad productora o los otros caracteres agronómicos buscados, como precocidad, hábito de crecimiento, altura de la planta, color de la planta, etc. Cuando se selecciona para la obtención de variedades dulces, la selección se inicia con las plantas autofecundadas, descartando todos los surcos con quinua amarga. Como este carácter es recesivo, no es necesario autofecundar nuevamente; pero se debe tener cuidado de sembrar en un bloque aislado a unos 50 metros de otros cultivos de quinua.

El cuarto año se hacen pruebas de rendimiento con el material seleccionado el año anterior. El quinto año se inician las pruebas regionales de rendimiento. El sexto año se puede iniciar la distribución de semilla mejorada por este método, si la línea seleccionada supera en alguna característica a las variedades locales.

Cuando se emplea la variante de seleccionar las panojas en cultivos de agricultores privados, el segundo año se inician las primeras pruebas de rendimiento con la semilla proveniente de 4 a 5 panojas autofecundadas el primer año. El primer año se puede observar una enorme variación de precocidad, tamaño de planta, tamaño de grano y dulzura de la misma, así como también diversos grados de resistencia a mildiú.

Mejoramiento por hibridación

El método de mejoramiento por hibridación ofrece buenas perspectivas para lograr objetivos como alto rendimiento, tamaño del fruto, resistencia a enfermedades y otros caracteres agronómicos importantes. Dichos caracteres se encuentran presentes en las diferentes razas de quinua o variedades provenientes de las anteriores (Figura 2).

En los estudios realizados en la Estación Experimental de Patacama, se ha encontrado que dentro del material conocido como de grano dulce, el tamaño del grano solamente ha variado entre pequeño y mediano, en cambio en el material amargo se encuentra grano pequeño y grande. Respecto al mildiú, la enfermedad más frecuente en el área de dispersión del cultivo, su tolerancia está asociada a ciertas razas de ambientes con mayor grado de humedad, y temperaturas más altas.



Figura 2. Parcela de cruzamientos de quinua en la Estación Experimental de Patacamaya, Bolivia. (Foto M. Tapia).

Por regla general, los ecotipos de quinua que se cultivan en los valles son de elevada altura, para poder competir por la luz con el maíz junto al cual se siembran. Por otra parte, el hábito ramificado desde la base dificulta la trilla de todas las panojas por la diferencia de altura a que se encuentran. En cambio, la arquitectura de la mayor parte de las razas de quinua cultivadas en el altiplano del lago Titicaca son ideales para la trilla mecánica porque la planta además de tener tamaño reducido, tiene panoja terminal compacta y tallo robusto sin ramificaciones.

El análisis del comportamiento de estos factores, ligados a las diferentes razas de quinua, muestra que las posibilidades de obtener por selección una nueva variedad con los caracteres deseados, son poco probables. Para reunir en una sola variedad más caracteres favorables, hay que recurrir al cruzamiento de una o varias razas.

Como ya se ha hecho notar, cada raza tiene su propio rango de variación y no reúne todos los caracteres agronómicos deseables para seleccionar una variedad de quinua que pueda competir con otros cultivos exóticos, como la cebada. Esta desplazó a la quinua por su precocidad para adaptarse al corto período de lluvias registrado entre diciembre y marzo en los Andes peruano-bolivianos. Además hay que agregar la tecnología desarrollada para su cultivo y el uso de la paja para la alimentación animal. Para utilizarse como forraje el tallo de la quinua debe muchas veces ser molido previamente.

Técnica para el cruzamiento

Pocos son los investigadores que se han dedicado a estudiar métodos rápidos y eficientes para cruzar la quinua. Rea (1948) escogió las flores apicales de los glomérulos. En cada glomérulo hizo de 5 a 6 castraciones, eliminando los estambres con la ayuda de una aguja y el resto de las flores hermafroditas con la misma aguja. Polinizó inmediatamente y a los 5 días raleó y volvió a polinizar. Las inflorescencias las cubrió con un sobre de papel glassine transparente y las sujetó con un clip. Para polinizar tuvo en cuenta que se abrieran otras inflorescencias de la planta madre. Con la ayuda de un pincel aplicó sobre las flores castradas el polen de flores abiertas, el mismo día, y cubrió nuevamente la inflorescencia.

Lescano y Palomino (1976) sugieren para castrar, eliminar antes de la antesis los glomérulos mal conformados, embolsar la panoja en papel glassine y asegurarla con un clip. Para recoger el polen, introducir la inflorescencia en una bolsa de papel de tamaño adecuado y sacudir con cuidado a medio día. Para polinizar y guardar el polen, vaciarlo en cápsulas de las cuales se extrae con un pincel muy delgado para aplicar sobre el estigma cuando esté receptivo. Una vez realizada la polinización volver a embolsar y guardar el polen a una temperatura de 15°C en una estufa calibrada.

Los métodos descritos presentan la desventaja de que la castración debe hacerse en toda la inflorescencia, lo que induce a un alto grado de autofecundación. Al hacer la castración una sola vez, no se eliminan todas las flores hermafroditas porque están en diferentes estados de maduración y porque, cuando son pequeñas, es imposible diferenciarlas de las pistiladas.

En sus trabajos de genética y mejoramiento Gandarillas (1967) ideó otra técnica. En la planta que servirá de madre cortó los glomérulos apicales hasta quedar con 2 ó 3 en la base de la inflorescencia (Figura 3). En estos glomérulos castró todas las mañanas las flores hermafroditas hasta que terminó la antesis que, en términos generales, no duró más de siete días. Para castrar empleó lentes de aumento, dado que las anteras son muy pequeñas. Con una pinza de punta lo suficientemente fina o una aguja de microscopía, separó las anteras haciendo lo posible por no dañar el estigma. Para polinizar recogió el polen en una pequeña luna de reloj, sacudiendo la inflorescencia que debía servir de padre. Luego, con un pincel de pelo de camello vació el polen sobre la inflorescencia castrada. Esta operación se repitió los días que duró la castración.

Desde la primera castración hasta la maduración de los frutos, se aíslan los glomérulos con una bolsa pequeña de papel delgado. En la etiqueta empleada para la identificación del cruzamiento, se anotan los padres participantes, el número y la fecha del cruzamiento. En la libreta de cruzamientos se anota el número de la parcela madre, y el de la planta madre sobre el surco respectivo de la parcela, a fin de localizar las plantas cruzadas en el momento de la cosecha.



Figura 3. Reducción de los glomérulos para el cruzamiento. (Foto H. Gandarillas).

Los resultados logrados con la técnica descrita se muestran en el Cuadro 6, donde se anotan las plantas verdes y púrpuras obtenidas en la F_1 de los cruzamientos entre plantas de estos colores. El número de plantas púrpuras indica la cantidad de flores de plantas verdes que efectivamente se cruzaron, por ser este un carácter dominante. La presencia de plantas verdes demuestra que hubo autofecundación. Esta autofecundación se debe a que la rápida maduración de las anteras, de un día a otro, hace difícil castrarlas oportunamente. Por tanto, cuando se hacen cruzamientos es conveniente emplear un marcador genético, para diferenciar en la F_1 las plantas cruzadas. Además del color de la planta que es un buen marcador, se puede usar el color del fruto, la forma de la inflorescencia u otros caracteres dominantes.

Cuadro No. 6

DISTRIBUCION DE PLANTAS EN LA F_1 DEL CRUZAMIENTO DE PLANTAS VERDES POR PURPURAS

Padres (No. del Germoplasma)	Número de plantas púrpuras	Número de plantas verdes
563 x 543	131	70
563 x 543	104	142
499 x 535	40	55
499 x 535	45	127
559 x 535	93	89

Selección de los padres

La selección del material progenitor para los cruzamientos debe ser hecha con cuidado. Hay que tomar en cuenta los objetivos del cruzamiento.

to para combinar adecuadamente los caracteres deseados en la nueva variedad. Este material puede estar constituido por líneas, variedades conocidas y razas, aunque en el caso de la quinua las mejores posibilidades se obtienen al combinar los factores genéticos de los padres que se empiecen a emplear en los programas de mejoramiento. Es decir, que el material actual debe ser elaborado poco a poco, ya que es difícil encontrar los caracteres que desean combinarse en el material existente, especialmente cuando se trata de reducir la altura de la planta, incorporar el carácter dulce y el tamaño grande del grano, en las razas que se cultivan en los valles.

Como los programas de mejoramiento son relativamente recientes, es muy importante conocer bien el material progenitor para asegurar el éxito de los cruzamientos. Para obtener la variedad propuesta, hay que estudiar detenidamente el material local que pueda estar constituido por más de una raza, y el exótico que contenga otros caracteres adicionales.

Ultimamente se ha sugerido, en otras especies, la necesidad de estudiar la heredabilidad y las correlaciones de los caracteres de los padres que serán empleados para sintetizar una variedad (Tellería y Ballón, 1976). A este respecto, Heyne y Smith (1967) resumen un método sugerido por Grafius (1965) para la selección del material parental, llamado "Método Vector", en los siguientes términos: "Establecer una variedad ideal para un gran número de caracteres. Determinar, cuando sea posible, los caracteres de los padres sobre la base de su aceptabilidad y componentes del carácter empleado. Usando los valores medios de los padres, correlaciones y geometría, es posible escoger los padres entre los cuales se espera encontrar en la población resultante los rangos de aceptabilidad de cada carácter".

Método para estudiar la progenie de los cruzamientos

Existen varios caminos para mejorar el material híbrido proveniente de los cruzamientos, en las plantas de autofecundación y las plantas del grupo de polinización frecuentemente cruzadas. Estos caminos dependen del método a seguirse o de su combinación, del tipo específico de material que se cruce, el cual puede variar con el porcentaje de polinización cruzada, de los fondos disponibles para manejar las poblaciones, y de las facilidades existentes en la estación. Lamentablemente, no hay mucha experiencia sobre el mejoramiento de la quinua; los pocos trabajos realizados han sido efectuados exclusivamente en la Estación Experimental de Patacamaya. En esta estación se emplearon los métodos tradicionales usados con las especies comprendidas en el grupo de las autopolinizadas, en el entendido de que la polinización cruzada no excede del 10 por ciento, según las observaciones realizadas.

Hay que recordar que la autofecundación conduce a la homocigosis, y que en cada generación la heterocigosis se reduce a la mitad. De este modo, al cabo de 10 generaciones, todas las plantas serán prácticamente homocigotas, siempre que no existan cruzamientos extraños, aunque estén invo-

lucrados en un gran número de pares de factores. Teóricamente se considera que en la quinta generación habrá un 94 por ciento de homocigosis y en la octava un 99 por ciento, cuando están presentes un par de factores. Con el objeto de entender mejor la razón de los métodos empleados para manejar el material, es necesario recordar que en la práctica se alcanza la homocigosis entre las generaciones F_4 y F_6 . Desde este momento la progeñie de una planta individual se considera suficientemente homocigota para propósitos prácticos, como se verá más adelante.

La multiplicación de la generación F_1 , es la misma para cualquiera de los métodos que se sigan. Además de las semillas híbridas, hay que sembrar los padres, con el fin de determinar si las plantas son provenientes del cruzamiento y no de simples autofecundaciones. En la quinua, con los métodos de cruzamiento empleados actualmente, no se consigue más del 50 por ciento de cruces por la dificultad para emasculiar al mismo tiempo todas las flores hermafroditas, debido al prolongado período de floración en el mismo glomérulo.

Método de la línea o pedigree

Las plantas F_1 producen suficiente semilla para garantizar una abundante población en la generación F_2 , ya que una sola panoja da lugar a un número considerable de ellas. Tanto la generación F_1 como las siguientes pueden sembrarse en surcos de 5 ó 10 metros de largo, espaciando las plantas a 10 centímetros. Ultimamente hay la tendencia a reducir las parcelas a 5 metros por ser una longitud adecuada para el trabajo.

A partir de la segunda generación, la figura más importante del método consiste en estudiar cada uno de los individuos en las generaciones segregantes. Para este propósito se emplea un sistema de registro que permita identificar los individuos de una generación a la siguiente. Se han ideado numerosos sistemas de registro para identificar las progeñies y los padres. Seguramente los más fáciles de entender son los ideados por Hayes y colaboradores (1955), y el del CIMMYT para el mejoramiento del trigo, que está asociado con el uso de computadoras.

La generación F_2 debe ser suficientemente grande para poder encontrar los caracteres fenotípicos de los padres, sobre todo aquellos controlados por varios factores como la talla, el tamaño de la semilla, etc. Una población de 2000 plantas puede considerarse adecuada para seleccionar los caracteres deseados; en tal caso habrá que sembrar 40 surcos de 5 metros de largo.

Actualmente hay suficiente información sobre la heredabilidad en la quinua de algunos caracteres controlados por pocos pares de factores, lo que facilita enormemente la selección. Así, por ejemplo, siendo la quinua dulce un carácter recesivo determinado por un par de genes, en la segunda generación se pueden descartar los individuos amargos y hacer la selección solamente entre el remanente de dulces. Algunos otros rasgos como el color de la panoja, el color de la semilla y otros caracteres cuya forma de herencia se conoce y en los cuales no tiene interés el fitotecnista por no te-

ner valor económico, también pueden ser descartados en esta generación.

La progenie de las plantas F_2 seleccionadas debe sembrarse en líneas (surco-panoja) porque la selección en la generación F_3 incluye primero la línea y después el individuo. Es decir, hay que descartar todas las líneas que no reúnan las condiciones buscadas, y luego seleccionar entre 2 y 10 plantas en las líneas para sembrar separadamente cada una de ellas en un surco-panoja. En algunos casos, se puede cosechar todo el surco y guardar como reserva para estudios posteriores.

En la generación F_4 , la selección puede hacerse ya sea sobre la base de la familia o la línea como en el caso anterior. Es decir, que la familia está constituida por la progenie de las 2 a 10 plantas seleccionadas en la generación F_3 . Normalmente las líneas son fenotípicamente homocigotas a partir de F_4 y F_6 , por esta razón pueden cosecharse en su totalidad para iniciar con ellas los ensayos de progenie, participando como líneas en las pruebas regulares de rendimiento. En el caso de que las líneas sigan segregando, se continuará la selección como en F_3 , aunque lo normal es descartar estas líneas a menos que sean muy prometedoras.

Método masal

Este método, diseñado en Europa, fue uno de los primeros en emplearse, y por su sencillez y economía se le sigue usando con éxito. El método consiste en cultivar en forma masal las generaciones de la F_2 hasta F_6 , y a partir de la última iniciar una selección surco-panoja para aislar las líneas que tiene en mente el fitomejorador. Como el grado de homocigosis aumenta en cada generación, en F_6 una gran proporción de las plantas serán homocigotas para la mayor parte de los caracteres.

Este método puede estar sujeto a numerosas variaciones según los objetivos que se persigan con los cruzamientos. La variedad Sajama fue obtenida de este modo (Gandarillas y Tapia 1976), descartando en la generación F_2 las plantas amargas, y evaluando y seleccionando en las siguientes generaciones los caracteres deseados de vigor, tamaño de la semilla, panoja compacta y grano dulce. En la generación anotada se aislaron 430 líneas dulces, siendo una de ellas la variedad Sajama, que reunía los requisitos buscados.

Normalmente, se mezcla toda la semilla proveniente de F_1 y se siembra en una parcela suficientemente grande para obtener la generación F_2 . La semilla proveniente de esta última se siembra en la misma forma hasta obtener la generación F_6 , a partir de la cual se seleccionan las panojas, previa evaluación, para continuar la selección con el método de línea. La semilla proveniente de cada generación se debe sembrar en cantidad suficiente para obtener una población de unas 30.000 plantas.

Este método puede ser particularmente importante para lograr, mediante una selección a presión, el incremento de la frecuencia de algunos fenotipos deseables. Estos fenotipos, si se conoce su heredabilidad y se emplean algunas correlaciones, conseguirán los propósitos planteados.

Retrocruzamiento

Este método, en el que se debe distinguir el padre donante y el recurrente, consiste principalmente en transferir del donante al recurrente uno o pocos caracteres acondicionados por el mismo número de factores genéticos, en el entendido de que al padre recurrente de buenas condiciones sólo le faltan dichos caracteres. De acuerdo a Heyne y Smith (1967), este método ofrece muchas ventajas y es tal vez el más rápido y económico para alcanzar los objetivos buscados.

La retrocruza en generaciones sucesivas tiene el mismo efecto que la autofecundación para alcanzar la homocigosis. Es decir, que en cada retrocruza la heterocigosis bajará a la mitad, de modo que en la quinta o sexta retrocruza se recobrará el padre recurrente. Con estas aclaraciones, los pasos a seguirse, según Hayes y colaboradores (1955), son los siguientes:

1. Retrocruzar el F_1 de $A \times B$ y A y seleccionar los caracteres deseables del donante (b) en cada generación si éste es dominante.
2. En el caso de que el carácter del donante sea recesivo, se cultivará una población grande de cada retrocruza y se harán suficientes retrocruzas hasta lograr que algunas plantas sean heterocigotas para el factor recesivo que se desea transferir al padre recurrente. Se seleccionará en la progenie autofecundada las plantas que lleven los caracteres del padre donante.

Empleando el padre recurrente el número de retrocruzas es bastante variable. Algunas veces puede ser suficiente de una a tres retrocruzas, porque el tipo recurrente puede obtenerse en poblaciones bastante grandes de las generaciones F_2 o F_3 acompañados por una alta presión de selección.

Después de tres retrocruzas la mayor parte de los caracteres cuantitativos son muy próximos a los del padre recurrente, lo que facilita el trabajo de evaluación y selección.

Uso de la Heterosis

El empleo de variedades híbridas constituidas por la F_1 de cruzamiento de líneas de las cuales una es androestéril, ha contribuido a elevar los rendimientos de algunas especies a límites considerablemente altos. En algunos casos se ha incrementado el rendimiento promedio comercial hasta tres veces. Uno de los ejemplos más conspicuos es el sorgo. Comercialmente, en este cultivo se alcanzan rendimientos promedios de seis toneladas. La quinua en un futuro próximo ofrecerá las mismas posibilidades, porque en ella se ha encontrado esterilidad masculina aprovechable en un plazo relativamente corto.

La presencia de androesterilidad en la quinua fue estudiada por Gandarillas (1969) quien encontró que la esterilidad masculina tenía origen

bien genético o citoplásmico. Los machos estériles que se emplean comercialmente poseen un tercer tipo de esterilidad conocido como génico-citoplásmico, que facilita la obtención de híbridos comerciales. En la quinua no se ha observado este tipo de esterilidad, aunque se puede presumir que existe y será encontrada o inducida en un futuro inmediato. En casi todas las poblaciones de esta especie es frecuente encontrar plantas androestériles, lo que se requiere es estudiarlas hasta encontrar el tipo de esterilidad deseado.

No obstante lo expuesto, la esterilidad citoplásmica puede ser empleada para este propósito, aprovechando el considerable número de semillas en una inflorescencia y la reducida cantidad de semilla que se debe sembrar por hectárea (3 kg). Con una buena programación se puede transferir este carácter a otras líneas y con ellas hacer híbridos experimentales y luego comerciales. Se debe tener presente que para la producción comercial habría que mezclar la semilla híbrida con una línea fértil de grano similar a la anterior.

COLECCION DEL GERMOPLASMA

Antecedentes

Son varias las iniciativas realizadas para la colección de material genético de quinua. Como los primeros trabajos se mencionan las colecciones de los Ings. F. Flores y A. Morales en Puno a partir de 1964. En 1966, el Proyecto de Cultivos Andinos del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, recolectó cerca de 350 entradas en Bolivia, Perú y Ecuador, material que fue distribuido a diferentes instituciones nacionales. El Instituto Boliviano de Cultivos Andinos en la Estación Experimental de Patacamaya, llegó a reunir 1200 entradas en 1967. El Programa de Cereales de la Universidad Nacional Agraria de Perú, también hizo una intensa colección en Perú y Bolivia (Romero et. al. 1977).

El Programa de Andes Altos del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas ha venido apoyando la organización y evaluación de una colección que trata de reunir el material recolectado hasta ahora, más el de áreas no visitadas previamente. En la actualidad se cuenta con unas 1800 entradas, depositadas en Bancos de Germoplasma de Perú y Bolivia (Figura 4).

El material coleccionado abarca las siguientes áreas:

Perú: Puno, Ayacucho, Callejón de Huaylas, Junín.

Bolivia: Oruro, Omasuyos, Tiahuanaco, Patacamaya, NorLipez, Salinas de Garcí Mendoza.

Ecuador: Latacunga.

Chile: Altiplano Norte, Concepción.



Figura 4. Colección de germoplasma de quinua y kañiwa en la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno. (Foto M. Tapia).



Figura 5. Evaluación del germoplasma de quinua en Puno, año 1976. (Foto M. Tapia).



Figura 6. *Evaluación del germoplasma de quinua en el Cuzco, condiciones de valle interandino, año de 1977. (Foto M. Tapia).*

Resultados

Se ha encontrado que existe una fuerte diferenciación entre los ecotipos de altiplanos o tierras altas y los de los valles, por lo cual es necesario mantener dos lugares de evaluación. Las muestras de Concepción, Chile, en una latitud de 37° S y al nivel del mar, pueden ser consideradas como un grupo especial, con quinuas adaptadas a fotoperiodos más largos.

En el primer año de evaluación de las colecciones, se han encontrado fuertes segregaciones en la mayoría de los ecotipos, especialmente de caracteres como color de panoja, tipo de la misma y coloración del grano.

Otros factores que varían fuertemente son la resistencia a enfermedades como el mildiú y al ataque de plagas como la "kcona kcona", lo que hace pensar que el fitomejoramiento tendría gran campo de acción. En la evaluación de la colección de germoplasma es importante no sólo la productividad sino la calidad del grano. Esta última incluye características como coloración y tamaño del grano, facilidad de trilla, y contenido de saponina.

Tanto en Bolivia como en Perú se ha iniciado la evaluación de la colección del germoplasma (Figuras 5 y 6). La selección de ecotipos de alta productividad ha permitido obtener algunos que sobrepasan los 4000 kgs/ha, así como otros para diferentes usos: grano duro, grano blando para harinas, grano reventón, etc. (Tapia, 1977).

5

Prácticas Agronómicas

Julio Rea
Mario Tapia
Angel Mujica

INTRODUCCION

Este capítulo se refiere a la relación directa entre la transferencia de tecnología, o capacitación de productores para la producción de la quinua en cantidad y calidad, y determinación de los costos de producción, como medio de analizar las posibilidades agroeconómicas que tiene el cultivo de la quinua.

En primer lugar, cuando se trata de los cultivos andinos nativos e introducidos, la transferencia de tecnología para tener impacto tendrá que analizar críticamente el estado de progreso de la investigación agrícola en cada uno de ellos. Este análisis se hará en función directa del hombre que produce estos alimentos como un sujeto social, capaz de aportar con sus conocimientos en la difícil ecología de los Andes, y no como un ente abstracto.

En otras palabras, se han aplicado los resultados investigativos a cultivos como la cebada, la arveja y el haba, aunque no hayan sido comprobados en todo su rigor experimental en las condiciones del altiplano. No puede decirse lo mismo de la kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), la oca (*Oxalis tuberosa*), el olluco (*Ullucus tuberosus*), y la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), por ejemplo, pues la investigación moderna en estas especies es aún incipiente, pero, como contrapartida, se cuenta con la tecnología primaria que posee el agricultor. Por tanto, si se incursionara en una etapa de fomento de estos cultivos nativos, ¿será científica la transferencia de tecnología en la forma tradicional en que estamos acostumbrados a programar y ejecutar tareas de capacitación campesina?

La tecnología del campesino nació con la domesticación de las plantas autóctonas como resultado del desarrollo alcanzado por las culturas nativas, cuya estructura sociopolítica, basada en una agricultura tan diversificada, fue capaz de producir excedentes agrícolas (Horkheimer, 1973; Antunez de Mayolo, 1977). Los ejemplos concretos del florecimiento alcanza-

do por la agricultura prehispánica están en el gran número de plantas domesticadas en este centro de origen de especies cultivadas, considerado como uno de los más importantes del mundo (Vavilov, 1951; Cook, 1937).

Los testimonios de la técnica y el arte alcanzados en esta parte de América, a pesar de su difícil topografía y ecología, superan los de otras regiones del mundo y sus manifestaciones están en la construcción de andenes, canales de riego, uso del sifón, fertilización orgánica, uso de repelentes de plagas, construcción de miles de hectáreas de camellones por los Lupakas del altiplano para el control de heladas en cultivos, la deshidratación de tubérculos y carne, y la construcción de "ccolcas" gigantes (silos de almacenamiento).

Casi todo este progreso alcanzado por la agricultura prehispánica fue frenado y destruido por la Colonia, al tiempo con el brutal sometimiento del hombre andino. La República, en términos de tiempo, ha acentuado la dependencia alimentaria.

En segundo lugar, los costos de producción de la quinua, elaborados en el Perú y Bolivia, no son aún el reflejo estricto de las labores culturales aplicadas así sea tradicionalmente o con la tecnología moderna. Hay necesidad de un análisis riguroso de campo que abarque todo un ciclo productivo, o sea desde la preparación de tierras hasta el almacenaje de la cosecha en función del uso de la tierra en diferentes años.

Un costo de producción elaborado con racionalidad debería comprender la aplicación de diferentes tecnologías por las distintas capas de productores como son: a) la tecnología con tendencia moderna aplicada en el ámbito de las empresas creadas por la reforma agraria, simultáneamente con la practicada por los socios de la empresa en sus "huacchos" o parcelas privadas; b) la aplicada por los propietarios; y c) por los comuneros en sus "aynokas" o por los parceleros que, en número, son los principales productores de quinua.

El análisis de los costos de producción meramente técnico y legalista tendrá que profundizar en calidad respecto de las diferentes capas de productores mencionadas. Así en el primer caso será importante analizar las diversas fases de la mecanización agrícola en relación con un programa de absorción de fuerza de trabajo desempleada. Y para el segundo y tercer caso hay que considerar la fuerza de trabajo semiasalariada y la propia fuerza empleada por la familia comunera. Entre los componentes de la familia hay que observar la calidad de tal fuerza, sean jóvenes o adultos de ambos sexos, y la relación con la calidad del trabajo realizado en las distintas fases del cultivo. Este enfoque socioeconómico dará pautas reales para analizar científicamente la rentabilidad económica de un cultivo dentro de un sistema productivo andino, del cual precisamente la quinua forma parte.

El análisis de las jornadas hombre y animal, por un lado, y las jornadas tractor, por otro, tanto en comunidades como en empresas con cultivos tradicionales y tecnificados, puede permitir la absorción de la fuerza de trabajo dentro de un programa de mecanización agrícola progresivo.

Es decir, la utilización de maquinaria en ciertas labores que incrementen significativamente los rendimientos unitarios, podría permitir el empleo de más jornadas hombre en otras etapas del cultivo. Por ejemplo, si las labores de preparación de tierras se hacen con tractor y la trilla mecánica con una unidad estacionaria, frente a la siega y emparvado a mano. Todo esto nos dará pautas para planificar los cultivos dentro de una realidad social, cuyas proyecciones políticas coadyuvarán en gran manera el desarrollo del sector agrícola en las actuales condiciones de depresión económica.

Establecido este marco introductorio, las labores agrícolas se analizarán dentro de las dos realidades: lo que ocurre en los cultivos tradicionales, y lo que la tecnología moderna está tratando de introducir, especialmente en Perú y Bolivia. Con base en tal análisis se harán sugerencias para la investigación, no para la experimentación empírica repetitiva sino para aquella que aspire a tener capacidad creadora con base en inteligencia e imaginación.

La tecnología tradicional del cultivo de la quinua, heredada de las antiguas culturas de los Andes altos, facilita la aplicación de la tecnología moderna para incrementar la producción de quinua.

El concepto que debe aplicarse en los Andes como metodología científico-práctica, es tratar de compartir ambas tecnologías antes de intentar imponer la técnica moderna para lograr el incremento productivo. En este sentido, la experiencia ha demostrado que para incrementar los rendimientos en el cultivo de la quinua hay que utilizar la tecnología debida en forma oportuna y sistemática.

ASPECTOS CLIMATICOS

El altiplano peruano-boliviano presenta una de las ecologías más difíciles para la agricultura moderna y su fisionomía no se repite en otras partes del mundo. Con todo, es el centro de origen de varias especies cultivadas, domesticadas por las culturas nativas, que compiten ventajosamente con las especies euro-asiáticas en las condiciones climáticas adversas de nuestro medio.

Esta situación de adversidad se mostró en la campaña 1976-77, que ha sido una de las peores para la producción agrícola de la zona en el último trienio. Las evaluaciones de los daños meteorológicos por sequía, asociada con heladas, alta insolación y posteriormente el efecto de granizadas, nevadas (Juliaca y Ayaviri, Departamento de Puno, Perú) e inundaciones, más el efecto de plagas y enfermedades, indican que ha habido pérdidas cercanas al 50% en el área sembrada con quinua. Estas pérdidas corresponden al área global. Es de notar que en el área nucleada, donde se traduce la asistencia técnica y crediticia, los daños fueron menores, en comparación con el área tradicional, por el empleo de tecnología moderna.

Es importante recalcar que estas calamidades cíclicas de los Andes, constituyen todo un reto para la investigación agrícola cuyo objetivo principal, en cuanto a la quinua, debe ser el dominio de algunos de los elementos de la naturaleza. En la actualidad está ocurriendo lo contrario.

Adversidades climáticas y su relación con el cultivo

En el caso de la quinua, por encima de la faja de los 3500 m no se tienen estudios fenológicos completos y desarrollados a lo largo de un decenio, por ejemplo, ni resultados para asegurar la producción del grano en relación con adversidades climáticas.

Los estudios realizados en Puno por Aquize (1975), Rosas (1975) y Frère, Rijks, Rea (1975) deben ser considerados como exploratorios, aunque sí dan pautas para una investigación seria, que debe correlacionar los factores climáticos con los de suelo y planta, abarcando las distintas ecologías donde se cultiva quinua y donde haya posibilidades de su expansión productiva. Esta situación puede agravarse con la introducción de variedades de quinua que tratan de adaptarse a latitudes, fajas altitudinales y suelos diferentes a los de su origen, como ocurre con la introducción, sin previa evaluación, de variedades del sur de Bolivia y el centro del Perú, a las condiciones de Puno y Cuzco, por ejemplo.

En los Cuadros 1 y 2 se dan los datos meteorológicos y los fenómenos registrados para la zona del altiplano de Puno.

En el Cuadro 1, los valores para Salcedo (estación meteorológica cerca de Puno, Perú) se consideran como normales; al compararlos con los datos registrados en la Universidad Nacional Técnica del Altiplano (UNTA), Puno, aparecen los déficits o excesos de lluvia y temperatura para la campaña agrícola 1974-75 y para una región restringida del anillo lacustre (lago Titicaca). Esos déficits o excesos ocurridos durante el ciclo productivo de un cultivo y sus manifestaciones en forma de sequía, inundaciones, granizo, heladas, alta o baja humedad atmosférica, inciden sobre el rendimiento de los productos en cantidad y calidad.

Cuadro No. 1

DATOS METEOROLOGICOS DE PUNO, PERU

Lat. S.: 15° 49'

Altura: 3.820 m.s.n.m.

Mes	LLUVIA (mm)		
	Salcedo 42 años	Puno 10 años	UNTA 1974 y 1975
Octubre	30,6	28,0	12,5
Noviembre	38,0	45,7	27,3
Diciembre	92,2	87,7	48,1
Enero	216,9	—	157,2
Febrero	141,6	126,0	177,6

Mes	TEMPERATURA (°C)		
	Salcedo 42 años	Puno 10 años	UNTA 1974 y 1975
Octubre	9,6	—	9,2
Noviembre	—	10,2	10,6
Diciembre	—	9,8	9,8
Enero	—	—	9,0
Febrero	—	9,7	9,6

En el Cuadro 2 se da un ejemplo de observaciones precisas, referidas a cultivos en distintas fases de desarrollo. El efecto de las heladas sobre una variedad de quinua influye primariamente en una emergencia desuniforme pues las heladas están muy relacionadas con sequías prolongadas en la época de germinación. La papa "luki" (*S. juzepczukii*) se comporta como la avena (sin identificación varietal) y esta observación puede ser de valor práctico para los casos en que no se tienen observatorios meteorológicos.

Cuadro No. 2

OBSERVACIONES DE LA RESISTENCIA A HELADAS EN CULTIVOS (Rea, 1977)

Lugar: Aziruni, Puno. Fecha: Enero 19-25, 1977

Observatorio: Camacani, Puno. Area de influencia: 25 km.

Cultivos	TEMPERATURA BAJO CERO (°C)		
	-1° a 2°	-3°	-4°
Papa dulce (negra)	S		
Papa amarga (luki)	R	S	
Avena	R	S	
Oca (en faldío)	R	R	
Quinua Sajama Kancolla	S (*)	S S	
Pastos naturales Chillihua	R	R	R

S = Susceptible

R = Resistente

S (*) = Susceptible en plantas pequeñas, más R en plantas grandes (panojas).

Ecología de la quinua

El factor más importante para el cultivo de la quinua es la temperatura mínima. Normalmente la quinua se cultiva entre los 3000 y 4000 m de altura. Esto indica que el riesgo de heladas nocturnas está presente también durante el período de crecimiento. La quinua se siembra con frecuencia en terrenos aluviales de drenaje pobre, en los que las heladas son más frecuentes, o en las pendientes de terreno más seco y menos expuesto. En los valles y quebradas se cultiva a veces hasta los 2000 m.

La precipitación en las áreas de cultivo varía mucho, de 600 a 800 mm en los Andes ecuatorianos, 400 a 500 mm en el valle del Mantaro, 500 a 800 mm en la región del lago Titicaca, hasta 200 a 400 mm en regiones de producción al sur de Bolivia.

En regiones más secas, con el fin de asegurar la humedad de terreno necesaria para la germinación, se hace riego suplementario, pero en muchos casos la germinación rápida de la quinua es suficiente para evitar fracasos en esta fase.

La quinua es una planta de día corto. En diversos ensayos se encontró que era necesario un período de 15 días cortos para inducir la antesis (Fuller, 1949); Sivori, (1947).

También se determinó que la quinua requiere dos períodos de días cortos, uno para la formación de las flores y otro para la maduración de los frutos. Existe una variación marcada entre fotoperíodo y temperatura: si se aumenta el número de días cortos y se eleva la temperatura, se acorta el período entre germinación y antesis.

Las granizadas del período lluvioso de diciembre a marzo en Perú y Bolivia causan daños tanto en el follaje como en las panojas. El tamaño del granizo y la duración de la granizada influyen especialmente en el período juvenil de la lámina foliar y en el ángulo de inserción de las láminas. Los daños parecen ser iguales cualquiera que sea la edad de la panoja, es decir, tanto en estado lechoso como pastoso de los granos. En cambio, si están secos, se produce el desgrane y esto ocurre generalmente en marzo con el común de las variedades. En consecuencia estas granizadas son consideradas como más peligrosas por los agricultores. Una evaluación hecha en un campo experimental en Puno, con siete variedades de Bolivia y Perú, mostró que las variedades tardías, que tienen un ángulo de inserción de hojas mayor y láminas delgadas, son las más afectadas. Las otras variedades, que son precoces o intermedias y tienen láminas gruesas con un ángulo menor, son menos afectadas o resultan sin daño alguno (Rosas, 1975).

Heladas de 5° C bajo cero en semilleros de Yocará, Puno, mostraron la resistencia de la Sajama y la susceptibilidad de la Kancolla. Esta última, en siembra comercial, es más afectada en pampas abiertas que en laderas de cerros. El efecto en laderas, según los campesinos, variaría por exposición.

Cuando las plantas están en panojas, las heladas afectan las cimas superiores y las partes inferiores se recuperan. Este efecto puede reconocerse en la madurez, en panojas amarantiformes, por su aspecto de espiga múltiple.

El planteamiento del estudio climatológico se basa en que, por ejemplo, en Puno se tienen tres zonas ecológicas bien diferenciadas para la agricultura: el anillo lacustre, la altiplanicie y las zonas intermedias que aparecen en el Cuadro 3. Las zonas A, B y C corresponden a las agrícolas propiamente dichas, la producción de quinua está concentrada en la A. La expansión productiva de quinua y kañiwa se inició en las empresas campesinas situadas en las otras zonas.

En ambas zonas su cultivo está restringido a las partes protegidas en las hoyadas de los cerros y muy excepcionalmente se llega a las planicies abiertas azotadas por heladas. En cambio, en estas planicies abiertas la

Cuadro No. 3

SUB-TIPOS CLIMATICOS DE PUNO, PERU (Onern, 1965)

Elementos	Zonas			
	A Anillo lacustre	B Orurillo Azángaro Asillo	C Chuquibamb. Ayaviri Altiplano	D Alturas Punas
Temp. máximas medias nov. - abril	16,0	15,9	17,9	13,3
Temp. mínimas medias nov. - abril	3,1	4,0	0,3	-1,7
Precipitación media nov. - abril	600	480	680	640
Altura m	3800- 3870	3950- 4100	3870- 4100	más de 4100

kañiwa se comporta bien. Entonces, tanto en el germoplasma como en un lote de selecciones bolivianas de alta proteína (19-22%) se tiene material precoz y microtérmico que deberá evaluarse a lo largo de las tres zonas ecológicas.

Se ve que en el anillo lacustre el ambiente se encuentra bajo la influencia del lago Titicaca. Las temperaturas son menos altas en el verano, mientras que las temperaturas mínimas medias resultan menos bajas todo el año. Por eso, la zona A tiene una frecuencia más baja de heladas en el verano.

ROTACIONES

En las áreas altas de los Andes la rotación tradicional es papa, quinua, cebada. En los suelos ricos la cebada se reemplaza por papa y en los pobres sigue igual, como ocurre en Santa Rosa de Yanaque, Puno, donde el segundo año la quinua se asocia con habas. También en Puno, en algunas aynokas de Acora, se repite la quinua por tres años seguidos y los rendimientos decrecen. Para salvar la producción del tercer año se recurre al estiércol. En la zona de Huatajata, Bolivia, la rotación incluye papa-oca-haba-cebada y algo de quinua.

Una rotación más adecuada para el altiplano puede ser:

Año	Cultivo
1o.	Papa dulce fertilizada
2o.	Quinua
3o.	Cebada para grano
4o.	Tarwi (<i>Lupinus</i>) o haba
5o.	Papa dulce fertilizada

En Carchi y Cuenca, Ecuador, a alturas de 1750 y 3300 m.s.n.m. la quinua se alterna con oca, papa y cebada.

En Ayacucho, Cajamarca y Valle del Cuzco, Perú, la quinua se cultiva asociada con maíz.

Cuadro No. 4

**DATOS DE CULTIVARES DE QUINUA EN ECUADOR.
ESTUDIO AGROCLIMATOLOGICO DE LA ZONA ANDINA
(FAO, Roma, 1975)**

Localidad	Alt. m.	Ciclo meses	Asoc. con	Rotación con	P	T max.	T x	T min.
Carchi	2850	ca. 10	maíz o oca	oca	800	17,5	11,6	6,7
Carchi	1750	4-6	sola	cebada y papa	350	24,5	18,5	13,5
Imbabura	2750	10	papa	—	800	18,8	13,0	7,0
Cotopaxi	2700	10	maíz	maíz	450	19,3	13,3	7,5
Riobamba	3150	10-12	sola	—	400	17,8	11,8	6,6
Cuenca	3300	12	habas	cebada	800	16,7	9,8	5,2

P = Precipitación
T = Temperatura

PREPARACION DEL TERRENO

Tradicionalmente no se realiza una preparación especial del terreno para la siembra. Cuando se utilizan los callpares o kanunas de papa no se ara, pues se sostiene que el terreno está suficientemente limpio y que con la entrada del invierno se endurece (periodo de heladas y libre de lluvias) dificultando el uso del arado corriente (Taraco-Puno). Algunos agricultores medianos y las empresas aran con tractor después de la cosecha de papa (mayo, junio). La descomposición del rastrojo en el altiplano está en relación con la clase de suelos, la humedad y la temperatura.

En caso de utilizar arados, estos serán de vertedera o de discos; en los lugares de topografía accidentada se usarán arados de yuntas. Luego viene el mullido o desterronado antes de la siembra para el que se emplean rastras cruzadas, ya sean de puntas rígidas o flexibles, o de discos, para que el terreno quede en condiciones de recibir la semilla y se facilite su germinación y emergencia. En lo posible es conveniente nivelar los campos para lograr uniformidad en la emergencia y un buen desarrollo de las plantas. Asimismo, se controla el empozamiento del agua y se evita la asfixia de las plántulas. En la época de floración se evita la propagación de enfermedades como la "punta negra", el mildiú, etc. La nivelación puede realizarse con rieles o tablones (Mujica 1977).

La mala preparación del terreno para la siembra de quinua, disminuye los rendimientos y aumenta el daño causado por las sequías y heladas en razón del poco vigor en el desarrollo de las plantas.

En cuanto a la maquinaria agrícola, ésta no se ha aplicado adecuadamente en el altiplano ni para la labor de preparación del suelo ni para otras. No existe suficiente investigación sobre el diseño de implementos para las diferentes labores y los distintos cultivos, lo que se explica por no existir mercado adecuado de tipo capitalista, y como consecuencia del estado de dependencia de la investigación agrícola.

En lo referente al cultivo bajo secano con barbecho cultivado, cuya investigación se inició en Bolivia en la Estación Experimental de Belén (Rea 1952) y se aplicó en las Cooperativas del Centro Pillapi (Altiplano Norte, Bolivia), está siendo introducido en Puno mediante el Convenio Perú-Canadá con resultados prometedores en cuanto a cebada y avena para ensilaje. El barbecho cultivado consiste en almacenar agua en el suelo para su utilización por las plantas desde el momento de la siembra hasta que las precipitaciones se normalicen.

Esta técnica se inicia con el arado del terreno en diciembre, para acumular las lluvias de diciembre a marzo. Luego, en la primera quincena de abril, se pasa la rastra para eliminar malezas y romper la capilaridad del suelo, evitando de este modo perder agua por evaporación.

En cuanto a la zonificación del cultivo, no todas las tierras de los Andes altos son aptas para la quinua. Los valles interandinos altos y sobre todo el anillo que rodea al lago Titicaca, las laderas, los microclimas o los lugares abrigados del altiplano, así como las irrigaciones, ofrecen condiciones casi seguras. Mientras no se tengan variedades resistentes a las heladas (5°C bajo cero, por ejemplo) no se podrá pensar en cultivar quinua en las pampas.

En cuanto a suelos, los más adecuados son los francos y de buen drenaje. Así, en el altiplano de Puno son preferibles los de la serie Umachiri, Pupuja, Parpuma y Cala Cala (ONERN, 1965). Esta serie corresponde a un suelo rojizo, profundo, de buen drenaje y fertilidad, en contraposición con las series de suelos oscuros o negros, de drenaje imperfecto, un tanto superficiales y de mediana a baja capacidad productiva.

SIEMBRA

La siembra en los "kallpares", bien en micro-parcelas individuales o en "aynokas" en Puno, es muy rudimentaria y frecuentemente se hace sobre terrenos intactos. La calidad del trabajo de carpeo o mullido depende de la calidad de la fuerza de trabajo en términos familiares. En las "aynokas" lo único uniforme parece ser la época de siembra, las otras labores son muy individuales, incluyendo el uso de variedades. Una "aynoka" en las pampas de Acora, Ilave, Juli o Zepita del Departamento de Puno, puede alcanzar 20-30 has de quinua. Sin embargo, es todo un mosai-

co en cuanto a labores y variedades; situación que amerita investigación al preconizarse una integración parcelaria.

La siembra con yunta, en surco, al voleo, o en hoyos, varía a lo largo del altiplano. Hay siembras bajo surcos y sobre camellón (surco) en forma simultánea, otras veces solo en surco. Se ha seguido la secuencia de estas prácticas durante el año agrícola 1977-78 entre Puno y Ayaviri y su relación con el efecto de heladas y el encharcamiento por exceso de lluvia. Las observaciones se refieren a cultivos de comuneros en suelos de la serie Titi-caca (profundos y negros) y en suelos arenosos con cultivares nativos como "Blanca", "Ccoito" y mezclas. En la siembra simultánea bajo surco y sobre surco (camellón), las heladas de diciembre de 3 y 4°C bajo cero afectaron más a las plantas bajo surco. Las lluvias fuertes del mes siguiente, se encharcaron en los surcos y el efecto se sumó al del frío. Para años como los observados por Rea, se justifica la práctica mencionada por el efecto temperatura y lluvia, y la investigación tendrá que ser integral para considerar otros factores como orientación y profundidad de surcos, épocas de siembra, variedades, suelos, etc., y hacer el registro completo de los elementos climáticos.

En las regiones de los Lipez, Garci Mendoza, Ladislao Cabrera y Quijarro, pertenecientes al altiplano sur-boliviano, hay comunidades enteras que viven de la quinua y poseen una tecnología digna de ser transferida. Como resultado producen excedentes que se exportan a Perú y Chile. Tapia (1976) informa de rendimientos de 1 tonelada/ha en los Salares, con 300 mm de lluvia, donde la siembra se hace en hoyos distanciados 1 metro, cuya profundidad debe alcanzar la humedad subyacente. Sin embargo, Baptista (1976), sin mucho análisis, califica de deficientes estas labores (describe las de Lipez y Ladislao Cabrera de Potosí, Bolivia) que son propias del barbecho cultivado o *dry farming* que ya se citó. Estos barbechos de verano se hacen con "chila" o "taquisa". Se cavan hoyos de 40 cm de diámetro, se remueve la tierra, se hacen montículos distanciados de 70 a 120 cm y en estas condiciones se hace la siembra (Figuras 1 y 2).

Los campesinos del altiplano sur-boliviano acostumbran seleccionar tanto panojas como granos para la siembra. Esta práctica se está generalizando en la expansión de la producción del Proyecto Quinua de Puno, Perú, especialmente en los semilleros oficializados donde se aplica la tecnología moderna. Se dispone de una planta seleccionadora de semilla donde se procesan cuatro variedades: Sajama, Kanccolla, Blanca de Juli y Cheweca. Debido a la diferencia en tamaño del grano de estas variedades se debería utilizar un juego de zarandas para cada una en la manipulación de la semilla a nivel de productor.

La utilización de granos de primera calidad como simiente, permite soportar adversidades durante la germinación y la emergencia de la plántula. J. Arze (1976) encontró que para la variedad Kanccolla el tamaño ideal de la semilla es de 1,19 mm.

La siembra puede ser a mano o mecanizada con sembradoras. Para el segundo caso, en Puno se han adaptado sembradoras de cereales pequeños y se requiere de urgencia el diseño de unidades específicas para las



Figura 1. Cultivo de quinua en la región de Salinas de Garci y Mendoza. Bolivia. Nótese el distanciamiento entre plantas y surcos.



Figura 2. Sembrador de quinua en la región de Llica, Bolivia. La herramienta que emplea es especial para el preparado de hoyos (taquisa).

condiciones del altiplano. Mujica A. y Narrea A. (1977) prepararon el boletín técnico No. 6 de la *Serie Quinua: Mecanización en la siembra de quinua*, donde se explica en detalle la sembradora.

Profundidad de siembra

Hay una relación directa entre tamaño de la semilla, textura y humedad del suelo, densidad de siembra, y la profundidad. Las siembras muy superficiales en períodos secos corren el riesgo de deshidratación o cocción de la semilla por la fuerte radiación solar que puede malograr el embrión, y en el proceso de germinación las plántulas se marchitan. Si se entierra demasiado, se perjudica la emergencia de la plántula.

En siembras al voleo en un "kallpar", el enterrado y la emergencia no son uniformes pudiendo causar la muerte de plántulas débiles, lo que contrarrestaría el incremento de la densidad de siembra. Por otra parte, las lluvias torrenciales, también malogran la emergencia de las plántulas.

La profundidad del surco, en siembra con yunta, varía entre 10 y 15 cm y el enterrado de la semilla se hace con ramas a profundidades que van de 0,5 a 2 cm.

En Puno, Bornás (1977) determinó experimentalmente como buenas profundidades de siembra 1 y 1,5 cm para las variedades Sajama y Kancolla y con texturas de suelo franco-arcillo-arenosa y arcillo-arenosa. A mayores profundidades disminuye la emergencia.

Densidad de siembra

La cantidad de semilla a sembrarse por hectárea varía según la región. Se mencionan 4 a 6 kg/ha en el altiplano de Bolivia (Blanco, 1970) hasta 15 a 23 kg/ha en Puno (Canahua, 1977; Pacori, 1977 y Zapana, 1977). Canahua, por muestreos efectuados en Juliaca (Puno), encontró que del peso total de la semilla, un 28 por ciento corresponde a granos inmaduros, ayaras, otras malezas y tierra. En ese sentido, el uso de semilla seleccionada, incrementa la producción en un 40 por ciento.

La cantidad de semilla utilizada en los semilleros oficializados y de grano preseleccionado es de 12 kg/ha, cantidad que se usa con las sembradoras-abonadoras en Puno. En promedio la distancia de los surcos es de 40 cm.

Alguna investigación ha sido hecha sobre factores que determinan la densidad de siembra recomendable. A continuación la resumimos.

Velásquez (1968) no encontró diferencias significativas cuando comparó densidades de 15, 20 y 25 kg/ha de semilla de quinua. Mas parece ser que una densidad alta de 20 a 30 kg/ha, que coincide con una buena humedad del suelo y lluvias después de la siembra, ocasiona una alta densidad de plantas con plantas pequeñas y débiles de baja producción (Ortiz,

1974). De lo cual se puede deducir que una buena densidad está más relacionada con las condiciones climáticas del área y del año, toda vez que la agricultura de la quinua se practica bajo seco.

Otras experiencias con densidades de siembra, se refieren más al número de plantas logradas (Blanco, 1970; Kaiser, 1968). Ver Cuadro 5 para las condiciones del altiplano central de Bolivia.

Cuadro No. 5

DENSIDAD DE SIEMBRA, RELACIONADA CON EL NUMERO DE PLANTAS, PORCENTAJE DE PLANTAS VIGOROSAS, Y RENDIMIENTO (Blanco, 1970), CONDORIRI, BOLIVIA

Densidad kgs/ha	No. de plantas	% de plantas vigorosas	Rendimiento kgs/ha
5	9,15	42,8	2.157
10	21,55	14,5	1.872
20	26,80	10,5	1.670
30	51,25	2,3	1.460

El autor concluye que la densidad óptima sería de 5 kg/ha, sobre todo con un promedio de 80.000 a 100.000 plántulas por hectárea (Figuras 3 y 4).

Barahona (1975) experimentó diferentes densidades (8, 10 y 12 kg/ha) con diferentes distanciamientos entre surcos y en tres variedades: Sajama, Kanccolla y Blanca de Juli. En este experimento se encontró sólo interacción entre la densidad y la variedad empleada (ver Cuadro 6).

Cuadro No. 6

EFFECTO DE LA DENSIDAD Y VARIEDAD EN EL RENDIMIENTO DE GRANO DE QUINUA, (Barahona, 1975), TAHUACO, DEPARTAMENTO DE PUNO

Densidad kgs/ha	Rendimiento Variedad kgs/ha		
	Sajama	Kanccolla	Blanca de Juli
8	2.546	2.584	2.202
10	2.541	2.217	2.328
12	2.504	2.104	2.554

De estos resultados se puede deducir que las densidades empleadas no afectaron a la variedad Sajama, pero sí a las otras variedades. No se encontró una clara respuesta a la acción del distanciamiento entre surcos.

Para las condiciones del valle del Mantaro, Perú, Herquinio y Román (1975) estudiaron la densidad de siembra durante tres campañas agrícolas. Las densidades empleadas fueron 8, 48 y 88 kg/ha. Los mayores rendimientos se lograron con la más baja densidad, y ellos observaron que el porcentaje de plantas tumbadas era superior y estaba en relación directa con la mayor densidad de siembra.

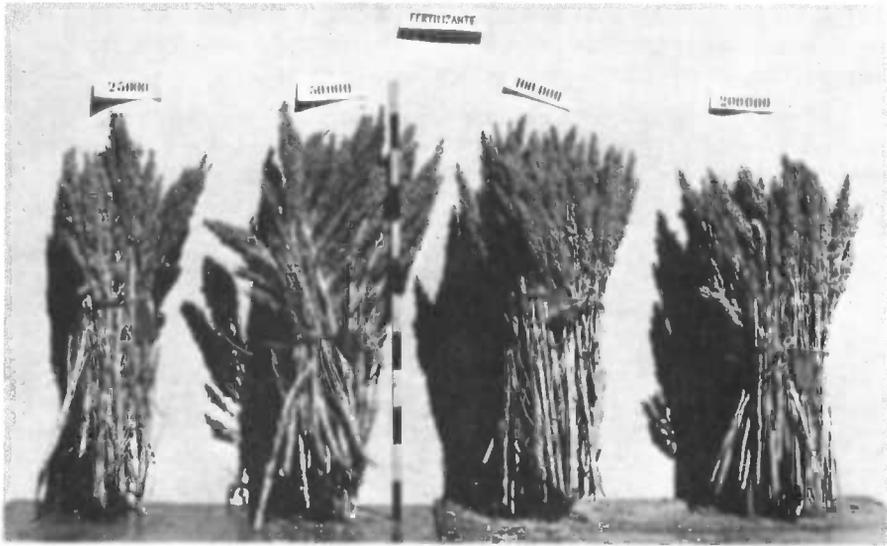


Figura 3. Efecto del número de plantas por hectárea, sobre el vigor del cultivo (Foto H. Gandarillas).

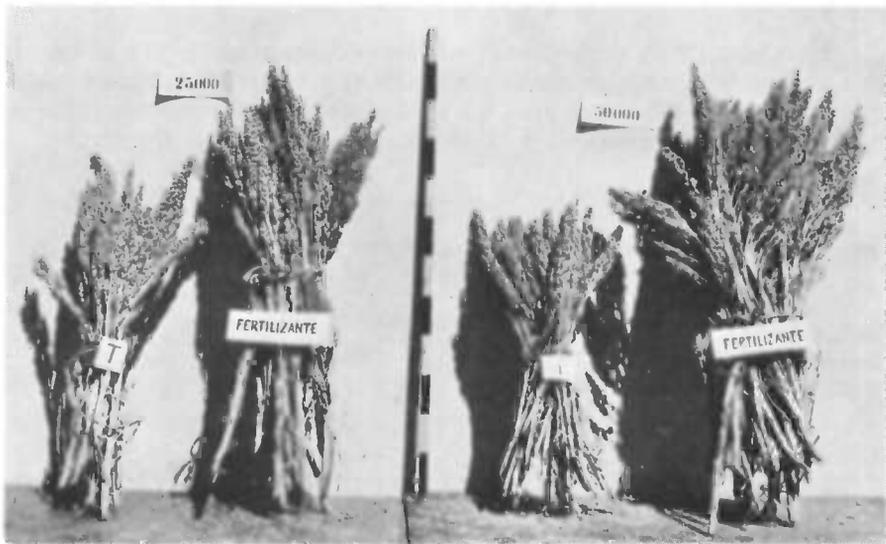


Figura 4. Efecto del número de plantas por hectárea y fertilización sobre el desarrollo del cultivo (Foto H. Gandarillas).

Epocas de siembra

Las épocas de siembra difieren por región y variedad, según la disponibilidad de humedad en el suelo y el incremento de las temperaturas, todo ello asociado con las precipitaciones y el ciclo vegetativo de las variedades.

Gandarillas y Tapia (1976) determinaron la primera quincena de septiembre como la mejor fecha para la variedad Illimani, de período vegetativo extenso y para las condiciones de la Estación Experimental de Patacamaya, Bolivia.

En el Departamento de Puno, Perú, las siembras se inician primero en el norte y las más tardías en el sur, donde los microclimas a orillas del lago Titicaca y los cultivares más precoces así lo permiten.

En ese Departamento las primeras siembras corresponden a Ayaviri entre el 15 y 30 de agosto. En Ilave y Yunguyo pueden prolongarse hasta octubre.

Una de las variedades más cultivadas en Puno es la Kanccolla que es tardía, y la fecha más atrasada de su siembra debe ser el 15 de septiembre. La Kanccolla sembrada en la segunda quincena de octubre se pierde en el anillo lacustre por efecto de las heladas de abril. En cambio, la variedad Sajama es precoz y siembras incluso de noviembre y principios de diciembre han dado buen resultado en microclimas del anillo lacustre.

La falta de humedad del suelo podría ser superada, aunque en forma restringida, con riego complementario y en una forma más generalizada con almacenamiento de humedad en el suelo (*dry farming*). Con todo, quedará siempre por investigar el efecto de las heladas de primavera, pues cuando las sequías ocurren en este período, las heladas se presentan simultáneamente.

En Puno, en el año agrícola de 1977-78, las heladas de diciembre (3 y 4°C bajo cero) afectaron un ensayo de quinua establecido en septiembre, pero no así el mismo ensayo sembrado en octubre, lo que exige estudios más detallados en este sentido.

Aparicio (1977) estudió la influencia de la época de siembra sobre el rendimiento de tres variedades de quinua, para las condiciones de Puno. En este trabajo se encontró que las tres variedades (Kanccolla, Blanca de Juli y Sajama) respondían positivamente en producción de grano a las épocas tempranas de siembra (10 de septiembre), Cuadro 7.

Cuadro No. 7

RENDIMIENTO DE TRES VARIEDADES DE QUINUA, SEMBRADAS EN DIFERENTES EPOCAS (Aparicio, 1977) PUNO, PERU

Orden de mérito	Epoca de siembra	Variedad	Rendimiento kgs/ha	*
1	10 set.	Kanccolla	3.634	a
2	10 set.	Bl. de Juli	3.159	b
3	20 set.	Bl. de Juli	2.751	bc
4	20 set.	Kanccolla	2.607	c
5	10 set.	Sajama	1.899	d
6	30 set.	Kanccolla	1.771	d
7	30 set.	Bl. de Juli	1.625	de
8	20 set.	Sajama	1.477	de

*Rendimientos con la misma letra no son diferentes. ($p > 0,05$).

VARIEDADES

Sajama

Variedad seleccionada en la Estación Experimental de Patacamaya, Bolivia en el año 1969 (Figura 5) y que de acuerdo a Gandarillas y Tapia (1976) se obtuvo del cruce de una línea dulce de grano pequeño y una variedad amarga de grano grande y que después de la F_6 fue distribuida como semilla oficial.

Es una variedad relativamente precoz, sobre todo en las condiciones del altiplano norte de Bolivia y el altiplano de Puno, donde madura en 154 días. Sin embargo, en su centro de producción, Patacamaya, la variedad demora 170 días en madurar. En condiciones de los Andes ecuatorianos, ha producido en 150 días.

Su rendimiento es variable, pudiendo llegar a 3000 kilos en buen suelo y adecuada fertilización (80-40-0) sin heladas. Bajo secano y sin fertilización, en la zona de Colcha-K (suroeste de Bolivia) y con una precipitación de 300 mm se han conseguido 1200 kg/ha.

El grano es blanco, grande (2 mm) y casi libre de saponina, pudiéndose utilizar después de dos o tres enjuagues con agua. La panoja es de tipo glomerulada, semejante a la Real.

La planta es de color verde, alcanza una altura de 90 a 125 cm (Cano, 1974), tiene hojas triangulares y algo engrosadas (0,4 cm). El área foliar promedio de la planta es 400 cm² (Rosas, 1975). El tallo es algo grueso,



Figura 5. Panoja de quinua variedad Sajama (Foto M. Tapia).

Figura 6. Planta de la quinua variedad Real. (Foto M. Tapia).

Figura 7. Panoja de la quinua variedad Real. (Foto M. Tapia).

diámetro promedio 1,18 cm, aunque depende mucho de la densidad de siembra.

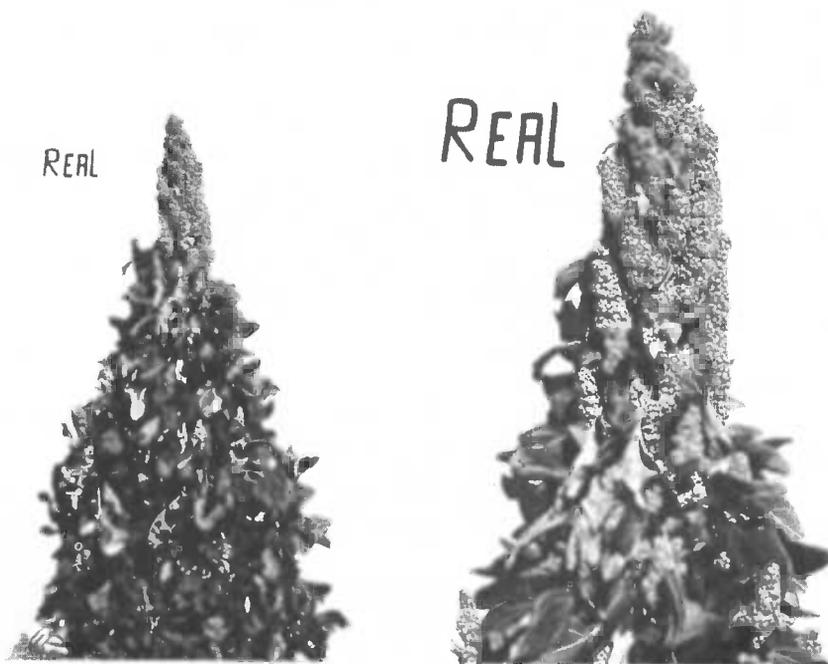
Esta variedad es relativamente resistente al granizo y algo a las heladas. Temperaturas de -2°C durante el inicio de la formación de la panoja pueden afectar seriamente la producción.

Es susceptible al mildiú, así como a una posible bacteriosis. Pero responde muy rápidamente al tratamiento con fungicida, sobre todo cuando su aplicación se efectúa al inicio del ataque.

Cuando se siembra aisladamente y debido a su característica de grano dulce, es atacada por los pájaros.

Real

La quinua Real (Figuras 6 y 7) ha sido seleccionada en el área suroeste del altiplano boliviano, en la región contigua a los salares de Coipasa y Uyuni. Una de las poblaciones que por más tiempo ha guardado la tradición del cultivo de quinua es Llica. A esta región llegó quinua procedente probablemente del altiplano central y se empezó a cultivar bajo un sistema muy especial. Como la precipitación es muy baja en ese lugar (250-300 mm), los productores deben cavar hasta encontrar humedad adecuada para la germinación. Entre cada planta y surco hay 1,00 a 1,20 m de distancia. Con esta amplia superficie disponible, la quinua tiene un crecimiento vigoroso y los granos un gran tamaño (2 mm).



La quinua Real Blanca tiene granos cóncavos de color aperlado y con alto contenido de saponina. Esta variedad es relativamente resistente a las heladas y períodos de sequía. Entre las plagas que la atacan con mayor incidencia se puede mencionar la "Ticona", *Feltia experta*, (Zanabria y Mujica - 1977). Sus rendimientos son muy variables, de 700 a 2000 kg/ha, dependiendo tanto de la precipitación como de la presencia de heladas y plagas.

Kanccolla

Se originó a partir de una selección masal que efectuó en 1960 el Ing. Fidel Flores en la zona de Cabanillas, Puno.

Es una variedad algo tardía (179 días) en las condiciones del altiplano de Puno.

Su rendimiento en años de buena precipitación puede alcanzar hasta 3500 kg/ha, respondiendo bien a la fertilización nitrogenada, sobre todo si es fraccionada. Los rendimientos promedios son de 1500 - 1700 kg/ha.

El grano es blanco, semidulce, muy limpio, de tamaño medio (1,5 mm), aunque el tamaño varía mucho, de acuerdo al tipo de flor. La planta es de color verde, la panoja puede ser blanca o rosada. La planta alcanza una altura de 1,00 a 1,60 m, variando con la densidad de siembra. El tallo puede llegar a tener 1,20 cm de diámetro. Menos resistente al granizo que la variedad Sajama, es susceptible a las heladas tempranas de menos de -2°C. Su área foliar alcanza 474 cm² (Rosas, 1975).

Es relativamente resistente al mildiú y otras enfermedades fungosas. Aunque se ha encontrado que el grano es atacado frecuentemente por la "Kcona-kcona", *Scrobipalpula sp.*, se la considera resistente al ataque del nemátodo *Nacobbus sp.* (Valer, 1975).

Cheweca

Es una selección regional obtenida por el Ing. José Luis Lescano, de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno. Su origen es la región de Orurillo-Asillo en el Departamento de Puno (Figura 8).

Es una variedad algo tardía (170-180 días) y de rendimiento regular, 1000 a 1500 kg/ha. El grano es pequeño (1,2 mm), blanco y casi dulce. La panoja es amarantiforme y laxa.

Blanca de Juli

Es una selección regional de la zona peruana alrededor del lago Titicaca efectuada por el Ing. Agustín Morales (1969) (Figura 9).

Es una variedad algo tardía (179 días). Su rendimiento es muy variable según la precipitación; puede producir entre 800 y 1500 kg/ha (Rosas, 1975; Cano, 1974).

El grano es blanco, de tamaño mediano (1,4 mm) con bajo contenido de saponina. La panoja y la planta son de color verde. Se caracteriza por una área foliar amplia de 528,2 cm². La panoja es glomerulada, algo laxa.

Figura 8. Panoja de la quinua variedad Cheweca o chehueca.
(Foto M. Tapia).



Figura 9. Panoja de la quinua variedad Blanca de Juli.
(Foto M. Tapia).



Es susceptible al ataque del nemátodo *Nacobbus* sp. (Valer, 1975) y relativamente resistente al mildiú.

A continuación se describen dos variedades propias de las zonas de valles interandinos, que se adaptan a alturas entre 2500 y 3400 m y que se caracterizan por un mayor desarrollo de la planta.

Blanca de Junín

Es una variedad propia de la región central del Perú. Se cultiva intensamente en la zona del valle del Mantaro aunque también ha sido introducida con éxito en Antapampa, Cuzco (Figura 10).

Fue seleccionada por el Ing. Tantaleán, de material de la zona de Huancayo. Como lo indican algunos investigadores, esta variedad presenta dos tipos: blanca y rosada (Figura 11), que han sido mejorados en la Estación Experimental del Mantaro por Herquinio y Román (1975). Del ecotipo blanco se ha efectuado una selección de panojas con grano dulce, que representan un material de gran valor. Estos trabajos se vienen desarrollando en la Universidad del Cuzco.

Esta variedad es resistente al mildiú. Su periodo vegetativo es largo de 180 a 200 días, con granos blancos, medianos, de bajo contenido de saponina. La panoja es glomerulada, laxa y la planta alcanza una altura de 1,60 a 2,00 m. Sus rendimientos varían mucho según el nivel de fertilización, pudiendo obtenerse hasta 2500 kg/ha, con niveles de 80-40-0.



Amarilla de Marangani

Es una selección masal de la región de Sicuani en el Departamento del Cuzco (Figuras 12 y 13).

Se trata de una variedad tardía, de 200 a 210 días, con una panoja amarantiforme de color amarillo-naranja, granos amarillos, amargos, de regular tamaño. Su producción alcanza hasta 3500 kg/ha, en condiciones de 2500 a 3400 m.s.n.m. (Bustamante, 1974).

La planta puede alcanzar una altura de 1,60 a 2,00 m, con tallo engrosado y resistente al tumbado. Es resistente al mildiú y a otras enfermedades fungosas.

El grano es ampliamente utilizado en la preparación de sopas, pero necesita mucho lavado hasta eliminar el sabor amargo.

Existen otros ecotipos locales que podrían ser material para selección masal y obtención de nuevas variedades. Entre ellos se mencionan:

En Perú : Blanca de Chuquito, Ccoito, Choquetipo, Chullpi, Witulla.

En Bolivia : La Universidad de Oruro menciona líneas como la M 31, L 99, RH 90 y entre los productores se reconocen Kaslala, Toledo, Iri, Pasancalla, Kuli negra, Wila coimini, y Kata-mari ecotipo éste muy adaptado a suelos salinos.

Figura 10. Panoja de la quinua variedad Blanca de Junín.
(Foto M. Tapia).

Figura 11. Panoja de la quinua variedad Rosada de Junín.
(Foto M. Tapia).

Figura 12. Panoja de la quinua variedad Amarilla de Marangani, en Cuzco.
(Foto M. Tapia).





Figura 13. Cultivo de quinua de la variedad Amarilla de Marangani en Cuzco. (Foto M. Tapia).

- En Colombia: Para la región sur del país, en el Departamento de Nariño, Montenegro (1976) indica la variedad "Dulce de Quitopamba", que se obtuvo por selecciones masales en 1958.
- En Ecuador : Se menciona un ecotipo regional bastante común, denominado "Chaucha", propio de la zona de Cayambe y Cotopaxi (Morales, 1975).
- En Chile : En la región del altiplano, se utilizan los mismos ecotipos del altiplano de Bolivia. Al sur, alrededor de Concepción, se pudo encontrar un ecotipo de granos pequeños, amargos y casi transparentes, denominado "Catentoa".

FERTILIZACION

En general, la quinua no se fertiliza a lo largo de la zona andina, excepto en los semilleros del Proyecto Quinua en Puno, del Ministerio de Agricultura y Alimentación, y en los cultivos comerciales a cargo de las empresas agrícolas en Perú.

Al mencionar las rotaciones que tradicionalmente se efectúan en los Andes, se dijo que se acostumbra fertilizar con estiércol cuando se repite quinua sobre quinua. Pero la quinua sucede generalmente al cultivo de la papa, que ha sido adecuadamente fertilizado, y en este caso no se considera necesaria una fertilización especial.

Uno de los primeros en estudiar la fertilización en la quinua fue Calzada (1951), quien determinó el efecto del estiércol de ovino, el guano de islas y la materia orgánica de las orillas del lago Titicaca (Cuadro 8).

Cuadro No. 8

INCREMENTO DE RENDIMIENTO EN GRANO DE QUINUA, DEBIDO A DIFERENTES FUENTES DE FERTILIZANTES (Calzada, 1951) PUNO, PERU

Abonos	Niveles ha	Rendimiento 1er. año	kgs/ha 2do. año	Incremento debido al abonamiento kg/ha
Testigo	—	4.019	3.653	—
Estiércol	6 T.M.	4.102	4.722	576
Estiércol	12 T.M.	4.176	4.028	266
Estiércol	18 T.M.	4.102	4.472	451
Testigo	—	4.009	4.764	—
Guano de islas	240 kgs	4.343	4.924	274
Guano de islas	480 kgs	4.565	5.152	472
Guano de islas	720 kgs	4.194	5.125	273
Testigo	—	—	3.148	—
Materia orgánica	10 T.M.	—	3.611	463
Materia orgánica	20 T.M.	—	3.630	482
Materia orgánica	30 T.M.	—	4.028	880

La conclusión de estos experimentos establece que el estiércol, el guano de islas y la materia orgánica del lago, han aumentado los rendimientos en cantidades variables, las cuales no están en relación creciente con el aumento de la cantidad de abonos aplicados. También se indica que la materia orgánica del lago, por su composición y sus efectos sobre la producción, parece ser un fertilizante de tan buena o mejor calidad que el estiércol de ovinos.

En posteriores experimentos en la zona de la sierra central del Perú (Huancayo) y la sierra norte (Cajamarca) tampoco se encontró una clara respuesta a fertilizaciones con el grano de islas o el estiércol de corral. Coincidente con estos resultados se tiene el trabajo más reciente de Gamarra (1972).

Parece ser que la quinua no utiliza tan eficientemente la aplicación de abonos orgánicos, sobre todo aplicados el mismo año de la siembra, y que utiliza mejor el abonamiento químico, aplicado a la papa el año agrícola anterior.

En relación con los abonos químicos, se recomienda la fórmula 80-40-0 en base a algunos experimentos conducidos en campañas agrícolas precedentes, la cual se sigue utilizando sin muchas innovaciones. La primera aplicación se efectúa durante la siembra. El fertilizante se reparte a chorro continuo, al costado y debajo de la semilla, y en la mezcla va la mitad del nitrógeno y todo el fosfato. El fertilizante y la semilla se cubren con tierra. La segunda aplicación del nitrógeno se recomienda al efectuar el deshierbe,

al momento del aporque, echando el fertilizante a chorro continuo a un lado de las plantas y no al voleo.

Gandarillas y Tapia (1976) al informar sobre ensayos de fertilización conducidos en la Estación Experimental de Patacamaya, Bolivia, dan las siguientes recomendaciones:

- La dosis apropiada a la que el cultivo reponde uniformemente en condiciones de variación climatológica es la fórmula 80-0-0 que económicamente da los mayores beneficios.
- La aplicación de úrea debe ser hecha en el momento de la siembra debido al efecto inmediato en la germinación y desarrollo de la plántula y a la ausencia de otras especies que podrían competir con la quinua.
- La falta de humedad del suelo al aplicar la úrea en la siembra, tiene efecto deletéreo.
- La aplicación de úrea incrementa el tenor de proteína en la planta.

En general se ha encontrado una respuesta altamente positiva al nitrógeno (Medina, 1966; Guillen, 1938; Herquinio, 1971).

La respuesta al fósforo es menos conspicua. En general, el potasio no incrementó los rendimientos.

Blanco (1970) estudió el efecto de la fertilización combinada con el uso de riego suplementario para las condiciones del altiplano central de Bolivia (350 mm de precipitación), Cuadro 9.

Se puede observar que los mayores niveles de nitrógeno y fósforo son más beneficiosos bajo riego; incluso se observa el efecto benéfico del potasio.

Oros (1971) encontró que niveles de 80 kg de $P_5 O_2$, incrementaban en 157 kg/ha la proteína total del grano.

Cuadro No. 9

EFFECTO DE LA FERTILIZACION QUIMICA Y EL USO DEL RIEGO
EN LA PRODUCCION DE QUINUA (Blanco, 1970)

Nivel de fertilización	BAJO RIEGO		SECANO	
	Rendimiento kgs/ha	Diferencia c. testigo kg/ha	Rendimiento kgs/ha	Diferencia c. testigo kg/ha
Sin abono	2.537	—	741	—
N-20	2.225	— 312	772	+ 31
N-40	3.475	+ 938	841	+ 100
N-80	3.718	+ 1.181	1.007	+ 266
P-20	2.100	— 437	662	— 79
P-40	3.350	+ 813	621	—120
P-80	3.300	+ 763	579	—162
N-20, P-20	2.756	+ 219	1.161	+ 420
N-40, P-20	3.625	+ 1.088	634	—107
N-80, P-40	3.882	+ 1.345	855	+ 114
K-80	3.500	+ 963	814	+ 73

Hace falta un análisis completo de la realidad de la fertilización en el altiplano. Esta aún no ha formado parte, por ejemplo, de un programa serio a lo largo de todo un quinquenio en el que se contemple un ensayo en red con distintos tipos de suelos descritos por regiones, y sobre todo un registro detallado de los fenómenos meteorológicos y el comportamiento de las variedades.

Angles (1977) ha estudiado el efecto de las deficiencias nutricionales de elementos mayores en la quinua. De los resultados descritos para dos variedades (Kancolla y Sajama) se concluye que esta especie es altamente exigente en nitrógeno y fósforo.

Los siguientes son los síntomas de deficiencia de algunos elementos mayores. La deficiencia de nitrógeno se asemeja a la de otras especies cultivadas, salvo la ausencia de pigmentos antocianínicos en las nervaduras y pecíolos. Las características de deficiencia de fósforo son también semejantes a las de otras plantas cultivadas. En cambio la respuesta a deficiencia de potasio es opuesta a la descrita para otras especies cultivadas. La planta crece normalmente, las hojas adultas presentan amarillamiento en los extremos y bordes, éste se generaliza a toda la lámina foliar, y la clorosis puede alcanzar a las hojas jóvenes.

Cuando la deficiencia es de calcio, las plantas presentan un crecimiento normal hasta el estado adulto, entonces aparece una clorosis generalizada que se inicia en el ápice de la planta. Las hojas se arquean ligeramente y muestran una formación de corcho en las nervaduras.

La deficiencia de azufre se caracteriza por un bajo desarrollo de los glomérulos de la panoja.

La formación de biomasa aérea se ve altamente afectada por las deficiencias de nitrógeno y fósforo, pero apenas ligeramente por la de hierro. Aunque el comportamiento entre variedades difiere en cuanto al hierro, la variedad Sajama es más afectada que la Kancolla.

En la variedad Sajama, la biomasa radicular se reduce hasta en un 15 por ciento de M.S. por deficiencias en azufre, hierro y calcio, y al mínimo por la falta de nitrógeno y fósforo. En la variedad Kancolla, sólo el hierro disminuye el peso de la raíz, el efecto de la deficiencia de nitrógeno y fósforo es semejante al encontrado con la variedad Sajama.

DESHIERBE

Las principales malezas que infestan los campos de quinua en Puno son, según Mujica (1977) y Chaquilla (1976):

NOMBRE TECNICO

NOMBRE VULGAR

Bidens pilosa

Amor seco o chiriro

Bidens andicola

Mischico

(Nombre técnico)	(Nombre vulgar)
<i>Medicago hispida</i>	Trébol carretillero
<i>Poa annua</i>	Kacho, pasto
<i>Bromus unioloides</i>	Cebadilla
<i>Erodium cicutarium</i>	Auja-auja
<i>Solanum acaule</i>	Arac papa
<i>Tarassa capitata</i>	Kora o ruppu
<i>Trifolium amabile</i>	Trébol layo
<i>Tagetes mandonii</i>	Chicchipa
<i>Chenopodium sp. var.</i>	Ayara
<i>Melanospermum var.</i>	— —
<i>Brassica campestris</i>	Mostaza o nabo
<i>Distichlis humilis</i>	Pasto
<i>Eleocharis albibracteata</i>	Kemillo
<i>Capsella bursa pastoris</i>	Bolsa del pastor
<i>Calinsiga sp.</i>	— —

El número de deshierbes guarda relación con el grado de infestación. En terrenos regados el problema es mayor que en los de secano. Se recomienda realizar el primer deshierbe cuando las plantas tienen 20 cm de altura, o sea, alrededor de los 50 días después de la siembra (Mujica, 1977).

El *desahije*, entresaque o raleo tiene por finalidad evitar el desperdicio y la competencia por los nutrientes y dar el espacio necesario para el desarrollo normal. Hay que eliminar las plántulas más pequeñas, débiles y enfermas; el ideal es tener unas 10 plantas como máximo por metro lineal. Esta labor se realiza juntamente con el deshierbe.

En los ensayos explorativos sobre el uso de herbicidas en quinua (Chaquilla, 1976), las aplicaciones de Linurol han dado algún resultado. Se observó cierta fitotoxicidad, manifestada por manchas necróticas en las hojas, formación de panojas delgadas y ligero retraso en la maduración, esto en aplicaciones post-emergentes. En aplicaciones pre-emergentes no se ha logrado selectividad.

ATAQUE DE AVES

Las aves ocasionan daños en los últimos períodos vegetativos de la planta, especialmente en el estado lechoso, pastoso y de madurez fisiológica del grano. Al tiempo que se alimentan de los granos de la misma panoja, producen la caída de un gran número de semillas por desgrane o ruptura de los pedicelos de los glomérulos.

El ataque es más notorio en las variedades dulces, donde las pérdidas pueden alcanzar hasta un 40 por ciento, especialmente en los alrededores del lago Titicaca y en microclimas donde abundan palomas, tortolitas o "kullkus" (Mujica, 1977).

Para disminuir estas pérdidas se acostumbra a contratar "pajareros" que ahuyenten a los pájaros con pitos y latas. También existe la tradición de colocar águilas disecadas en sitios estratégicos, cambiándoles de ubicación a diario, con lo cual se logra controlar en cierto grado dicho ataque. En la actualidad se está experimentando con repelente como los utilizados en arroz o sorgo.

COSECHA

Se realiza una vez que las plantas llegan a la madurez fisiológica, reconocible porque las hojas inferiores cambian de color y son caedizas, dando una coloración amarilla característica de toda la planta. El grano, al ser presionado con las uñas ofrece resistencia que dificulta su penetración. Para llegar a esta fase transcurren de 5 a 8 meses, según el ciclo vegetativo de las variedades. En Puno, la cosecha es de abril a mayo. Es conveniente determinar la fecha de cosecha ya que de hacerse un poco antes de la maduración, se corre el riesgo de fermentaciones en las parvas, oscureciendo el grano. Si, por el contrario, se realiza tarde, se desgrana fácilmente.

Los trabajos de la cosecha se dividen en cinco fases:

- Siega o corte
- Formación de arcos o parvas
- Golpeo o garroteo
- Venteado y limpieza
- Secado del grano

Siega o corte

Lo tradicional es el arranque de plantas. Estas, al salir con las raíces, acarrean tierra que al momento del golpeo o trilla se mezcla con el grano, desmejorando su calidad.

Lo más recomendable es la siega que se efectúa con hoces en las primeras horas de la mañana, cuando los glomérulos presentan una consistencia húmeda. No es recomendable el corte en horas de la tarde ya que los granos, por la fuerte radiación solar, se desprenden fácilmente del perigonio y, como consecuencia, se desparrama la semilla. De otra parte, la dureza de la planta dificulta la manipulación.

Formación de arcos

La formación de arcos o parvas (Figuras 14 y 15) se hace para evitar que se malogre la cosecha por inclemencias climáticas, como lluvias o nevadas, que manchan el grano. En estas parvas se ordenan las panojas en



Figura 14. *Formación de arcos de quinua en la zona de Mañica, Nor Lipez, Bolivia.*
(Foto M. Tapia).

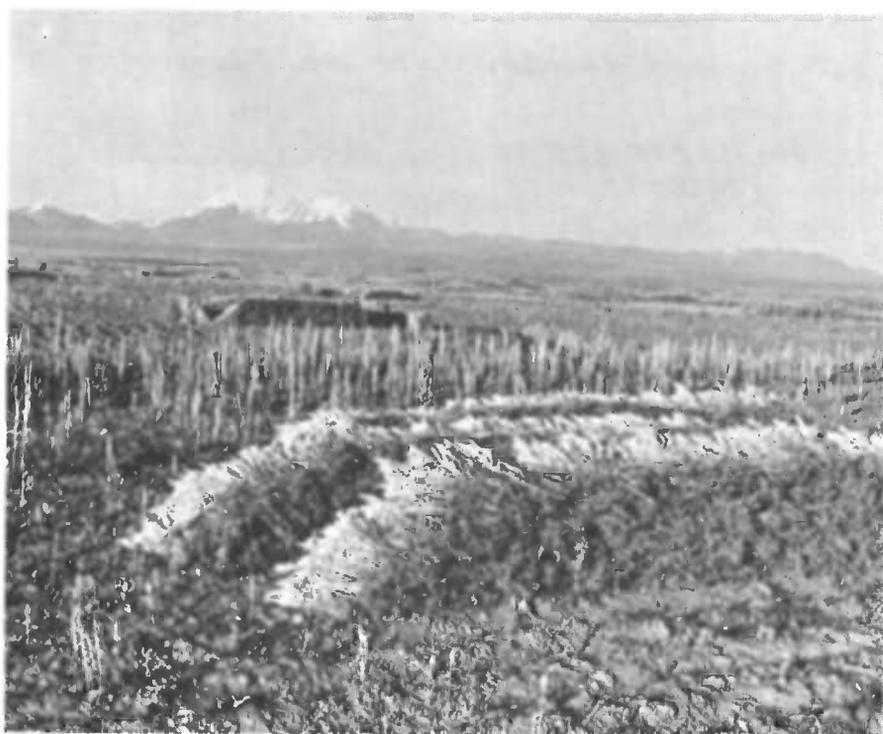


Figura 15. *Formación de arcos de quinua en la zona del altiplano norte de Bolivia.*
(Foto M. Tapia).

el centro en forma de techo de dos aguas, luego se cubren con paja. Las plantas se mantienen en los arcos hasta que los granos tengan la humedad conveniente para el golpeo o trilla. Este lapso es aproximadamente de 7 a 15 días.

Golpeo o garroteo, trilla mecánica

Generalmente el golpeo se hace en las eras, circulares o rectangulares, sobre suelo apisonado o extendiendo manatas sobre las cuales se golpean las panojas que están dispuestas en forma estratégica (Figuras 16, 17, 18, 19 y 20). Esta labor se está mecanizando en Puno con trilladoras estacionarias, las cuales funcionan con la toma de fuerza de tractor o con motor propio. Actualmente se emplean trilladoras de marca Triton o Turner que se han acondicionado y adaptado para la quinua. Los resultados se pueden considerar como satisfactorios. En la campaña agrícola 1976-77 se utilizó una trilladora tipo Triton, con rendimientos de 600 kg de grano trillado por hora.



Figura 16. Area preparada con arcilla, para la trilla de quinua. Salinas de Garci y Mendoza, Bolivia. (Foto M. Tapia).



Figura 17. Trilla de quinua con "huactanas".
Puno, Perú.
(Foto M. Tapia).



Figura 18. Trilla de quinua con garrotes de cactus Kolcha -K. Nor Lipez, Bolivia.
(Foto M. Tapia).



Figura 19. Trilla de quinua a mano sobre un cuero de llama. Kolcha -K Nor Lipez, Bolivia.
(Foto M. Tapia).



Figura 20. Trilla de quinua utilizando el camión, Kolcha -K Nor Lipez.
(Foto M. Tapia).

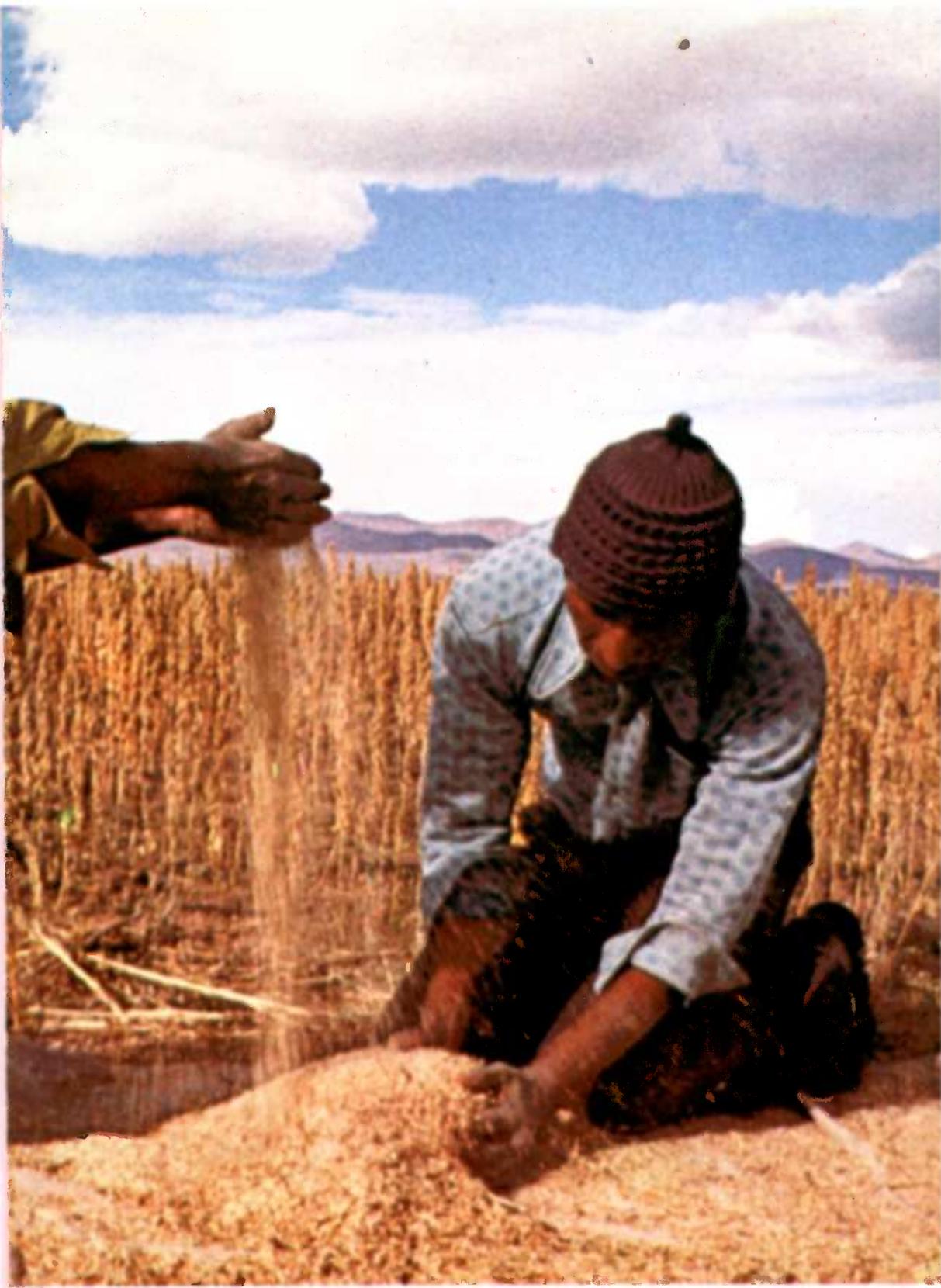
Se ha determinado que con la variedad Sajama la utilización de la trilladora estacionaria resulta económica a partir de 5 has. Para evitar pérdidas de grano cuando se utilizan las trilladoras, la quinua debe estar bien seca y la máquina regulada perfectamente. En caso contrario, se obtiene grano sucio o se elimina el grano juntamente con la broza y el jipi (Figura 21). Las minitrilladoras manuales para arroz de origen japonés, serían adaptables a las condiciones del cultivo entre los comuneros del altiplano.



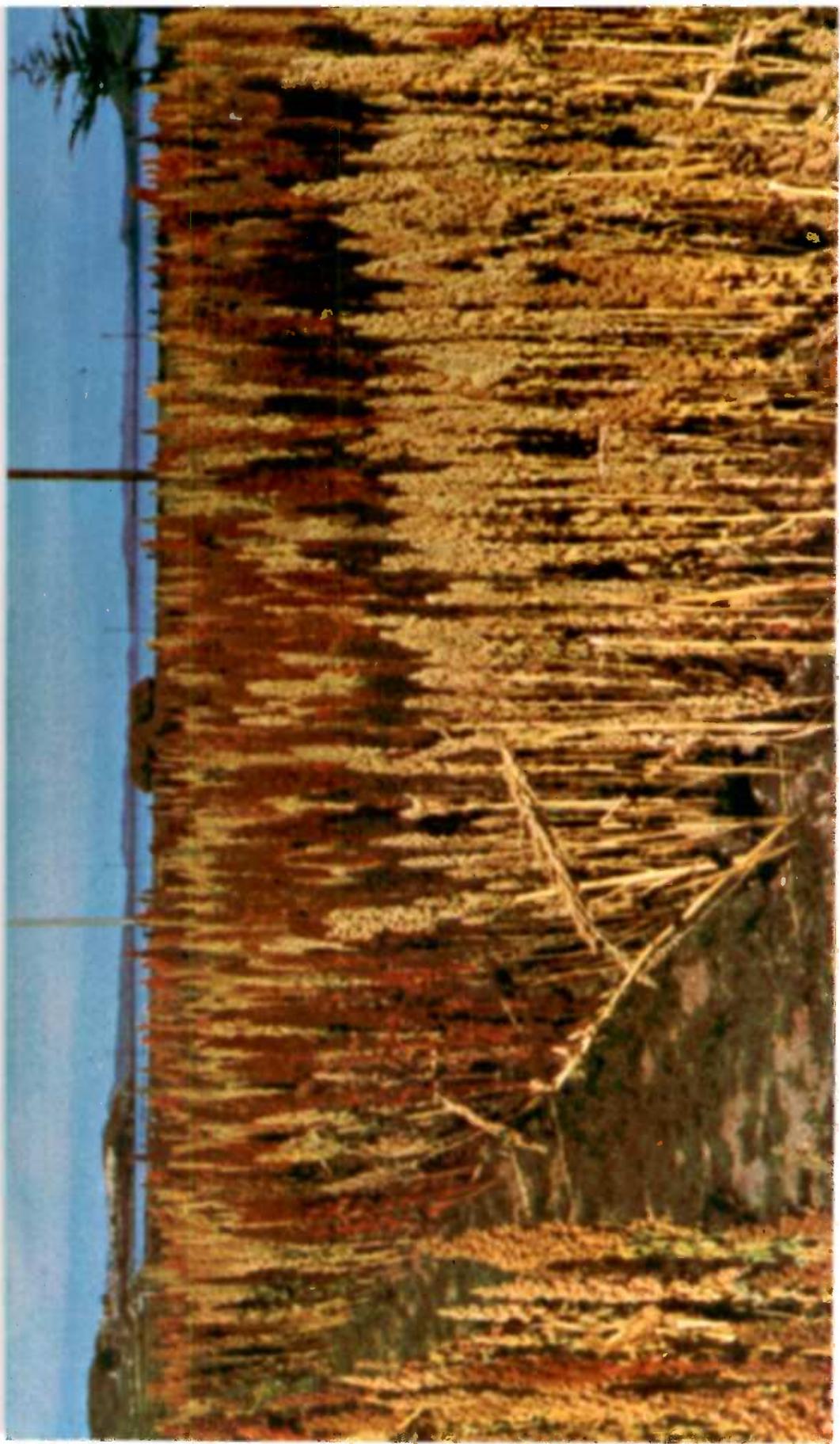
Figura 21. Trilladora estacionaria, utilizada en quinua, Puno, Peru
(Foto J. Rea).

Venteadado y limpieza

En caso de trillarse por golpeo es conveniente "aventar" para eliminar los perigonios, hojas y tallos pequeños que quedan con el grano. Generalmente se efectúa en horas de la tarde para aprovechar el viento de tal manera que los granos queden libres de paja y listos para su almacenamiento (Figura 22).



Venteo de quinoa. (Foto J. Rojas).



Sembrado de quimua a orillas del lago Titicaca. (Foto M. Tapia).

Secado del grano

Es conveniente secar los granos al sol hasta obtener la madurez comercial, ya que si contienen mucha humedad se produce fermentación y amarillamiento, desmejorando la calidad. Según Arze y Reyes (1976) existe una relación directa entre porcentaje de humedad y tiempo de secado del grano, con su poder y energía germinativa.



Figura 22. Proceso de venteo de la quinua, Kolcha-K Nor Lipez, Bolivia.
(Foto M. Tapia).

Almacenamiento

Es fundamental contar con un almacenamiento adecuado para evitar pérdidas, especialmente por causa de roedores y polillas. Se recomiendan lugares secos, bien ventilados y de preferencia envases de yute. En Puno se han controlado eficazmente los roedores en almacén, utilizando el roenticida "Racumin", cuya forma de preparación es la siguiente: 11 partes de quinua, cebada o avena, 4 partes de avena en hojuelas, 2 partes de azúcar, 1 parte de "Racumin" y aceite hasta humectar la ración.

El grano de quinua debe ser seleccionado por tamaño para su uso posterior. Así se puede obtener grano grande como semilla, mediano para consumo directo y pequeño o quebrado para harinas (Figura 23).



Figura 23. Máquina clasificadora de granos de quinua. Juliaca, Perú.
(Foto J. Rea).

RENDIMIENTOS

Los rendimientos están muy relacionados con el nivel de fertilidad del suelo, el uso de abonos químicos, la época de siembra, la variedad empleada, el control de enfermedades y plagas, y la presencia de heladas y granizadas, etc.

Generalmente se obtienen de 600 a 800 kg/ha en cultivos tradicionales. Con tecnología moderna, la variedad Sajama ha producido hasta 3000 kg/ha, siendo el promedio comercial 1500 kg/ha. Los rendimientos en broza varían también de acuerdo a la fertilización, obteniéndose en promedio 5000 kg de broza (kiri) y 200 kg de hojuela pequeña, formada por perigonios y partes menudas de hojas y tallos (jipi). Este componente tiene el mayor valor nutritivo para la alimentación del ganado.

Las estadísticas de Perú y Bolivia reflejan rendimientos muy variables, en razón de que en muchas oportunidades se muestrean campos de quinua en áreas que ecológicamente no son las más adecuadas o en donde la presión demográfica ha obligado al campesino a "derramar quinua" con el objeto de tener alguna cosecha.

COSTOS DE PRODUCCION

Los costos de producción de quinua y sus requerimientos, tanto de mano de obra como de insumos, han sido considerados bajo el ángulo de diferentes tecnologías.

En un estudio efectuado por Velando (1975), se demostró que la quinua es rentable económicamente para las condiciones de Puno. Aunque inferior al cultivo de papa, en términos de retornos económicos, es superior a los cultivos de haba, avena y cebada. Se debe notar que la inversión económica en este cultivo es muy baja.

Es importante indicar que el empleo de mano de obra en la preparación del terreno se calcula en base a que la quinua sucede a la papa, aprovechando tanto la condición limpia del terreno como los remanentes de fertilización aplicada.

Los principales niveles de tecnología corresponden a:

- *Producción manual A*: aquella que emplea la yunta para la preparación del suelo, las demás labores son efectuadas a mano, se fertiliza con estiércol. Este sistema es característico de la región alrededor del lago Titicaca.
- *Producción manual B*: en la que no se realiza una preparación del suelo, se siembra la quinua en forma muy distanciada en hoyos. Todas las demás labores son a mano, no se aplican fertilizantes y la trilla se efectúa con el empleo de camiones o a golpes. Este sistema es típico de la zona suroeste de Bolivia, donde se cultiva la quinua Real.
- *Producción semi-mecanizada*: en donde la preparación del suelo se realiza con maquinaria, pero todas las demás labores se hacen manualmente. Se aplican fertilizantes y productos fitosanitarios.

—*Producción mecanizada*: se emplea maquinaria para la preparación del suelo, siembra, cosecha, trilla; las demás labores se hacen a mano. Se aplican fertilizantes y productos fitosanitarios.

Del Cuadro 10 se pueden deducir consideraciones muy importantes. El número de jornales empleados en el cultivo de la quinua es bastante alto en todos los sistemas y varía de 22 a 48 jornales, lo cual determina que ningún campesino solo pueda cultivar más de 2 a 3 hectáreas, entendiéndose que además debe atender otros cultivos.

Cuadro No. 10

REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA E INSUMOS PARA LA PRODUCCION DE QUINUA, BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCION*

Labores	Sistemas de producción			
	Manual A	Manual B	Semi-mecaniz.	Mecanizado
Preparación terreno				
— Arado	3 (Yun)	—	3 hrs.	3 hrs.
— Desterronado	5 (J)	3,5 (J)	2 hrs.	2 hrs.
— Surcado	1 (Yun)	—	1 hr.	
Fertilización				
— Transporte y aplicación	2,5 (J)	—	2,5 (J)	0,5 (J)
— Material	3 T.M. (E)	—	80-40-0	80-40-0
Siembra				
— Material	10 kgs.	20 kgs.	10 kgs.	10 kgs.
— Aplicación	2,5 (J)	10 (J)	4,5 (J)	0,5 (J) + 2 hrs.
Otras labores				
— Deshierbe y desahije	3 (J)	8 (J)	6 (J)	—
— Fertilización complementaria	—	—	1 (J)	1 (J)
Producto fitosanitario				
— Aplicación	—	—	3 (J)	3 (J)
— Material	—	—	3 lts	3 lts
Cosecha				
— Corte o siega, y emparvado	15 (J)	7 (J)	15 (J)	15 (J)
— Golpeo/Trilla	10 (J)	10 (J)	10(J)	5 hrs.
— Aventado y ensacado	5 (J)	5 (J)	6 (J)	2 (J)
Resumen	4 días Yunta 43 Jornales	43,5 Jorn.	6 hrs. maq. 48 Jorn.	12 hrs. maq. 22 Jorn.

(Yun) = Yunta de bueyes, días. (J) = Jornales de mano de obra. hrs. = horas de maquinaria, tractor. (E) = Estiércol.

*La información se ha extraído de Velando (1975), Mujica (1975, 1976, 1977) y Cooperativa Operación Tierra (1977).

La labor más importante desde el punto de vista de empleo de mano de obra y que restringe la expansión del cultivo es la del corte o siega de las plantas y su emparvado. Esta labor debe ser efectuada en una época definida del año y varía entre 7 a 15 jornales, según la densidad de plantas en el campo. Esta fase debería recibir la atención de la investigación, a fin de desarrollar algún tipo de implemento o maquinaria que permita una mayor eficiencia.

Como se indicó anteriormente, la inversión en materiales es bastante baja y se reduce a pocos kilos de semilla (10-20/ha), bajos niveles de fertilización (estiércol o químicos) y desinfectantes en relativamente pocas aplicaciones.

En este momento parece que la trilla y el venteo del grano serían las actividades más fáciles de ser modificadas, ya que representan entre 10 a 15 jornales, mientras que en forma mecanizada se reducen a sólo 5 horas de maquinaria.

Asumiendo que los cuatro sistemas requieren de la misma inversión en insumos, como semilla, etc., las variaciones estarían fundamentalmente relacionadas con jornales y/o maquinaria, así como con el uso de fertilizantes y pesticidas.

A partir de la experiencia en el altiplano de Puno, Perú y Bolivia, y de los rendimientos esperados, se puede deducir que el sistema manual A se aplica a pequeñas parcelas individuales en donde la quinua sucede estrictamente al cultivo de la papa. El sistema manual B es propio de zonas ecológicas como los terrenos alrededor de los salares en Bolivia. Una posible comparación económica sería entre el sistema semi-mecanizado y mecanizado.

La selección de un sistema radicaré por una parte en la disponibilidad de mano de obra y por otra en la posible utilización de maquinaria para el trillado, a precios razonables.

GLOSARIO DE TERMINOS UTILIZADOS EN ESTE CAPITULO

- Lupakas** : Reino aimará precolombino, que ocupaba regiones cercanas al lago Titicaca.
- Ccolcas** : Silos de almacenamiento de alimentos en las épocas precolombinas.
- Huaccho** : Ganado de propiedad individual, término que por extensión se aplica también a terrenos individuales.
- Aynoka** : Terrenos comunales donde se cultiva con una secuencia rotativa de tres años, seguidos por 6 ó 7 años de descanso.

- Tarwi** : **Lupinus mutabilis.**
- Kallpares** : Terreno que queda después de una cosecha.
- Kanunas** : Terreno que queda después de cosechar papas o tubérculos en general.
- Chila** : Herramienta agrícola utilizada para preparar surcos, en la región de Nor-Lipez, Bolivia.
- Taquisa** : Herramienta agrícola utilizada para cavar hoyos, en la región de Nor-Lipez, Bolivia.

6

Plagas

René Ortiz Romero
Eulogio Zanabria

INTRODUCCION

Los insectos representan la clase más importante en la escala zoológica. Existen cientos de miles de especies diseminadas en todos los continentes donde causan graves perjuicios.

El cultivo de la quinua no se salva de la acción destructora de los insectos y se indica que en el altiplano peruano estos ocasionan la pérdida del 8% de la producción (Zanabria y Mujica, 1977). En la zona de los salares al suroeste de Bolivia, las plagas constituyen el factor más importante que afecta la producción del grano (Tapia, 1976). Quispe (1976) calculó que en la región de Ladislao Cabrera en Bolivia, el gusano cortador y el gusano minador pueden disminuir en un 40% la producción de quinua.

La quinua sufre el ataque de una serie de insectos durante todo su período vegetativo e incluso el grano almacenado también está expuesto.

De acuerdo al tipo de daño que causan, los insectos se pueden clasificar en:

- Cortadores de plantas tiernas
- Minadores y destructores de granos
- Masticadores y defoliadores
- Picadores y chupadores

INSECTOS CORTADORES DE PLANTAS TIERNAS

Se les denomina comúnmente "ticonas" o "ticuchis" y son un grupo complejo que está formado por lo menos de tres especies (Cuadro 1). Son insectos que se alimentan cortando plantas recién germinadas o destruyendo panojas y hojas apicales en formación.

Cuadro No. 1

INSECTOS CORTADORES DE PLANTAS TIERNAS (Zanabria y Mujica, 1977)

Nombre común	Especie	Orden Familia
"Ticonas", "ticuchis"	<i>Feltia experta</i> Walk <i>Spodóptera</i> sp. (figura 1)	Lepidóptera Noctuidae Lepidóptera Noctuidae
Gusano de tierra o gusanos cortadores	<i>Copitarsia turbata</i> H.S. (figura 2) <i>Agrostis ypsilon</i> Rott	Lepidóptera Noctuidae Lepidóptera Noctuidae

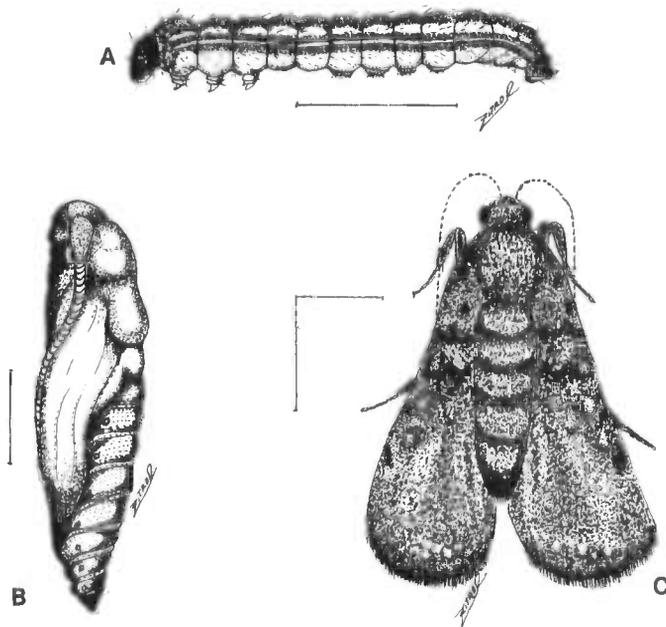


Figura 1. *Spodoptera* sp.; A) Larva, B) Pupa, C) Adulto.

Descripción morfológica. En general, las características se refieren a las cuatro especies, por ser muy similares. Según Zanabria y Mujica (1977), estas plagas de segundo orden tienen las siguientes especificaciones:

Los adultos son mariposas nocturnas de cuerpo grueso, alargado y cilíndrico. Las alas anteriores presentan manchas o líneas oscuras o claras según las especies, las alas posteriores son por lo general blanquecinas o hialinas.

El color predominante es el gris o gris oscuro que les permite mimetizarse en el suelo y las malas hierbas. El tamaño es mediano, con aproximadamente 35 a 40 mm de expansión alar.

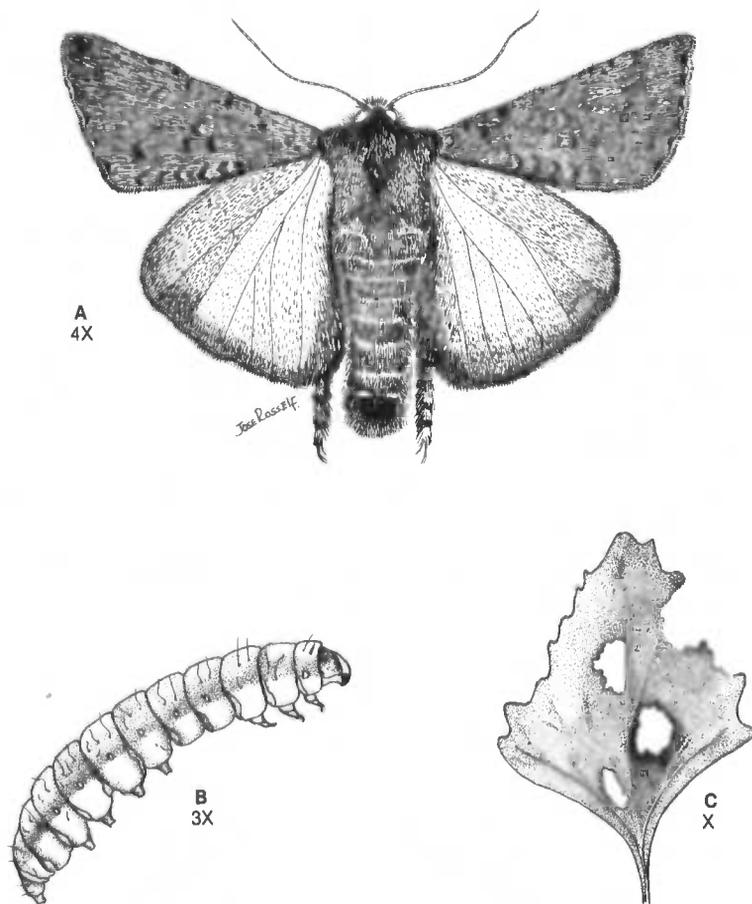


Figura 2. A) "El ticuchi" (*Copitarsia turbata* H.S.). B) Larva. C) Forma de daño en hoja de quinua.

Los huevos presentan forma variable según la especie, predominando el tipo esférico algo aplanado, con finas estrías longitudinales. El tamaño de estos es variable, fluctúa entre 0,5-0,8 mm de diámetro, y el color también varía aunque predomina el blanco.

Las larvas son orugas de cuerpo alargado y cilíndrico, de coloración variable desde el gris claro hasta el gris oscuro, con el aspecto ventral algo verdoso y moteado. Algunas especies tienen líneas longitudinales de color amarillo, marrón o negro, situadas en posición dorso lateral. El tamaño de larvas adultas es variable, de 30 a 35 mm de longitud, dependiendo de la especie.

Las pupas son de color marrón rojizo o marrón oscuro, de 20 a 30 mm de longitud.

Biología y daños. Las hembras realizan las posturas, en forma aislada o en masa, sobre las hojas y tallos de plantas tiernas de quinua. También suelen ovopositar en el suelo, cerca del pie de las plantas.

Las larvas pasan en general por 6 estados. El estado larval, incluyendo el de pre-pupa, dura entre 20 a 35 días según las condiciones de humedad y temperatura.

Las larvas son por lo general de hábitos nocturnos, durante el día permanecen en el suelo cerca o alrededor de las plantas, enrollándose en espiral sobre sí mismas en forma de "rosquilla".

Los "ticuchis" atacan a la quinua, especialmente durante la primera edad de la planta (8 hojas) o recién germinada, cortándose a la altura del cuello de la raíz, con lo que la planta se cae y muere. En ataques severos los campos de quinua presentan gran número de fallas, obligando en unos casos a resembrar y en otros a arar el terreno.

Su incidencia puede ser mayor en épocas de sequía, entre septiembre a noviembre.

Control químico. En el siguiente cuadro se ofrecen datos sobre el uso de insecticidas para el control de los ticonas.

Cuadro No. 2

USO DE INSECTICIDAS DE CONTACTO O GRANULADOS PARA EL CONTROL DE LOS "TICONAS" (Zanabria y Mujica, 1977)

Insecticida	Dosis	Clase de producto
Aldrín 2,5 P	20 a 30 kg/ha	Clorado, de contacto
Heptacloro 2,5 P	20 a 30 kg/ha	Clorado, de contacto
Dipterex 2,5 G	20 kg/ha	Fosforado, granulado
Sevin 5 G	20 kg/ha	Carbonato, granulado

Los dos primeros productos se aplican en espolvoreos y los dos últimos directamente con la mano, pero en ambos casos deben aplicarse al cuello de la planta. Asimismo, el uso de uno de estos insecticidas se justifica solamente cuando existe una infestación de 20 a 25%.

Se pueden usar cebos tóxicos, con la siguiente fórmula: 100 kg de afrecho, coronta de maíz molida o polvillo de arroz, que podría reemplazarse con cebada o quinua, 4 kg de melaza o azúcar rubia, 70 lts de agua o hasta darle consistencia pastosa. Como sustancia tóxica se puede aumentar cualquiera de los siguientes insecticidas:

300 gr. de Sevien 85 PM

750 cc de Endrín 19,5 CE

300 gr. de Dipterex 80 PS

500 gr. de Matacil 80 PM

Este preparado alcanza para 6 hectáreas aproximadamente, y la cantidad de cebo por aplicar debe ser de 20 a 30 kg/ha al pie de las plantas tiernas.

Control biológico. Se ha observado que escarabajos y larvas de la familia Carabidae, por ejemplo *Calosoma* sp., son predadores importantes de los "ticuchis".

INSECTOS MINADORES Y DESTRUCTORES DE GRANOS

Es el grupo de insectos que se alimenta del parénquima de las hojas, panojas y tallos, formando galerías o minas a manera de estuches. Son lepidópteros de las familias Gelechiidae y Pyralidae, así como dípteros de la familia Agromyzidae (Cuadro 3).

Cuadro No. 3

INSECTOS MINADORES Y DESTRUCTORES DEL GRANO (Zanabria y Mujica, 1977)

Nombres comunes	Especie	Orden	Familia
"Kcona-kcona", kcanco-curu", "pegadores de hojas", "chako" (Bolivia)	<i>Scrobipalpula</i> sp. (<i>Gnorimoschema</i>)	Lepidóptera	Gelechiidae
Mosca minadora de hojas	<i>Liriomiza brasiliensis</i> (Frost)	Diptera	Agromyzidae
Oruga de hojas e inflorescencias	<i>Hymenia recurvalis</i> (F)	Lepidóptera	Pyralidae
Polilla de la quinua	<i>Pachyzancla bipunctalis</i>	Lepidóptera	Pyralidae
Gusano medidor	<i>Perisoma sordescens</i> Dognin	Lepidóptera	Gyometridae

Kcona-kcona (*Scrobipalpula* sp) antes *Gnorimoschema* sp.

Es probablemente la plaga más importante de la quinua (Chacón, 1962). Un ataque intenso de esta plaga puede reducir a cero la producción de grano. Su nombre común se refiere al hecho de moler el grano como resultado de un ataque intenso (Figura 3).

Morfología de la kcona-kcona. Los adultos son polillas de color gris parduzco o amarillo pajizo. El tamaño es de aproximadamente 9 mm de longitud, con una expansión alar de 15 a 16 mm. Tienen la cabeza relativamente pequeña, cubierta de abundantes escamas; palpos labiales bien desarrollados, encurvados hacia adelante y arriba; antenas filiformes largas, que sobrepasan la mitad de la longitud del cuerpo.

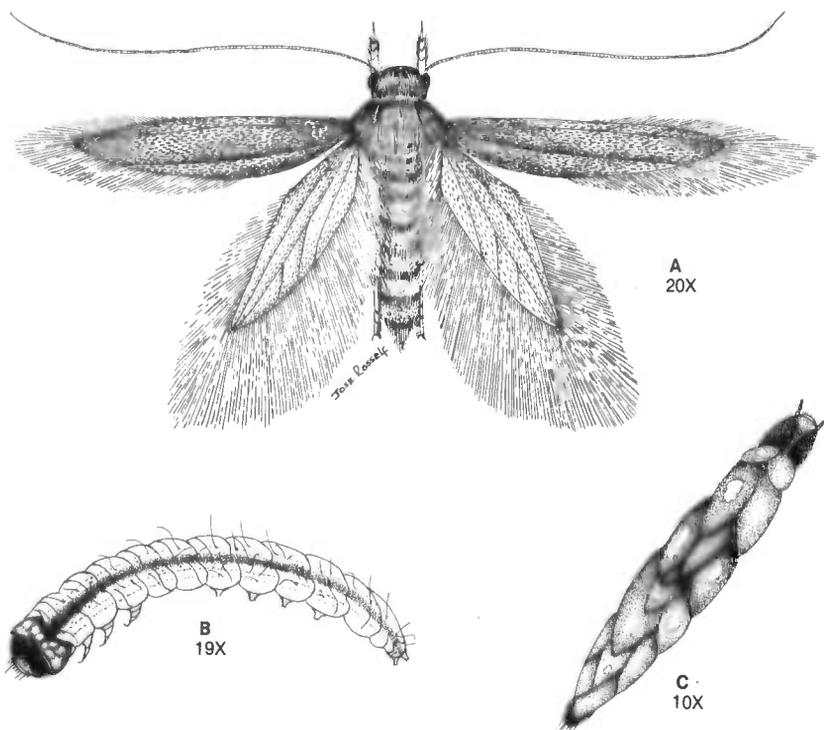


Figura 3. A) Adulto del "pegador de hojas y destructor de panojas de la quinua" (*Scrobipalpus* sp); B) Larva; C) Larva parasitada por *Copidosoma gelechiiiae*.

Los huevos son muy pequeños, tienen forma ovoide, superficie lisa, miden de 0,4 a 0,5 mm de longitud. Color blanco cremoso cuando frescos, y blanco cenizo cuando están próximos a la eclosión.

Las larvas son cruciformes, con 5 pares de patas abdominales y un cuerpo de aspecto cilíndrico, alargado. El color es variable de amarillo verdoso, marrón claro o marrón oscuro, con manchas difusas de color marrón oscuro o rosado que se disponen en la región dorsal, dando el aspecto de bandas o venaciones lineales características. Las larvas recién eclosionadas son diminutas, siendo su tamaño promedio de 0,85 mm de longitud. Las adultas miden de 10 a 12 mm de longitud.

Las pupas son de tipo momificado, forma elíptica de color marrón claro a bruno, y miden de 6 a 8 mm de longitud.

Biología y hábitos. Las polillas hembras realizan las posturas en las inflorescencias, en la cara inferior de las hojas tiernas y en los brotes. Los huevos son colocados en grupos de 30 a 40, o aisladamente. De 7 a 12 días luego de la ovoposición, los huevos eclosionan y las pequeñas larvas empiezan a alimentarse, bien sea minando el parénquima de las hojas, o destruyendo el ovario de las flores o los granos lechosos.

Las larvas jóvenes y adultas anidan en el limbo foliar, en los brotes, en los botones, o dentro de los glomérulos de las inflorescencias, formando una especie de estuche sedoso, blanquesino y pegajoso, donde permanecen la mayor parte del día. Por tanto, su actividad es crepuscular y nocturna. Las larvas de la kcona-kcona son muy activas, cuando se las molesta, mueven la parte caudal del abdomen que semeja la cola de un pescado.

Al término de su desarrollo, las larvas empupan en el suelo dentro de las grietas o terrones, raras veces lo hacen sobre la planta.

El ciclo biológico dura aproximadamente 75 días, con un mínimo de dos generaciones por ciclo estacional.

Daños. Investigaciones recientes en Puno y en el altiplano de Bolivia, indican que la kcona-kcona es una plaga de primer orden del cultivo de la quinua. Las variaciones de quinuas dulces y blancas son relativamente las preferidas de esta plaga, habiéndose encontrado hasta 150 larvas en una sola planta.

El ataque de estos insectos es más intenso en las épocas de sequía y "veranillos". Las larvas de la primera generación (noviembre-diciembre) minan y destruyen las hojas e inflorescencias en formación, pegan las hojas tiernas, enrollándolas y alimentándose en el interior del parénquima. En ataques severos, las plantas aparecen arrepolladas y en pocos días se puede destruir el cultivo.

Las larvas de la segunda generación (marzo-mayo) atacan a las plantas en estado de maduración (grano pastoso y seco), localizándose en el interior de las panojas donde comen el grano. En infestaciones severas aparece un polvo blanco alrededor de la base de la planta, producto de la destrucción del grano y de las deyecciones de la larva, situación que puede prolongarse en las parvas durante el secado. Estas larvas de la segunda generación ocasionan los mayores daños a los cultivos de la quinua.

Control químico. Chacón (1962) ha evaluado el efecto de cinco insecticidas. Los resultados se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro No. 4

EFFECTO DE CINCO INSECTICIDAS EN EL CONTROL DE LA KCONA-KCONA (*Scrobipalpula sp.*), (Chacón, 1962)

Insecticida	Rendimiento kg/ha	O.M.	Costos relativos
Testigo	1.759	6	0
Folidol	3.342	1	210
DDT	2.991	3	100
Malathion	2.723	4	250
Rothane	3.295	2	639
Sevin	2.436	5	1.070

O.M. = Orden de mérito

DDT = 100 (Costos relativos)

Más recientemente, Ortiz (1976) ha recomendado el uso de insecticidas sistémicos fosforados como Nuvacrón 400 EC al 0,3%, tres veces por campaña.

Se recomienda también un control cultural: eliminación de plantas hospederas remanentes como Solanáceas (kita papa) y Quenopodiáceas (ayara quinua).

Control biológico. Se ha observado la presencia de insectos benéficos (Himenópteros) que atacan las larvas.

Tradicionalmente, los campesinos de la zona de Salinas de Garcimendoza (Bolivia) tratan de controlar el ataque de este insecto colocando, en las panojas de la quinua, pequeñas ramas de "muña" (*Hedeoma mandoniana* Wedd.), planta aromática postrada, cuyo olor repele al gusano. También se ha probado la quema de azufre y goma para que el humo se encargue de destruir al gusano.

Polilla de la quinua (*Pachyzancla bipunctalis*, Fabricius)

Es un microlepidóptero de 25 mm de envergadura alar, color amarillo bruno, generalmente pálido, con pigmentación negruzca en la ala anterior. En muchos aspectos es similar a la oruga de hojas e inflorescencias.

Oruga de hojas e inflorescencia (*Hymenia recurvalis* Fabricius)

Se trata de un microlepidóptero de 22 mm de envergadura alar, color marrón oscuro, protórax amarillo claro, ala anterior con una banda transversal y una mancha amarilla. Abdomen con 5 bandas amarillas dorsales a partir de la región pleural.

Las larvas de ambas especies son cruciformes, de color verde claro a verde oscuro, con el protórax y porción cefálica marrón, casi negro. La *Pachyzancla bipunctalis* mide 20 mm y la *Hymenia recurvalis* 17 mm. La pupa de tipo obtecta mide 10 mm, y es de color marrón en ambas especies. Los huevos, redondos y chatos, son de tono verde pálido.

Biología. Los piralidos de la quinua son biológicamente muy parecidos. Los adultos son de costumbres crepusculares, los huevos son depositados en forma aislada en la cara inferior de la hoja y sobre las inflorescencias en formación. Las larvas eclosionan al cabo de seis días, durante 15 días, y luego empupan en el suelo durante ocho días. El ciclo vital puede variar de acuerdo a las condiciones climáticas.

Daños. Las larvas destruyen hojas e inflorescencias. Síntoma de daño es la presencia de hojas y ramillas plegadas, dando la apariencia de estar apretadas en la porción apical de la planta.

Gusano medidor (*Perisoma sordescens* Dognin)

Los adultos son mariposas nocturnas de color gris pajizo, miden 20 mm de longitud y 30 mm de expansión alar.

Las hembras realizan las posturas aisladas en la cara inferior de las hojas tiernas o en las inflorescencias. Los huevos son ovoides, de 0,3 mm de longitud, color amarillo, blanquecinos cuando frescos y anaranjados cuando están próximos a la eclosión.

Las larvas son cruciformes, cuerpo delgado, con pares de patas abdominales, color variable de verde a pálido y amarillo cremoso. Para llegar al estado adulto pasan por seis estadios. Una larva en el último estadio mide 20 mm de longitud. Por lo general empupan en el suelo, y las pupas, de color marrón bermellón lúcido, miden hasta 10 mm de largo.

Daños. Las larvas destruyen hojas verdes, granos pastosos y granos secos. En caso de ataques severos, se observan inflorescencias vacías y panojas laxas.

Control. Uso de insecticidas fosforados de penetración o sistémicos, o ambos. La dosis se indica en el cuadro siguiente.

Cuadro No. 5

INSECTICIDAS RECOMENDABLES PARA EL CONTROL DE MINADORES
Y DESTRUCTORES DE GRANO (Zanabria y Mujica, 1977)

Producto	Dosis	Cantidad/Ha
Metacide 50 CE	0,2% 200 cc en 100 l agua	1 litro
Roxión-S	0,5% 500 cc en 100 l agua	0,5 litros
Tamarón 50 CE	0,2% 200 cc en 100 l agua	1,5 a 2 litros
Nuvacrón 400 EC	0,3% 300 cc en 100 l agua	2,5 a 3 litros

Se recomienda el uso de los primeros insecticidas cuando las larvas están destruyendo las hojas e inflorescencias recién formadas, entre noviembre y diciembre. Los dos últimos se deben usar para el control de las que atacan en la maduración de la planta, de enero a marzo.

La aplicación de los cuatro productos mencionados se hace en pulverizaciones mediante una mochila de 15 litros de capacidad, o una motopulverizadora. Es necesario indicar que los fosforados deben usarse por lo menos 20 días antes de la cosecha por su efecto residual.

Mosca minadora (*Liriomiza brasiliensis* Frost) (Figura 4)

Es un díptero negro, mide 2,5 mm de longitud, cápsula cefálica amarilla, tórax con las porciones pleurales amarillas y porción notal del metatórax amarilla. Cabeza desarrollada, ojos compuestos grandes y negros, antenas aristadas. Aparato bucal tipo esponjoso situado en la parte interior e interna de la cabeza. Ala anterior membranosa, venación visible

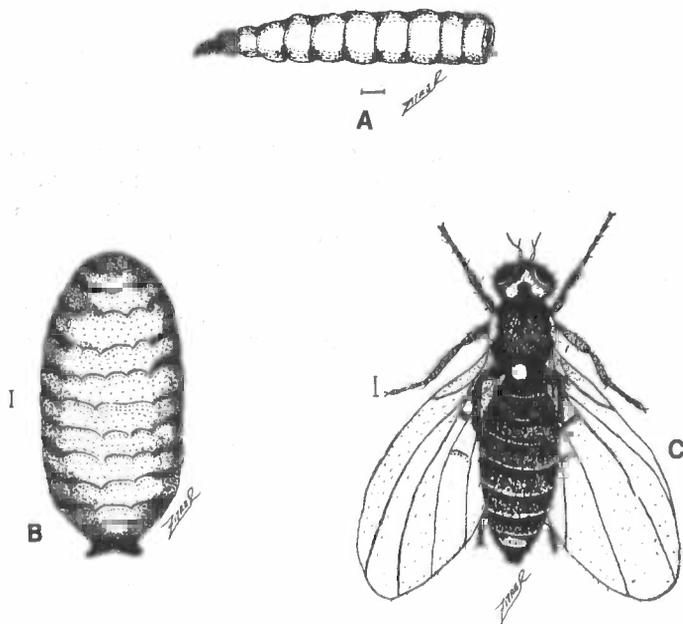


Figura 4. *Liriomiza* sp.; A) Larva, B) Pupa, C) Adulto.

alas posteriores transformadas en balancines amarillos. Patas negras, FT. 5-4-5. Abdomen de color negro, cubierto de cerdas negras con 7 segmentos visibles, porción notal del segmento pregenital amarilla, oviscápto corto.

Larva tipo vermiforme, mide 3 mm de longitud, cabeza con ganchos mandibulares negros, color blanco cremoso, forma alargada y cónica, ápada. Pupa tipo coartada, mide 2 mm de longitud, color café claro a oscuro. Huevo epidáfico y microscópico.

Biología. Los insectos adultos depositan los huevos casi microscópicos en ambas caras de las hojas en número de 2, el período de incubación es de dos días con dos mudas y tres estados larvales: larva I dura tres días; larva II, ocho días; y larva III, tres días. Prepupan un día, empupan en la superficie del suelo o en la misma hoja en el envés durante 10 días. El ciclo vital es de 28 a 30 días aproximadamente, con tres generaciones por ciclo estacional.

Daños. Las larvas afectan las hojas y ocasionalmente los tallos; se introducen dentro del órgano atacado y consumen el parénquima. Síntoma de daño es la presencia de minas serpenteadas de color amarillo para luego tornarse negras. La infestación es frecuente en los meses de diciembre a enero, cuando la planta es tierna y el ambiente cálido y seco.

Control. Aplicar insecticidas sistémicos fosforados cuando existan dos a tres hojas infestadas por planta.

INSECTOS MASTICADORES Y DEFOLIADORES

Las principales plagas que pertenecen a este grupo se indican en el siguiente cuadro.

Cuadro No. 6

LISTA DE LOS PRINCIPALES INSECTOS MASTICADORES Y DEFOLIADORES (Zanabria y Mujica, 1977)

Nombres comunes	Especie	Orden	Familia
"Acchu", "karhua", "padre curu" o	<i>Epicauta latitarsis</i> Haag	Coleóptera	Meloidae
Escarabajo negro de las hojas	<i>Epicauta willei</i> Den	Coleóptera	Meloidae
Pulgulla saltona	<i>Epitrix subcrinita</i> Lecontè	Coleóptera	Chrysomelidae

Descripción morfológica de cada especie. Las dos especies de "acchus" son de cuerpo cilíndrico y delgado, tamaño 10 a 15 mm de longitud. La *E. latitarsis* (Figura 5) es de color negro, cuerpo desprovisto de pelos. La *E. willei* (Figura 6) es de color oscuro a grisáceo, cuerpo cubierto de densos pelos grisáceos amarillentos que le dan el aspecto aterciopelado; además tienen los élitros con márgenes de color amarillo.

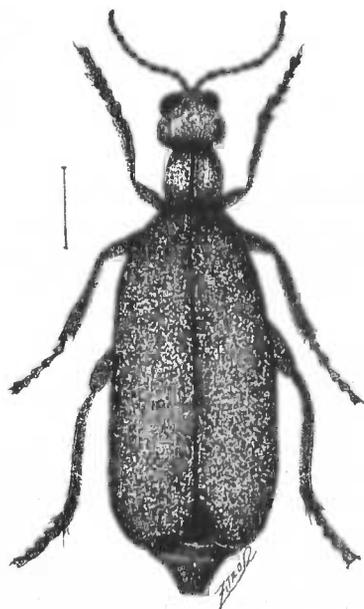


Figura 5. *Epicauta latitarsis* (Haag).

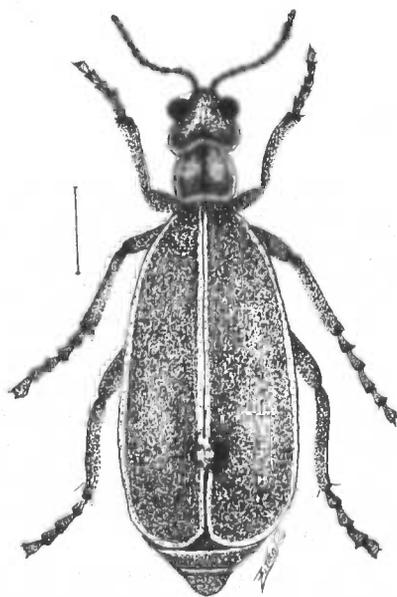


Figura 6. *Epicauta willei* (Den).

Las larvas de ambas especies, para llegar a ser adultas, pasan por seis estados morfológicamente distintos. En los cuatro primeros estados son predadores de huevos de langostas o saltamontes "tiscutiscus". Su ciclo vital es de un año, con una sola generación.

Las pulgillas saltonas (*Epitrix subcrinita*) (Figura 7) son escarabajos pequeños de aproximadamente 2 mm de longitud, marrón oscuro o negro brillante. Tienen los fémures de las patas posteriores bastante desarrollados, lo cual les permite dar saltos poderosos. Su ciclo vital es por lo general de cuatro a seis semanas, con una a cuatro generaciones al año.

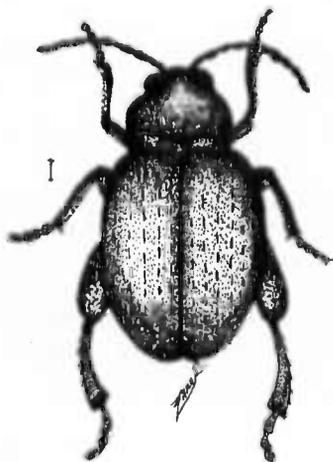


Figura 7. *Epitrix* sp.

Daños. Los "acchus" adultos atacan a las hojas e inflorescencias tiernas, siendo más intenso el ataque en los meses de noviembre y marzo, durante los veranillos, períodos de sequía y alta insolación. Producen esquelización y defoliación de la hoja. En caso de ataques severos pueden destruir campos enteros en pocos días.

Existe otra plaga de la quinua, llamada comúnmente "Uchucuru" o "Uchuccaspa", cuyo nombre genérico está todavía sin definir aunque pertenece a la familia Meoidae (Coleóptera). En el estado inmaduro, este insecto tiene el abdomen globoso, de color rojo anaranjado con manchas negras e irregulares en la parte dorsal. El "uchucuru" consume el limbo foliar de las hojas, empezando por los bordes, produciendo así daño similar al de los "acchus".

Las pulgillas saltonas hacen perforaciones circulares en las hojas tiernas, a manera de perdigones de diámetro muy pequeño, siendo notorio su ataque en los primeros estados de la planta, generalmente hasta que ésta alcanza los 25 cm de altura.

Control químico. Realizar tratamientos con clorados u otros productos indicados en el cuadro siguiente:

Cuadro No. 7

PRODUCTOS PARA EL CONTROL DE INSECTOS MASTICADORES Y DEFOLIADORES (Zanabria y Mujica, 1977)

Producto	Dosis
Aldrín 2,5	23 kg/ha
Aldrex	0,3% (300 cc en 100 l de agua)
Sevithión (mezcla de 44% de Sevin y 11% de Paration met.)	6 a 8 lbs. por ha. (550 a 750 gr. por 100 l de agua)

Control biológico. Recientemente se ha observado que una mosca, *Erax* sp., (díptera-Asilidae) es predadora importante del "acchu" adulto.

INSECTOS PICADORES Y CHUPADORES

Dentro de este grupo se destaca la importancia económica de los pulgones que, además de producir daños directos, son vectores de muchas enfermedades. Hasta el presente se han detectado dos especies de pulgones como plagas de la quinua.

Cuadro No. 8

LISTA DE INSECTOS PICADORES-CHUPADORES (Zanabria y Mujica, 1977)

Nombres comunes	Especie	Orden	Familia
Pulgones "kutti", Use o piojo de las plantas	<i>Myzus</i> sp. <i>Macrosiphum</i> sp.	Homóptera Homóptera	Aphidiae Aphidiae
Cigarritas	<i>Bergallia</i> sp.	Homóptera	Cicadellidae
"Llaja", "yeja", "trips" Trips negros	<i>Frankliniella</i> <i>tuberosi</i> Moulton	Thysanóptera	Thripidae

Morfología. Los pulgones (*Myzus* sp. y *Macrosiphum* sp.) son insectos pequeños, según la especie miden de 1 a 4 mm de longitud. Tienen el cuerpo blando y de forma globosa. Presentan un polimorfismo bien marcado, pudiéndose encontrar formas ápteras y aladas, y aun dentro de las aladas, formas sexuales y partenogenéticas. En la parte posterior y dorsal del abdomen tienen un par de apéndices llamados cornículos o sifones. El color del cuerpo es variable, de verde claro, verde oliva a verde oscuro.

La biología de los pulgones es complicada. Se reproducen por vía sexual o partenogenética, pueden tener de 5 a 8 generaciones por año.

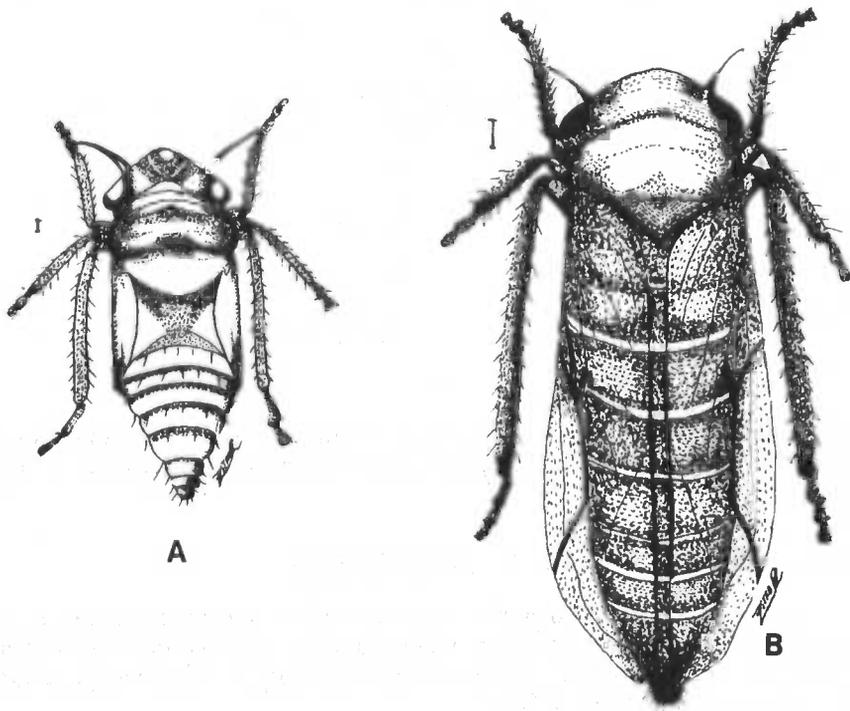


Figura 8. *Bergallia* sp.; A) *Ninfa*, B) *Adulto*.

Las "cigarritas", como la *Bergallia* sp. (Figura 8) son homópteros de color grisáceo oscuro y cuerpo de forma cónica. Las ninfas son de color claro, semejantes a los adultos. Los huevos alargados son de color blanco sucio, miden 0,3 mm de diámetro, ligeramente agudizados en uno de los extremos.

Las "cigarritas" son dañinas en el estado ninfal y adulto. Atacan las hojas y ocasionalmente las panojas y los tallos. Un síntoma de daño es la presencia de puntos amarillos en el limbo foliar, para luego sufrir un encrepamiento. Las plantas infestadas son más pequeñas que las plantas sanas; el porcentaje de población afectada es mayor bajo una alta insolación y un ambiente cálido y seco.

Las "llajas" o trips negros (Figura 9) son insectos muy pequeños de cuerpo alargado, miden aproximadamente un milímetro de longitud, y presentan dos pares de alas con gran cantidad de flecos. Los adultos son de color negro brillante, mientras que las ninfas presentan una coloración amarillenta. El ciclo biológico es de 30 a 60 días, pudiendo existir dos a cinco generaciones por año, según las condiciones ecológicas.

Daños. Los pulgones causan dos tipos de daños a la planta de quinua: directos e indirectos.

Los daños directos se producen cuando estos insectos forman colonias en el envés de las hojas, brotes, tallos tiernos o inflorescencias para succionar la savia, produciendo debilitamiento, marchitamiento y, en ataques muy intensos, muerte de la planta. En estos casos se acumula la mielecilla que atrae al hongo negro del género *Fumagina*. A esto se agrega la gran cantidad de exubias de aspecto blanquesino, que son residuos de mudas.

La intensidad del ataque aumenta en lugares con temperatura alta y humedad relativa baja (veranillos).

Los daños indirectos se producen principalmente por la transmisión de enfermedades virosas.

Los trips laceran los tejidos tiernos de las plantas, succionan la savia, producen un vaciado celular y como consecuencia se forman heridas o lesiones que son entradas fáciles para los agentes patógenos.

Control químico: Uso de insecticidas sistémicos que se indican en el cuadro número 9.

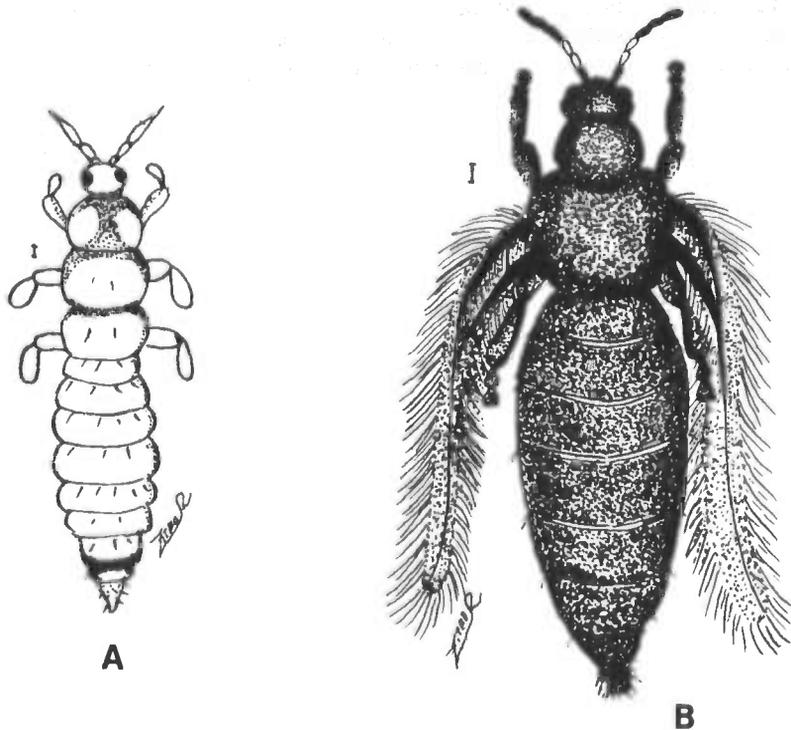


Figura 9. *Frankliniella* sp.; A) *Ninfa*, B) *Adulto*.

Cuadro No. 9

**PRODUCTOS RECOMENDABLES PARA EL CONTROL DE INSECTOS
PICADORES-CHUPADORES (Zanabria y Mujica, 1977)**

Producto	Dosis	Cantidad/ha
Metasystox (i) 25%	0,1% 100 cc en 100 l agua	1 litro
Metacide 50 CE	0,2% 200 cc en 100 l agua	1 litro
Paratión 50 CE	0,15% 150 cc en 100 l agua	1,5 litros

Cualquiera de los tres insecticidas se debe aplicar en pulverizaciones al follaje de la planta, agregando previamente al preparado un adherente en dosis de 0,3 a 0,5% (300 a 500 cc en 100 l de agua) con el fin de mejorar la acción del insecticida y prolongar su poder residual.

Control biológico. La microavispa *Aphidius phorodontis* Ashm. (Hymenóptera, Braconidae), es un parasitoide importante de ninfas, adultos y pulgones.

Las larvas y adultos de los Coccinélidos llamados "mariquitas" (Coleóptera-Coccinellidae) y las larvas de las moscas *Synohus* sp. (Díptera-Syrpidae) son predadores muy activos de pulgones y trips.

7

Enfermedades

Segundo Alandia Borda
Víctor Otazú Monzón
Basilio Salas Turpo

ANTECEDENTES

En Perú, García Rada (1947) fue aparentemente el primero en citar una enfermedad de la quinua. El registró el mildiú (*Peronospora farinosa*) en los Departamentos de Cuzco y La Libertad.

En Bolivia, las primeras referencias son de J. A. Stevenson y M. Cárdenas (1949) y de S. Alandia y Bell (1957).

La superficie cultivada con quinua ha sido incrementada considerablemente, en especial en el Departamento de Puno, Perú. Paralelamente, las enfermedades que atacan al cultivo han cobrado mayor importancia. Sin embargo, hay pocos estudios sobre etiología, epidemiología y control de estas enfermedades. También se desconoce su distribución, tanto en Perú como en otros países.

Vilca (1972) determinó en el Departamento de Puno la mancha foliar (*Ascochyta* sp). Salas y Otazú (1975) citaron nuevas enfermedades como la mancha bacteriana (*Pseudomonas* sp) y la mancha ojival del tallo (*Phoma* sp.), y últimamente (1977) describieron la podredumbre marrón del tallo (*Phoma exigua* var. *foveata*).

MILDIU (*Peronospora farinosa*)

De las enfermedades conocidas que afectan a la quinua (*Chenopodium quinoa* W.), sin duda la más importante y generalizada es el mildiú. Hay antecedentes de su existencia especialmente en Colombia, Perú y Bolivia.

De la misma manera que resulta admirable la adaptación de la quinua a las condiciones extremas del altiplano —una baja humedad ambiental resultante de la escasa precipitación pluvial, cuya media anual suele ser de 200-500 mm, y temperaturas tan bajas como 6 a 10°C media-anual también es admirable la capacidad de desarrollo y propagación del hongo en esas condiciones.

Yerkes y Shaw (1959) determinaron que el aspecto morfológico del *Peronospora* es muy variable y por lo tanto inválido para determinar especies. Así, ellos consideran que el factor biológico debe tomarse en cuenta junto con el factor morfológico. Como resultado, las numerosas especies existentes previamente, se agrupan en solo dos, según las plantas hospederas que atacan: *P. parasitica* (Crucífera) y *P. farinosa* (Quenopodiáceas). De modo que *P. effusa* pasa a ser sinónimo de *Peronospora farinosa* (Fr.), de uso actual (Waterhouse, 1973).

Aunque las condiciones ambientales de mayor humedad, como en las cuencas de los lagos Titicaca y Poopó y otras similares de los altiplanos bolivianos y peruanos, favorecen el desarrollo de la enfermedad, ésta no deja de atacar los cultivos de quinua prácticamente donde quiera que se cultive el grano. Y es que las temperaturas más benignas y las precipitaciones más continuas del verano son suficientes para permitir la actividad parasítica del hongo del mildiú.

Síntomas de la enfermedad

La sintomatología difiere en las distintas variedades y estados de desarrollo de la planta. En unas las lesiones están bien localizadas y definidas; en otras son amplias, pálidas, húmedas y pueden abarcar las láminas foliares enteras. Es frecuente la distorsión de los tejidos atacados, en cuyo caso las hojas muestran depresiones pronunciadas o especie de ampollas pálidas o coloreadas. También se observan casos de infección sistémica, dando la apariencia de plantas virósicas, enanizadas y amarillentas. Pero este extremo parece presentarse sólo cuando la parasitación por el hongo se inicia con la germinación de la semilla o, en todo caso, en un período muy temprano del crecimiento de la planta.

Los signos del mildiú sobre el tallo y las ramas se manifiestan en forma de manchas menos pronunciadas que en las hojas. La panoja presenta un oscurecimiento sólo notorio en un estado muy avanzado de ataque intenso de toda la planta.

El hongo y su acción sobre la planta

Los primeros signos del mildiú (Figura 1) se observan normalmente a fines de la primavera en aquellas plantas que se encuentran en lugares húmedos; sobre las hojas basales aparecen manchas irregulares, amarillas pálidas. Con las condiciones de humedad-ambiente en aumento, como corresponde a la época, esas manchas van creciendo en tamaño y en número. Al aumentar la humedad atmosférica, se desarrolla rápidamente en el envés de las hojas con manchas amarillo-pálidas, un moho afelpado, color ceniciento, que es la fructificación conidial del hongo.

El micelio de este parásito obligado, se ramifica intensamente propagándose entre las células del mesofilo de las hojas. En el caso de presentar una infección sistémica, como la que se observa en plantas muy jóvenes, cuyo inóculo ha debido existir en la semilla, el micelio se encuentra en el parénquima foliar, los pecíolos y los tallos.

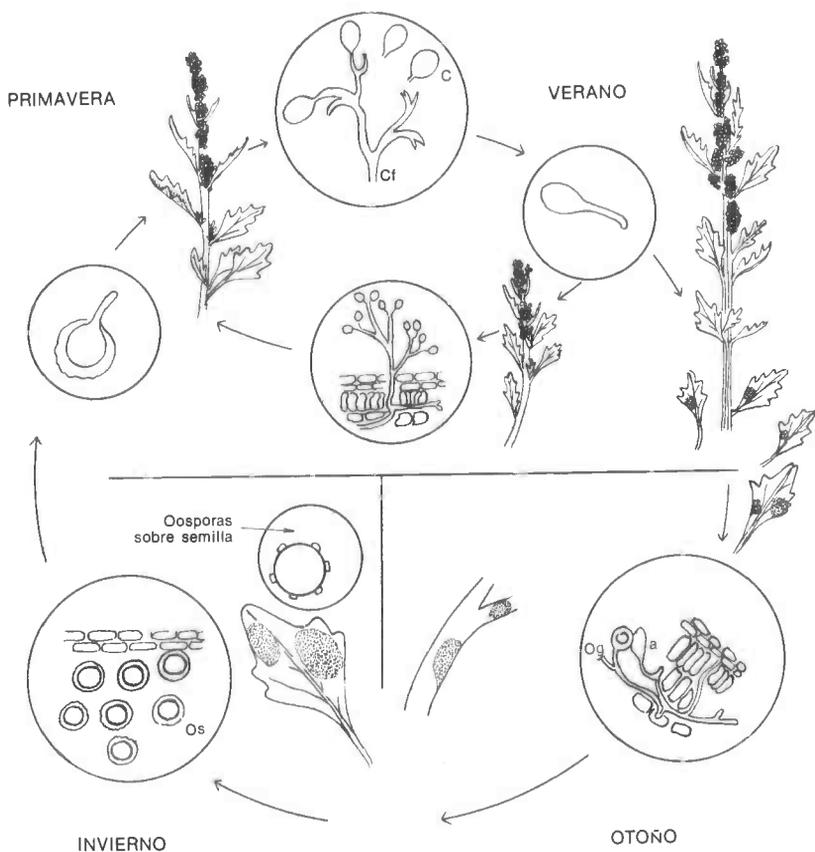


Figura 1. Ciclo de vida de *Peronospora Farinosa* (Fr) Fr. en el Altiplano. Cf, conidióforo; C, conidio; a, anteridio; Og, oogonio; Os, oospora.

Los conidióforos emergen de los estomas de las hojas, ramificándose dicotómicamente dos o tres veces. Las ramificaciones del conidióforo terminan en esterigmas simétricamente dispuestos en pares, los mismos que soportan conidios hyalinos-ovoides típicos del género *Peronospora*. Los conidios miden 22,2 - 33,8 micrones de largo x 18,5 - 22,2 micrones de ancho y tienen un tamaño promedio de 29,6 x 19,9 micrones.

Los oogonios de forma esférica y los anteridios claviformes aparecen en las hojas al finalizar el verano. Las oosporas se producen durante el otoño y son abundantes, especialmente en los tejidos de las hojas. El diámetro de estas oosporas, que poseen apreciable grado de viabilidad oscila entre 22,2 y 29,6 micrones. No se encontró micelio en los tejidos internos de la semilla, pero sí oosporas prendidas exteriormente al episperma de la misma.

En el proceso de aparición de la enfermedad estacional se consideran dos fuentes probables de inóculo o focos iniciales de infección: 1) el micelio

invernante en los tejidos de las hojas, ramas y tallos que han podido ser infectados durante el otoño y que vuelve a reactivarse en la primavera, produciendo conidios que infectan los nuevos campos de cultivo de quinua; y 2) las oosporas que quedan prendidas a la semilla cosechada de pañojas o plantas enteras enfermas y que durante la trilla provocan la amplia dispersión y mezcla con los granos. En este caso no se sabe el momento en que tienen lugar la germinación de las oosporas y la penetración en los tejidos de la plántula. Sin embargo, debe ser en un estado inicial o casi inicial de la emergencia de la nueva planta, de manera que al desarrollarse simultáneamente plántula y hongo, haya una expansión del micelio cenocítico del parásito en los tejidos de toda la planta, lo cual provoca la infección de carácter sistémico. En estas condiciones, la planta detiene su desarrollo y queda enanizada, con el follaje y ramas distorsionadas, toda amarillenta, como si se tratara de una infección virósica. No se sabe tampoco si las oosporas tienen capacidad de invernar en el suelo.

Cualquiera que sea la primera fuente de inóculo que ocasiona la infección inicial, si las condiciones ambientales son favorables, la producción continua y abundante de conidios da lugar a reinfecciones sucesivas en los mismos campos y en los campos vecinos, porque la penetración de los conidios en germinación entre las células epidérmicas de las hojas es directa. Al producirse tal avance de la enfermedad, el efecto más característico es la defoliación y obviamente una reducción de la capacidad productiva de la planta.

La mayor germinación de los conidios se observó y se obtuvo entre los 6° y 8°C, mientras que por debajo de los 3° y por encima de los 15°C, queda anulada. La humedad atmosférica registrada como óptima está sobre el 90%. Estas condiciones óptimas se registran en el altiplano y zonas alto-andinas casi siempre en períodos de duración corta, especialmente en cuanto a humedad. Por tanto es notable la aptitud de esta especie de *Peronospora* para acondicionarse a tales limitaciones ambientales y propagarse tan rápidamente en los cultivares de quinua.

El ciclo de vida de *P. farinosa* y su relación con el desarrollo del mildiú (Figura 1) se registró estrictamente sobre la quinua en las condiciones del altiplano boliviano.

Ni bajo condiciones naturales, ni bajo pruebas de inoculación artificial de *P. farinosa* aislada de quinua, se ha encontrado infección sobre kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*), espinaca (*Spinaca oleracea*), o remolacha (*Beta vulgaris*).

Es importante destacar que en la colección de aproximadamente 1000 muestras de quinua que posee la Estación Experimental de Patacamaya, Bolivia, se registra un rango amplio de diferencia de susceptibilidad frente a la parasitación de este hongo. Hay variedades que sufren infección casi sistémica, otras que sufren lesiones que abarcan láminas foliares casi completas (Figura 2) y algunas con alto grado de resistencia expresada por una reacción de hipersensibilidad (Figura 3). Esta puede considerarse como fuente de resistencia para futuros trabajos de mejoramiento.

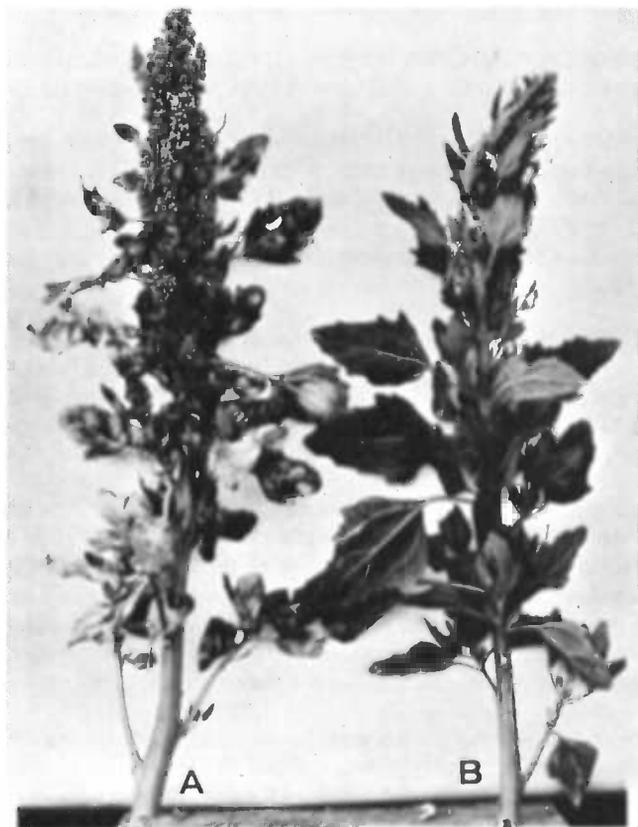


Figura 2. A) variedad susceptible, intensamente atacada por Mildiu; B) planta susceptible pero no atacada por el hongo.
(Foto S. Alandia).

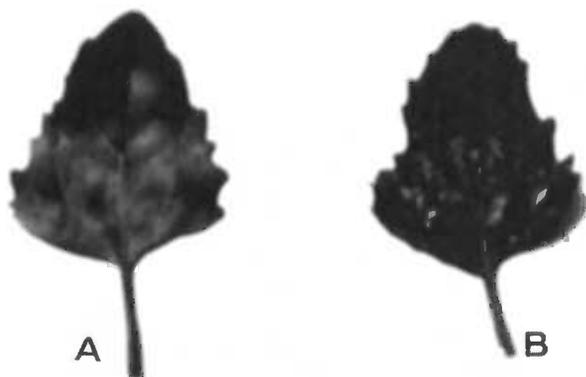


Figura 3. A) variedad susceptible con ataque de *P. farinosa* en casi toda la hoja; B) variedad resistente que refleja hipersensibilidad.
(Foto S. Alandia).

Control

En campos pequeños, con ataques esporádicos, la eliminación a mano de plantas enfermas ayuda a contrarrestar la propagación de esporangios.

Evaluaciones de campo indican, que existe resistencia genética natural en algunas poblaciones de quinua (Otazú et al., 1976). De la evaluación de 444 líneas del banco de germoplasma de quinua en Puno se ha determinado que el 39,6% corresponde a líneas resistentes, el 53,4% a moderadamente resistentes, el 6,5% a susceptibles, y el 0,4% a muy susceptibles (Vásquez, 1976).

La variedad Sajama, que normalmente tiene un ataque ligero en su centro de origen en el altiplano central de Bolivia, ha sido fuertemente atacada por el mildiú en las condiciones del altiplano peruano. Por otro lado, la variedad Blanca de Huancayo ha mostrado una alta resistencia aun en condiciones de humedad.

En cuanto al control químico, Laura (1977) comparó la acción de cinco fungicidas, de los cuales Polyram-combi, Cupravit OB 21, Manzate D y Lonacol a la dosis de 1,5 kg/ha inhibían el desarrollo del hongo. Una segunda aplicación de los productos anteriores aumentó el porcentaje de plasmólisis de las estructuras del hongo, impidiendo así el ataque. El testigo sin ninguna aplicación presentó un ataque fuerte con más del 30% del área foliar afectada y una producción de grano disminuída en un 20 a 25%.

Calderón (1977) efectuó un ensayo comparando fungicidas, dosis y frecuencia de aplicación en el control del mildiú. Se encontró que el fungicida Delan (2,3-dicarbonitrilo - 1,4-dithianth-raquinone) a la dosis de 1 kg/ha, aplicado cada siete días por tres veces, ofrecía los mejores rendimientos en grano. En segundo lugar encontró que los fungicidas Polyram-combi controlaban la enfermedad a una dosis de 2 kg/ha, aplicada cada siete días por tres veces. Finalmente, el Cupravit OB 21, a una dosis de 4 kg/ha aplicada cada 14 días por tres veces. Las aplicaciones se hicieron al inicio del pajamiento, el cual ocurrió 113 días después de la siembra.

MANCHA FOLIAR

La mancha foliar (*Ascochyta hyalospora*) fue caracterizada en forma preliminar por Vilca (1972) quien indica que la enfermedad es causada por *Ascochyta sp.* En cultivo, el hongo produce colonias de color verde oscuro con bordes blancos irregulares. Las picnidias son de color marrón oscuro con un diámetro variable entre 180-270 micrones. Las conidias son mayormente hialinas y típicamente bicelulares. Cultivos maduros pueden presentar conidias amarillentas y con 2 septas. El tamaño de éstas varía entre 20-25 x 8-11,5 micrones. La temperatura óptima de crecimiento linear in vitro está entre 20-25°C y el medio de cultivo óptimo APD (agar-papadextrosa), (Otazú, 1977). Estas características coinciden con el organismo descrito por Boerema et al. (1977) quienes lo describen como *Ascochyta Hyalospora* (Cooke y Ellis).

En ensayos de germinación, se notó un 6-10% de semillas con coloración marrón, las cuales vistas en el microscopio presentaban picnidias oscuras con conidias similares a las encontradas en las hojas. Pruebas de patogenicidad con aislamientos en hojas y semillas incitaron síntomas de mancha foliar en plantas Sajama (Otazú, 1977). Esto prueba que la enfermedad se transmite a través de semillas.

Los síntomas de esta enfermedad son manchas necróticas en las hojas, o menos circulares, con centros de color crema y bordes ligeramente marrones. Interiormente estas lesiones presentan unos puntitos negros correspondientes a las picnidias del hongo (Figura 4). El tamaño de las lesiones es de 5 a 10 mm de diámetro. Ataques severos producen intensa defoliación (Salas y Otazú, 1976). Una medida de control puede ser el empleo de semilla sana.

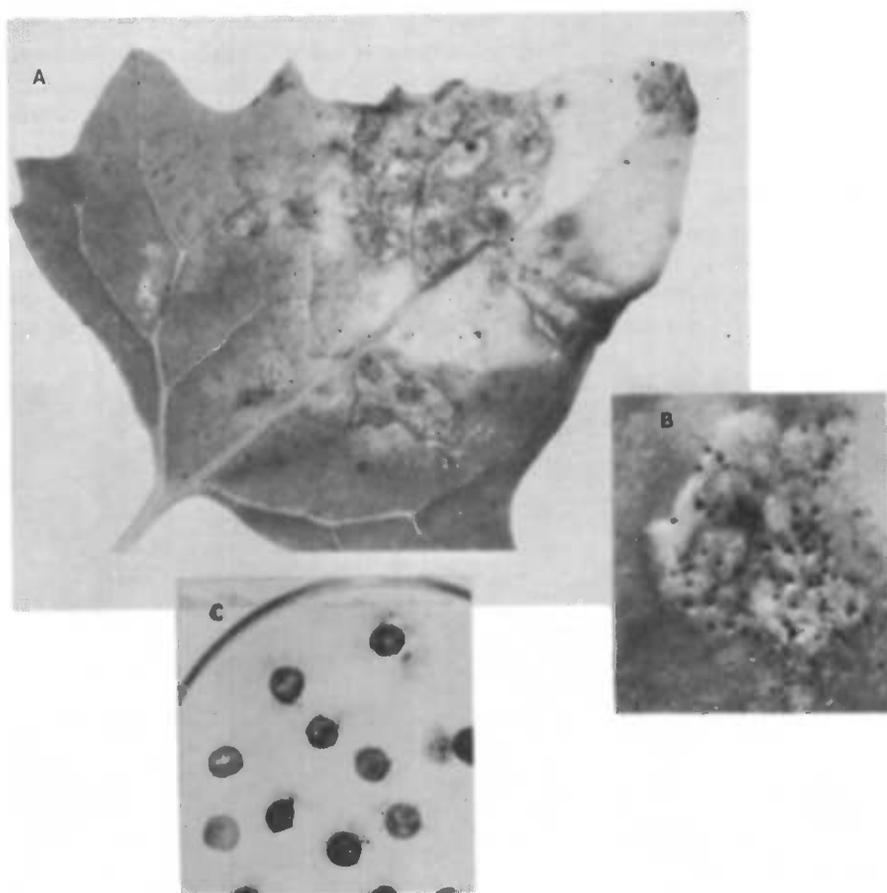


Figura 4. A) mancha foliar de la quinua, B) Magnificación de una lesión donde se muestran las fructificaciones del hongo, C) Producción de picnidias en discos de hojas puestas en una placa petri que contiene agar agua. (Foto V. Otazú).

PODREDUMBRE MARRON DEL TALLO

La enfermedad (*Phoma exigua* var. *foveata*) fue detectada en el Departamento de Puno, Perú, durante la campaña agrícola 1974-75 y por los síntomas se le denominó "podredumbre marrón del tallo" y erróneamente se indicó que era causada por *Macrophomina* sp. En la actualidad, es una de las enfermedades que se presentan con mayor incidencia en el altiplano peruano.

Síntomas

El hongo ataca principalmente el tallo y las panojas. En estos órganos se observan lesiones, de un color marrón oscuro y bordes de aspecto vítreo, que abarcan toda su superficie. En el interior de estas lesiones se pueden observar puntitos negros correspondientes a las picnidias del hongo (Figura 5,B). El tamaño de las lesiones varía de 5-15 cm. Con frecuencia el tallo presenta un aspecto "chupado", su parte superior presenta clorosis intensa y defoliación progresiva hacia el ápice. El tallo suele doblarse y quebrarse en los puntos de infección (Figura 5,A). En inoculaciones artificiales se ha observado que las hojas presentan pequeñas lesiones necróticas de hipersensibilidad de color marrón oscuro (Otazú, 1977).

Agente causal

Este fue caracterizado como *Phoma exigua* var. *foveata* (Foister), (Boerema, 1967). El hongo presenta picnidias de consistencia pseudoparenquimatosa de forma globosa y color marrón oscuro con un diámetro promedio de 101-116 micrones. Las conidias son hialinas, unicelulares en su

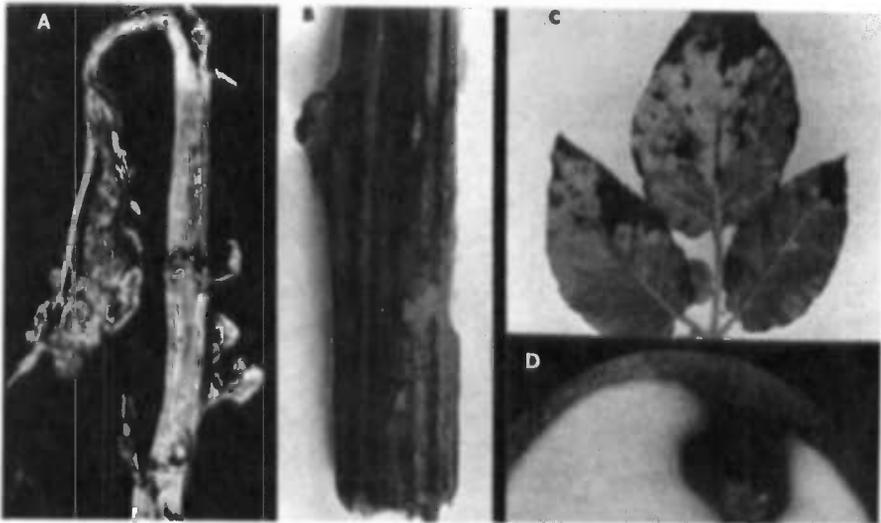


Figura 5. A) Podredumbre marrón del tallo; B) Trozos de tallo con picnidias que quedan en el campo después de la cosecha; C) El mismo agente causal de esta enfermedad puede causar tizón foliar en la papa; D) Podredumbre en tubérculos del mismo. (Foto V. Otazú).

mayoría, bigutuladas y de forma elipsoidal. En agar-harina de avena, su tamaño es de 6,0 x 2,2 micrones y en tallos naturalmente infectados es de 6,8 x 2,3 micrones en promedio. Este hongo también ataca al tomate y la papa en condiciones artificiales, produciendo manchas necróticas pequeñas en las hojas (Figura 5,C). En tubérculos produce un tipo de podredumbre seca de color marrón oscuro, especialmente a temperaturas bajas: 3-5°C (Otazú y Salas, 1977) (Figura 5,D).

Una forma de diagnóstico preliminar útil es la aplicación de una gota de NaOH 1 N a cultivos maduros expuestos a luz artificial. Esto resulta en la aparición de un color azul (pigmento A) el que luego de una hora es oxidado y cambia a un color rojizo (pigmento B).

Epidemiología

Pruebas de patogenicidad realizadas indican que el hongo necesita una herida mecánica para infectar tallos de quinua, lo que en Puno estaría dado por la presencia de granizadas. También es evidente que la enfermedad prospera mejor en climas fríos (Otazú y Salas, 1977). Es muy posible que ésta enfermedad también esté asociada con el "kasahui" de la papa, lo cual traería problemas en los sistemas de rotación papa-quinua.

Control

Drenajes adecuados pueden contrarrestar la enfermedad. La rotación de cultivos con papa probablemente favorezca la continuación del ciclo vital del patógeno.

MANCHA OJIVAL DEL TALLO

Esta enfermedad (*Phoma* sp.) es de menor severidad que la gangrena y parece estar ampliamente distribuida. También fue detectada en la campaña 1974-75.

Síntomas

El hongo ataca principalmente tallos y en menor grado hojas, ramas, pecíolos y pedúnculos florales, causando estrangulamiento y muerte (Figuras 6, A y B). Los tallos presentan lesiones ojivales de color gris claro en el centro y bordes marrones, rodeados de un halo de apariencia vítrea (Otazú, 1977; Salas y Otazú, 1975). En el interior de las lesiones se pueden notar puntitos negros que corresponden a las picnidias del hongo. El tamaño de estas lesiones puede ser de 2-3 cm. En ataques intensos llegan a juntarse, abarcando toda la circunferencia del tallo. En condiciones de humedad continua, las hojas también son atacadas, causando mancha foliar y defoliación intensa (Figura 6,C).

Agente causal

El hongo produce picnidias de consistencia seudoesclerenquimatosa, las cuales se tornan rojas al aplicárseles una solución de iodo-lugol (prueba diagnóstica).

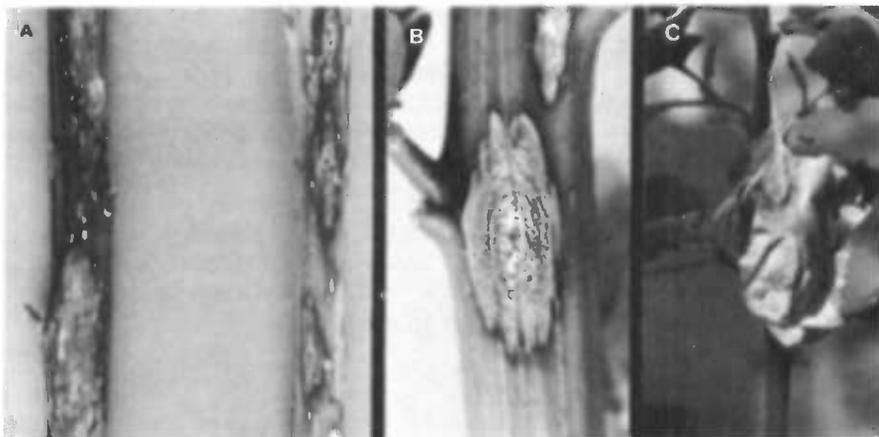


Figura 6. A) Mancha ojival del tallo; B) Lesión magnificada con las fructificaciones del hongo; C) El hongo también ataca peciolas y hojas. (Foto V. Otazú).

Las conidias son particularmente pequeñas: 3,33 x 1,52 micrones en promedio, variando de 3-5 x 1,5-2 micrones. En las mismas picnidias existen también conidias más grandes (15 x 4 u). El crecimiento lineal del hongo se produce en agar V-8 y APD a 25°C bajo oscuridad. Sin embargo, existe mayor producción de picnidias en quinua-dextrosa-agar y PDA bajo luz fluorescente intermitente cada 12 horas. La obtención rápida y abundante de picnidias se logra inoculando discos de hojas de quinua en agar-agar. Debido a las características peculiares de este organismo, todavía no es posible completar su taxonomía específica, por lo que se le ha llamado simplemente *Phoma* sp. (Otazú, 1977).

Epidemiología

El hongo no requiere de herida mecánica para penetrar. Plantas expuestas a humedad relativamente alta por un período prolongado, resultan con infecciones foliares severas, además de las infecciones en tallos y peciolas. Raramente se encuentran picnidias en hojas bajo condiciones naturales. Pruebas de patogenicidad mostraron que este hongo también puede infectar tallos de espinaca y hojas de remolacha, así como hojas de papa Compis. Evaluaciones preliminares de la enfermedad, en tallos de 145 líneas de quinua del banco de germoplasma Universidad Nacional Técnica del Altiplano, indicaron que la línea UNTA-135 presentaba un ataque particularmente severo. De las líneas comerciales fueron atacadas en orden de importancia: Kanccolla, Illimani, Sajama, Oxfam, Tupiza, Ccoito 2, Ccoito 1. Las tres últimas mostraron leve o ninguna infección (Otazú, 1977).

Control

Observaciones preliminares indican que es posible que existan genes resistentes en variedades comerciales de quinua.

MANCHA BACTERIANA

Esta enfermedad (*Pseudomonas sp.*) fue detectada por Otazú y Salas (1975). En la actualidad está ampliamente distribuida, causando daños considerables, especialmente en la fructificación. Los síntomas de la enfermedad son pequeñas manchas irregulares, humedecidas al comienzo, tanto en hojas como en tallos. Las manchas en hojas se tornan posteriormente de un color marrón oscuro y las del tallo se necrosan, dejando lesiones profundas. También se observa un ataque sistémico, en tal caso todo el tallo toma un aspecto vítreo y una consistencia fofa y las hojas presentan necrosis apical. Plantas con estos síntomas tienen las panojas atrofiadas.

Se ha logrado aislar la bacteria tanto de hojas, tallos, como de pecíolos y semillas. Se observó que la variedad Tupiza es particularmente susceptible. Heridas mecánicas en tallos y hojas (causadas por granizadas) parecen jugar un papel importante en la propagación de la enfermedad en el campo, mientras que las semillas parecen transmitirla de campaña en campaña.

Pruebas preliminares indican que la enfermedad es causada por una bacteria perteneciente al género *Pseudomonas sp.* La diagnosis de la enfermedad se puede realizar sumergiendo un trozo de tallo, pecíolo u hoja atacado, en la parte superior de un frasco con agua limpia y observando que al cabo de uno o dos minutos un fluido blanquecino de bacterias desciende al fondo del recipiente (Salas y Otazú, 1975). Por su aparente rápida propagación en el altiplano peruano, se requieren más estudios de esta enfermedad.

NEMATODOS

El falso nemátodo del nudo (*Nacobbus sp.*) produce agallas pequeñas en el sistema radicular, de trecho en trecho, como consecuencia del establecimiento de las hembras del nemátodo. Medidas culturales como son rotación de cultivos, araduras por dos o tres veces en los meses de mayo a septiembre, ayudan a su control. También sería útil eliminar las siguientes malezas hospederas: *Calandrineia sp.*, *Brassica sp.* var. *Orletteich* (colza), *Tagetis mandonii*, y *Brassica campestris* (Cutipa et. al., 1975).

El nemátodo del quiste (*Heterodera sp.*) se caracteriza por la presencia de unas perlitas del tamaño de la cabeza de un alfiler, de color blanco, crema, amarillo o marrón, adheridas al sistema radicular. Estas constituyen las hembras maduras del nemátodo.

ENFERMEDADES DE MENOR IMPORTANCIA

Mosaico

Enfermedad que posiblemente sea producida por virus. Se caracteriza por la presencia de áreas verde claras, amarillas o blancas en las hojas.

Se ha observado que semillas recolectadas de plantas enfermas pueden dar lugar a plantas con mosaico (30%), lo que indica que la enfermedad se transmite por semillas.

Lesión errumpente del tallo

El organismo causante de esta enfermedad es similar a la especie de *Phoma* aislada de las hojas de papa con tizón foliar en la zona de Huanca-
yo, Perú, y será descrita como especie nueva (Turkensteen, 1975). Los síntomas de la enfermedad son pequeñas lesiones con apariencia de pústula errumpente en el tallo. Su efecto en el cultivo de la quinua probablemente sea de menor importancia por lo que no se realizó mayor investigación al respecto.

8

Valor Nutritivo

Armando Cardozo
Mario Tapia

La quinua ha sido utilizada en la alimentación de las poblaciones andinas desde tiempos protohistóricos. La razón para ello es su valor nutricional, principalmente correctivo y terapéutico, reconocido a través de una experiencia milenaria. En la dieta de los pueblos antiguos de América, la quinua fue el reemplazo prioritario, o a veces exclusivo, de las proteínas animales. En efecto, el consumo de leche, carne y huevos no ha sido tradicional ni común en las poblaciones campesinas. En muchas áreas, la quinua es aún el principal componente protéico de la dieta.

En los tiempos actuales, aunque relegada al consumo tradicional, en el área campesina se continúa reconociendo su valor alimenticio. Sin embargo, las ponderaciones del valor nutritivo muchas veces han sido exageradas o distorsionadas.

El grano de quinua no es un alimento excepcionalmente alto en proteínas, aunque supera en este nutriente a los cereales más importantes (Figura 1). El verdadero valor de la quinua está en la calidad de su proteína, es decir, en la combinación de una mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana, que le otorgan un alto valor biológico.

CONSIDERACIONES GENERALES

La valoración de los alimentos comprende el conocimiento de su naturaleza química, las transformaciones que sufren al ser ingeridos, y finalmente los efectos que producen en el consumidor. Así, se puede establecer su valor cuantitativo y cualitativo.

Los análisis químicos son ya rutina en la práctica bromatológica. Sin embargo, en un sentido estricto, los resultados químicos no expresan la dinámica de las interacciones y su utilización debe ser cuidadosa. Además, es importante recordar que la variabilidad del material, relacionada con la edad de maduración de la planta, las diferencias vegetales, la localización

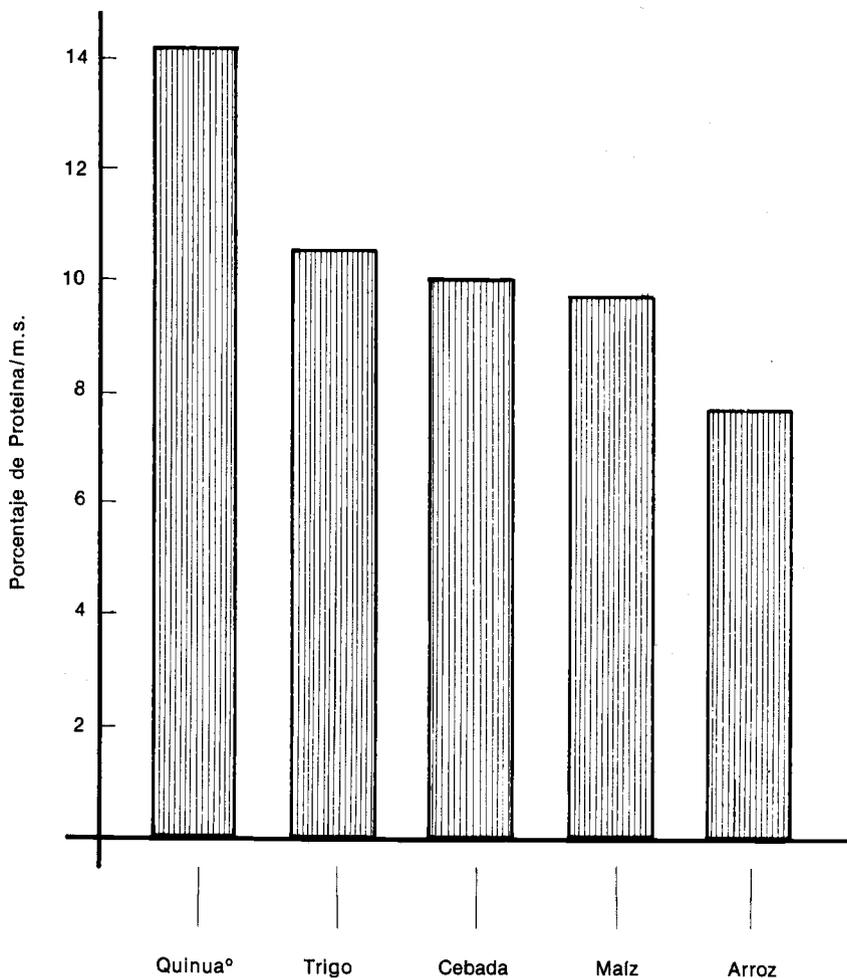


Figura 1. Valor comparativo de la proteína de la quinua con otros cereales.

del cultivo y el nivel de fertilidad de los campos, puede ser factor de modificación de los resultados. Algunas de estas dificultades son superadas a través de las técnicas de muestreo y uso de diseños experimentales.

Sin embargo, no basta con conocer la composición química de los alimentos. Es necesario conocer también el grado de desdoblamiento de esos componentes en el organismo consumidor, es decir, su grado de digestibilidad, y finalmente las posibilidades de su combinación o uso suplementario en la preparación de una dieta.

Clases de alimentos

El conocimiento de la concentración de determinados nutrientes en los alimentos posibilita la tarea de clasificación. Así, se pueden dividir

en alimentos energéticos y en alimentos plásticos. Los primeros proveen nutrientes para mantener y sostener la vida, y los segundos sirven para la formación de los diferentes tejidos. Se podrían considerar también los nutrientes funcionales referidos a las vitaminas, enzimas, etc.

Los alimentos comúnmente usados en una región geográfica pueden ser identificados por sus excelencias en nutrientes dados. De esta forma, se organiza una lista de los alimentos más usados, señalándose aquellos que sean mejores proveedores de energía, proteína, vitaminas, minerales, y/o estimuladores del crecimiento.

Una lista tal, permite a la investigación y producción adelantar los pasos subsiguientes para recomendar su provisión en términos más necesarios y precisos. Esos alimentos son la base de un sistema para combinarlos y producir las dietas que más interesen al desarrollo vital del consumidor y a su economía.

Eficiencia de los alimentos

La composición química de los alimentos señala su naturaleza, independientemente de su identidad como nutrimentos y de su balance. Un análisis químico dice poco de los lazos de unión, de la interacción y la dinámica propia de la combinación de estos elementos químicos.

La etapa de ingestión del alimento hasta la absorción e inclusión de los nutrimentos en el organismo, es la menos conocida. Sin duda, los avances que se logren en este sentido facilitarán la utilización más eficiente de los alimentos. Los índices de utilización permiten pasar de la etapa de evaluación cuantitativa a la de aprovechamiento cualitativo. Es el caso del valor alimenticio de los aminoácidos y azúcares como elementos de la descomposición y absorción de las proteínas, hidratos de carbono y grasas.

Esta etapa está relacionada con la digestibilidad y asimilación verdadera de los nutrimentos. Los análisis de la digestibilidad se basan esencialmente en el cálculo de diferencias; conociéndose las cantidades de nutrimentos ingeridos y de las que quedan en los desechos de digestión (heces, orina, gases, etc.) se determinan los nutrimentos asimilados. Por otra parte, la digestibilidad informa esencialmente sobre los macronutrientes. Existen vacíos sobre el curso que siguen algunos componentes de los nutrimentos, su absorción y el verdadero metabolismo.

A las etapas de ingestión y absorción sucede una fase de mayor utilidad que es consecuencia objetiva de la composición química. En efecto, de acuerdo con la composición química, el alimento suministra los nutrimentos. Estos estimulan y contribuyen a formar diferentes clases de tejidos y/o a ofrecer energía al consumidor. Es decir, los elementos proporcionados por el alimento ofrecen alternativas para sintetizar la organización y mantenimiento de tejidos, de acuerdo a las características fisiológicas (estado de nutrición, reproducción, crecimiento, producción, etc.).

El conocimiento de la eficiencia de la proteína en la dieta se obtiene estableciendo los aumentos de peso en relación con la proteína ingerida.

En el esfuerzo por conocer y valorar los alimentos protéicos se estableció este método, que tiene evidentes limitaciones. Los ensayos indicativos se realizan normalmente con ratas, desconociéndose lo que puede suceder con otras especies. Aunque se supone que la eficiencia protéica en los humanos sea semejante a la de la rata, no existe un conocimiento preciso bien establecido. También es cierto que no todo aumento de peso significa un aumento en materia seca de tejido; se desconocen los aumentos reales y qué tejidos se han incrementado.

La determinación del valor biológico es otro proceso ideado con la misma inquietud de conocer la actuación de los nutrientes de una dieta. Se determina estableciendo las diferencias entre la proteína de un alimento ofrecido y las que son absorbidas por el organismo. En este caso no se considera el nitrógeno endógeno.

Para la energía existen procesos semejantes. Su utilización es más importante en rumiantes que en monogástricos. La valoración de energía metabolizada comprende factores además del alimento y las heces. En efecto, se toma en consideración la medición de gases como oxígeno, anhídrido carbónico y metano.

LA QUINUA COMO ALIMENTO

En el capítulo sobre su historia se reconoce que la quinua fue utilizada como alimento desde hace más de 5000 años y que los pueblos andinos supieron aprovechar sus bondades alimenticias.

Estos pueblos andinos, sobre todo los que habitaron alrededor del lago Titicaca, emplearon la quinua en diversas formas. Muchos platos regionales, como el "pesque", se siguen preparando todavía. En este plato la quinua se cocina en agua, a la que se añade sebo de llama (ocasionalmente también leche y queso), y se bate con una cuchara de palo o "huisla". La "lagua", "piri" o "sanko" es una especie de mazamorra de harina de quinua a la que generalmente se le añade la cal o "katawi" para preparar el "katawi-lagua". Este último es tradicional especialmente en la zona alrededor del lago Titicaca, pues la cal era traída desde Cutimbo, antigua capital del reino Lupaca que ahora constituye la zona de Chucuito.

La quinua se emplea también en la elaboración de pequeños panes llamados "quispiña". Para hacerlos se prepara una masa de katawi, sal y quinua molida de la que se separan pequeñas porciones de uno o dos centímetros de espesor que se cocinan en ollas de barro en las que se pone paja debajo de los panes. Estos pueden guardarse hasta unos 8 días; la variación frita de estos panecillos se conoce con el nombre de "tacti" o "tactacho".

Vale la pena señalar que para la preparación de estos panes se empleaban también las semillas de quinuas silvestres o "ayaras" y que incluso se reconoce que le otorgaban mejor sabor.

Actualmente todavía se consumen estos productos en algunas áreas aisladas. En la zona de Llica al noroeste del salar de Uyuni es popular el

consumo de "quispiña" de quinua y el de unos bollos de harina de quinua con sebo, conocidos como "mucuna" (Figura 2).

Las hojas tiernas de la quinua también siguen siendo utilizadas como hortalizas, recibiendo los nombres de "llipcha" o "llicha" (quechua) y "chiwa" (aymará), aunque su uso está reducido a comunidades muy aisladas.

Durante la colonia el uso de la quinua fue casi exclusivo de las sociedades nativas, considerándose el grano como "alimento de indios" lo que lo relacionaba con un bajo status social. Es interesante observar la referencia del Inca Garcilaso de la Vega en sus "Comentarios Reales de los Incas", publicado en 1609, quien después de ocuparse del maíz indica que "El segundo lugar entre los granos alimenticios está dado a lo que los nativos llaman quinua".

Actualmente la quinua se consume sobre todo en las tierras altas del Perú y Bolivia, con un menor uso en el Ecuador y un casi desconocimiento en la zona de los Andes altos de Colombia, Chile y Argentina, donde en otros tiempos la quinua tuvo también importancia en la alimentación.

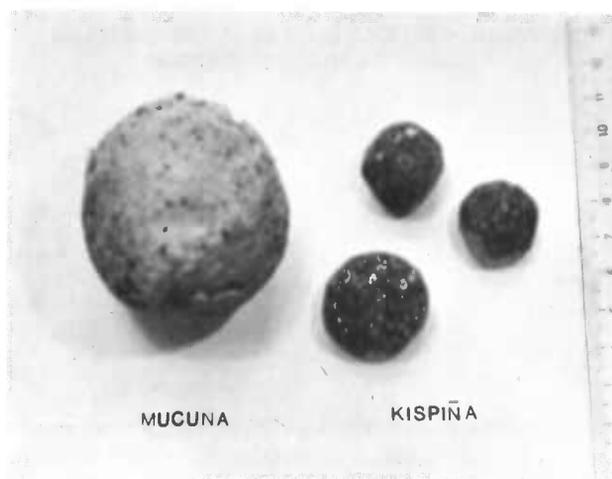


Figura 2. Panecillos de quinua. (Foto M. Tapia).

Algunas entidades públicas de Perú y Bolivia hacen campañas promisorias para aumentar el consumo de la quinua. En el Perú, el Ministerio de Alimentación distribuye folletos con información sobre el valor nutritivo, modo de preparación y algunas recetas como "picante de quinua", "torrejas", "chupe", "crema de naranja con quinua", etc., a fin de que el ama de casa de pocos recursos así como la de clase media, empiece a substituir alimentos de menor valor nutritivo, como el arroz, por quinua. En Bolivia, la señora Bethsabé de Barrios, promotora de la Quinua, hizo una labor meritoria en ese sentido a través de cursillos y tiene preparado además un voluminoso recetario titulado: "Mil delicias de la quinua".

Composición química.

Numerosos son los resultados de análisis de los granos de quinua; sin embargo los análisis de hojas y tallos son escasos, tal vez porque no se ha programado un estudio integral de la planta.

Granos. La mayoría de los análisis han seguido el método Weende, denominado proximal. En las tablas del anexo se presenta un listado de los análisis efectuados hasta la fecha. De estos resultados se ha calculado el valor promedio para cada componente, así como el rango de variación de los diferentes resultados en el Cuadro 1.

De los resultados presentados, la quinua aparece con valores que sin ser extraordinariamente altos en proteína, son superiores a otros cereales. La quinua no tiene ni el 50% de la proteína que contiene la mayoría de las leguminosas y es energéticamente inferior al maíz. Por esto, al considerar a la quinua como alimento en la dieta de una población, no se la puede señalar como reemplazo de un cereal o de una leguminosa.

Cuadro No. 1

PROMEDIO DE LOS VALORES NUTRICIONALES EN LOS GRANOS DE QUINUA

Componente	Promedio	Número de determinaciones	Rango	
			>	<
Humedad	12,65%	58	20,70	6,80%
Proteína	13,81	77	22,08	7,47
Grasa	5,01	60	9,30	1,80
Cenizas	3,36	60	9,80	2,22
Hidratos de carbono	59,74	50	71,30	38,72
Celulosa	4,38	22	12,20	1,50
Fibra	4,14	30	16,32	1,10

Sin embargo, hay que ser muy cauteloso cuando se condena a un alimento sólo por su menor valor en proteínas. Sure (1955) señala, por ejemplo, que la harina de trigo sarraceno, a un nivel del 8% de ingestión, es la mejor fuente de proteína que puede ofrecer el reino vegetal.

La distribución del nitrógeno en la semilla de la quinua fue estudiada por Espinoza *et. al.* (1968). Como era de esperar, el contenido de proteína en el embrión de la semilla es mucho mayor que en el perisperma, lo cual es comparable con lo que ocurre en el embrión de todos los cereales. La diferencia está en la proporción de peso del embrión con el grano, que en la quinua es del 30%, mientras que en el trigo corresponde al 1%. Ello trae como consecuencia que el 70% del nitrógeno de la semilla de quinua se encuentre en el embrión, mientras que en el del trigo sólo se encuentra del 2 al 4%. Esto puede ayudar a comprender por qué la proteína de quinua es diferente a la del trigo, como se verá en la sección sobre calidad de la proteína.

Hojas. Cornejo (1976) ha realizado uno de los pocos trabajos de análisis químico de las hojas de quinua con diversas variedades, Cuadro 2.

Cuadro No. 2

ANALISIS QUIMICO DE HOJAS TIERNAS DE SEIS VARIEDADES DE QUINUA (Cornejo, 1976)

Variedad	M.S.%	Cenizas totales %	Proteína %
Sajama	12,7	27,1	21,9
Real de Bolivia	16,4	21,9	17,3
Blanca Real	15,1	24,2	23,7
Blanca amarga	18,2	19,7	22,9
Cheweca	15,1	20,7	20,2
Tupiza	16,3	21,7	20,3

Utilizando el promedio de proteína sobre materia fresca, se ha comparado la quinua con otras especies hortícolas, Cuadro 3.

Cuadro No. 3

COMPARACION EN CONTENIDO DE PROTEINA Y LIPIDOS DE LA HOJA DE QUINUA FRESCA CON OTRAS HORTALIZAS (Cornejo, 1976)

Especie	Proteína %	Lípidos %
Quinua	3,3	2,1
Alcachofa	3,0	0,2
Cebolla	1,4	0,2
Berros	1,7	0,5
Espinaca	2,2	0,3

Se señala que la época oportuna para la utilización de las hojas de quinua en la alimentación humana es poco antes del inicio de la floración, que puede ocurrir entre los 60 y 80 días después de la germinación.

Según Romero (citado por Cardozo et. al., 1976), el consumo de la hoja de quinua es conocido en la región andina de Perú y Bolivia y su utilización reemplazaría el de las hojas de espinaca, especie a la cual es muy afín botánicamente. En el Cuadro 4 aparece el valor nutritivo de las hojas de una variedad de quinua no identificada.

Cuadro No. 4

ANALISIS QUIMICO DE LAS HOJAS DE QUINUA*, Romero
(Citado por Cardozo et. al. 1976 b)

Proteína cruda	Grasa	% sobre M.S. fibra cruda	Extracto no nitrogenado	Cenizas
16,07	2,50	18,90	40,03	22,50

*Análisis efectuado por Romero en la Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.

Tallos. El estudio químico del tallo comprende generalmente tanto el tallo en sí como las hojas secas, los tallos secundarios, los pedúnculos y el rastrojo de la trilla del ganado, cuyo conjunto se denomina broza o "quiri" (quechua). y el residuo de la trilla del grano "jipi" (quechua).

Cuadro No. 5

ANÁLISIS DE BROZA Y JIPI DE QUINUA (base seca)*. (Tapia y Castro, 1968)

Nutrimento	Broza	Jipi
M.S.	92,37	90,9
Proteína	7,53	10,7
Grasa	1,59	—
Fibra	42,90	—
Cenizas	11,41	9,9
Extracto no nitrogenado	36,57	—

*Análisis efectuado en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Lima, Perú.

La celulosa del tallo de la quinua no ha recibido atención suficiente si se considera que en una hectárea se producen aproximadamente unas 4 T.M. de materia seca. La promoción de su utilización diversificaría el uso de la quinua.

Calidad de la proteína

En las plantas, las proteínas están constituidas por la unión y combinación de aminoácidos, pero no todas las plantas contienen los mismos aminoácidos, de ahí la diversidad de proteínas.

Tellería (1976) ha determinado la distribución de las fracciones protéicas de cuatro variedades de quinua de Bolivia (Figura 3). Se destaca el elevado tenor de glutelinas y proteínas insolubles en la quinua Blanca y la elevada proporción de globulinas y albúminas en la quinua Sajama. La fracción menor en todas las muestras investigadas fueron las prolaminas.

En general, se reconocen dos grupos importantes de aminoácidos: aquellos que pueden ser sintetizados por el organismo y que por lo tanto se consideran no esenciales, y aquellos que no pueden ser sintetizados y que por lo tanto son esenciales para el organismo consumidor, humano y animal.

Para los animales monogástricos y el hombre, la calidad de la proteína es de enorme importancia, sobre todo en su edad temprana.

En el Cuadro 6 se presenta un listado de los análisis efectuados sobre el contenido de aminoácidos en la proteína de la quinua (Cardozo, 1976). Estos resultados se han comparado con análisis de aminoácidos esenciales de tres cereales importantes para la alimentación humana, Figura 4. De esta figura se deduce claramente la diferencia entre el valor de la proteína de la quinua y otras fuentes comunes en la alimentación humana.

VARIETADES DE QUINUA

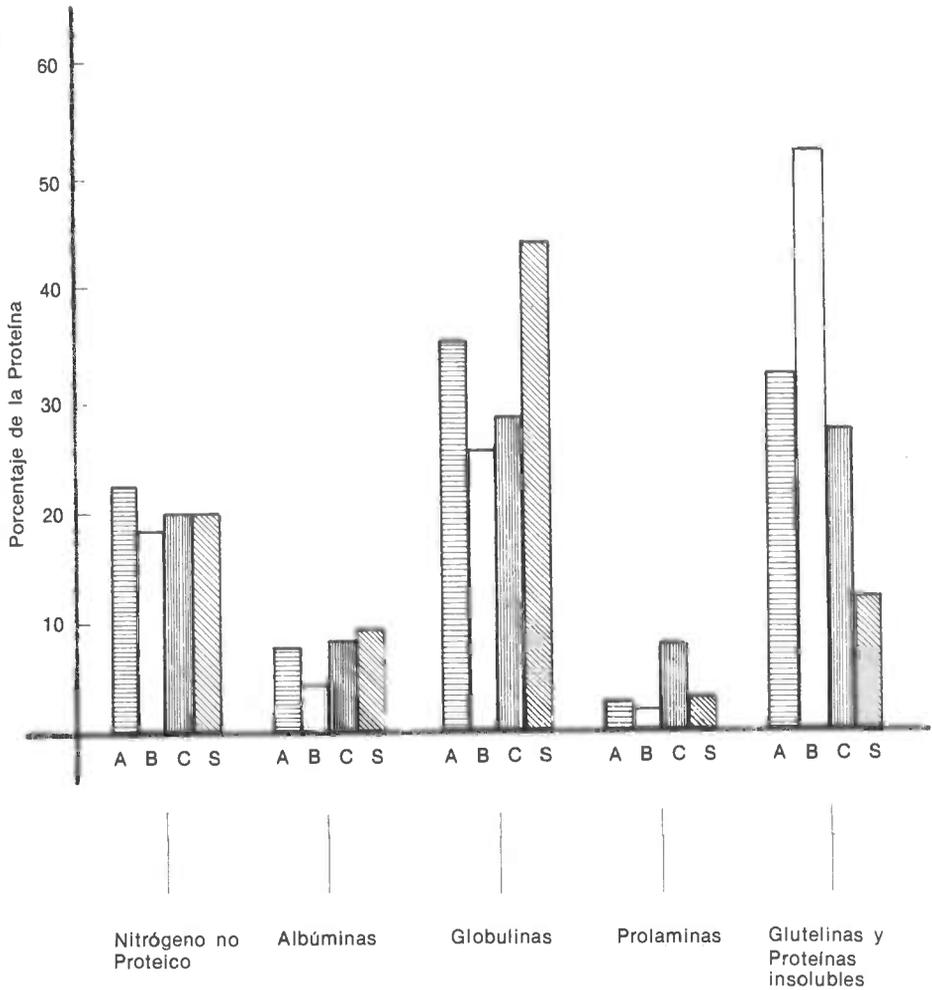


Figura 3. Fracciones de proteína, en cuatro variedades de quinua.

Cuadro No. 6

CONTENIDO DE AMINOACIDOS ESENCIALES DE LA PROTEINA
DE LA QUINUA (% por gramo de proteína)

Autores	Arginina	Fenilalanina	Histidina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina	Treonina	Triptófano	Valina
Chiriboga y Velásquez										
Quinua real de Puno	3,7	4,9	4,4	6,5	6,0	7,9	4,5	5,7	0,8	5,3
Quinua blanca de Huncayo	3,3	4,0	3,5	5,6	5,4	5,8	4,1	4,0	0,7	4,7
Quinua blanca de reno	4,3	5,3	3,9	6,5	5,1	8,1	5,0	5,1	0,7	7,5
Quinua blanca de Jauja	4,2	4,8	4,6	6,9	6,3	7,6	5,5	5,4	0,7	7,6
Quinua rosada de Puno	4,1	4,6	3,5	6,5	6,1	7,1	4,7	4,9	0,8	5,9
Quinua rosada de Cajamarca	3,9	4,7	3,4	6,8	5,8	7,3	5,1	5,2	0,9	5,9
FAO										
(Cromatografía de columna)	7,0	4,1	2,4	3,6	6,0	5,6	2,0	3,5	—	4,5
(Método microbiológico)	7,5	3,6	2,7	6,6	5,9	6,5	2,4	4,8	1,1	3,7
I.C.B.F.										
Quinua de Pasto	10,3	5,2	3,2	4,2	5,3	5,1	2,1	4,2	—	5,1
Quinua de Ecuador	10,0	5,1	3,3	3,7	8,1	4,3	2,6	4,1	—	3,9
Quinua de Bolivia	10,1	5,1	3,3	4,1	8,4	4,6	2,4	3,9	—	5,2
Junge, I.	9,9	4,6	3,4	4,7	7,8	6,6	1,7	4,4	0,8	5,5
López, J.	—	4,1	—	4,7	7,2	5,5	1,2	2,8	1,1	4,0
Viñas et.al										
Quinua blanca (579)	9,3	3,6	2,3	6,5	5,1	7,0	3,2	5,4	0,8	4,6
Quinua amarilla (grande) (702)	7,4	3,0	2,4	5,6	4,3	5,9	2,8	4,3	0,9	4,3
Quinua amarilla (pequeña) (703)	7,1	3,0	2,4	6,5	4,6	6,5	2,8	5,2	1,0	4,9
Quinua rosada (Junin) (705)	7,1	4,0	2,9	6,9	6,5	6,9	2,0	4,5	1,3	3,0
Quinua blanca (Junin) (706)	6,7	3,7	2,8	7,0	6,8	7,4	2,2	4,5	1,3	3,4
Quinua blanca (Puno) (707)	7,2	4,1	3,4	6,9	6,9	6,1	2,2	4,5	1,2	4,1
White, P. L.	7,9	3,5	2,7	6,4	7,1	6,6	2,4	4,8	1,1	4,0
\bar{x} Promedio no ponderado	6,89	4,25	3,18	5,81	6,23	6,42	3,04	4,56	0,9	4,85

AMINOACIDOS

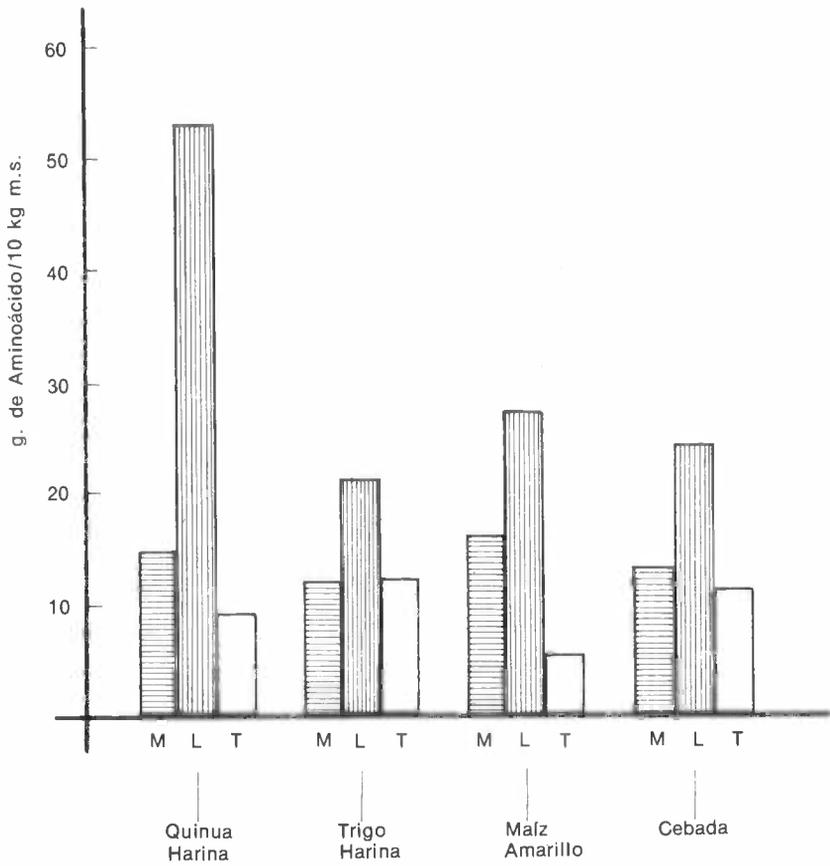
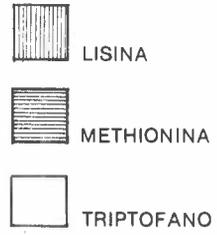


Figura 4. Contenido de los aminoácidos, lisina, metionina y triptófano, en la quinua y otros cereales.

Según el Cuadro 7, la quinua supera a cuatro cereales en cinco de los diez aminoácidos esenciales. Es importante considerar que estos resultados se dan como porcentaje de la proteína total. Si tomamos en cuenta que la quinua tiene mayor porcentaje de proteína, se puede tener una mejor comparación cuando se indican los gramos de aminoácidos suministrados por kilogramo de alimento. Se observa así que la quinua ofrece mayor cantidad de aminoácidos esenciales que cualquiera de los cuatro cereales más importantes del mundo.

Ewart (1967) comenta la similitud en la composición de aminoácidos de las harinas de trigo, cebada, avena y maíz, todas gramíneas, Cuadro 7. Sin embargo, la quinua contiene más isoleucina, lisina, fenilalanina, tiroxina y valina por unidad de nitrógeno que los cereales.

Cuadro No. 7

AMINOACIDOS ESENCIALES EN LA QUINUA, COMPARADOS CON OTROS CEREALES,^{a)} (Ewart, 1967)

Aminoácido	Trigo b)	Cebada b)	Avena b)	Maíz b)	Quinua c)
Isoleucina	32	32	24	32	68
Leucina	60	63	68	103	104
Lisina	15	24	35	27	79
Fenilalanina	34	37	35	33	59
Tirosina	16	17	16	14	41
Cistina	26	28	45	31	trazas
Metionina	10	13	14	16	18
Treonina	27	32	36	39	40
Triptófano	6	11	10	5	16
Valina	37	46	50	49	76
Proteína bruta (%)					14,4

a) g/10 kgs bruto, b) De Ewart, (1967), c) Quinua, variedad Sajama de Bolivia.

La lisina, que es uno de los aminoácidos más escasos en los alimentos de origen vegetal, se muestra en la quinua en una proporción que al menos duplica la contenida en los otros cereales, Cuadro 8. Esta ha sido la base para considerar la suplementación de las harinas de trigo con quinua a fin

Cuadro No. 8

COMPARACION DEL CONTENIDO EN LISINA DE LA QUINUA Y OTROS ALIMENTOS COMUNES (Montenegro, 1976)

Alimento	Lisina g/100 g alim.	Valor relativo quin = 100	Núm. de veces mayor, lisina en la quinua
Quinua	1,24	100	—
Soya	0,90	72	1,4
Maíz opaco 2	0,50	40	2,5
Maíz común	0,25	20	5,0
Trigo	0,06	4,8	20,6
Leche	0,09	7,2	14,0

de ofrecer un alimento popular con un mejor contenido de este importante aminoácido.

En la Figura 5 se compara la calidad de la proteína de la quinua con la calidad de la proteína animal, incluyéndose la proteína del huevo, que teóricamente representa los requisitos de una especie, la gallina, en el estado de crecimiento del embrión, o sea la maximización de las exigencias por especie y por estado fisiológico. Se puede deducir que la quinua cubre en un alto porcentaje los requerimientos de ese estado. La literatura indica que la quinua sería deficitaria en metionina. Sin embargo, Graham (1971) informa que al suplementar quinua con metionina no se mejoró significativamente el valor de la quinua para niños.

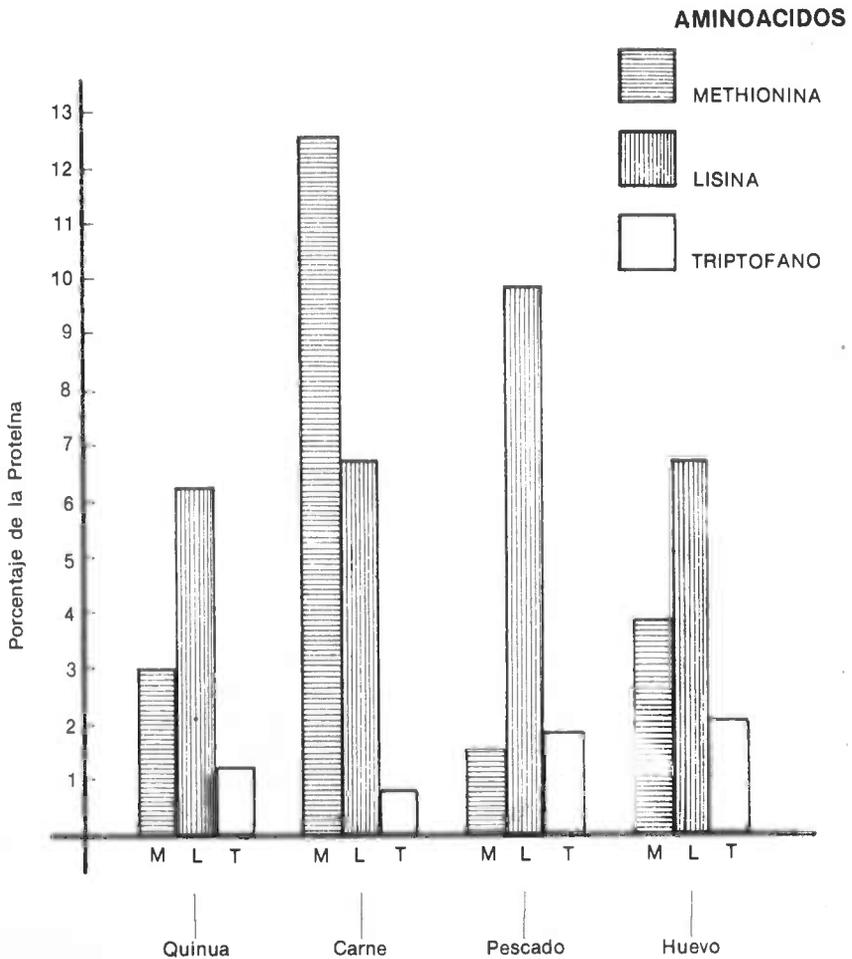


Figura 5. Contenido de los aminoácidos, lisina, metionina y triptófano, en quinua y otros alimentos de origen animal.

Finalmente, en el Cuadro 9 se presentan los requerimientos de aminoácidos de los humanos y su abastecimiento por diferentes fuentes de proteína animal, comparándolos con los suministrados por los granos de quinua.

Cuadro No. 9

COMPARACION DEL ABASTECIMIENTO DE AMINOACIDOS ESENCIALES PARA EL ORGANISMO HUMANO, POR CUATRO PROTEINAS DE ORIGEN ANIMAL Y LA QUINUA

Aminoácido	Pescado	Sangre	Carne	Leche	Quinua
Leucina	si	no	no	si	no
Valina	si	no	no	no	no
Isoleucina	no	no	no	si	no
Lisina	si	si	si	si	si
Arginina	si	si	si	si	si
Fenilalanina	si	no	no	no	no
Treonina	no	no	no	no	no
Metionina	no	no	no	no	no
Histidina	si	si	no	no	si
Triptófano	no	no	no	no	no
Cistina	no	no	no	no	si
Tirosina	no	no	no	no	si
Metionina + Cistina	si	no	no	no	si
Fenilalanina + Tirosina	si	no	no	no	no
Abastece	8	3	2	5	6
No abastece	6	11	12	9	8

Se reconoce que la comparación de este cuadro no contempla la interacción de los aminoácidos y las sustituciones que se producen, pero es válida como una aproximación para comparar, de algún modo, el valor de las proteínas.

En el Cuadro 10 se presenta el resultado de diversos análisis del contenido de aminoácidos auxiliares en la quinua.

Debe concluirse que no existe ningún alimento capaz de proveer todos los nutrimentos al ser humano y que la combinación de alimentos es la operación más importante en la alimentación de un país. Baste recordar que el gasto energético para la producción de un kilo de proteína en la quinua es 10 a 15 veces inferior que para la proteína proveniente de fuente animal. Para las condiciones de Ecuador se ha calculado el costo del kilo de proteína, que refleja claramente la economía que ofrece su consumo, Cuadro 11.

Valor biológico. Tanto las determinaciones de proteína total como la composición en aminoácidos dan un conocimiento químico del alimento. Sin embargo, es necesario conocer el valor biológico de esa proteína, es decir, inducir qué ocurre en el organismo cuando la proteína ya ha sido ingerida.

Cuadro No. 10

CONTENIDO DE AMINOACIDOS AUXILIARES DE LA PROTEINA DE LA QUINUA
(% de proteína)

Autores	Alanina	Acido Aspártico	Acido Glutámico	Cistina	Glicina	Prolina	Serina	Tirosina
Chiriboga y Velásquez								
Quinua real de Puno	4,5	5,3	6,0	2,5	3,2	6,1		
Quinua blanca de Huancayo	3,0	4,3	5,2	2,5	2,8	4,4		
Quinua blanca de Puno	3,5	5,3	5,2	2,2	3,9	5,5		
Quinua blanca de Jauja	3,0	5,3	6,1	2,51	4,3	5,8		
Quinua rosada de Puno	3,2	5,2	5,0	2,8	3,6	6,6		
Quinua rosada de Cajamarca	3,3	4,9	6,9	3,3	2,5	6,4		
FAO								
Cromatología de columna	4,7	7,3	11,9	5,0	3,1	2,8		
I.C.B.F.								
Quinua de Pasto	5,2	9,1	17,0	2,2	8,2	3,6		
Quinua de Ecuador	5,2	10,4	16,3	2,3	7,7	3,2		
Quinua de Bolivia	4,9	10,4	17,2	2,2	6,7	3,2		
Junge	5,3	10,6	16,8	1,8	6,6	4,1		
López			Trazas		3,2	3,4		
						2,8		

Cuadro No. 11
ESTIMACION DE COSTOS DE PROTEINA
EN EL ECUADOR (Cardozo, 1967)

Fuente	Costo Suces/g de proteína
Chanco con hueso	0,28
Pescado	0,16
Maíz	0,11
Leche	0,10
Quinua	0,06
Habas secas	0,05

Para efectuar la evaluación biológica de un nutrimento se reconocen dos procedimientos como los más apropiados:

- Crecimiento en ratas jóvenes
- Método de la depleción-repleción.

En el primer método, el material en estudio, en este caso la proteína de la quinua, se ofrece en una concentración baja en la dieta y es evaluado por su habilidad para mantener un rápido crecimiento. El segundo método, desarrollado inicialmente por Cannon (1944), es una medida de la habilidad de una proteína para restituir el almacenamiento de nitrógeno del cuerpo en las ratas después de una depleción, como resultado de haberlas mantenido en una dieta libre de nitrógeno. En cada caso, se requiere de una proteína de comparación.

Por primera vez se informó sobre el valor biológico de la proteína de la quinua a través de los trabajos de Stare y Hegsted, citados por Alcazar (1943). Estos autores llegaron a la conclusión de que el valor biológico de la proteína de la quinua era superior al de la caseína.

Sin embargo, Mazzoco (1934) en la Argentina estudió la quinua sin lavar y señaló que el valor biológico de esta era bajo, pero no presentó información que permita comparación con otros alimentos.

Alvistur et al. (1953) se contaron entre los primeros en estudiar el valor biológico de la proteína de la quinua. En estos experimentos se comparó la quinua con la proteína de la leche en polvo, por el método de crecimiento de ratas, el de depleción-repleción, y finalmente en un ensayo con ratas alimentadas con quinua entera y lavada, suplementada únicamente con vitaminas A y D.

Los resultados de estos experimentos se muestran en los Cuadros 12 y 13.

En todos los casos, la eficiencia del nitrógeno contenido en la proteína de la quinua fue superior al de la leche, mostrándose sólo un ligero incremento al nivel de 6% cuando a la quinua se le mezclaba con leche en polvo.

Cuadro No. 12

COMPARACION DE LA CALIDAD PROTEICA ENTRE EL GRANO DE QUINUA
Y LA LECHE EN POLVO POR EL METODO DEL CRECIMIENTO DE LAS
RATAS ALBINAS (Alvistur et. al., 1953)

Experimento No.	Fuente protéica	Peso ganado/g.	Eficiencia del nitrógeno
1	6% Quinoa	87,0	10,38
2	6% Leche	53,0	9,12
3	5,5% Quinoa		
	0,5% Leche	83,4	11,25
4	9% Quinoa	136,4	9,77
5	9% Leche	106,4	10,02
6	8,1% Quinoa	135,4	9,34
	0,9% Leche		

Al 9% de proteína no se observa ningún incremento en la eficiencia del nitrógeno. Las ganancias de peso siempre fueron superiores con la proteína de la quinua.

En el estudio de depleción-repleción se observa que las ratas en la etapa de repleción mostraron un ligero incremento cuando su dieta era a base de quinua, confirmándose una vez más que la proteína de la quinua era igual o superior a la de la leche en polvo, Cuadro 13.

Cuadro No. 13

COMPARACION ENTRE LA CALIDAD DE PROTEINA DE LA QUINUA Y LA
LECHE EN POLVO POR EL METODO DE DEPLECION-REPLECION
(Alvistur et. al., 1953)

	Dieta a base de leche	Dieta a base de quinua
Peso inicial, g	218 ± 14,0	218 ± 11,2
Peso deplecionado, g	180 ± 9,5	183 ± 15,8
Peso replecionado, g	225 ± 11,6	230 ± 16,3
Repleción, porcentaje, g	104 ± 2,8	105 ± 4,7

En este último experimento se alimentaron ratas con quinua. El crecimiento fue progresivo y el estado de salud general bueno durante los 50 días de ensayo. Los autores concluyen que la quinua sería de gran valor en casos de hipoproteïnemia.

White et al. (1955) indican que la similitud de las proporciones de aminoácidos en las proteínas de la leche y la quinua es evidente y que en ambos casos la metionina es el factor limitante. Sugieren además que considerando la calidad de la proteína de la quinua por lo menos igual a la de la proteína de la leche, tal alimento es de enorme valor como fuente suplementaria de proteína.

Quiroz y Elvehjem (1957) evaluaron la proteína de la quinua en el crecimiento y respuesta lipotrófica como una medida de su valor nutritivo, y los resultados se presentan en el Cuadro 14.

Cuadro No. 14

VALOR NUTRITIVO DE LA PROTEINA DE LA QUINUA Y RESPUESTA EN CRECIMIENTO Y DEPOSICION EN EL HIGADO (ALIMENTACION EN RATAS)
(Quiroz et. al., 1957)

Experi- mento	% de quinua	Suplemento	% de proteína	Crecim. g/sem. rata	Grasa en híg. % M.S.	Ingestión g/sem. rata
1	90	—	10,13	19,1	12,1	6,1
	60	3% Caseína	9,39	17,3	12,7	5,5
2	90	—	10,13	24,4	11,3	6,8
	60	3,4% Caseína	9,75	23,9	11,4	7,1
	87	3% Caseína	12,42	35,1	10,2	10,0
	90	no lavada	9,84	22,2	11,3	6,9
3	87	3% Caseína	12,42	28,8	10,5	8,7
	85	5% Caseína	14,18	32,9	11,5	10,2
	87	3% Gelatina	12,85	26,5	12,6	9,4
	87	Urea	10,28	18,3	11,4	6,6

Los resultados de estos ensayos biológicos con quinua blanca de la zona de Puno, indican que la quinua sola o en combinación con caseína equivalente a 1/3 de la proteína total, produjo aproximadamente el mismo incremento de peso vivo (experimento No. 1). En el segundo ensayo con la adición de 3% de caseína, se observaron incrementos significativos cuando al 87% de quinua se añadía 3% de caseína. Se nota cierta preferencia por la quinua lavada, frente a la quinua integral. En el tercer ensayo, nuevamente la adición de 3 a 5% de caseína mejoró el crecimiento, e incluso la gelatina, considerada nutricionalmente incompleta en proteínas, aumentó las ganancias de peso. De la información analítica efectuada en estos ensayos, se concluye que la valina, la metionina y la fenilalanina pueden ser los factores limitantes en el valor biológico de la quinua (Sure, 1955).

En todo caso, la calidad de la proteína de la quinua fue superior a la de los cereales en la ganancia de peso y mantiene una deposición normal de grasa en el hígado.

López (1973) llevó a cabo una serie de evaluaciones químicas y biológicas de la proteína del grano de quinua. Lo interesante de este trabajo está en que el autor utilizó semilla de quinua Sajama, variedad obtenida por cruzamientos artificiales (Gandarillas 1976) y considerada como baja en saponina. Esta variedad ha mostrado contener ligeros aumentos en lisina y leucina, pero menor cantidad de metionina que las otras variedades de quinua.

Efecto de la temperatura en la calidad de la proteína. Cuando los productos alimenticios son calentados, aun a temperaturas suaves, se sabe

que las propiedades químicas de sus proteínas sufren cambios, especialmente en su solubilidad. Estos cambios químicos pueden estar asociados con cambios nutricionales si la intensidad del calor es suficientemente prolongada. Sin embargo, la sensibilidad a daños varía entre una muy extrema como en el caso de la proteína de la leche, hasta la resistencia de las proteínas del maní.

López (1973) utilizó harina de quinua cocida en pruebas biológicas con ratas. La cocción de la quinua en agua no disminuyó el contenido de aminoácidos (grupo I vs grupo IV del Cuadro 15). El calendario en seco (horno) resultó en una disminución del 40% de la metionina (grupo II vs grupo III del Cuadro 15).

La mezcla de 20% de harina de quinua y 80% de harina de trigo contiene 50% más de lisina que la harina de trigo sola (Cuadro 15), lo cual confirma los trabajos de White (1955) Viñas (1953) y Velásquez (1957). Sin embargo, la cocción de la mezcla quinua-trigo en pan resultó en una disminución de 40% de la metionina, 7% de la lisina y 20% del triptófano.

Cuadro No. 15

CONTENIDO DE AMINOACIDOS DE GRANOS DE QUINUA, EN DIVERSAS MEZCLAS Y TRATAMIENTOS (López, 1973), EN G/10 KG. DE DIETA

Aminoácidos	I	II	III	IV	V	VI
	Harina de quinua	Harina de quinua 20% + Harina de trigo	Pan Harina de Quinua 20% + Harina de trigo	Quinua cocida	Caseína	Harina de trigo
	100%	80%	80%	100%	100%	100%
Isoleucina	43	44	47	42	71	44
Leucina	64	70	69	67	120	70
Lisina	53	31	29	51	85	21
Fenilalanina	39	47	47	37	64	48
Tirosina	28	24	29	28	58	24
Cisteína	2	2	5	2	—	4
Metionina	15	15	9	14	18	12
Treonina	29	24	26	29	40	22
Valina	50	47	48	50	87	47
Triptófano	9	12	10	10	22	12
Alanina	41	34	35	43	40	30
Glycina	53	43	41	53	33	37
Prolina	35	99	96	37	142	119
Serina	31	31	33	27	43	32
Hydroxiprolina	3	—	—	2	—	—
Ac. aspártico	82	53	54	79	91	40
Ac. glutámico	139	300	292	148	338	343
Argenina	76	43	39	63	38	32
Histidina	29	27	26	21	27	24
Nitrógeno	169	169	166	167	157	173

Los datos de la Figura 6 muestran que las ratas alimentadas con quinua cocida obtuvieron ganancias de peso superiores hasta en 32 g ($P > ,01$) a las alimentadas con caseína. En cambio, las ratas alimentadas con quinua no cocida, ganaron algo menos de peso, 14 g, que las que fueron alimentadas con caseína.

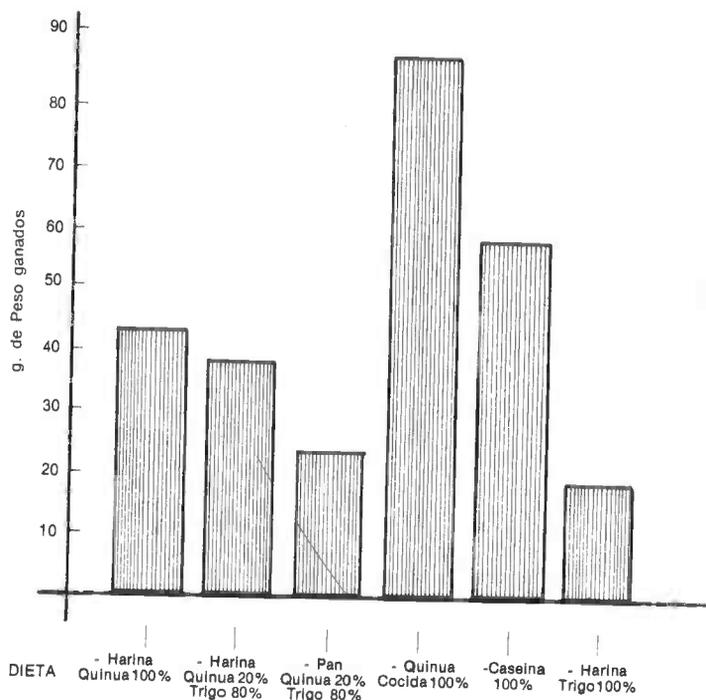


Figura 6. Incrementos de peso en ratas alimentadas con dietas con quinua, y comparación con harina de trigo y caseína. (López, 1973).

Esta diferencia en la promoción de crecimiento entre la quinua cocida y la quinua no cocida, no puede explicarse sobre la base de alguna diferencia en el contenido de aminoácidos de la dieta. El factor que más ha influido en esta diferencia ha sido la ingestión de alimento. Las ratas alimentadas con quinua cocida consumieron 120 g más que las alimentadas con quinua no cocida. Se han propuesto dos posibles respuestas, que la cocción de la quinua mejoró su sabor, o que este proceso aumentó la velocidad digestiva, por lo que el tracto digestivo fue desalojado, aumentando así el apetito.

Las ratas alimentadas con quinua no cocida o cocida ganaron respectivamente 26 g ($P < ,01$) y 72 g ($P < ,01$) más que las ratas alimentadas con harina de trigo. Esta diferencia se puede explicar parcialmente por la mayor ingestión de alimento, pero sobre todo se puede basar en que la quinua contiene más lisina y metionina que el trigo.

Comparando los resultados en valores de eficiencia alimenticia, donde se elimina parcialmente el efecto de la diferencia de ingestión, se comprueba que la quinua cocida es 18 y 12% más eficiente que la quinua no cocida y que la harina de trigo, respectivamente.

Los valores CEP (cociente de eficiencia protéica) de las seis dietas se presentan en la Figura 7. Utilizando como referencia los valores de la caseína, que fueron de 2,67 (varían de 2,45 - 3,22 según FAO), se encuentra que la quinua cocida tuvo valores similares. En cambio, la quinua no cocida fue 33% ($P < ,01$) más baja que la caseína. El alto valor nutritivo de la quinua cocida está de acuerdo con los resultados obtenidos por Cardozo (1959).

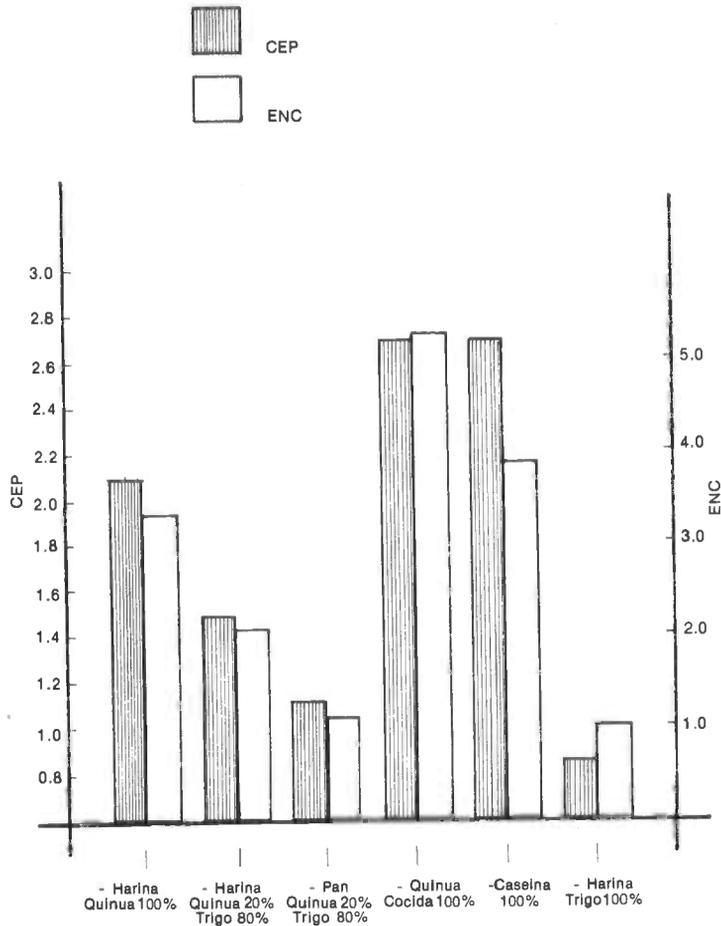


Figura 7. Coeficiente de eficiencia protéica (CEP) y eficiencia del nitrógeno para el crecimiento (ENC) en diferentes dietas de harina de quinua, harina de trigo y caseína, en ratas (López, 1973).

Los valores CEP y VB (valor biológico) para la quinua cocida no indican que la cocción mejoró específicamente la calidad de la proteína, pero sí la aceptabilidad del grano por las ratas. Sin embargo, esto debe mirarse con alguna reserva ya que se conoce que el valor biológico disminuye cuando aumenta la ingestión de proteína (Mc Laughlan y Campbell, 1969).

Nuevamente, como en las otras evaluaciones, la quinua mejoró la calidad del trigo (valor VB 50% más alto con 20% de quinua que la harina de trigo sola).

La eficiencia del nitrógeno para el crecimiento (ENC) representa la eficiencia para la conversión neta del nitrógeno absorbido en nitrógeno del cuerpo, sin tomar en cuenta el factor de mantenimiento.

El valor ENC de la quinua no cocida fue similar al de la caseína, mientras que la quinua cocida tuvo un valor ENC 25% por encima de la dieta de caseína. Hasta aquí se ha discutido el trabajo de López (1973).

Tellería (1976) efectuó un estudio sobre el efecto térmico en la composición de aminoácidos de cuatro variedades de quinua. En el Cuadro 16 se presentan los resultados. El autor indica que los aminoácidos sulfurados (metionina y cisteína) y el triptófano, son los limitantes y que el tratamiento térmico a 87°C mejoraba la proporción de lisina y metionina.

Cuadro No. 16

COMPOSICION DE AMINOACIDOS DE LAS HARINAS A BASE DE
GRANOS INTEGRALES Y GRANOS LAVADOS A 87°C
(gr. de aminoácidos/16 gr. N) (Tellería, 1976)

Amino-ácido	VARIEDADES								Patrón de FAO
	Amarilla		Blanca		Colorada		Sajama		
	Int.	87°C	Int.	87°C	Int.	87°C	Int.	87°C	
Histidina	2,13	3,10	2,75	3,30	2,37	2,64	2,52	2,13	
Isoleucina	2,56	4,33	3,77	4,72	3,31	4,17	6,82	2,95	4,2
Leucina	5,90	9,15	7,22	10,10	7,41	8,23	6,92	6,36	4,8
Lisina	5,15	8,00	6,76	8,77	6,36	8,26	5,96	5,13	4,2
Metionina	1,05	1,53	1,19	1,75	1,42	1,57	1,34	1,34	2,2
Fenilalanina	2,93	4,67	3,88	5,12	5,76	4,87	3,64	3,51	2,8
Treonina	2,92	4,59	3,72	5,21	4,11	4,23	3,57	3,31	2,8
Triptófano	0,84	0,91	0,88	1,20	0,82	0,78	1,00	1,04	1,4
Valina	3,46	5,45	4,80	5,86	4,54	4,36	3,72	4,10	4,2
Cisteína	0,07	—	0,82	1,00	—	0,81	0,76	1,00	2,0
Tirosina	1,90	2,81	2,31	3,17	2,50	3,44	2,54	2,31	2,8

Nuevamente se comprueba que la lisina, aminoácido de gran importancia en el crecimiento de los niños, se halla en gran cantidad en todas las muestras de quinua, llegando a un 208% de lo requerido en la variedad Blanca, lavada a 87°C.

En general se observó gran diferencia en la composición en aminoácidos entre las muestras de quinua integral y las lavadas a 87°C. En estas últimas se encontró una mayor concentración de aminoácidos, situación

que puede ser explicada por la acción del lavado que probablemente extrae los compuestos nitrogenados no aminados, aumentándose así la cantidad de proteína verdadera.

Los valores del cociente de eficiencia protéica (PER) aparecen en el Cuadro 17 donde se destaca el efecto benéfico de la temperatura, aunque en ningún caso la quinua llega al valor del patrón caseína.

Cuadro No. 17

PESO INICIAL, GANANCIA DE PESO, PROTEINA CONSUMIDA Y PER, PARA RATAS ALIMENTADAS CON CUATRO VARIEDADES DE QUINUA LAVADA CON AGUA A DIFERENTES TEMPERATURAS, Y DOS EN SU FORMA NATURAL (Tellería, 1976)

Variedad	Temp. de lavado	Peso inic.	Peso ganado	Prot. consum.	PER ± d.p.	PER corregido (caseína 2,50)
Amarilla	50	35,6	37,4	18,22	2,05 ± 0,37	1,59
	70	34,5	25,4	15,43	1,64 ± 0,35	1,27
	87	34,7	53,1	22,48	2,36 ± 0,33	1,83
Blanca Integral		29,6	24,7	17,29	1,42 ± 0,39	1,10
	50	43,3	64,7	29,82	2,16 ± 0,17	1,68
	70	43,1	67,3	27,14	2,47 ± 0,28	1,92
	87	29,5	70,1	23,44	2,99 ± 0,22	2,32
Colorada Integral		28,5	36,1	23,63	1,52 ± 0,19	1,18
	50	29,8	36,6	18,62	1,75 ± 0,30	1,36
	70	29,5	10,5	13,89	0,75 ± 0,32	0,58
	87	29,8	36,0	17,96	2,00 ± 0,32	1,55
Sajama	50	35,3	49,9	20,83	2,39 ± 0,45	1,86
	70	29,9	41,6	20,40	2,04 ± 0,30	1,58
	87	34,6	58,4	21,50	2,72 ± 0,33	2,11
Patrón de Caseína		33,2	69,8	21,73	3,21 ± 0,38	2,50

Carbohidratos, grasa y energía

Según Espinoza et al. (1968), las variedades de quinua difieren ampliamente en cuanto al contenido de carbohidratos, lo que podría afectar el valor de la energía de los granos. El autor hace la diferencia entre carbohidratos solubles en agua y carbohidratos hidrolizados, Cuadro 18.

Cuadro No. 18

CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS EN VARIEDADES DE QUINUA (Espinoza, 1968)

	Variedad		
	Blanca	Amarilla	Roja
Carbohidratos hidrolizados	55,5	—	54,0
Carbohidratos solubles en agua	1,2	3,3	2,4

La gran variedad en el contenido de carbohidratos, como se vió en el Cuadro 1 de promedios, probablemente está relacionada con las variedades y con los diferentes métodos de determinación utilizados.

En el Cuadro 19 aparece la composición de los carbohidratos en la quinua, estudiada por Bruin (1964) en tres diferentes variedades.

Las características del almidón de quinua han sido estudiadas por Wolf (1950). En este trabajo se define que el almidón de quinua tiene un promedio de 2 micras de diámetro por grano, comparado con 30 y 140 para el maíz y la papa respectivamente. En dichos análisis se muestra que el almidón de la quinua es del tipo de perisperma, diferente del almidón de los cereales, no forma geles y se torna azul con el yodo.

Cuadro No. 19

COMPOSICION DE CARBOHIDRATOS DE TRES VARIEDADES DE QUINUA
(Bruin, 1964) % EN BASE A M.S.

Componente	Roja	Amarilla	Blanca
Almidón (método polarimétrico)	59,2	58,1	64,2
Almidón (método pancreático)	57,5	58,2	65,2
Azúcares reductores (monosacáridos)	2,0	2,1	1,8
Azúcares no reductores (disacáridos)	2,6	2,2	2,6
Fibra cruda	2,4	3,1	2,1
Pentosanas	2,9	3,0	3,6

La grasa de la quinua no ha sido suficientemente estudiada. Sin embargo, se nota que su contenido por grano es alto y generalmente se reconoce que ésta es una razón para una mas lenta digestión. Bruin (1964) indica que una muestra de aceite de quinua, mezcla de varias muestras, presentaba 48% de ácido oléico, 50,7% de ácido linoléico, 0,8% de ácido linolénico y 0,4% de ácidos saturados.

Existen pocos trabajos sobre la determinación directa de energía en el grano de la quinua. El Laboratorio de Bioquímica Nutricional del Ministerio de Salud de Bolivia determinó en 1969 el valor energético de muestras procedentes de la Estación Experimental de Patacamaya. Los resultados variaron entre 362 a 380 cal/100g de muestra. El valor más alto se consigna para la quinua conocida como "Pasankalla", Cuadro 20.

Montenegro (1971) calcula, a través de determinaciones indirectas, el valor energético del grano de quinua en 361-367 cal/100 g/M.S., lo que coincide bastante con las determinaciones efectuadas en Bolivia.

Vitaminas

En el Cuadro 21 se muestran algunos valores encontrados para el contenido de vitaminas en la quinua.

Bruin (1964) menciona que los valores de vitaminas en la quinua son bajos. En sus resultados, que se presentan en el Cuadro 22 los contenidos de tiamina y niacina son mas bajos que los encontrados por otros investigadores (White et al., 1955; Alvistur et al., 1953; Tantaleán, 1952). Añade

Cuadro No. 20

VALOR ENERGETICO DE ALGUNAS VARIETADES DE QUINUA Y LOS PRODUCTOS DERIVADOS. LABORATORIO DE BIOQUIMICA NUTRICIONAL, BOLIVIA (1969)

Variedades	Valor energético cal/100 g M.S.
Kaslala	378
Koitu	375
Real	377
Toledo Roja	375
Toledo Amarilla	377
Pasankalla	380
Productos	
Pan	310
Galletas	449
Harina	382
Harina, semola lacteada	383

Cuadro No. 21

ANALISIS DE VITAMINAS DE LA QUINUA, SEGUN VARIOS AUTORES
(mgrs/100 grs.)

Vitaminas	Alvistur et al.*	U.S.D.A. *	Morales Ramirez**	
			Chaucha La Chiuba	Dulce Patacamaya
Vit. A				
Caroteno			0,36	0,12
Vit. B				
Tiamina	0,51	0,46		
Riboflavina	0,39	0,26		
Niacina	1,2	0,60		
Vit. C				
Acido ascórbico (reducido)	1,68			
(Total)	6,24			

*Citado por Pulgar Vidal (1954)

**Morales Ramirez (1975)

Cuadro No. 22

CONTENIDO DE VITAMINAS EN TRES VARIETADES DE QUINUA
(ppm sobre materia seca) (Bruin, 1964)

Vitamina	Q. Roja	Q. Amarilla	Q. Blanca
Carotenoides	5,3	5,3	5,3
Tiamina	1,85	2,05	1,91
Niacina	5,90	6,80	5,10
Acido ascórbico	00	00	00
Tocopherol	59	52	46

Cuadro No. 23

ANALISIS DE MINERALES DE LA QUINUA, SEGUN VARIOS AUTORES

Minerales	González y Carrillo	Mintzer*	Alvistur* et al	I.	C.	B.	F.**	Espinoza		
								a	b	c
Calcio			0,13	0,20	0,05	0,02	0,29	0,08	0,08	,09
Oxido de Calcio	3,01	4,4								
Fósforo			0,40	0,42	0,47	0,42	0,43	0,62	0,58	0,63
Anhidrido fosfórico	1,05									
Acido fosfórico		39,00								
Hierro			0,01	0,02	0,01	0,01	0,00			
Oxido de Hierro	1,97	1,80								
Magnesio		11,60						0,24	0,24	0,23
Oxido de Magnesio	11,56									
Potasa	38,86	36,70						1,17	0,87	0,90
Silice	1,48									
Acido silisilico		2,20								
Acido sulfúrico		3,30								
Cloruro de Sodio		1,30						0,01	0,02	0,02
Potasio										

*Citado por León (1964)

**Citado por Cardozo et al (1976 b)

además que, debido a la oxidación de la vitamina C en las semillas durante el almacenaje, no se pudo encontrar trazas de ácido ascórbico. Sin embargo, en un estudio del Ministerio de Salud Pública del Perú, Collazos et al. (1957) determinaron 8,5 mg de Vitamina C en 100 g de muestra.

El contenido de vitamina E es bastante alto. La quinua se considera una buena fuente de esta vitamina.

Minerales

El Cuadro 23 presenta un listado de los análisis que sobre minerales se encuentran en la bibliografía consultada.

En relación con el contenido específico de Ca, P y Fe, Morales (1975) ha efectuado numerosos análisis en diferentes variedades, Cuadro 24.

Cuadro No. 24

ANÁLISIS DE CALCIO, FOSFORO Y FIERRO EN DIFERENTES VARIEDADES DE QUINUA (Morales, 1975)

Variedad	Ca mg/%	P mg/%	Fe mg/%
Saraqinoa Agato	141	129	00
Chaucha Carrera	148	324	00
Chaucha Caughua	123	314	3,2
Grande Guachalá	218	339	1,5
Blanca Guachalá	162	343	00
Saraqinoa Olmedo	228	353	00
Criolla Olmedo	176	239	1,28
Chaucha Olmedo	153	281	1,30
Chaucha La Chimba	153	223	0,50
Chaucha Juan Montalvo	120	311	0,60
Saraqinoa Llano Grande	115	199	00
Chaucha Llano Grande	215	353	00
Chaucha Otón	140	328	00
Chaucha Latacunga	114	211	00
Chaucha Pujilí	180	343	00
Licon Macají Calpi	149	231	1,3
Yaruquies Yaruquies	158	145	2,7
Punin Punin	187	203	1,5
IICA - 020 - Oruro	131	273	3,5
IICA - 014 - Patacamaya	158	256	10,5

El grano de quinua posee valores medios de Ca y P, que sin embargo son superiores a los de los demás cereales, Figura 8. En la literatura se destacan los contenidos de potasio y fósforo que representan hasta un 65% del contenido total de cenizas (Bruin, 1964). Este mismo autor ha encontrado que el contenido de calcio es bastante bajo (más bajo que el magnesio). De esta manera, la relación P:Ca, de importancia clínica, no es muy favorable; sin embargo, esto se corrige al añadir "katawi" a los platos típicos de quinua (ver la sección de la quinua como alimento). "Katawi" es una tierra rica en carbonatos de calcio.

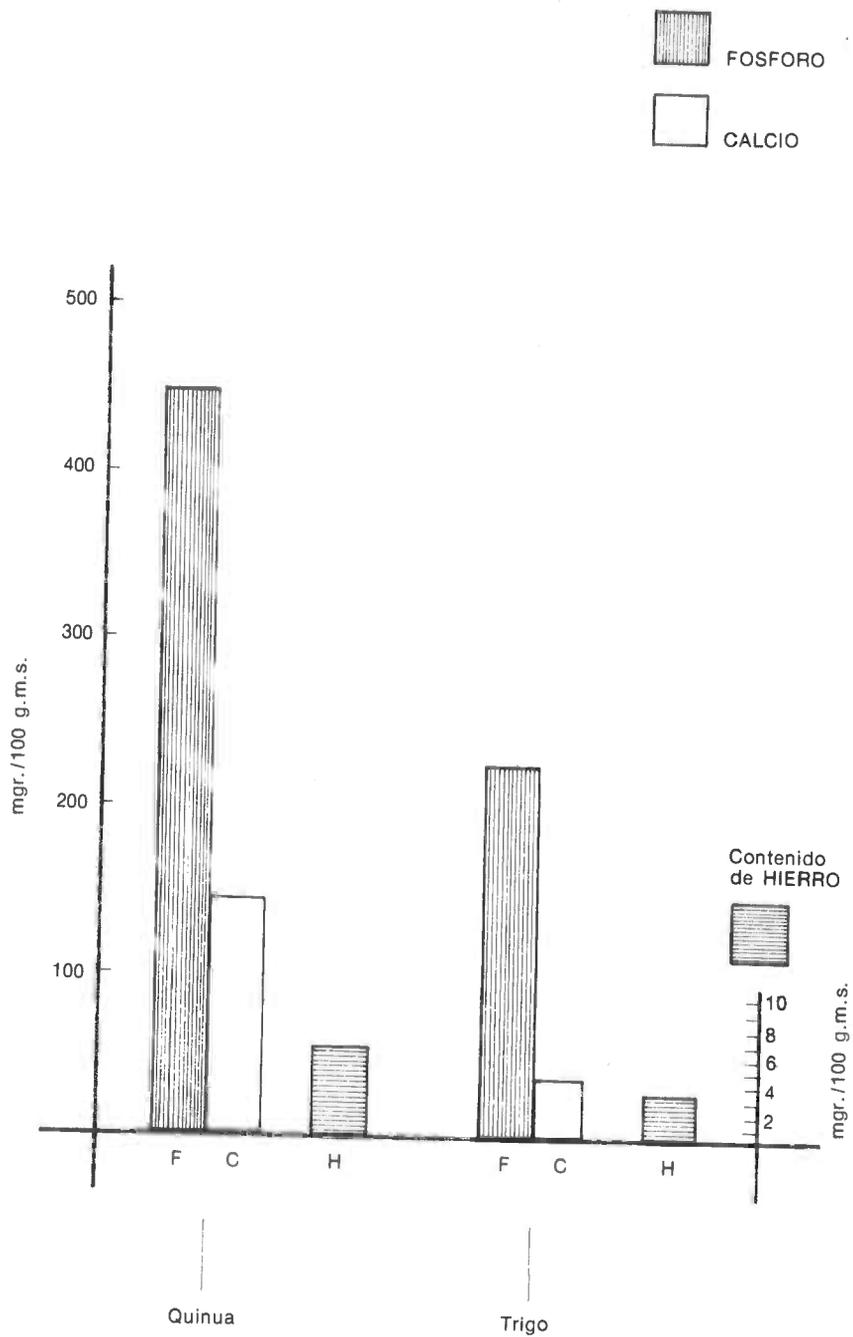


Figura 8. Contenido de calcio, fósforo y hierro en la quinua, comparada con el trigo.

Saponina

Composición química y determinación. González (1917) fue el primero en determinar la presencia de saponina en el grano de quinua. Mas tarde, el alemán Genermann aisló de esta saponina un principio activo que llamó quinoína o ácido quinoico (Machicao, 1965).

El término "saponina" se considera aplicable a dos grupos de glucósidos vegetales, uno de ellos compuesto por los glucósidos triterpenoides de reacción ligeramente ácida, y el otro por los mas raros, derivados del perhidro 1,2, ciclopentanofenantreno, es decir, esteroides (Fieser y Fieser, 1941).

La fórmula química de las saponinas no está bien definida. Kobert (1960) indica que su composición corresponde a la fórmula general $C_n H_{2n-8} O_{10}$. Tienen como propiedad la de formar una abundante espuma en solución acuosa y son también solubles en alcohol absoluto y otros solventes orgánicos. Físicamente su color varía de parduzco claro a incoloro. Gandarillas (1977) observó durante su intento de separar la saponina de los granos de quinua mediante extracción con alcohol, que mientras de la quinua amarga obtenía unos cristales, de la quinua dulce Sajama resultaba una sustancia "gomosa".

Las saponinas se encuentran ampliamente distribuidas en todo el reino vegetal, en especies como la alfalfa, la soya, las bayas verdes de los espárragos y especialmente en el Quillay (*Quillaja saponaria*).

Según el trabajo de Machicao (1965), en la quinua habría tanto saponinas ácidas como neutras. Comparando los resultados entre variedades de quinua, el mismo autor encontró que la quinua Real es la mas rica en saponinas generadoras del ciclopentanofenantreno junto con la quinua Blanca, en tanto que la quinua Amarilla es más rica en saponinas triterpenoides, usadas como productoras de espuma y detergentes.

Por esa característica espumante, las saponinas se emplean en la fabricación de cerveza, en la preparación de compuestos para extinguidores de incendios, y en la industria fotográfica, cosmética (shampoos) y farmacéutica. En esta última tiene utilidad para la elaboración sintética de hormonas. Igualmente es aprovechada por los campesinos andinos, especialmente las mujeres, quienes enjuagan sus cabellos con el agua que queda del lavado de quinua o la utilizan para lavar tejidos.

El contenido de saponina varía con los ecotipos; según la primera evaluación de germoplasma de quinuas, existiría una buena correlación entre granos blancos y pequeños y un bajo contenido de saponina. También se piensa que los tipos de quinua conocidos como "Ccoitos" tienen bajo porcentaje de este glucósido (Tapia, 1977).

Gandarillas (1967) indica que en el altiplano boliviano las quinuas denominadas "sin saponina" se concentran en la parte sur del lago Titicaca, con granos pequeños a medianos, mientras que las quinuas de grano grande que se cultivan en el sur de los Departamentos de Oruro y Potosí tienen un alto contenido de saponina. En el Perú se tienen quinuas dulces

como la Cheweca del Departamento de Puno y algunas de bajo contenido de saponina, como la Kancolla y la Blanca de Junín, esta última de la zona central del Perú.

Con el objeto de determinar el contenido de saponina, se han desarrollado varios métodos que pueden ser agrupados en: físicos (espuma), biológicos (efectos en los animales), y químicos (extracción por agua, alcohol, etc.). Aunque parece que ninguno de los métodos dió resultados realmente satisfactorios, ellos constituyen un punto de partida. A continuación se describen algunos:

Método de la espuma. Descrito por Rea y León (1966), este método es sencillo y aplicable en el campo mismo. En una probeta con agua se introducen algunos granos de quinua, se agitan vigorosamente por algunos minutos y se observa la formación de espuma. El resultado da una buena estimación de la cantidad de saponina presente.

López (1973) utilizó ese método para evaluar algunas muestras de quinua y expresó el resultado en ml de espuma producida en 10 ml de agua, luego de agitar y dejar reposar por 1 min. (Cuadro 25).

Cuadro No. 25

PRODUCCION DE ESPUMA EN DIFERENTES MUESTRAS DE QUINUA
(López, 1973)

Variedad	ml de espuma
Sajama sin lavar	2,0
Sajama lavada	0,5
Real Lipez No. 1	0,25
Real Lipez No. 2	0,30
Común	6,0

Aparentemente esos resultados no tienen relación con los obtenidos por Rosas (1975) y Cano (1974) quienes encontraron poca o ninguna formación de espuma en la variedad Sajama.

Una variación de este método es el índice afrosimétrico, según Villacorta (1972), que ha sido empleado por Tellería (1976). La muestra de saponina se agita enérgicamente por 30 segundos y se deja reposar por 30 min; luego se compara la altura de la espuma producida así con una curva de la espuma producida por digitonina pura que posee las mismas propiedades que la saponina.

Método químico. Utilizado por Machicao (1965), consiste en extraer la saponina mediante diferentes procedimientos:

- a) Granos sin lavar, desmenuzados, hervidos y filtrados. El filtrado se concentra en baño de maría, el residuo se hierve al reflujo con alcohol a 90%; se decolora con carbón y se deja enfriar. La saponina bruta separada se disuelve en alcohol hirviendo (95%) y se deja cristalizar.

- b) Granos sin lavar, desmenuzados, se tratan con alcohol potable y el extracto se purifica con agua y éter. Extracción de saponinas con cloroformo y evaporación al medio ambiente.
- c) Granos sin lavar, desmenuzados, tratados con alcohol de 70%, purificados con agua, éter de petróleo y alcohol absoluto. Con esos métodos se obtuvieron los resultados descritos a continuación.

Cuadro No. 26

RESULTADOS DE EXTRACCION DE SAPONINA CON DIFERENTES
METODOS QUIMICOS Y EN DIFERENTES VARIEDADES DE QUINUA
(Machicao, 1965)

Variedad	Contenido de saponina en %			
	método a)	método b)	método c)	promedio
Blanca de Guaqui	2,0	2,17	2,34	2,17
Real	1,8	1,91	1,87	1,86
Amarilla de Chua	2,78	1,96	1,50	2,08

Método cromatográfico. Publicado por Ballon, Tellería y Hutton (1976), quienes extrajeron primero la saponina con agua, filtrando y centrifugando dos muestras de quinua dulce y dos de quinua amarga. El filtrado se aplicó sobre placas de silica-gel como solvente se usó una mezcla de cloroformo, metanol, ácido acético y agua, en proporciones de 50:25:7:3 ml respectivamente. Para revelar se usó ácido sulfúrico, que da coloraciones diferentes según el tipo de glucósidos. Se observaron bandas de diferentes colores. Las placas reveladas dieron sólo manchas amarillas en las muestras de quinua dulce y mayor número de manchas amarillas y café en las de quinua amarga. De este modo, tanto en las quinuas dulces como en las amargas se han detectado glucósidos de polaridad diferente. Según los autores, será necesario continuar este trabajo para determinar el tipo de glucósidos presentes en ambas clases de quinuas.

Método de inhibición de crecimiento del hongo *Trichoderma viride*. Aplicado para evaluar la saponina de la quinua por López (1973), se basa en la inhibición de crecimiento del hongo que provoca la saponina. Este método se usa comúnmente para determinar la saponina en alfalfa (Zimmer et al. 1967).

La técnica consiste en extraer la saponina con agua y etanol y luego inocular la muestra con *Trichoderma viride* sobre agar con papa y dextrosa. Se mide el crecimiento del hongo y se expresa el resultado como porcentaje de crecimiento, relacionado con inhibición nula de saponina. El autor menciona que los resultados fueron insatisfactorios, ya que además de la saponina pueden funcionar como inhibidores los oxalatos que se encuentran presentes en la quinua.

Método de la hemólisis. Se basa en el hecho conocido de que la saponina provoca hemólisis de los glóbulos rojos. Rea (1948) lo aplicó utilizando eri-

trocitos de conejo, lavados en solución fisiológica, a los cuales añadió un número progresivo de gotas de extracto de saponina de quinua obtenido por maceración de granos de quinua en NaCl. Después de dos horas de incubación, determinó el grado de hemólisis en cada tubo y la correspondiente concentración de extracto de saponina. Concluyó que la quinua Real tiene más poder hemolítico que la Blanca común y que la Amarilla común.

Otro método, más antiguo y aplicado de manera diferente, es el descrito por Roberg (1937), quien lo utilizó para analizar por separado las diferentes partes de granos, entre ellos *Chenopodium ambrosoides*, divididos por cortes. El lavó las muestras en éter, para eliminar sustancias grasosas que pueden provocar hemólisis, y luego las colocó en gelatina con sangre. El resultado sólo es válido si simultáneamente se hace la prueba del colesterol-xilol. Esto es, que si el efecto hemolítico desaparece tratando la muestra con colesterol y vuelve a presentarse tratando la misma muestra con xilol, se confirma la presencia de saponina. Según las conclusiones del autor, este método es semi-cuantitativo, ya que la rapidez y la intensidad de la hemólisis están en concordancia con la cantidad de saponina.

Efectos de la saponina. Los principales efectos de la saponina fueron señalados por Cheeke (1971) quien indicó que se produce hemólisis de los eritrocitos y se afecta el nivel de colesterol en el hígado y la sangre con lo que puede producirse un detrimento en el crecimiento, a través de la acción sobre la absorción de nutrientes.

Gandarillas (1968) no encontró diferencia estadísticamente significativa en el incremento de peso vivo entre pollos alimentados con quinua de sabor dulce y quinua amarga, aunque los valores finales fueron un 20% más alto con la quinua dulce. Es importante anotar, que en el ensayo se tuvo gran número de pollos muertos dentro de los alimentados con quinua amarga. En la acción sobre alimentación de aves se discuten más detalles.

Otros autores llegaron a la conclusión de que el consumo de quinua con saponina tiene un efecto negativo sobre el organismo. Briceño et al. (1974) estudiaron cinco raciones de alimentación, cuatro de ellas con 47% de quinua sometida a un proceso de lavado, cocción, lavado y cocción, y sin ningún tratamiento, en comparación con la ración testigo (comercial).

Durante ocho semanas se alimentaron 20 pollos parrilleros de cuatro días de edad con cada ración, empleándose un diseño al azar. Luego se evaluó el incremento de peso vivo, el consumo, la conversión alimenticia y las constantes sanguíneas (hematocrito, hemoglobina, eritrocitos, índice de eritrocitos, leucocitos y hemograma).

Los resultados indican que al someter el grano de quinua a los diferentes tratamientos, se logra atenuar o eliminar la saponina o algún otro principio tóxico que contenga, ya que el consumo de la ración con quinua sin procesar provocó menores ganancias de peso (673 g comparado con los otros tratamientos con incrementos entre 1563 y 1722 g) y menor nivel de hemoglobina (7,46 vs 8,96 g/100 ml).

En cuanto a los efectos de la saponina de otras especies vegetales, Gestetner (1968) hizo un ensayo con extracto de saponina de soya para determinar el efecto en pollos, ratas y ratones. En las heces de los animales alimentados durante diez días con adición de extracto de saponina de soya, se recuperó sólo el 60-65% del total de la saponina ingerida. En los tejidos del intestino delgado y grueso se encontró saponina, pero no así en las muestras de sangre de los mismos animales. Piensa el autor, que la mayor parte de la saponina de soya es descompuesta por la flora microbiana y no pasa a la sangre.

En un estudio completo sobre las saponinas en general, Birk (1969) llega a conclusiones parecidas. Este autor encontró que el extracto de saponina proveniente de soya no tiene influencia negativa sobre el crecimiento de los ratones, pero sí el extracto de saponina de alfalfa. En el mismo trabajo hace notar que no se pudo probar la correlación entre hemólisis "*in vitro*" e "*in vivo*".

Los resultados aparentemente bastante diferentes y hasta contradictorios entre sí sobre el contenido de la saponina en la quinua, tienen, sin embargo, una explicación posible. Parece ser que bajo el común denominador de "saponina" se alberga en realidad un buen número de factores diferentes, debidos a moléculas igualmente diferentes entre sí. De tal forma, podría haber unos factores responsables del sabor amargo, otros de la formación de espuma, otros de la hemólisis, otros de la resistencia a enfermedades y plagas, etc. Los diferentes métodos de determinación apenas toman en cuenta uno o unos pocos factores. Además, parece evidente que las diferentes variedades de quinua tienen distinta composición de "factores saponina". De allí, la urgente necesidad de primero uniformizar el material de quinua que se use para los análisis, y segundo seleccionar los métodos y diversificar de manera que tomen en cuenta los diferentes "factores saponina" mencionados.

Los análisis más exactos para la determinación de la saponina son la cromatografía de papel o gas, y la absorción por espectro infrarrojo o ultravioleta (Birk, 1969).

Aunque se sabe que la saponina es altamente tóxica para el humano cuando se administra por vía endovenosa, queda en duda su efecto por vía oral. Poulson, mencionado por Gandarillas (1948), asegura que los medicamentos a base de saponina pueden ser administrados en grandes dosis por vía oral, ya que no son absorbidos por las mucosas intestinales y además se desdoblán bajo la acción de los alcalis y fermentos intestinales.

El efecto tóxico de la saponina de quinua sobre los organismos humanos y animales puede estar en discusión. Pero, sin duda, el sabor amargo resultante del glucósido es un estorbo para el consumo. Desde tiempos remotos se ha tratado de eliminarlo, generalmente mediante lavado y fricción.

En el capítulo sobre industrialización, se tratarán las diferentes maneras de eliminación de la saponina aplicables en la industria.

Queda por anotar, que la saponina es letalmente tóxica para los peces, hecho que debe tomarse en cuenta en la eliminación del agua contaminada después del lavado de la quinua (Junge, 1973).

La investigación de los efectos de la saponina de la quinua sobre los organismos vivos es una de las áreas que debe recibir mayor atención. Es necesario conocer los niveles máximos que podrían permitirse en la alimentación humana, tomando en cuenta que los "factores saponina" son diversos y algunos de ellos no necesariamente tóxicos.

LA QUINUA EN LA ALIMENTACION ANIMAL

Aunque el principal objetivo en el cultivo de la quinua es la producción de granos para la alimentación humana, se ha considerado que tanto los granos de segunda clase como los subproductos de la cosecha pueden ser empleados en la alimentación de monogástricos, aves, cerdos, y rumiantes, en condiciones especiales.

Cuando se determinó el valor en nutrientes digestibles totales del grano de quinua, se utilizaron los valores encontrados por Ugarte (1956), empleando ovinos en los ensayos de digestibilidad en vivo, Cuadro 27.

Cuadro No. 27

CALCULO DE LOS NUTRIENTES DIGESTIBLES TOTALES EN GRANOS DE QUINUA (Ugarte, 1956)

Nutrientes	Contenido %	Digestibilidad %	Nutrientes digestibles
Proteína	14,29	81	11,57
Grasa	4,94	68 x 2,25	7,56
Fibra	4,01	67	2,69
E.N.N.	58,61	85	49,82
		NDT =	71,64

De acuerdo con estos resultados, los granos de quinua no se pueden considerar como un concentrado de alto valor energético. Siguiendo el proceso señalado por De Alba (1971) de multiplicar los gramos de NDT por el factor 4,41 y del cual el 82% equivale a la energía metabolizable, el resultado sería de 2,59 Mcal/kg, lo que con la humedad del grano daría 2,97 Mcal/kg/M.S.

La utilización de la quinua, principalmente en la alimentación de aves, ha impedido obtener coeficientes de digestibilidad que permitan conocer la variabilidad entre los diferentes ecotipos.

En aves

En 1948, Gandarillas, al estudiar el efecto fisiológico de la saponina en animales, alimentó pollos de la raza Leghorn, y comparó cuatro racio-

nes a base de quinua con una de maíz. En cada caso la ración estaba balanceada para la edad de los pollos y el grano constituía el 40% del total de la ración. El incremento de peso de los pollos, bien alimentados con quinua bajo los diferentes tratamientos o con maíz, no mostró ser diferente estadísticamente durante los 30 días que duró el experimento, Cuadro 28.

Cuadro No. 28

PESO DE LAS AVES, CON CUATRO RACIONES A BASE DE QUINUA Y UNA TESTIGO A BASE DE MAIZ (Gandarillas, 1948)

Raciones	Peso promedio de las aves, grs.		
	Inicial	15 días	30 días
Quinua lavada y cocida	325	547	835
Quinua lavada y cruda	304	500	757
Quinua sin lavar cruda	287	450	731
Quinua sin lavar cocida	332	504	823
Testigo (maíz amarillo)	319	564	832

Cardozo (1959) ensayó la alimentación de pollos con granos de quinua tratados de forma diferente (cocidos, lavados, crudos y con la adición de extracto de cerebro de cerdo) en comparación con un grupo testigo, alimentado con leche. Los resultados se presentan en el Cuadro 29.

Cuadro No. 29

INCREMENTO DE PESO VIVO E INGESTION DE ALIMENTO, EN POLLOS ALIMENTADOS CON RACIONES DE QUINUA Y LECHE (Cardozo, 1959)

Ración	Incremento grs/pollo	Consumo grs/pollo
Quinua cocida	550	4100
Quinua lavada	382	4250
Quinua + extr. colesterol	450	3360
Quinua sin tratamiento	406	2800
Basal	545	3430

Este ensayo muestra que el aumento de peso en el grupo de pollos alimentados con quinua cocida fue superior, conjuntamente con la ración basal, a los otros tratamientos. La ingestión fue mayor cuando la quinua era lavada, pero la eficiencia de utilización de alimentos era superior con la quinua sin tratamiento. Lamentablemente, el reducido número de animales utilizados no permite determinar una buena tendencia de los resultados.

Gandarillas et al. (1968) evaluó una selección de granos de quinua con ningún o muy bajo contenido de saponina, como sustituto de fuentes proteicas en la alimentación de pollos. En un primer ensayo se comparó la quinua dulce a dos niveles con la quinua amarga y una ración a base de leche y afrechillo de trigo. Los resultados se presentan en el Cuadro 30.

Cuadro No. 30

**RESULTADOS COMPARATIVOS DE POLLOS (NEW HAMPSHIRE)
ALIMENTADOS CON QUINUA Y UNA RACION TESTIGO**
(Gandarillas et. al., 1968)

	Raciones			
	I Testigo leche	II Quinua dulce 60%	III Quinua dulce 30%	IV Quinua amarga 30%
Proteína en ración	24,8	20,1	19,1	19,7
Días de experimento	60	60	60	60
Incremento de peso, g.	375 ^c	427,5 ^b	621,0 ^a	489,3 ^a
Mortalidad, pollos	—	3	—	5

Los números con letra diferente, difieren estadísticamente al 1% de probabilidad.

En un segundo ensayo, se probó el efecto de lavar la quinua dulce, con los resultados que se presentan en el Cuadro 31.

Cuadro No. 31

**RESULTADOS DE LA ALIMENTACION DE POLLOS CON QUINUA DULCE
LAVADA Y SIN LAVAR A DOS NIVELES (Gandarillas, 1968)**

Respuestas	Raciones			
	Quinua d. lavada 30%	Quinua d. lavada 60%	Quinua dulce 30%	Quinua dulce 60%
1a. etapa 27 días				
Aumento peso diario/pollo/gr.	16,2	11,4	11,5	9,9
Consumo promedio diario/pollo/g.	38,4	30,5	34,6	34,1
EUA	2,37	2,67	3,01	3,44
2a. etapa 37 días				
Aumento peso				
Prom./diario/pollo/g.	21,1 ^a	20,4 ^a	27,1 ^a	25,0 ^a
Eficiencia de Utilización de Alimentos EUA	2,93	3,20	3,53	3,54

Aparentemente los resultados no muestran una diferencia entre lavar o no lavar la quinua dulce, aunque la EUA fue siempre mayor con el nivel bajo de quinua.

Como conclusión de este trabajo se puede mencionar que la quinua utilizada a niveles de hasta un 30% no mostró provocar ninguna depresión en el crecimiento.

Parece ser que a mayores niveles de quinua el efecto de la saponina se manifestaría como deficiencia de vitamina A. Esta observación no es aislada. Cardozo y Dávalos (1967) pudieron controlar los efectos depresivos de la quinua amarga, utilizando altas dosis de vitamina A y D. De acuerdo con sus conclusiones, la quinua puede ser deficitaria en vitamina A y D, o la saponina de la quinua producir una depresión de una o ambas vitaminas.

Caballero (1973) ha empleado quinua en el engorde de pollos parrilleros con resultados favorables, sobre todo desde el punto de vista económico.

Negrón et al. (1976) compararon una ración basada en quinua y kañiwa con raciones comerciales. Los ingredientes de la ración balanceada con estas quenopodiáceas se presenta en el Cuadro 32.

Cuadro No. 32

INGREDIENTES, PORCENTAJES Y VALOR NUTRITIVO DE LA RACION
BALANCEADA A BASE DE QUINUA Y KAÑIWA
(Negrón et. al., 1976)

Ingredientes	Ración de inicio	Ración de crecimiento	Ración de acabado
Quinua	50,0	44,0	44,0
Cañihua	34,4	35,4	34,4
Pasta de algodón	6,0	7,0	7,0
Harina de pescado	9,0	13,0	10,0
Sal común	0,5	0,5	0,5
Suplemento vitamínico	0,1	0,1	0,1
Valor nutritivo			
Proteína	19,4	21,2	19,6
Grasa	4,2	4,4	4,1
Fibra	8,0	8,0	7,9
Cenizas	6,1	7,0	8,0
Humedad	8,1	7,9	7,7

Al final de los 56 días de ensayo, no se encontraron diferencias significativas en el incremento de peso vivo diario. Sin embargo, la eficiencia de conversión alimentaria fue mejor con el uso de los granos de quinua y kañiwa. Con los precios de los productos alimenticios de esa época, el costo por kilo vivo fue de 10 a 50% más bajo que las raciones comerciales. La mortalidad de los animales fue también menor en los pollos alimentados con quinua y kañiwa. Los autores concluyeron que, de alguna manera, estos granos preservan del conocido mal de altura y permiten la crianza económica de pollos parrilleros en condiciones ambientales superiores a los 3500 m.s.n.m., Cuadro 33.

Cuadro No. 33

RESULTADOS EXPERIMENTALES EN ALIMENTACION DE POLLOS CON TRES
RACIONES COMERCIALES Y LA MEZCLA QUINUA-KAÑIWA
(Negrón et. al., 1976)

Respuesta	Raciones			
	Comercial No. 1	Comercial No. 2	Comercial No. 3	Quinua + Kañiwa
Incremento de peso vivo/día/g.	23,0 ^a	24,5 ^a	23,0 ^a	24,2 ^a
EUA	2,66	2,15	3,31	1,99
No. animales muertos	11	8	11	6
Mérito económ. X100	-3,05	22,97	-18,27	32,27

Mogollón y Rentería (1975) efectuaron ensayos de alimentación de pavipollos con granos de quinua a cuatro niveles: 0-5-10-15%. En su experimento sustituyeron la proteína de quinua por proteína de harina de pescado. Los resultados logrados se muestran en el Cuadro 34.

Cuadro No. 34

INCREMENTOS DE PESO VIVO EN PAVIPOLLOS ALIMENTADOS CON
DIFERENTES NIVELES DE QUINUA O HARINA DE PESCADO
(Mogollón y Rentería, 1975)

Ración	Estado de alimentación					
	Crecimiento incr. anim/g	EUA	Ceba incr. anim/g	EUA	Acabado incr. anim/g	EUA
Quinua 15%	1284	2,27	6360	4,31	2392	5,36
Quinua 10%	1283	2,39	5808	4,25	2214	5,84
Quinua 5%	1240	2,19	5362	4,48	2125	5,90
Harina de pescado	1224	2,18	4368	5,29	1594	6,80

Con excepción de la ración para crecimiento, la eficiencia de utilización de alimentos fue mayor cuando hubo mayor contenido de quinua en la dieta.

De igual manera, se han efectuado ensayos en la alimentación de codornices, Garzón y Nosa (1976).

En cerdos

Según Cardozo (1959), parece que el menor desarrollo de los cerdos alimentados con quinua sin lavar, se debe al contenido de saponina. Sin embargo, este efecto se ve modificado por la respuesta de los animales monogástricos a la adición de vitaminas. Esto se observa en los resultados del mismo autor, al suplementar las raciones de pollos con vitaminas A y D, que son bastante bajas en estos granos.

Gandarillas, Cardozo y Alandia (1968) probaron dos niveles de quinua en cuatro diferentes raciones, con los resultados que se presentan en el Cuadro 35. Allí se observa que no existió diferencia estadísticamente significativa, aunque los mayores incrementos de peso se tuvieron con la ración que incluía harina de habas, leche en polvo y afrechillo.

Comparando los dos niveles de quinua, los incrementos fueron mayores con el menor porcentaje, e igual sucedió con la eficiencia de utilización de alimentos.

En la zona de los salares del altiplano sur de Bolivia, donde se cultiva la quinua Real amarga, se ha observado que la alimentación de cerdos con base en quinua lavada y cocida, mezclada con cebada y harina de alfalfa, tiene resultados aparentemente positivos.

Cuadro No. 35

ALIMENTACION DE LECHONES, CON RACIONES COMERCIALES Y A BASE DE QUINUA A DOS NIVELES (Gandarillas et. al., 1968)

Ingredientes	Porcentaje en las raciones			
	Testigo	Quinua 30%	Quinua 50%	Altiplano
Maíz	25,0	5,5	—	—
Cebada	20,0	20,0	7,3	20,7
Harina de pescado	17,2	19,5	17,7	14,3
Leche en polvo	12,8	—	—	—
Afrechillo	20,0	20,0	20,0	—
Levaból	5,0	5,0	5,0	5,0
Quinua lavada	—	30,0	50,0	30,0
Harina de habas	—	—	—	30,0
	100,0	100,0	100,0	100,0
Resultados				
Aumento total promedio kgs.	29,2 ^a	27,1 ^a	25,8 ^a	32,1 ^a
Aumento diario promedio lechón/g.	423	393	371	464
Eficiencia de Utilización de Alimentos	3,6	3,2	3,3	2,9

En rumiantes

En la alimentación de poligástricos se ha intentado pocas veces el uso del grano de quinua, aunque experiencias en la Universidad de Ayacucho, Perú, indican que el grano de quinua tendría posibilidades en mezclas destetadoras para vacunos.

En el trabajo de Ugarte (1956) se usaron ovinos que consumieron granos de quinua para determinar la digestibilidad de los nutrimentos.

Martínez Claire (1946) efectuó un ensayo de racionamiento de terneros de la Granja Experimental de K'aira, Cuzco. Los resultados aparecen en el Cuadro 36.

Cuadro No. 36

RESPUESTA DE TERNEROS A LA DIFERENTE SUPLEMENTACION ALIMENTICIA (Martínez Claire, 1946)

Suplemento	Aumento peso vivo kg/día/tern.	Número días p. alcanzar 100 kgs.	Peso vivo alcanzable en un año
2 kg Cebada	0,679	147	250
1,5 kg Cebada + 0,5 kg Trigo.	0,776	130	280
1,8 kg Cebada + 0,2 kg Habas.	0,800	125	292
1,8 kg Cebada + 0,2 kg Quinua molida.	1,133	88	414

El efecto de la quinua resalta notablemente, aumentando no sólo la ganancia de peso sino la velocidad con que los terneros pueden alcanzar un peso comerciable.

Martínez (1954) mostró que el valor nutritivo de cebada y habas podía ser incrementado con suplementación de quinua para la alimentación de vacunos. También se ha considerado el uso de los subproductos de la cosecha, como los mencionados "quiri" y el "jipi" que normalmente se usan en el engorde de vacunos a orillas del lago Titicaca en Perú y Bolivia. Lamentablemente, no se tiene mucha información del valor como forraje, aunque análisis efectuados últimamente dan al "jipi" un valor potencialmente comparable a un buen afrecho, con 10,7% de proteína (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 1975).

Ante la escasez de forrajes en el altiplano de Perú y Bolivia, se ha estudiado la posibilidad del uso de los tallos de quinua, especialmente en forma molida, aunque su valor nutritivo no fuese muy elevado.

Cardozo et al. (1968) efectuaron diversas comparaciones del tallo de quinua con otros forrajes regionales del altiplano, en la zona del altiplano central de Bolivia.

En un primer ensayo, los resultados con borregas ofrecen incrementos de peso vivo comparables a las raciones con cebada verde o cebada seca. En pruebas posteriores se compararon sucesivamente los tallos o el afrecho de quinua en raciones donde se reemplazaba el heno de avena o cebada. En ninguna de las pruebas se encontró diferencia significativa para los tratamientos. Se debe indicar que los animales eran manejados al pastoreo y que se les suministraba la ración de suplemento a razón de 200 g diarios. Si se considera que el porcentaje de ración de quinua variaba entre 35 a 65%, se puede deducir que es muy difícil poder detectar una diferencia en incremento de peso. Sin embargo, el principal objeto de las investigaciones fue demostrar que los residuos agrícolas del cultivo de la quinua pueden ser utilizados en la alimentación animal, especialmente por razones económicas.

Rizo Patrón y Soikes (1968) compararon también la paja de cebada con tallos de quinua en la alimentación de ovinos, así como la adición de dos antibióticos. Los resultados muestran que los incrementos de peso fueron superiores con la paja de cebada, pero en el análisis económico, estos favorecían al uso del tallo de quinua.

En los laboratorios de la Universidad Nacional Agraria, Lima, Perú, se hicieron análisis del material de tallo de quinua empleado en el ensayo de engorde de ovinos, Cuadro 37.

Los otros resultados de este experimento se presentan en la Figura 9.

Se puede deducir que el efecto benéfico de incremento en la ganancia de peso vivo, con la adición del antibiótico clortetraciclina a la paja de cebada, no se manifestó en la alimentación con tallos de quinua. Es interesante anotar que la relación entre el forraje consumido y la ganancia de peso producida, fue más estrecha en los lotes alimentados con tallos de qui-

nua. Según esto, se podría concluir que las diferencias en incremento de peso se debieron principalmente a las diferencias en consumo de forrajes, que favorecieron a la cebada. El mayor contenido de fibra y las saponinas de la paja de quinua influyeron negativamente en su aceptabilidad por parte del animal.

Cuadro No. 37

ANALISIS DE TALLO DE QUINUA, PROMEDIO DE SEIS MUESTRAS
(Rizo Patrón y Soikes, 1968)

Nutrimiento	Porcentaje
Humedad	12,60
Proteína cruda	5,52
Grasa	0,77
Fibra	26,12
Nifex	46,56
Ceniza	9,43

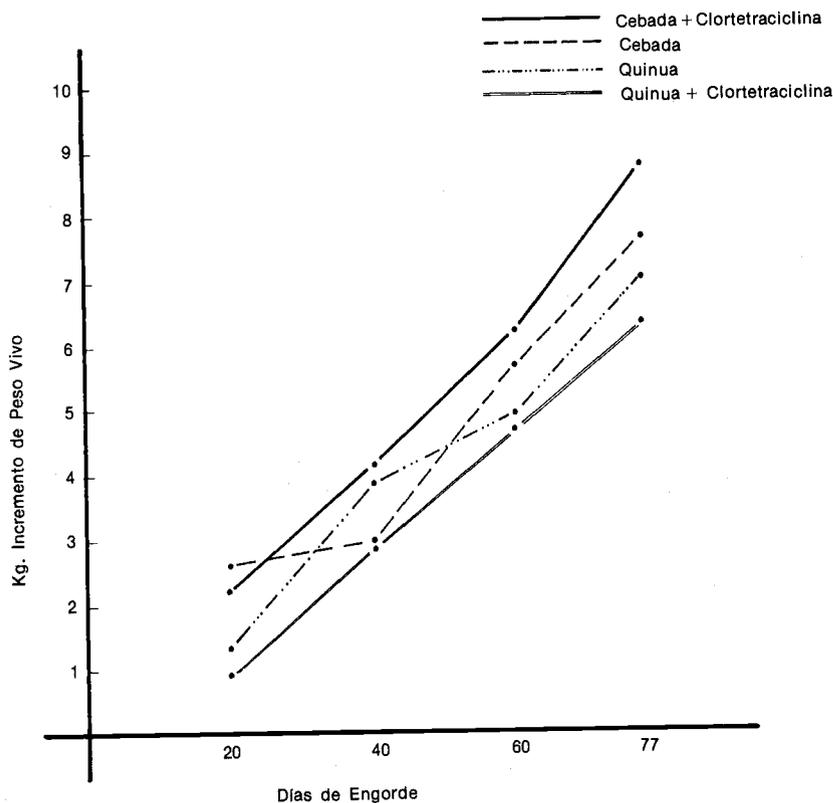


Figura 9. Incrementos de peso de ovinos alimentados con paja de cebada, tallos de quinua y la adición de clortetraciclina. (Rizo Patrón y Soikes, 1968).

ANEXO
ANÁLISIS QUÍMICOS (métodos proximales) DEL GRANO DE QUINUA

Autor / Variedad	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	Carbohidratos	Celulosa	Fibra	Fuente
Alcázar, J.	10,22	13,21	5,80	2,32		1,79		(1)
Alvístur, J. E. et. al.	14,66	11,70	2,40	2,73	62,71		5,80	(2)
Bruñín, A. de								
Roja	10,20	15,35	7,50	3,05	68,4		2,45	(3)
Amarilla	9,80	15,95	6,15	3,65	68,5		3,10	(3)
Blanca	10,50	14,05	7,15	2,40	74,3		2,10	(3)
Chiriboga, J. y Velásquez, D.								
Real de Puno		13,39						(4)
Blanca de Huancayo		14,03						(4)
Blanca de Puno		12,95						(4)
Blanca de Jauja		11,90						(4)
Rosada de Puno		12,31						(4)
Rosada de Cajamarca		12,08						(4)
D'Andre, H.								(4)
Real de Bolivia	13,73	12,80	5,09	2,80	54,61			(5)
Común de Bolivia	13,82	12,63	5,04	2,98	55,11			(5)
Dominguez, N.	13,30	14,19	6,75*	5,85*	46,56	3,95		(6,7)
Elguera, N.	13,30	13,85	4,77	3,20	46,10			(7)
Espinosa, J. et. al.								
Blanca	7,67	15,13	7,89		55,5		2,81	(8)
Amarilla	8,41	16,37	8,36				2,30	(8)
Roja	7,78	15,62	7,52				2,36	(8)
EE. UU. Depto. Agricultura	8,83	15,06	7,68	3,43	62,34		2,65	(5,6,7)
González, M.	10,90	21,30	8,40			2,80		(5)
González, N.	12,50	13,12	3,91	5,44	52,83	12,20		(6,7)
I.C.B.F.								
De Pasto 1	11,00	16,90	5,90	9,80				(9)
Ecuador	12,40	13,00	5,60	3,40				(9)
Bolivia	9,90	12,40	5,20	2,90				(9)
Pasto 2	12,40	15,60	6,70	2,60				(9)

Autor / Variedad	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	Carbhidratos	Celulosa	Fibra	Fuente
Junge, I. Var. Catentoa	11,60	15,50	3,60	3,40	65,90			(10)
Sin Saponina	7,50	16,50	3,30	2,50	70,20			(10)
Con Saponina								(11)
López Soria, J.	6,80	14,40	4,70	2,40				(5,6)
Llanos, M. J.	13,30	13,85	4,77	3,20	56,88	2,90		(5,12)
Mickus, R. R.	8,90	13,00	7,00	7,60	59,90		2,80	(13)
Mintzer, M. J.	12,72	16,12	5,80	3,08	59,13			(7)
Mintzer, M. J.		22,08	5,70	5,00	46,01	9,50		
Montenegro, B.								
San Juan	9,42	16,86	5,52	2,22	61,28		4,70	(13)
Puerres	11,24	17,57	4,99	2,22	47,62		16,32	(13)
Mocondino	10,95	19,99	5,62	2,29	45,41		15,74	(13)
Morales Ramírez, M.								
Saraquinoa Agato	19,00	13,60	2,30	2,50	61,50		1,10	(14)
Chaucha Carrera	17,60	13,10	5,50	2,70	58,40		2,70	(14)
Chaucha Cangahua	12,20	14,30	3,20	2,80	59,40		3,10	(14)
Grande Guachalá	16,20	12,70	3,20	2,80	62,20		2,90	(14)
Blanca Guachalá	14,60	14,00	2,90	2,90	62,50		3,10	(14)
Saraquinoa Olmedo	14,70	13,30	4,60	2,90	62,40		2,10	(14)
Criolla Olmedo	13,30	15,20	4,50	2,90	61,50		2,60	(14)
Chaucha Olmedo	17,80	13,80	4,00	2,70	59,10		2,60	(14)
Chaucha La Chimba	20,70	14,30	3,70	3,00	55,80		2,50	(14)
Chaucha Juan Montalvo	11,40	15,70	5,10	2,40	62,70		2,70	(14)
Saraquinoa Llano Grande	17,00	11,30	3,80	2,80	63,10		2,00	(14)
Chaucha Llano Grande	16,00	13,20	3,10	3,60	61,40		2,70	(14)
Chaucha Otón	15,30	14,90	3,30	3,40	61,10		2,00	(14)
Morales Ramírez, M.								
Chaucha Latacunga	18,10	13,80	2,90	3,30	59,20		2,70	(14)
Chaucha Pulilli	15,60	13,80	2,50	3,30	61,60		3,20	(14)
Licón Macají Calpi	18,70	14,80	2,00	2,80	59,40		2,30	(14)
Yaruques Yaruques	15,30	14,30	3,20	3,10	61,20		2,90	(14)
Punin Punin	14,60	15,10	2,10	3,10	61,30		3,80	(14)
IICA-028-Oruro	12,00	16,50	1,80	4,90	60,20		4,60	(14)
IICA-014-Patacamaya	12,60	17,30	2,70	4,20	58,50		4,70	(14)

En blanco: Sin información

*Promedio del rango 9,3 a 4,8 de grasa; 2,50 a 9,20 de ceniza y 1,50 a 7,90 de celulosa.

(Continuación)

Autor / Variedad	Humedad	Proteína	Grasa	Ceniza	Carbohidratos	Celulosa	Fibra	Fuente
Perú, Ministerio de Salud	12,00	10,70	5,70	3,20	69,20	4,30		(6,7)
Pimmer, N.	13,30	13,85	4,77	3,20	55,86	2,90		(7)
Rea Clavijo, J.	9,80	13,20	4,01	4,08	63,81	5,10		(1)
Rodríguez, E.		16,00						(1)
Romero, J. S.	5,42	9,64	2,30	7,02	77,40		3,50	(9)
Tellería, M.								
Amarilla	(base seca)	14,2	6,8	2,8	71,3		4,80	(17)
Blanca	(base seca)	14,4	6,5	3,8	70,3		4,90	(17)
Colorada	(base seca)	12,8	7,1	3,0	70,0		7,00	(17)
Sajama	(base seca)	13,1	6,2	2,7	73,6		3,40	(17)
Ugarte, N.	12,30	13,90	3,50	4,30	61,00		5,00	(15)
Universidad N. A. Perú	8,87	14,80	2,50	2,98	67,05	3,80		(6,7)
Universidad N. A. Perú	13,40	12,75	5,55	3,63	60,03	4,64		(7)
Vidalón, C.	17,80	16,75	6,18	3,57	50,30	3,50		(7)
Viñas, T. E.								
Blanca		12,06						(16)
Amarilla Grande		12,87						(16)
Amarilla Pequeña		10,75						(16)
Rosada D. Junín		12,18						(16)
Blanca D. Junín		11,00						(16)
Blanca D. Puno		11,93						(16)
Workler, N.	16,01	9,58**	4,81	4,32	38,72	7,90		(7)
Zaferson, N.	8,85	14,93	5,09	3,19	64,96	3,23		(7)

En blanco: Sin información

**Promedio del rango 11,70 a 7,47.

9

Industrialización

Mario Tapia

INTRODUCCION

El grano de quinua ofrece la posibilidad de ser procesado en diferentes productos y transformado en harinas, como sucede con otros cereales.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta algunas condiciones especiales antes del uso a escala comercial:

- a) El contenido de saponina en el pericarpio del grano, que da un sabor amargo en la mayoría de los ecotipos actuales. Algunas variedades seleccionadas, como la Sajama en Bolivia, la Kanccolla, la Cheweca, la "arroz jiura" y la Blanca de Junín en Perú, son casi dulces, requiriendo apenas un sencillo lavado antes de su uso en forma directa.
- b) El grano de quinua almacena los almidones en el perisperma, a diferencia de los cereales que lo hacen en el endosperma. Tejidos diferentes determinan diferentes características (Wolf et. al., 1950). Una de estas diferencias es el bajo contenido de gluten en el almidón de la quinua.

El pericarpio del grano de quinua es de naturaleza celulósica, impermeable al agua. En este pericarpio se encuentra localizado un glucósido que tiene la función de hidrolizar las células y hacerlas permeables. Este glucósido se denomina saponina, cuyas características se mencionan en el capítulo sobre valor nutritivo.

ELIMINACION DE LA SAPONINA

Siendo la saponina responsable del sabor amargo presente en las coberturas externas del grano, es lógico que se hayan destinado todos los esfuerzos a eliminar esta cobertura.

Villacorta y Talavera (1972) denominan episperma a todas las capas que recubren el grano, habiendo diferenciado hasta cuatro envolturas.

La *primera capa* externa o propiamente pericarpio es la que determina el color de la semilla y puede ser blanca, amarilla, clara u oscura, anaranjada, rosada, roja, gris oscura o clara, o negra. Bajo el microscopio esta capa se presenta como una membrana rugosa, formada por células sin núcleos, quebradiza, seca y fácilmente desprendible de las otras. Estas rugosidades, que semejan las celdas de un panal, albergan una sustancia blanca, opaca y amarga que se asume sea la saponina. Esta capa se puede extraer con agua fría o caliente. Sus paredes contienen además una serie de inclusiones en forma de cristales.

Después de esta primera cubierta sigue una *segunda capa*, lisa, lustrosa, sin poros, con algunas huellas de la rugosidad de la capa anterior, y que según Villacorta (1972) no se puede eliminar sin afectar el grano mismo.

La *tercera capa* es de color amarillento opaco, y la última o *cuarta capa* es traslúcida, muy delgada y directamente unida al almidón.

Las características macroscópicas del grano de cuatro variedades de quinua se presentan en el Cuadro 1.

Numerosos han sido los esfuerzos para desarrollar un método industrial que permita la eliminación de la cobertura externa y del mayor contenido posible de saponina (Junge, 1973; Universidad Nacional Agraria del Perú, 1977; Ferrari, 1976; Franco y Tapia, 1974).

Cuadro No. 1

CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DEL GRANO DE CUATRO
VARIETADES DE QUINUA. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
PERU (1972)

Características	Variedad			
	Blanca común	Ccoito	Willa	Jarojihura
Color de 1a. capa	Blanco Bl. oscuro	Gris oscuro	Anaranjado rojizo	Anaranjado
Diámetro, mm	1,0-2,0	1,5-1,8	1,3-1,4	1,5-1,8
Color de 2a. capa	blanco	negro	blanco crema	anaranjado

Según los métodos empleados, la eliminación de la saponina se puede dividir en procesos húmedos, procesos en seco, y procesos en seco con calor.

Los procesos húmedos son los que tradicionalmente utilizan los campesinos y las amas de casa. Consisten en sucesivas lavadas del grano en agua, haciendo fricción con las manos o una piedra para facilitar la eliminación de las primeras capas. Uno de los primeros en diseñar un método húmedo industrial fue Posnansky (1945).

Briceño et al. (1972) desarrollaron un método de lavado por agitación y turbulencia. Un sistema similar es el empleado por Junge (1973) en la Universidad de Concepción, en Chile. Este autor indica que para la industrialización de la quinua se deben considerar las siguientes características específicas:

- El tamaño en extremo pequeño de las semillas.
- La variabilidad en tamaño, forma y dureza de la semilla, que se aumenta cuando hay mezcla de ecotipos.
- La gran cantidad de espuma que se forma al lavar las semillas.
- La necesidad de remover rápidamente el contenido de saponina, a fin de minimizar el riesgo de que se difunda en el endosperma.
- Cualquiera de los métodos a emplearse debe ser simple y económico.

Junge (1973) experimentó inicialmente con métodos secos, utilizando una peladora de arroz; entre los métodos húmedos probó la extracción con alcohol y agua alcalina. Finalmente, el mejor método resultó aquel en que se utilizaba una célula de flotación, como las empleadas en minería. En este sistema se remojan primero las semillas en agua caliente, luego se activa la turbina y se inyecta aire a través del eje de la célula de manera que se produzca alta turbulencia y espuma. Con la adición de nueva agua caliente, la espuma se ve forzada a rebalsar, llevándose la suciedad y el pericarpio del grano. El eje de la célula es el que fricciona los granos, removiendo el pericarpio donde se encuentra la saponina.

En ensayos siguientes se trató de encontrar la correlación de diferentes variantes y su óptima condición de trabajo. Los factores considerados fueron: el tiempo de remojo, el tiempo de agitación, la temperatura de agua, la cantidad óptima de semilla en la célula, y la relación agua:semilla. Los resultados experimentales aparecen en el Cuadro 2.

Cuadro No. 2

CONDICIONES OPTIMAS DE TRABAJO PARA LA EXTRACCION DE SAPONINA Y DESCASCARADO DE QUINUA, EN UNA CELULA DE FLOTACION DE LABORATORIO (Junge, 1973)

	Condición A	Condición B
Carga de semilla, gr.	600	600
Tiempo de remojo, min.	60	30
Tiempo de agitación, min.	30	20-25
Temperatura del agua, °Celsius	30	60
Adición de agua, litros	9	9
Relación semilla: agua	1:15	1:15

Cualquiera de las dos condiciones da resultados satisfactorios. Se calcula que con estos métodos, las pérdidas en la extracción de saponina y descascarado son cercanas al 10 ó 12% cuando se utiliza semilla normal

y limpia. Lógicamente, este proceso debe continuar con el secado de la semilla. En las pruebas con un cilindro de desecamiento expuesto al fuego directo, se obtiene un contenido final de humedad en los granos del 8 al 10%. Los problemas aún no resueltos en este proceso van desde la operación de plantas mayores hasta conocer el fin que se le pueda dar al agua con saponina, ya que su desecho en ríos o lagos afecta la vida de los peces.

En todos los métodos húmedos industriales existen dos problemas: el elevado costo del secado del grano, y la formación de espuma que no se sabe cómo desechar.

Los procesos en seco son aquellos que en alguna forma aplican el principio usado en la pulidora de trigo que separa el afrecho y el afrechillo. Inicialmente este proceso fue empleado en las industrias del Cuzco (1945) y en Oruro, Bolivia, por Ferrari (1976). Una de las máquinas que mejor resultado ha dado hasta la fecha, es la empleada por la fábrica Ferrari y Ghezzi. La eficiencia de la máquina está muy relacionada con el tipo de cepillo que se emplee, la velocidad de rotación y la uniformidad de la semilla tratada.

El Instituto de Investigaciones Agropecuarias en Lima experimenta una máquina (Figura 1) en la que se emplean dos tipos de cepillos, uno duro y otro blando, con resultados aceptables de quinua pelada.

Es interesante mencionar aquí el método utilizado por algunas comunidades de la región de los salares de Bolivia. En la población de Llica, se



Figura 1. Máquina pulidora del grano de quinua.
(Foto M. Tapia).

sirven de una piedra horadada de unos 50 cm de diámetro, en la cual se coloca la quinua calentada previamente en una arena gruesa llamada "poke-ra". Con los pies se procede a frotar el grano de quinua y la arena, luego se ventea y tamiza para separar el grano de la arena y del polvillo de saponina.

Tapia y Franco (1974) experimentaron en la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, con una combinación de calor y cepillado del grano. Este método se basa en el proceso campesino de eliminar la cobertura del grano de kañiwa para preparar una harina de grano tostado, denominada "kaniwaco". En la adaptación se pre-tuesta el grano de quinua y luego se somete a cepillado. Aparentemente el grano de quinua se libera completamente de su cobertura exterior.

PRODUCCION DE HARINAS

Una vez eliminada la saponina del grano, éste se puede transformar en harinas. Desde hace siglos se practica en todos los Andes la molienda con piedras; las denominadas "batanes" o "kconas" producen un tipo de harina gruesa.

Con miras a su utilización industrial, Luna de la Fuente (1957) ha sido uno de los primeros en estudiar la eficiencia de molienda del grano de quinua.

Cuadro No. 3

RESULTADOS DE LA MOLIENDA EN CUATRO VARIEDADES DE QUINUA (Luna de la Fuente, 1957)

Variiedad	Afrecho %	Moyuelo %	Harina %
Blanca de Junín, dulce	7,00	29,18	50,00
Rosada de Puno	5,90	18,00	65,78
Kanccolla	5,70	14,00	51,40
Blanca de Puno, dulce	5,30	23,00	68,00

Estos rendimientos de harina son bajos cuando se les compara con los de trigo. Existe un ensayo de comparación del rendimiento de las harinas de quenopodiáceas andinas y el del trigo.

Cuadro No. 4

RENDIMIENTOS EN MOLINERIA DE QUINUA, KAÑIWA Y TRIGO (García, 1968)

Grano	Harina %	Moyuelo %	Afrecho %	Pérdida %
Quinua blanca	66,2	16,2	8,1	6,5
Kañiwa	35,0	37,8	25,0	2,2
Trigo	76,8	2,5	16,6	4,2

Llerena (1973) preparó harinas de dos variedades de quinuas dulces y de dos variedades de kañiwa, sus rendimientos se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro No. 5

RENDIMIENTO DE HARINA DE QUINUA Y KAÑIWA (Llerena, 1973)

Muestra, 100 gr.	Peso después de venteada g.	Peso después de lavado y secado g.	Peso en harina, g.
Quinua, Sajama	93,0	78,6	77,4
Quinua, Illimani	95,5	85,1	83,9
Kañiwa, anaranjada	91,9	73,0	66,8
Kañiwa, rosada	86,5	77,5	75,6

La diferencia entre los procesos mencionados en el Cuadro 4 y los del Cuadro 5, radica en que estos últimos no se separó moyuelo ni afrecho, considerándose que el grano de quinua, que es en realidad un fruto, no tiene glumas ni raquis que deban separarse.

La harina de quinua tiene posibilidades adicionales de consumo, entre otras la preparación de sopas y cremas, "api", tortas, pasteles y comida especial para niños (Barrios, 1978).

PANIFICACION

Algunos ensayos con harina de quinua en panificación se han encaminado a reemplazar parcialmente la harina de trigo que se importa en todos los países andinos.

Ya en 1936 el Ministerio de Agricultura de Perú realizó una campaña para la utilización industrial de la quinua. De sus resultados se sabe que en el año 1937 se consumió pan de quinua en diferentes restaurantes de Lima, con buena acogida.

Llanos (1954) hizo diferentes ensayos de panificación, sustituyendo con harina de quinua de 5 a 30% de la harina de trigo.

Luna de la Fuente (1957) repitió estos ensayos de panificación, reemplazando la harina de primera con 10 a 40% de harina de quinua, los resultados se presentan en el Cuadro 6.

Nichaesky y Gandarillas (1967) hicieron pruebas de panificación con harinas de grano de quinua sin lavar, en mezclas con 10-20 y 30% de sustitución de harina de trigo. Sin embargo, la calidad del producto y su aceptación no fueron buenas.

Llerena (1973) utilizó harinas de quinuas dulces como Sajama e Illimani, así como harina de kañiwa, en proporciones de 4-8 y 12%. Las características de los panes producidos se presentan en el Cuadro 7 y la Figura 2.

Cuadro No. 6

CARACTERISTICAS DEL PAN ELABORADO CON DISTINTAS
PROPORCIONES DE HARINA DE QUINUA
(Luna de la Fuente, 1957)

Mezcla	Volumen cc	Peso gr.	Estructura	Textura	Color
Harina de trigo	1.750	420	buena	buena	blanco
10% harina de quinua	1.660	430	buena	pobre	crema
20% harina de quinua	1.475	435	buena	pobre	crema
30% harina de quinua	1.325	428	buena	muy pobre	moreno
40% harina de quinua	1.350	428	buena	muy pobre	moreno

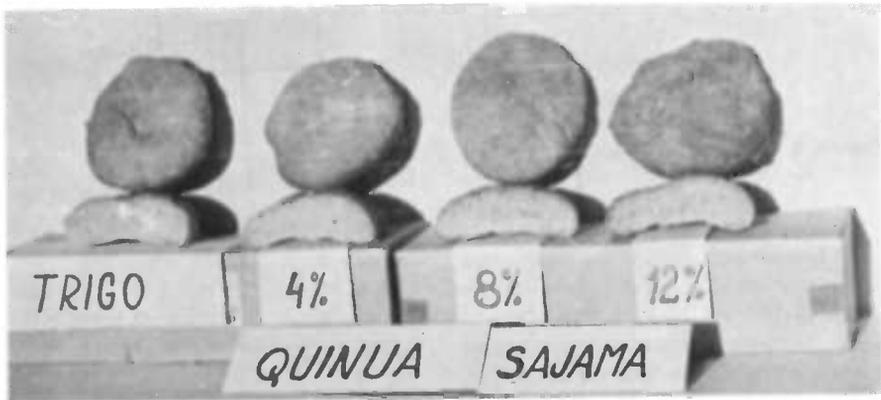


Figura 2. Pan de trigo y quinua a diferentes porcentajes.
(Foto M. Tapia).

Cuadro No. 7

CARACTERES FISICOS Y QUIMICOS DE LOS PANES CON 4, 8 Y 12% DE
HARINA DE QUINUA O KANIWA (Llerena, 1973)

	Peso gr. masa fer- mentada	Rendim. en pan gr.	Poro- sidad %	Peso especi- fico	Pro- teina %
Testigo harina de trigo	1635	1268	72	0,36	14,8
4% Quinoa Illimani	1725	1298	72	0,39	14,8
8% Quinoa Illimani	1665	1247	59	0,35	14,8
12% Quinoa Illimani	1657	1247	56	0,40	15,2
4% Quinoa Sajama	1667	1200	56	0,39	14,8
8% Quinoa Sajama	1669	1236	55	0,33	14,8
12% Quinoa Sajama	1676	1234	53	0,35	14,9
4% Kañiwa rosada	1661	1253	48	0,38	14,8
8% Kañiwa rosada	1680	1333	59	0,44	14,8
12% Kañiwa rosada	1674	1225	56	0,40	15,2
4% Kañiwa anaranjada	1761	1324	55	0,35	14,8
8% Kañiwa anaranjada	1757	1363	65	0,40	14,8
12% Kañiwa anaranjada	1580	1163	69	0,38	15,4

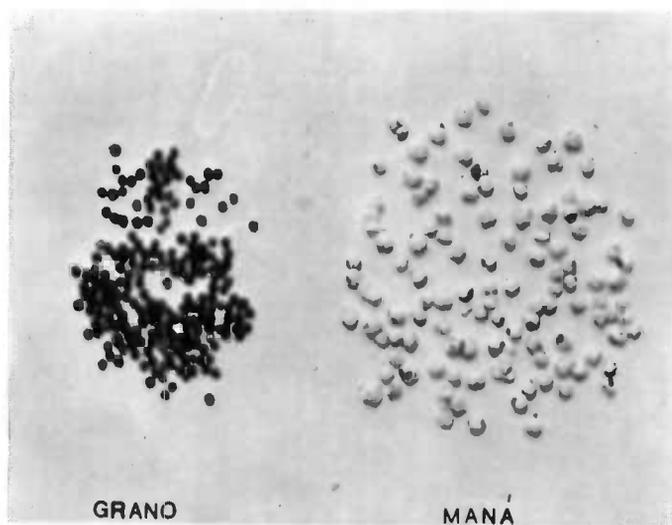


Figura 3. *Maná de quinua de la variedad Pasancalla.*
(Foto M. Tapia).

La adición de harina de quinua o kañiwa no modificó sustancialmente el contenido total de proteínas, salvo en el reemplazo del 12%. Las cantidades de 8 y 12% de harina de quinua produjeron un pan algo menos poroso, pero en la prueba de degustación poco se pudieron distinguir de los panes de pura harina de trigo.

Existen ya suficientes experiencias como para considerar que la harina de quinua puede reemplazar a la harina de trigo en la panificación, si el grano de quinua es de una variedad seleccionada y se trata adecuadamente. Los molinos de Ferrari y Ghezzi de Oruro, Bolivia, vienen usando un 7% de harina de quinua en algunos de sus productos desde hace varios años. Pero parece evidente, que esta proporción se puede elevar a 12%.

El gobierno de Bolivia dictó en 1974 una ley por la cual se hacía obligatorio que todas las harinas de panificación en el país tuvieran un 5% de harina de quinua. Sin embargo, esta ley no se ha podido cumplir hasta la fecha.

ELABORACION DE OTROS PRODUCTOS

En 1955, en el laboratorio de cereales de la Estación Experimental de La Molina, Perú, el Ing. Luis López elaboró hojuelas de quinua, similares a las tostaditas elaboradas con maíz (flakes). El producto fue llevado a los Estados Unidos por el Dr. Carl Fifiel, técnico en panificación del Departamento de Agricultura de EEUU., quien confirmó la bondad del producto. Sin embargo, se observó que después de algún tiempo, las hojuelas de quinua adquirían un sabor rancio (Gorbitz y Luna de la Fuente, 1957).

Una fábrica del Cuzco, Perú, produjo hojuelas por varios años; en la actualidad la producción está descontinuada.

En la misma Estación Experimental de La Molina se elaboraron fideos con 30 y 40% de harina de quinua, los cuales resultaron de excelente calidad. Al aumentarse a 50%, la calidad bajó ostensiblemente tanto en sabor como en consistencia (Gorbitz y Luna de la Fuente, 1957). Para la fabricación de galletas se determinó que el porcentaje de reemplazo podía subirse hasta un 60% (Luna de la Fuente y Querzola, 1957).

A nivel casero se prepara el "maná" de quinua, especialmente con la variedad Pasancalla que en las regiones de los salares de Bolivia recibe el nombre de "pololo", ver Figura 3.

En Juliaca y Puno, Perú, se han instalado varias fábricas pequeñas de esa quinua "reventada", empleando instalaciones caseras en las que el grano es sometido a presión y temperatura hasta obtener el reventado del grano. Este producto es de sabor agradable y tiene gran aceptación, especialmente por parte de los niños.

Existe también la posibilidad de preparar bebidas espirituosas debido al rico substrato de oxidación que presenta el licor a base de quinua. Su sabor es agradable y de moderado grado alcohólico (Zvietcovich y Catari, 1976).

Como conclusión se puede decir que en todos los intentos de industrialización la quinua habrá que tomar en cuenta el factor económico, pero será decisiva la calidad del producto al paladar del consumidor. Es decir, sólo un preparado completamente limpio y libre de sabor amargo podrá tener éxito comercial.

PARTE II
LA KAÑIWA
(*Chenopodium pallidicaule* Aellen)

10

Kañiwa

Mario Tapia

RELACIONES HISTORICAS Y DISTRIBUCION

La kañiwa (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una de las especies agrícolas menos estudiadas y en muchas oportunidades se le ha confundido con la quinua (Vargas, 1938). Bertonio, citado por Hunziker (1952) en su vocabulario de la Lengua aymará de 1612, denomina quinua a la kañiwa y al definir el significado de los vocablos "isualla hupa" dice: "quinua silvestre de la que llaman cañahua" (2:183). De igual manera Cobo, en su "Historia del Nuevo Mundo", al referirse específicamente a la quinua escribe: "De las otras quinuas de colores hacen chicha, señaladamente de la cenicienta, llamada cañahua...". No se sabe exactamente si el autor se confunde con las quinuas del tipo Ccoito que tienen un color gris, o se refiere a esta otra quenopodiácea, que presenta varios colores pero no el ceniciento.

Relaciones históricas

Diego Cabeza efectuó la mención mas antigua sobre el uso de la kañiwa en el continente americano, cuando en 1586 escribió su "Descripción y Relación de la ciudad de La Paz". Al señalar los recursos de la región, el autor menciona "las semillas con que los indios se han sustentado y sustentan son: maíz, papas, chuño, oca, quinua, cañagua".

No existen evidencias arqueológicas relacionadas con esta planta de manera que no se puede saber desde qué tiempo se la cultiva. El hecho de que las plantas pierden gran parte del grano por caída, hace pensar que su proceso de domesticación no ha culminado aún.

Este cultivo parece muy relacionado con la cultura Tiahuanaco que habitó el altiplano de Perú y Bolivia. Es en esta área donde hay en la actualidad la mayor parte de superficie bajo esta especie.

Chervin (1908) fue uno de los primeros en indicar que la kañiwa era una especie diferente de la quinua, pero no fue hasta 1929 en que el botánico suizo Paul Aellen creó la denominación de *Chenopodium pallidicaule* para nombrar este cultivo, probablemente con base en un espécimen de tallo amarillo.

En las citas se usa indistintamente el nombre de kañiwa o kañawa relacionadas con el origen del vocablo. Kañiwa es propia de las regiones con idioma quechua y kañawa de la población aymará. En regiones donde el dominio inca había sido reciente a la llegada de los españoles aún persiste la denominación kañawa, como es el caso del altiplano peruano.

Distribución

El cultivo de la kañiwa no ha tenido mayor difusión fuera de las fronteras del altiplano de Perú y Bolivia y de las serranías de Cochabamba. En estas áreas la kañiwa ha tenido éxito por sus características agronómicas de mayor resistencia a bajas temperaturas.

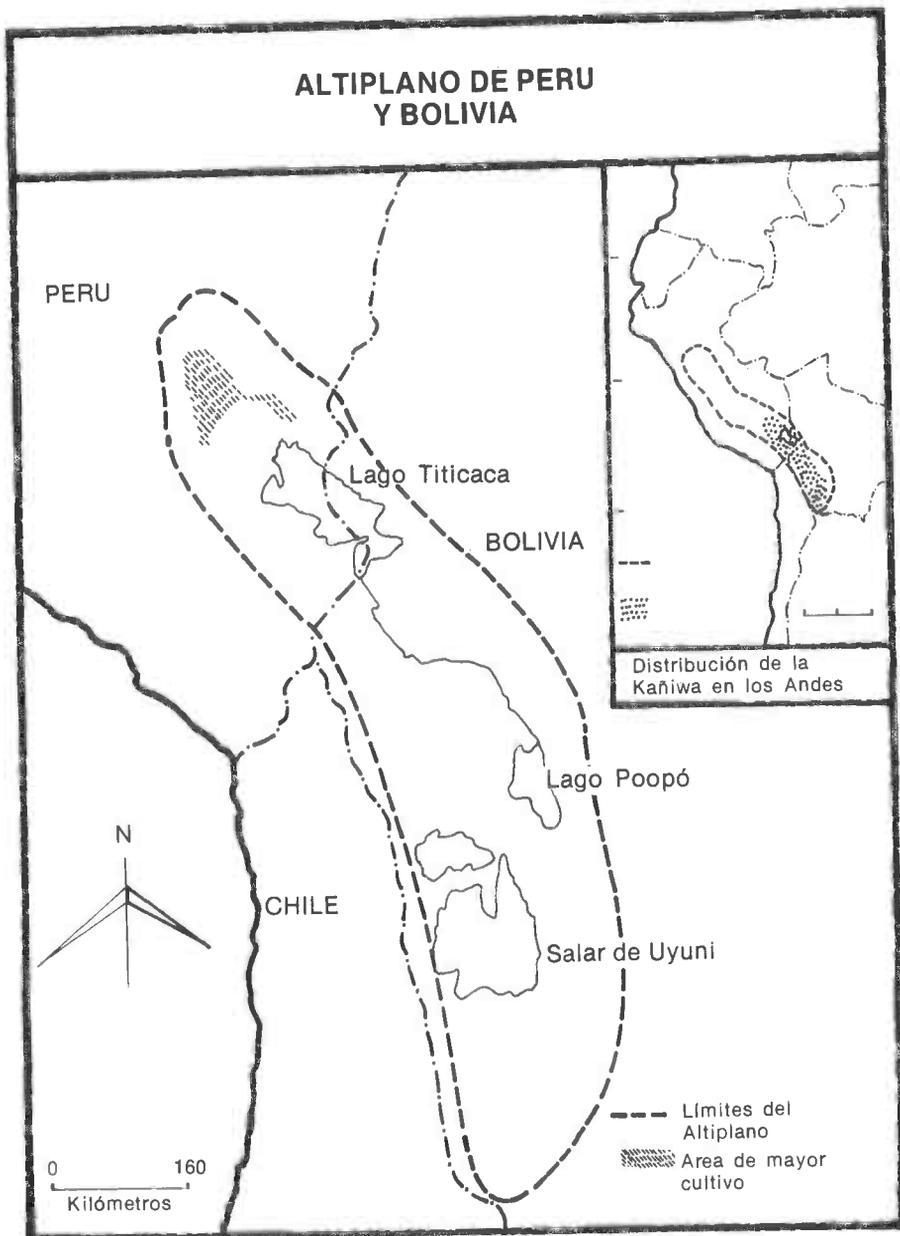
El área de mayor concentración de campos cultivados con esta especie se sitúa en la parte noroeste del altiplano alrededor de las poblaciones de Llalli, Macarí, Ayaviri, Nuñoa, Huancané en el Departamento de Puno, Perú, donde se han calculado entre 5000 y 6000 has bajo cultivo. En Bolivia se la cultiva en el Departamento de La Paz, el área de Pacajes, las zonas altas de la provincia de Omasuyos y alrededor de Independencia en el Departamento de Cochabamba (ver mapa).

El nombre de "cuchi-quinua" como equivalente a kañiwa ha sido relacionado con su presencia en Ecuador (Acosta Solís, 1941) aunque parece poco probable que se trate de esta especie.

Los primeros cronistas españoles informaron que esta especie se hallaba mas ampliamente distribuida que hoy. Pedro Mercado de Peñaloza (1583) la encontró en toda la región de Pacajes en Bolivia. De Morúa (1922) la señala como la especie cultivada por los indios Urus que habitaban el sur del lago Titicaca, en una de las áreas mas desoladas del altiplano. En su texto indica: "... y ninguna cosa siembran ni tienen cuidado de hacer cosas, solamente viven de hierbas aunque hay entre ellos una simiente semejante al mijo, la cual nace de su propia voluntad sin labor y llámanle quinua y cañagua, con su misma hoja la quieren y comen todos los indios". En esta descripción parece haber nuevamente una confusión entre quinua y kañiwa, pero lo mas importante es la mención al uso de las hojas, al igual que de otra quenopodiácea, *Chenopodium nuttallide*, que cultivaban los aztecas.

BOTANICA

La kañiwa es una planta terófito erguida o muy ramificada desde la base (Figura 1), de un porte entre 20 y 70 cm. Tanto los tallos en su parte superior, como las hojas y las inflorescencias, están cubiertos de vesículas blancas o rosadas (León, 1964).



Area de distribución de la kañiwa.

Las hojas alternas presentan pecíolos cortos y finos, láminas engrosadas de forma romboide, y miden de 1 a 3 cm de largo. En la parte superior se dividen en tres lóbulos, rara vez dentados. Las hojas presentan tres nervaduras bien marcadas en la cara inferior que se unen después de la inserción del pecíolo.



Figura 1. *Planta de kañiwa X/3.*

Las inflorescencias son inconspicuas, cimosas axilares o terminales y totalmente cubiertas por el follaje. Tienen flores hermafroditas o estaminadas muy pequeñas de 1 a 2 mm de diámetro, sesiles. El perigonio está compuesto de cinco partes (Hunziker, 1952). Los estambres son generalmente 1-3, con un estaminodio minúsculo. El gineceo está formado por el pistilo, superado por el periantio esférico y terminado en dos ramas estigmáticas apicales, generalmente soldadas en su base.

El fruto está cubierto por el perigonio de color generalmente gris. El pericarpio es muy fino y traslúcido. La semilla es de forma lenticular de 1 a 1,2 mm de diámetro y de color castaño o negro, con el episperma muy fino (Figura 2).

La variación de colores en la planta sigue un patrón muy semejante al de la quinua. Se han podido diferenciar cuatro factores principales de variación en la kañiwa:

- a) el crecimiento de la planta que puede ser de porte erguido "saigua", o muy ramificado desde la base "lasta"
- b) la coloración del tallo y follaje: amarillo, verde, anaranjado, rosado, rojo o púrpura
- c) el color de las vesículas: blanco o rosado
- d) el color de las semillas: negro, castaño, castaño claro.

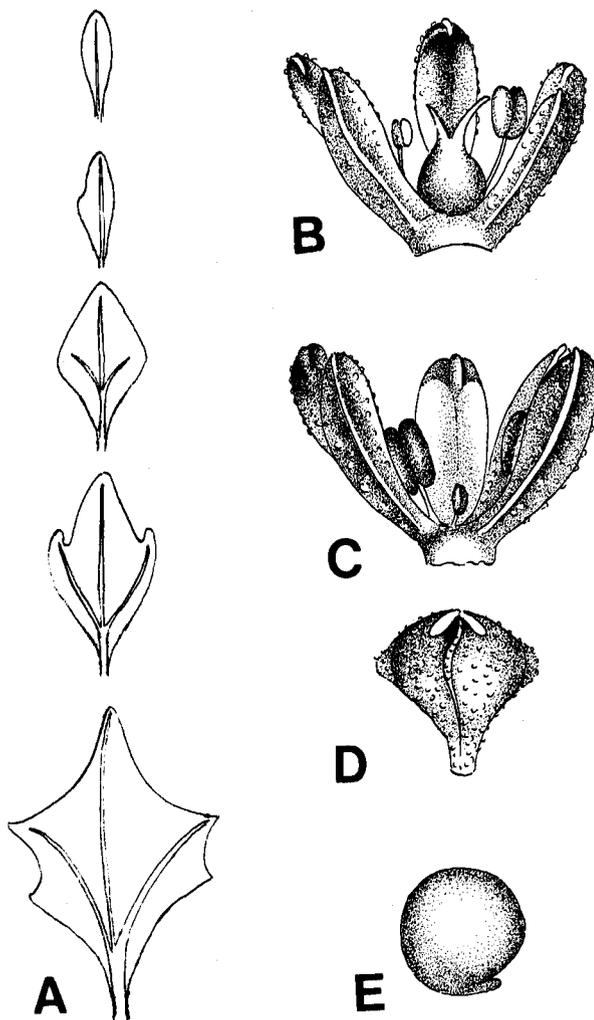


Figura 2. A) Hojas de kañiwa. B) Flor superior pistilada. C) Flor inferior estaminada. D) Fruto. E) Semilla. (Basado en el trabajo de León, 1964).

Según estos caracteres se han propuesto diversas clasificaciones. Mantari (1955) ha seleccionado en la zona de Puno: blancas (verdes), rosadas y amarillas. Vargas (1938) reconoce: "Puccoya" de tallos pigmentados de rosado, hojas rosadas o verde claro, "Pacos" de tallos y hojas moradas, y "Kcello" de tallos y hojas amarillentos. En base a la coloración del grano, Cárdenas (1969) clasificó las kañiwas en tres grupos: de grano blanco sucio, negro o castaño.

De acuerdo a diferenciaciones botánicas del color, para diferenciar las formas de *Chenopodium pallidicaule*, Hunziker (1952) propuso la siguiente clave:

- A. Plantas verdes o verde-amarillentas, sin pigmento de antociana
 - a. forma pallidicaule
- B. Plantas rosadas o moradas
 - 1. Plantas rosadas o rosado-verdosas, grano con episperma castaño
 - b. forma purpureum Aellen
 - 2. Plantas intensamente moradas, granos con episperma casi negro
 - c. forma melanospermum A. T. Hunziker

En el trabajo de Paredes (1966) se considera tanto el crecimiento de la planta como el color del grano y del follaje. Así se pueden reconocer cuatro grupos principales:

SAIGUA KAÑIWA	Crecimiento erecto, grano castaño
SAIGUA CCOITO	Crecimiento erecto, grano negro
LASTA KAÑIWA	Crecimiento ramificado, grano castaño
LASTA CCOITO	Crecimiento ramificado, grano negro

El número cromosómico de la kañiwa ha sido estudiado por Gandarillas (1968) y Lescano (1976) quienes determinaron que la especie tiene 18 cromosomas en células somáticas ($2X = 18$) y su número básico es $X = 9$. Estas determinaciones se efectuaron en puntas de raicillas por el método rápido del aplastado. De esta manera la kañiwa, como especie diploide, viene a ser distinta de la quinua y el huazontle que son tetraploides muy relacionados. Con aplicaciones de 3% de colchicina en los cotiledones se obtuvieron plantas autotreploides con $4X = 2n = 36$ cromosomas (Gandarillas y Gutiérrez, 1968; Gutiérrez, 1972).

En cuanto a la herencia de algunos caracteres, pocos han sido los trabajos efectuados. Simmonds (1966) estudió la coloración rojo y verde de la planta, así como el color negro y castaño de la semilla, y encontró que la planta roja y el grano negro eran dominantes, controlados por un sistema genético simple.

LABORES AGRICOLAS

La kañiwa es una planta que ha recibido escasa atención en cuanto a estudio de las labores agrícolas para su cultivo. Sin embargo, se considera que se desarrolla mejor sus suelos francos a franco-arcillosos con buen drenaje.

Preparación del terreno

Como la semilla es un grano pequeño, responde muy bien a una buena aradura y desterronado, lo cual favorece la germinación rápida y uniforme. La nivelación del terreno es muy conveniente pues los excesos de humedad pueden afectar seriamente la producción.

Siembra

La fecha de siembra está muy ligada a la localidad y variedad utilizadas. Cuando el año se presenta con una primavera seca, es conveniente atrasar las siembras. Generalmente los meses de septiembre a octubre se consideran como los mas adecuados. Para la siembra de kañiwa se utilizan tanto terrenos de pastizales removidos, como suelos donde se ha cultivado papa.

En la actualidad la kañiwa se siembra al voleo, pero se ha encontrado que responde bastante bien a la siembra en surcos distanciados 30 a 50 cm. Cahuana (1975) no encontró diferencias en rendimientos entre surcos a 25, 30 ó 35 cm de distancia (Figura 3).



Figura 3. Cultivo de kañiwa en surcos distanciados 50 cm. Los surcos de la izquierda son de ecotipos saigua y los de la derecha lasta. Patacamay, Bolivia. (Foto M. Tapia).

La cantidad de semilla utilizada es de 4-8 kg/ha al sembrar en surcos, y algo más cuando es al voleo. Esta densidad está íntimamente relacionada con la clasificación del grano. Semillas de mayor tamaño que han completado su madurez requieren una menor densidad, puesto que se considera que un gramo de peso contiene entre 900 y 1000 gramos de kañiwa.

Fertilización

Al igual que la quinua, la kañiwa responde a la fertilización con nitrógeno y fósforo. Los diversos ensayos de fertilización efectuados han utilizado ecotipos seleccionados (Mantari, 1955; Morales, 1967; Tapia, 1968; De la Torre, 1969). En conclusión, las fertilizaciones altas de nitrógeno y fósforo (120-60) han elevado la producción a 2400 kg/ha de grano y 24 T.M. de broza, que tiene una buena utilización en la alimentación del ganado.

Se ha encontrado interacción entre nitrógeno y fósforo, pero no así con potasio, para las condiciones del suelo del altiplano (De la Torre, 1969).

La kañiwa es también considerada una especie forrajera. Condori (1970) ensayó cinco formas botánicas (rosada, amarilla, púrpura, anaranjada y roja) del tipo lasta, bajo diferentes niveles de fertilización (Cuadro 1).

Cuadro No. 1

EFFECTO DE TRES NIVELES DE NITROGENO EN EL TAMAÑO DE LA PLANTA Y RENDIMIENTO DE GRANO (Condori, 1970)

Ecotipo	Altura, cm.			Rendimiento, kgs/ha		
	N ₀	N ₆₀	N ₁₂₀	N ₀	N ₆₀	N ₁₂₀
Anaranjada	30	35	35	1561	2490	2792
Amarilla	27	34	41	2062	2555	3016
Rosada	28	37	39	2273	3566	3516
Roja	31	37	44	2170	2640	3030
Morada	30	32	37	2051	2785	3122

Cosecha

El período de cosecha de la kañiwa se inicia en marzo y se extiende hasta abril, debido a que no todas las plantas maduran al mismo tiempo (Gade, 1970). Además, se cosecha la planta antes de que los granos maduren, ya que de otra manera un gran porcentaje de granos caería al suelo.

Un factor climático que puede afectar seriamente la producción del grano son las granizadas de marzo que pueden malograr hasta el 80% de su producción.

La trilla, al igual que la de quinua, se efectúa con el sistema tradicional de golpeo de las plantas con palos curvados en el extremo (huactanas). Esta operación se repite varias veces conforme va madurando el grano en los arcos. Una vez trillado, el grano es venteado para separar las ramas pequeñas, perigonios y hojas que conforman el residuo denominado "jipi".

La broza mayor conformada por las ramas, hojas y receptáculos de las inflorescencias se denomina "quiri".

Enfermedades y plagas

La kañiwa es una de las plantas mas resistentes a enfermedades. Aunque se ha detectado algún ataque de mildiú (*Peronospora farinosa*) al comienzo de la floración, éste desaparece o la planta muestra altos signos de tolerancia.

Con relación a las plagas, se han detectado a varios insectos que la atacan. Entre los mas importantes se han señalado (Pastor, 1970; Vallenas y Carpio, 1974) los siguientes:

Pulgones: *Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*

Escarabajo: negro "challu challu" *Epicauta willei* y *Epicauta latitarsis*

Gusanos y larvas: de Lepidópteros, *Gnorimoschema* sp. y de la familia *Noctuidae*

(Ver también capítulo de Plagas y Enfermedades de la quinua).

VALOR NUTRITIVO

La mayor parte de los atributos de la quinua se pueden extender a la kañiwa, aunque el tenor protéico es ligeramente superior en esta última especie (15,23%). García (1953) ha efectuado el análisis de diversos productos del grano de kañiwa (Cuadro 2).

Cuadro No. 2

ANALISIS QUIMICO DE LOS COMPONENTES DEL GRANO DE KANIWA OBTENIDOS EN LA MOLIENDA (García, 1953)

Componente	Integral	Harina	Moyuelo	Afrecho
Humedad	10,90	9,60	8,03	10,10
Cenizas	3,40	5,28	3,18	3,30
Proteínas	15,23	13,10	9,70	11,40
Fibra	3,85	3,80	3,65	6,70
Grasa	8,04	8,63	9,44	5,60
Carbohidratos	58,58	59,59	66,00	62,90
En las cenizas				
Fósforo	0,37	0,59	0,47	0,24
Potasio K ₂ O	0,16	0,24	1,18	0,17
Calcio CaO	0,65	0,70	0,15	0,60

De este análisis sobresalen los valores en grasa y calcio que son casi tres veces superiores a los de la quinua.

La proteína de la kañiwa, al igual que la de la quinua, es también rica en los aminoácidos esenciales (Cuadro 3).

Cuadro No. 3

CONTENIDO COMPARATIVO DE AMINOACIDOS EN DIFERENTES FUENTES
Y EN KAÑIWA, EN 100 gr. DE PROTEINA (Guzmán Barrón, 1949)

Producto	Histidina	Arginina	Tirosina	Triftófano	Lisina
Kañiwa	1,63	7,23	1,78	3,66	5,19
Quinua	1,95	5,14	2,21	3,98	6,25
Lactoalbúmina	1,50	3,00	1,90	2,70	8,40
Huevo	2,30	5,20	6,50	2,20	7,60

UTILIZACION

Del grano de kañiwa, retostado y molido, se obtiene una harina conocida como "kañihuaco" (Perú) o "pito de kañawa" (Bolivia). Este producto se consume solo o mezclado con azúcar, leche, harina de cebada y habas, etc.

Con la harina de kañiwa se elaboran también panes y mazamorras que son el alimento de las poblaciones campesinas de las tierras mas altas en el altiplano de Perú y Bolivia (Figura 4).

En cuanto a la alimentación animal, la planta de kañiwa ofrece un buen volumen de tallos que se utiliza como forraje y que el ganado consume de buen agrado. Sotelo (1972) efectuó un ensayo en el que se cortó la planta en diferentes épocas para su evaluación como forraje.

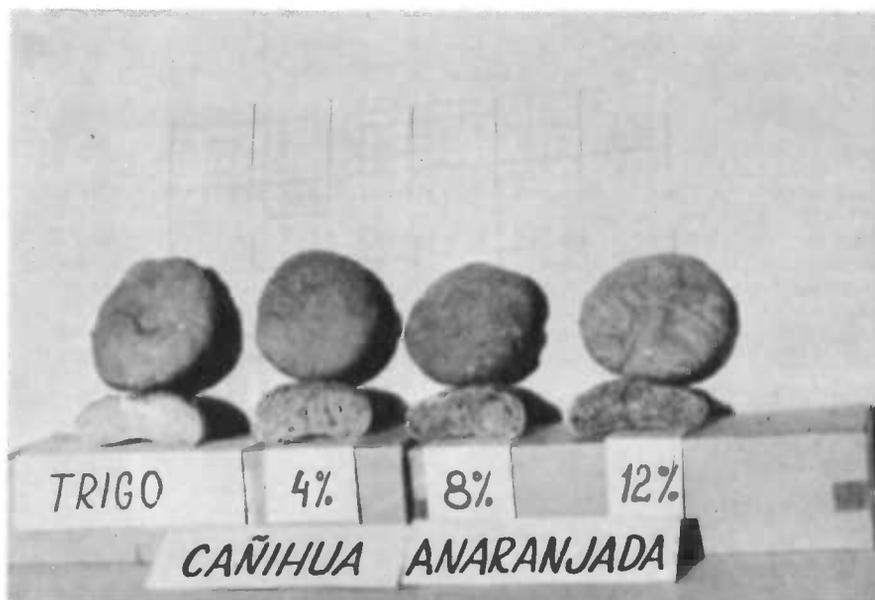


Figura 4. Panes de trigo con diferentes porcentajes de harina de kañiwa (cañihua) Puno. (Foto M. Tapia).

En el ensayo del Cuadro 4 se fertilizó la kañiwa adecuadamente con 120-60-0 unidades de nitrógeno, fósforo y potasio y se utilizó semilla seleccionada del ecotipo Rosada lasta.

Cuadro No. 4

RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FORRAJE PRODUCIDO EN UN CULTIVO DE
KAÑIWA A DIFERENTES EPOCAS DE CORTE
(Sotelo, 1972), Puno, Perú

Epoca de corte días después de germinación	Altura de la planta en cm	Rendimiento kg/ha		Materia seca di- gestible	Coefi- ciente digestible
		Forraje verde	Materia seca		
60	13	11.871	1.700	1.239 kg	73,0%
75	19	15.733	2.740	1.806	66,4
90	28	21.702	4.080	2.570	62,8
105	35	29.126	6.380	3.763	59,1
120	38	28.888	7.630	4.172	54,7

Se ha determinado la digestibilidad con el método de digestibilidad "in vitro" de Tilley y Terry (1962).

De estos resultados se puede deducir que la kañiwa es una especie con posibilidades forrajeras si se maneja adecuadamente, con un corte oportuno. La fecha mas apropiada estaria alrededor de los 100 días después de la germinación, cuando se combinan una buena producción de materia seca y un coeficiente de digestibilidad adecuado.

Los rendimientos obtenidos son comparables a los de un alfalfar en las mismas condiciones ecológicas. Algunas pruebas preliminares muestran que la kañiwa sería el cultivo anual ideal de acompañamiento en el establecimiento de alfalfa, permitiendo obtener una cosecha el primer año de siembra, sobre todo en áreas de 3800 m.s.n.m. del altiplano peruano-boliviano.

Comparando el forraje de kañiwa con otras especies naturales, Calsín (1977) encontró que éste era comparable con la avena o colza, y superior a los pastos naturales de la época seca (Cuadro 5).

Cuadro No. 5

RESPUESTAS DEL GANADO OVINO ALIMENTADO CON KAÑIWA, AVENA Y
COLZA COMO FORRAJE Y CON PASTIZALES NATURALES DE LA EPOCA SECA
(Calsín, 1977) en Puno, Perú

Tratamiento	Incremento de peso día/animal/kg.	Incremento total, período 72 días/kg.	Eficiencia alimenticia
Avena	0,269	16,970	1 : 4,76
Broza de kañiwa	0,255	16,060	1 : 4,51
Colza verde	0,280	17,650	1 : 4,70
Pastizales	0,154	9,730	no determinado

El grano de kañiwa se ha probado también como sucedáneo del maíz en raciones para pollos parrilleros por Briceño y Canales (1976); en este ensayo se encontró que la kañiwa podía reemplazar hasta en un 50% el uso del grano de maíz sin mostrar diferencias estadísticas. La conversión alimenticia fue menos eficiente a niveles de sustitución de 75 y 100%.

La comparación de una ración preparada a base de 80% de kañiwa cocida, 9% de harina de pescado y 6% de pasta de algodón, sales y melaza, con una ración comercial para el engorde de pollos parrilleros en condiciones de altura (3850 m.s.n.m.), dió resultados finales casi iguales para ambas dietas (Dávalos, 1973).

Bibliografía

- ACOSTA, J. Compendio histórico del descubrimiento y colonización de la Nueva Granada en el siglo XVI, París. 1948.
- ACOSTA, SOLIS, (Título desconocido) Citado por Hunziker en: Los pseudocereales de la agricultura indígena de América. 1941.
- AELLEN, P. Beitrag zur Systematik der *Chenopodium* Arten Sudamerikas. Feddes, no. 26: 31-64. 1929.
- AELLEN, P. Beitrag zur Systematik der *Chenopodium* Arten Amerikas, vorwiegend auf Grund der Sammlung des United States National Museum in Washington, D.C.; Fedde Rep. Spec. Nov. Regn. Veg. 26:31. 1929.
- AELLEN, P. y JUST, T. Keys and symposium of the American species of the genus *Chenopodium* L. American Midland Nat. 30 (1) : 47-76. 1943.
- ALANDIA, S. y BELL, F.H. Diseases of the temperateclimate crops in Bolivia. Plant Disease Reporter 41: 646-649. 1957.
- ALATA, J. Lista de insectos y otros animales dañinos a la agricultura en el Perú. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Investigación Agrícola-Estación Experimental Agrícola, Manual 38, Lima. 1923.
- ALCAZAR, J. El pan de quinua sería el mejor aporte de la buena alimentación del pueblo. Revista del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Colonización (Bolivia) 2 (4) : 26-32. 1943.
- ALVISTUR, J. E.; WHITE, P. y CHIRIBOGA, C. C. El valor biológico de la quinua. Lima, Perú. Sociedad Química del Perú. Boletín no. 19:197-209. 1953.
- ANGLES, J. Deficiencias nutricionales de elementos mayores en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* W.). Tesis. Puno, Perú. Universidad Nac. Tecn. del Altiplano. 1977.
- ANTUNEZ DE MAYOLO, S. La nutrición prehispánica. In: Congreso Internacional de Cultivos Andinos I, Ayacucho Perú, IICA, Serie de Reuniones, Cursos y Conferencias no. 178. 1977.
- APARICIO, E. Influencia de épocas de siembra sobre el rendimiento en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) Tesis. Puno, Perú, Universidad Nac. Tecn. del Altiplano. 1977.
- AQUIZE, E. Aspectos climáticos del Altiplano. In: Curso de sistemas de producción ganadera del Altiplano. IICA, Serie Inf. Conferencias, Cursos y Reuniones no. 86. 1975.
- ARZE, J. y REYES, P. Ecofisiología de la quinua. In: Curso de quinua. Puno, Perú, Ministerio de Alimentación, IICA, Universidad Nac. Tecn. del Altiplano. 1976.
- BACIGALUPO, A. Feasibility and progress of amino acid fortification in Latin America. Amino acid fortification of Protein Foods. pp. 585-596. Scrimshaw and Altschul, Massach. Institute of Technology. 1971.
- BALLON, E.; TELLERIA, W. y HUTTON, J. Aproximación a la determinación de saponinas por cromatografía de capa fina. In: Convención Internac. de Quenopodiáceas II. Potosí, Bolivia. IICA, Serie Informes de Reuniones no. 96. 1976.
- BAPTISTA, S. Breve estudio sobre el cultivo de la quinua. In: Convención Internac. de Quenopodiáceas, II, Potosí, Bolivia. IICA, Serie Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- BARAHONA, E. T. Efecto del distanciamiento, densidad de siembra y variedades en el cultivo de la quinua. Tesis Ing. Agro. Puno, Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1975.
- BARRIOS, B. Mil delicias de la quinua. Oruro, Bolivia, "Quelco". 1978.

- BASILIO, A. La producción de Quenopodiáceas desde el punto de vista de los campesinos. *In: Convención Intern. de Quenopodiáceas, II. Potosí, Bolivia.* IICA, Serie de Informes, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- BERTONIO, L. Vocabulario de la lengua aimará. Leipzig, Ed. fascimular de la 1a., 1612, 2 v. 1879.
- BIRK, Y. Saponins. Toxic Constituents of plant foodstuffs. Academic Press Inc. Publishers no. 4. 1969.
- BLANCO, C. La quinua; cómo se debe cultivar. Oruro, Bolivia, Universidad Técnica. 1970. 20 p.
- BOEREMA, G. H., HOWELER, L. H. *Phoma exigua* Desm. and its varieties. *Perisoon* 5: 15-28. 1967.
- BOEREMA, G. H., MATHUR, S. B., NEERGAARD, P. *Ascochyta kyalospora* (Cooke and Ellis) comb. nov. in seeds of *Chenopodium quinoa*. *Netherlands Journal of Plant Pathology*. 1977. (en prensa).
- BOLLAERT, W. Antiquarian, ethnological and other researches in New Granada, Ecuador, Perú, and Chile. S.n.t. 1860.
- BORNAS, E. A. Respuesta de la quinua, variedades Sajama y Kanccolla a la profundidad de siembra en cuatro clases texturales de suelo. Puno, Perú. Tesis. Universidad Nac. Tecn. del Altiplano. 1977.
- BRICEÑO, O. et. al. Desarrollo de un método de lavado por agitación y turbulencia del grano de quinua (*Chenopodium quinoa*) Programa Multinacional de Tecnología de Alimentos. OEA-Univers. Nac. Agraria, Lima, Perú. 1972.
- BRICEÑO, O.; TALAVERA, V. y MATSUMARA, F. Evaluación biológica en pollos parrilleros del grano de quinua sometido a tratamiento para su desaponificación. Reunión de Coordinación Quinua. Min. de Alimentación, Perú. 1974.
- BRICEÑO, O. y CANALES, F. La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) como sucedáneo del maíz en raciones para pollos parrilleros. *Anales científicos (Perú)* 14 (1-4): 151-163. 1976.
- BRIGGLE, L. W. Morphology of the plant; Wheat improvement. Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy. 1967. pp. 89-115.
- BUKASOV, S. M. Las plantas cultivadas en México, Guatemala y Colombia. IICA. Publicación Miscelánea no. 20. 1965. 261 p.
- BUSTAMANTE, J. T. Comparativo de rendimiento en diez variedades de quinua. Tesis Ing. Agr. Cuzco, Perú, Universidad Nacional de San Antonio Abad, Programa de Agronomía, 1974.
- CABALLERO, A. Engorde de pollos parrilleros a base de quinua. Tesis. Med. Vet. Puno, Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1973.
- CABEZA DE VACA, D. Descripción y relación de la ciudad de La Paz. *In: Relac. Geogr. Indias*, 2:65-80. Madrid. 1586 (1885).
- CAHUANA, F. L. Comparativo de rendimiento de cinco formas botánicas de cañihua, por tres distanciamientos entre surcos. Tesis. Puno, Perú, Fac. de Agronomía, Universidad Nacional del Altiplano. 1970.
- CALDERON, A. Control químico del Mildiú (*Peronospora effusa* Grev.) en quinua. Tesis. Puno, Perú. Universidad Nac. Tecn. del Altiplano. 1977.
- CALSIN, G. Comparativo forrajero de avena, cañihua, colza y pastos naturales en engorde de ovinos al pastoreo. Tesis. Puno, Perú, Fac. de Agronomía, Universidad Nac. Tec. del Altiplano. 1977.
- CALZADA, J. El abonamiento de la quinua. Perú, Dirección General de Agricultura. Boletín Inf. no. 32. 1951. 6 p.
- CANAHUA, A. Producción de quinua en Juliaca. Boletín Técnico No. 9, Serie Quinua. Puno, Perú. Fondo Simón Bolívar, IICA, Zona de Alimentación XII. 1977.
- CANNON, P. R. et. al. The depletion and repletion method in nutrition studies. *Journal of Clin. Invest.* 23. 1944.
- CANO, J. Evaluación cuantitativa y morfológica de ocho variedades de quinua del altiplano. Puno, Perú, Facultad de Ingeniería Agronómica. Boletín no. 3. 1974. 22 p.
- CARDENAS, M. Descripción preliminar de las variedades de *Chenopodium quinoa* de Bolivia. *Revista de Agricultura (Bolivia)* 2 (2): 13-26. 1944.

- CARDENAS, M. y HAWKES, J. G. Número de cromosomas de algunas plantas cultivadas por los indios de los Andes. (Bolivia). *Revista de Agricultura* 5 (4): 30-32. 1948.
- CARDENAS, M. Manual de plantas económicas de Bolivia. Cochabamba, Bolivia, Icthus. 1969. pp. 109-115.
- CARDOZO, A. Estudio comparativo del valor nutritivo de torta de palma africana, quinua y leche descremada en polvo. Tesis. Turrialba, Costa Rica, IICA. 1959. 46 p.
- CARDOZO, A. y DAVALOS, V. R. Las vitaminas A - D₃ y los efectos depresores de la quinua. *In: Jornadas Agronómicas*, 2, La Paz, Bolivia. Informe. La Paz, SIAB-IICA. 1967. 6 p.
- CARDOZO, A., ROMERO, V. y CHOQUE, H. El tallo de quinua en la alimentación de ovinos. *In: Convención de Quenopodiáceas*, 1a, Puno, Perú, Universidad Nac. Tecn. del Altiplano. 1968. pp. 119-127.
- CARDOZO, A. et. al. El cultivo de la quinua en Colombia y Ecuador. *In: Convención Internacional de Quenopodiáceas*, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- CIEZA DE LEON, P. La Crónica del Perú. I. Edición Vedia. Historiadores primitivos de las Indias. Madrid. Tomo II. 1879.
- CISNEROS, F. Principios de control de plagas. Lima, Perú, Departamento de Sanidad Vegetal. 1974. 347 p.
- COBO, B. Historia del Nuevo Mundo. Madrid. Biblioteca de Autores Españoles. 1653 (1956).
- COLLAZOS, C. et. al. La composición de los alimentos peruanos. Perú, Ministerio de Salud Pública. 1957. 38 p.
- COMSTOCK, J. An introduction to entomology. 9th ed., New York, Comstock, 1940. 1064 p.
- CONDORI, E. Efecto de tres niveles de nitrógeno sobre la producción de forraje verde, materia seca y proteína bruta, en cinco formas botánicas de cañihua, en dos fechas de corte. Tesis. Puno, Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1970.
- COOK, O. F. El Perú como centro de domesticación de plantas y animales. Lima. Servicio de traducciones del Museo Nacional, no. 1. 1937.
- COOPERATIVAS AGROPECUARIAS "Operación Tierra". Primer encuentro de productores de quinua, Altiplano-sur. Caritas Bolivianas, La Paz, Bolivia. 1977.
- CORNEJO, G. de Zvietcovich. Hojas de quinua (*Chenopodium quinoa* W.), fuente de proteína. *In: Convención Internacional de Quenopodiáceas*, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- CORONADO, R. y MARQUEZ, A. Introducción a la Entomología. Morfología y taxonomía de los insectos. México, D.F., Limusa. 1972. 248 p;
- CUTIPA, F., CORNEJO, W., HUANCO, V., SALAS, B. Plantas hospederas al falso nemátodo del nudo (*Nacobbus* sp). (Resumen). *Fitopatología* 10: 746. 1975.
- CHACON, S. El minador de las hojas e inflorescencias de la quinua, su control. Tesis. Ing. Agr. Cuzco, Perú, Universidad Nacional de San Antonio Abad, Fac. de Agronomía. 1962.
- CHAQUILLIA, O. Herbicidas en el cultivo de quinua. *In: Convención Internacional de Quenopodiáceas*, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Serie Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- CHEEKE, P. R. Nutritional and physiological implications of saponins: a review. *Canadian J. of Animal Science* 51 (3): 631-632. 1971.
- CHERVIN, A. Antropologie bolivienne. I. París, s.e. 1908.
- CHIRIBOGA, J. y VELASQUEZ, D. Análisis cromatográfico de aminoácidos en la quinua y estudios cuantitativos de los mismos en 6 de las variedades más importantes que se consumen en el Perú. Lima, Univers. San Marcos, Fac. de Medicina. Anales no. 2. 1957.
- DARLINGTON, C.D. y WYLLIE, A. P. Chromosome atlas of flowering plants. London, Allen y Urwin. 1955. 519 p.
- DAVALOS, W. Engorde de pollos parrilleros a base de cañihua. Tesis. Ing. Med. Vet, Puno, Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1973.

- DE ALBA, J. Alimentación del ganado en América Latina. 2a. ed. México, D.F., La Prensa Médica Mexicana. 1971. 476 p.
- DE BRUIN, A. Investigation of the food value of quinoa and cañihua seed. *Journal of Food Science*, 26 (6): 872-876. 1964.
- DE LA TORRE, R. A. Efecto de NPK a cuatro niveles diferentes en fertilización de cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis. Puno, Perú. Fac. de Agronomía, Universidad Nac. Tec. del Altiplano. 1969.
- DRESSLER, R. L. The pre-columbian cultivated plants of Mexico. Harvard Univ. Botanical Museum Leaflet 16:115-172. 1953.
- ERQUINIGO, F. Biología floral de la quinua. Tesis. Ing. Agr. Puno, Perú, Universidad Nac. Tecn. del Altiplano, 1970.
- ESPIÑOZA, A. J. et. al. Comunicación sobre algunas propiedades de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en Ayacucho. In: Convención de Quenopodiáceas, 1a. Puno, Perú Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1968. pp. 109-118.
- EWART, J. A. Amino acid analyses of glutenins and gliadins. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 18 (3): 111-116. 1967.
- FERRARI, C. Investigación para la utilización industrial de la quinua. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. Anales. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- FIESER y FIESER Química Orgánica Experimental. New York. 1941.
- FLORES, F. G. Estudio preliminar de la fenología de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis. Puno, Perú. Universidad Nac. Técnica del Altiplano. 1977.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Informe al Gobierno de Bolivia sobre mejoramiento de cultivos alimenticios indígenas. Roma, Informe no. 26. 1967.
- FRANCO, R. y TAPIA, M. Industrialización de la quinua y sub-productos; Proyecto de investigación. Puno, Perú. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1974.
- FRERE, M., REA, J. y RIJKS, J. Estudio agroclimatológico de la zona andina. Proyecto Interinstitucional FAO/UNESCO/OMM. Publ. Roma, FAO. 1975.
- FULLER, H. J. Photoperiodic response of *Chenopodium quinoa* Willd. and *Amaranthus caudatus* L. *American Journal of Botany* 36 (2): 175-180. 1949.
- GADE, D. W. Ethnobotany of cañihua; rustic seed crop of the Altiplano. *Economic Botany* 24 (1) 55-61. 1970.
- GAMARRA, F. M. Ensayo de enmienda con estiércol y abonamiento mineral en el cultivo de la quinua, var. Blanca de Junín. Tesis, Huancayo, Perú, Univers. Nac. del Centro. 1972.
- GANDARILLAS, H. Efecto fisiológico de la saponina de la quinua en los animales. *Revista de Agricultura (Bolivia)* no. 4 : 52-56. 1948.
- GANDARILLAS, H. Efecto de la autofecundación sobre la quinua. *Sayaña (Bolivia)* 5 (2) : 16-18. 1967.
- GANDARILLAS, H. Observaciones sobre la biología reproductiva de la quinua. *Sayaña (Bolivia)* 5 (2) : 26-29. 1967.
- GANDARILLAS, H. Razas de quinua. Bolivia, Ministerio de Agricultura, División de Investigaciones Agrícolas. Boletín Experimental no. 34. 1968. 53 p.
- GANDARILLAS, H. Estudios de herencia de la quinua. Bolivia, Ministerio de Agricultura. Boletín Experimental no. 35. 1968. 10 p.
- GANDARILLAS, H. Esterilidad genética y citoplásmica en la quinua (*Chenopodium quinoa*). Turrialba (Costa Rica) 19 (3) : 429-430. 1969.
- GANDARILLAS, H. Genética y origen de la quinua. La Paz, Bolivia. Instituto Nacional del Trigo, Boletín Informativo no. 9. 1974. 21 p.
- GANDARILLAS, H. Genética y origen de la quinua. Castelar, Argentina, Instituto de Fitotecnia. Boletín Genético no. 8. 1977. pp. 3-14.
- GANDARILLAS, H. y LUIZAGA, J. Número de cromosomas de *Chenopodium quinoa* Willd. en radículas y raicillas. Turrialba (Costa Rica) 17 (3): 275-279. 1967.

- GANDARILLAS, H.; CARDOZO, A. y ALANDIA, S. La alimentación con quinua en el crecimiento de pollos y cerdos. Bolivia. Ministerio de Agricultura, Boletín Experimental 33. 1968. 12 p.
- GANDARILLAS, H. y GUTIERREZ, J. Número de cromosomas en cañihua. In: Convención de Quenopodiáceas, 1a, Universidad Nac. Tecn. del Altiplano, Fac. de Agronomía, Puno, Perú. 1968.
- GANDARILLAS, H. y TAPIA, G. La variedad de quinua dulce Sajama. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- GANDARILLAS, H. y TAPIA, G. Requerimientos de fertilizantes en la quinua, Altiplano Central de Bolivia. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- GARCIA, G. Fitopatología agrícola del Perú. Lima, Perú, Estación Experimental Agrícola La Molina. 1947.
- GARCIA, J. Valor biológico de las Quenopodiáceas y su potencial tecnológico. In: Convención de Quenopodiáceas, 1a, Puno, Perú. Anales. Puno, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1968. pp. 101-108.
- GARCIA, M. J. Estudio químico de la cañihua. Lima, Estación Experimental Agrícola de La Molina. Informe no. 85. 1953. 20 p.
- GARZON, D. y NOSA, A. La quinua en la alimentación de Codornices, 1a. Mesa redonda sobre Investigación de la quinua en Colombia. Comité Interinstitucional Colombiano de la quinua. Bogotá, Colombia, 1976.
- GESTETNER, B. et. al. Soybean saponins. Fate of ingested soybean saponins and the physiological aspect of their hemolytic activity. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 16: 1031-1035. 1968.
- GONZALEZ, R. Investigación de *Chenopodium quinoa* Willd. Boletín de la Sociedad Geográfica (Bolivia) no. 44: 1-44. 1971.
- GORBITZ, A. y LUNA DE LA FUENTE, R. Estudios sobre la quinua en el Perú. Lima, Estación Experimental Agrícola de La Molina. Circular no. 72. 1957. 24 p.
- GORBITZ, A. y LUNA DE LA FUENTE, R. La quinua en el Perú. Lima. Servicio de la Investigación y Promoción Agraria. Boletín Técnico no. 54. 1965. 19 p.
- GRAFIUS, J. E. A geometry for plant breeding. Genetics Today. Proc. XI Int. Genetics Congress 3:689-709. 1965.
- GRAHAM, GG. Menthionine or lysine fortification of dietary protein for infants and small children in aminoacid fortification of protein foods. Ed. Scrimshaw and Altschul. Massach. Institute of Technology. 1971. pp. 222-236.
- GUILLEN, L. D. Respuesta de la quinua al abonamiento mineral en dosis creciente de N,P,K. Tesis Ing. Agr. Huancayo, Perú. Universidad Nacional del Centro. 1938.
- GUTIERREZ, J. Poliploides inducidos en *Chenopodium pallidicaule* Aellen con colchicina. Tesis Ing. Agr. Cochabamba, Bolivia, Universidad, Facultad Ciencias Agrícolas. 1972. 41 p.
- GUZMAN BARRON, A. Consideraciones sobre la alimentación del indígena. Boletín de la Sociedad Química del Perú 15 (2): 60-63. 1949.
- HAYES, H. K.; IMMER, F. R. y SMITH, D. C. Methods of plant breeding. New York, Mc. Graw Hill. 1955. pp. 66-80, 107-120.
- HEISSER, C. B. y NELSON, D. C. On the origin of the cultivated chenopods (*Chenopodium*). Genetic 78: 503-505. 1974.
- HERQUINIO, F. Ensayo de la influencia de nitrógeno, fósforo y potasa en el cultivo de la *Chenopodium quinoa*. In: Congreso Regional de Ingenieros Agrónomos, 1o, Huancayo, Perú. 1971.
- HERQUINIO, F. y ROMAN, F. Estudio de la densidad de siembra en el cultivo de la quinua, en tres campañas agrícolas. Publ. Univers. Nac. del Centro, Huancayo, Perú, 1975.
- HEYNE, E. G. y SMITH, G. S. Wheat breeding, wheat and wheat improvement Madison, Wis., American Society of Agronomy. 1967. pp. 269-306.
- HORKHEIMER, H. Alimentación y obtención de los alimentos en el Perú prehistórico. Lima, Perú. Ed. Universidad San Marcos. 1973.

- HUMBOLDT, F. A. Geografía de las plantas o cuadro físico de los Andes equinocciales de los países vecinos. Traducción del francés por Jorge Lozano. Seminario del Nuevo Reino de Granada, Tomo II. Bogotá. 1942.
- HUNZIKER, A. T. Las especies alimenticias de *Amaranthus* y *Chenopodium* cultivadas por los indios de América. Revista Argentina de Agronomía 30 (4): 297-353. 1943.
- HUNZIKER, A. T. Los pseudocereales de la agricultura indígena de América. Buenos Aires, Acme Agency. 1952. pp. 1-104.
- INCA GARCILASO DE LA VEGA, Comentarios reales que tratan del origen de los incas, reyes, que fueron del Perú, de su idolatría, leyes y gobierno, en paz y en guerra, de sus vidas y conquistas etc. Madrid, 1923.
- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, Guía para el Control de Plagas. Manual de Asistencia Técnica no. 1. 2a. ed. Tibaitatá, Colombia. Centro Nacional de Investigación Agropecuaria. 1972. 132 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE BIENESTAR FAMILIAR. Análisis. Bogotá, Colombia. (citado por Cardozo, A. 1976 b). 1975.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROINDUSTRIALES. Informe del estado actual de la industria de quinua. Lima, Perú. Ministerio de Alimentación. 1975.
- JONES, D. F. Continued inbreeding in maize. Genetics 24: 462-473. 1939.
- JUNGE, I. et. al. Lupine and Quinoa. Research and Development in Chile. Anales, Escuela de Ingeniería, Publ. no. 1, Universidad de Concepción, Chile. 1973.
- KAISER, O. Densidad óptima de plantas de quinua en el Altiplano Central. Tesis. Ing. Agr. Bolivia. Universidad de Cochabamba. 1968. 43 p.
- KOBERT, R. Industrialización de la saponina. 1a. ed. Enciclopedia Industrial. Barcelona, Editorial Gilli. 1960. Vol. 10, p. 1021.
- LANINO, I. La Quinoa. Cultivo del Altiplano chileno, Zona de Isluga. Publicación no. 2. Universidad del Norte, Sede Iquique. 1976. 41 p.
- LATCHAM, R. R. La Agricultura Precolombina en Chile y los países vecinos. Ediciones de la Universidad de Chile. 1936.
- LAURA, R. Control químico del mildiú (*Peronospora effusa* Grev.) en quinua. Tesis. Puno, Perú. Universidad Nac. Tecn. del Altiplano. 1977.
- LEON, J. Plantas alimenticias andinas. Lima, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Boletín Técnico no. 6. 1964. 112 p.
- LESCANO, J. L. Cariotipo y ploidia en cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- LESCANO, J. L. y PALOMINO, C. Metodología del cruzamiento de quinua. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- LOPEZ, J. Evaluation of the protein quality of Quinoa by Protein efficiency ratio, biological values and amino acid composition. Tesis. Logan, Utah State University. 1973. 71 p.
- LUNA de la Fuente, R. y CHIRINOS, M.F. Ensayo de panificación con mezclas de harina de trigo y quinua. Lima, Estación Experimental La Molina. Informe Mensual no. 358. 1957. pp. 7-8.
- LUNA de la Fuente, R. y QUERZOLA, I. Ensayo de elaboración de galletas con mezclas de harina de trigo y quinua. Lima, Estación Experimental Agr. La Molina. Informe Mensual 32 (374): 1-6. 1958.
- LLANOS, G. Quinoa, cañihua y coyos. 2a. ed. Perú, Dirección General de Agricultura. Divulgaciones e Información no. 2. 1954. 40 p.
- LLERENA, E. Ensayo de panificación con harina de dos variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) y Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). Tesis. Puno, Perú. Universidad Nac. Técnica del Altiplano. 1973.
- MACHICAO, E. Las saponinas de la quinua. Sayaña (Bolivia) 4 (1-2):24-25. 1965.
- MANTARI, C. El mejoramiento del cultivo de la cañahua en el Departamento de Puno. Perú, Dirección General de Agricultura. Boletín nos. 17,18. 1955.

- MARGHERITIS, A. y RISSO, E. Lepidópteros de importancia agrícola. Buenos Aires, Ed. Suramericana. 1965. 632 p.
- MARTINEZ CLAURE, C. F. La quinua. Lima, Ministerio de Agricultura. Dirección General Administración. 1954. s.p.
- MAZZOCO, P. Composición química de la quinua. Revista de la Sociedad Argentina de Biología. no. 10:345. 1934.
- MC LAUGHLAN, J. M. y CAMPPELL, J. A. Methodology of protein evaluation. Mammalian protein metabolism. New York, Academic Press. 1969. V. 3, pp. 391-422.
- MECHONI, A. Vida del venerable Padre Juan José Guillelmo. Biblioteca Hispano-Chilena. Tomo II, pág. 92 y sig. 1747.
- MEDINA, A. Respuesta a la aplicación de 3N, 3P, 3K, en el cultivo de la quinua. Tesis. Cuzco, Perú. Universidad Nacional San Antonio Abad, Fac. de Agronomía. 1966. 103 p.
- MERCADO DE PEÑALOZA, P. Relación de la Provincia de los Pacajes. In: Relac. Geogr. Indias, 2:51-63, Madrid. 1583 (1885).
- MOGOLLON, M. y RENTERIA, M. Comparación de cuatro niveles de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en la alimentación de pavos de carne en la raza Bichols. Tesis. Ing. Agro. Quito, Universidad Central, Fac. de Ing. Agronómica y Med. Veter. 1975.
- MONTENEGRO, B. Investigaciones sobre la quinua dulce de Quitopamba. In: Reunión Binacional sobre planificación de la producción de quinua, 1a, Pasto, Colombia. Bogotá, Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. 1976.
- MORALES, A. Respuestas de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) a las aplicaciones de NPK y sus interacciones en los sueños de Puno. In: Convención Inter. de Quenopodiáceas, 1a, Puno, Perú. Anales. Puno, Perú, Universidad Nac. Tecn. del Altiplano. 1967. pp. 97-100.
- MORALES, M. Comportamiento agronómico y análisis cromatológico de 20 ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en Cayambe, Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito, Universidad Central, Facultad de Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria. 1975. 93 p.
- MUJICA, A. Tecnología del cultivo de la quinua. Boletín técnico no. 2, Serie Quinua. Fondo Simón Bolívar, IICA, Ministerio de Alimentación Zona XII, Puno, Perú. 1977.
- MUJICA, A. y NARREA, A. Mecanización de la siembra de quinua. Boletín técnico no. 6, serie Quinua. Fondo Simón Bolívar, IICA, Minist. de Aliment. Zona XII, Puno, Perú, 1977.
- MURRA, J. Formaciones económicas y políticas del mundo andino. Lima, Instituto de Estudios Peruanos. 1975.
- NARREA, A. La producción de quinua en el Perú. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- NEGRON, A.; ALVAREZ, E. y CALMET, E. La quinua y la cañihua en raciones de pollos parrilleros en Puno, Perú. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- NICHAESKY, C. y GANDARILLAS, H. Panificación de la quinua. Sayaña (Bolivia) 5 (2): 32-33. 1967.
- NUÑEZ, L. La agricultura prehistórica en los Andes meridionales. Edi. Universidad del Norte, Editorial Orbe. 1970.
- OCHOA, B. V. Análisis del crecimiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis Ing. Agro. Ayacucho, Perú, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. 1973. 44 p.
- OCHOA, C. Hacia la fitotecnia de la quinua. Tesis. Ing. Agr. Cochabamba, Bolivia. Universidad, Facultad de Ciencias Agronómicas, 1945.
- ONERN (Oficina Nac. de Evaluación de Recursos Naturales). Evaluación de los recursos naturales de Puno. Suelos. Puno, Convenio CORPUNO-ONERN. 1965.
- OROS, R. Relación entre la fertilización y el contenido de proteína en quinua. Tesis. Cochabamba, Bolivia, Universidad Mayor San Simón. 1971. 54 p.
- ORTIZ, L. Avances en la investigación agrícola en Puno. Ministerio de Agricultura, Zona XII, Puno, Perú. Vol. no. 3. 1974.

- ORTIZ, R. Plagas de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Industrialización de la quinua. Universidad Nac. Técnica del Altiplano, Puno, Perú. 10 p. 1975.
- ORTIZ, R. Estudio de "Keona Keona" *Gnomimoschema* sp (Gelechiidae Lep.) en Quinua (*Chenopodium quinoa* W.) In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- ORTIZ, R. Plagas insectiles de la Quinua (*Chenopodium quinoa* W.) detectadas en el Departamento de Puno, Perú. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- ORTIZ, R. Estudio de las "Cigarritas" *Bergallia* sp. (Cicadellidae Homop.) en Quinua (*Chenopodium quinoa* W.) Por publicarse. Rev. Peruana de Entomología. 1977.
- ORTIZ, R. Estudio del "Minador de la hoja" *Liriomyza* sp. (Agromyzidae Dipt.) en Quinua (*Chenopodium quinoa* W.) In: Congreso Internacional de Cultivos Andinos, 1o, Ayacucho, Perú. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 178. 1977.
- ORTIZ, R. Estudio del "Ticuchy" *Spodoptera* sp. (Noctuidae Lep.) en Quinua (*Chenopodium quinoa* W.) In: Congreso Internacional de Cultivos Andinos, 1o, Ayacucho, Perú, IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 178. 1977.
- OTAZU, V. y SALAS, B. Una enfermedad bacteriana en quinua (Resumen). Fitopatología 10:79. 1975.
- OTAZU, V., AGUILAR, P.C., CANAHUA, A. Resistencia en quinua (*Chenopodium quinoa*) al mildiú (*Peronospora effusa*). Fitopatología 12: 47-49. 1976.
- OTAZU, V. Hongos picnidioformantes que atacan al cultivo de la quinua (*Ch. quinoa*). Revista Latinoamericana de Ciencias Agrícolas (en imprenta). 1977.
- OTAZU, V. y SALAS, B. La podredumbre marrón del tallo (*Phoma exigua* var. *foveata*) de la quinua (*Ch. quinoa*) Fitopatología (en imprenta). 1977.
- PACORI, A. Producción de quinua en llave. Boletín técnico no. 7, Serie Quinua. Fondo Simón Bolívar, IICA, Ministerio de Alimentación, Zona XII, Puno, Perú. 1977.
- PACHECO, A. y MORLON, P. Los sistemas radiculares de las plantas de interés económico en el Altiplano de Puno: un estudio preliminar. Proyecto de Investigación y Mejoramiento de las condiciones de desarrollo de la Agricultura del Altiplano de Puno, Perú. 1978.
- PAREDES, C. A. Estudio agrobotánico de la cañihua. Tesis. Ing. Agro. Cuzco. Perú, Universidad Nacional de San Antonio Abad. 1967.
- PASTOR, L. R. Sistemática y morfología de los insectos que atacan al cultivo de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en la provincia de Puno. Tesis. Puno, Perú, Programa de Ciencias Agrícolas, Universidad Nac. Tecn. del Altiplano. 1970.
- PATIÑO, V. M. Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial. Tomo II: Plantas Alimenticias. Cali, Colombia, Imprenta Departamental. 1964.
- POSNANSKY, A. Nuevos datos referentes a la quinua, su utilización en gran escala. Boletín de la Soc. Geográfica (Bolivia) 56 (68): 132-139. 1945.
- PULGAR VIDAL, J. La quinua o suba; alimento básico de los Chibchas. Economía Colombiana 1 (3): 549-560. 1954.
- PULGAR VIDAL, J. La quinua en Colombia. Ministerio de Agricultura. Publicación no. 3 1954. 270 p.
- QUIROZ, F. y ELOHJEM, C. A. Nutritive value of quinoa proteins. Journal of Agricultural and Food Chemistry no. 5: 538-541. 1957.
- QUISPE, J. I. Plagas de la quinua en la Provincia Ladislao Cabrera. Reunión de Avances Agronómicos. Oruro, Bolivia. 1976.
- QUISPE, J. I., FERNANDEZ, C. y CORTES, G. Contribución al estudio morfológico del grano de quinua. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a. Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- QUISPE, J. I. y VERA, R. Observación sobre la intensidad de floración durante las diferentes horas del día, efectuada en quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) In: Convención Internacional de Queno-

- podáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- REA, J. Observaciones sobre la biología floral y estudio de saponinas en *Chenopodium quinoa* Willd. La Paz, Min. de Agricultura, Departamento de Experimentación. Serie Técnica no. 3. 1947. 17 p.
- REA, J. Observaciones sobre biología floral y estudio de saponinas en *Chenopodium quinoa* Willd. La Paz, Ministerio de Agricultura. Serie técnica no. 3. 1948. 17 p.
- REA, J. Informes técnicos anuales de la Estación Experimental Belén. Minist. de Agricultura, SAI, Bolivia. 1952-54.
- REA, J. Biología floral de la quinua, (*Chenopodium quinoa*). Turrialba (Costa Rica) 19 (1) : 91-96. 1969.
- REA, J. y LEON, J. Determinación práctica del contenido de saponina en quinua. San José, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Informe Técnico. 1966. 190 p.
- REYES, P. Bases agronómicas para la comercialización y conservación del grano de quinua. Tesis. Puno, Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1976.
- RIZO PATRON, O. y SOIKES, R. Empleo de las pajas de quinua y cebada en el engorde intensivo de ovinos con suplementación de antibióticos. In: Convención de Quenopodiáceas, 1a, Puno, Perú, Univers. Nac. Tecn. del Altiplano. 1968. pp. 129-145.
- ROBERG, M. Ueber das Vorkommen und die Verteilung von Saponinen in Samenroten. Archiv der Pharmazie, 275: 328-336. 1937.
- RODRIGUEZ, E. Monografía de la quinua. La Paz, Ministerio de Agricultura. Serie técnica no. 2. 1947. 17 p.
- ROMERO, A. El cultivo de la quinua en la Sabana de Bogotá. 1a. Mesa Redonda sobre Investigación de la Quinua en Colombia. Comité Interinstitucional Colombiano de la Quinua, Bogotá, Colombia. 1976.
- ROMERO, M. et. al. Selección de colecciones similares en el Banco de Germoplasma de quinua de la Universidad Agraria. In: Congreso Internacional de Cultivos Andinos, 1o, Ayacucho, Perú. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 178. 1977.
- ROSAS, E. M. Evaluación de siete variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Tesis Ing. Agr. Puno, Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1975.
- ROSAS, E. M. Evaluación agronómica y bromatológica de variedades de quinua. Tesis. Puno, Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1975.
- SALAS, B. y OTAZU, V. Enfermedades en los cultivos del Departamento de Puno, Perú. Fitopatología 10: 81-82. 1975.
- SALAS, B. y OTAZU, V. Enfermedades de la quinua (*Chenopodium quinoa* W.) en el Departamento de Puno, Perú. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Reuniones y Cursos no. 96. 1976.
- SIMMONDS, N. W. The grain chenopods of the tropical American highlands. Economic Botany 19 (3): 223-225. 1965.
- SIMMONDS, N. W. Plant and seed colours in cañihua (*Chenopodium pallidicaule*). Heredity 21 (2): 316-317. 1966.
- SIMMONDS, N. W. The breeding system of *Chenopodium quinoa*. I. Male sterility. Heredity 27: 73-82. 1971.
- SIVORI, E. M. Fotoperiodismo en *Chenopodium quinoa*. Reacción de la cigota y gametófito femenino. Darwiniana (Argentina) 7 (4): 541-551. 1947.
- SOTELO, G. L. Estudio de digestibilidad "in-vitro" de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) en diferentes épocas de corte para determinar su uso como forraje. Tesis, Ing. Agr. Puno, Perú. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1972. 41 p.
- SOTELO, P. Relación de la provincia de Tucumán. Relaciones geográficas de las Indias 2:143-153. Madrid. 1583 (1885).
- STANDLEY, P. C. The Chenopodiaceae of northwestern South America. Field Mus Nat. Hist. Publ. Bot. Serv. 11:115. 1931.
- STANDLEY, P. C. y STEYERMARK, J. A. Flora de Guatemala, Fieldiana Botany 24 (6): 139. 1949.
- STEVENSON, J. y CARDENAS, M. Lista preliminar de hongos de Bolivia. Lilloa (Argentina) 2: 77-134. 1949.

- SURE, B. *Journal of Agric. Food Chemistry*. 3: 793-798. 1955.
- TANTALEAN, V. C. Producción de alimentos. *Boletín de la Dirección General de Agricultura (Perú)* no. 5-6: 85-87. 1952.
- TAPIA, M. La cañihua. *Fac. de Agronomía, Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú. Boletín técnico* no. 1. 1963.
- TAPIA, M. El cultivo de la quinua en los Andes. *In: Convención Internacional de Quenopodiáceas*, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. *Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones* no. 96. 1976.
- TAPIA, M. Investigaciones en el Banco de Germoplasma de quinua. *In: Curso de Quinua, Puno, Perú. Ministerio de Alimentación, Fondo Simón Bolívar. IICA Publicación Miscelánea* no. 170. 1977.
- TAPIA, M. Avances en las investigaciones en el Banco de Germoplasma de Quinua. *In: Curso sobre el cultivo de Quinua, Fondo Simón Bolívar, IICA, Min. de Alimentación, Universidad, Puno, Perú. 1977.*
- TAPIA, M. y CASTRO, J. N. Digestibilidad de la broza de quinua y cañihua por ovinos mejorados y ovinos no mejorados (chuscos). *In: I Convención de Quenopodiáceas, Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú. 1968.*
- TELLERIA, M. L. Estudo comparativo da composicao e dos efeitos de tratamento térmico em quatro variedades de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) Tesis, Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Brasil. 1976.
- TELLERIA, W. y BALLON, E. Componentes de rendimiento en quinua. *In: Convención Internacional de Quenopodiáceas*, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. *Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones* no. 96. 1976.
- TILLEY, J. M. y TERRY, R. A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Editorial Journal of the British Grassland Society*. 1962.
- TORO, E. Estudios de variedades y especies de la quinua en el Perú. *Revista de la Universidad Técnica del Altiplano. Puno (Perú)* 1 (2):26-28. 1964.
- TORO, E. Estudio en especies y variedades de quinua en el Perú. *In: Convención Internacional de Quenopodiáceas*, 1a, Puno, Perú. Universidad Técnica del Altiplano, Facultad de Agronomía. 1968. 51 p.
- TOWLE, M. The ethnobotany of pre-colombian Peru. Chicago, Andine, 1961. (Viking Fund Publishing Anthropology no. 30).
- TUPA, L. Control químico de "Kconakona" (*Gnorimoschema* sp) en Quinua, (*Chenopodium quinoa* W.) Tesis Ing. Agr. Puno, Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1973.
- TURKENSTEEN, L. Hongos picnidioformantes asociados con el tizón foliar de la papa (Resumen). *Fitopatología* 10: 83-84. 1975.
- UGARTE, J. L. Digestibilidad del grano de quinua en ovinos. Tesis. Ing. Agr. Lima, Perú. Escuela de Agronomía. 1956. 54 p.
- UHLE, M. La arqueología de Arica y Tota. Sociedad Ecuatoriana de Estudios Históricos A 3:1-48. Quito. 1919.
- ULLOA MOGOLLON, J. de Relación de la provincia de los Co'laguas para la discreción de las Indias que su Majestad manda hacer. *In: Relac. Geogr. Indias*, 2:38-50, Madrid. (1586) 1885.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA. Desarrollo de un método de lavado por agitación y turbulencia del grano de quinua (*Chenopodium quinoa*) Programa Multinacional de Tecnología de Alimentos. OEA-UNA. 1972. 104 p.
- VALER, B. Evaluación de 15 ecotipos de quinua (*Chenopodium quinoa* W.) al ataque de *Nacobbus* sp. Tesis. Puno, Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1975. s.p.
- VALLENAS, M. y CARPIO, V. La cañihua y su cultivo. Ministerio de Agricultura, Zona XII, Puno, Perú. *Boletín* no. 25. 1974.
- VARGAS, C. Nota etnobotánica sobre la cañihua. *Revista Argentina de Agronomía* 5 (4): 224-230. 1938.
- VASQUEZ, C. G. Evaluación del mildiú (*Peronospora effusa* Grev.) en 444 líneas del Banco de Germoplasma de quinua de la Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú. Tesis. Programa de Agronomía, UNTA. 1976.

- VAVILOV, N. I. Estudios sobre las Plantas Cultivadas. Buenos Aires, Acme Agency. 1951.
- VELANDO, G. Determinación del costo de producción por Unidad Superficie del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* W.) var. Kancolla en la zona de influencia del Depart. de Puno. Tesis. Univers. Nacional Técnica del Altiplano, Puno, Perú. 1975.
- VELASQUEZ, D. A. Análisis cromatográfico de aminoácidos en la quinua y estudios cuantitativos de los mismos en 6 de las variedades más importantes que se consumen en el Perú. Lima, Universidad San Marcos, Fac. de Medicina, Anales no. 2. 1957.
- VELASQUEZ, F. Efecto del sistema de siembra, densidad y estado de maduración sobre la producción de quinua, (var. Kancolla). Tesis. Puno, Perú, Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1968. 40 p.
- VILCA, A. Estudio de la mancha foliar en quinua. Tesis. Ing. Agro. Puno, Perú. Universidad Nacional Técnica del Altiplano. 1972.
- VILLACORTA, L. y TALAVERA, V. Anatomía del grano de quinua. Programa Multinacional de Tecnología de Alimentos, OEA/UNA. Departamento de Nutrición. Informe anual 1971-1972.
- VIÑAS, E. et. al. Relación entre el contenido de aminoácidos esenciales y el valor nutritivo de la proteína de la quinua. In: Congreso de Química, IV, Lima, Perú, octubre 13, 1953. Anales. Lima, 1953. pp. 368-474.
- VORANO, A. y GARCIA, R. La quinua en la provincia de Jujuy. In: II Convención Internacional de Quenopodiáceas, Potosí, Bolivia. IICA, Serie Informes de Reuniones no. 96. 1976.
- WATERHOUSE, G. M. Peronosporales. In: The fungi: An advanced treatise. Eds. G. C. Ainsworth. E. K. Sparrow, A.S. Sussman. Vol. IV B 504 pp. Ac. Press N. York, London, 1973. pp. 165-183.
- WHITE, L. P. et. al. Nutrient content and protein quality of quinoa and cañihua, edible seed products of the Andean mountains. Journal of Agricultural and Food Chemistry, (Estados Unidos) 3(6): 531-534. 1955.
- WILLE, J. Entomología Agrícola del Perú. Lima, Perú, Estación Experimental Agrícola de La Molina. 1943.
- WILSON, H. D. A biosystematic study of the cultivated Chenopods and related species. Thesis Ph. D. Bloomington, University of Indiana. 1976.
- WILSON, H. D. Genetic control and distribution of leucine amino-peptidase in the cultivated chenopods (*Chenopodium*) and related weed taxa. Biochemical Genetics, 14:913-919. 1976.
- WOLF, M. J.; MACMASTERS, M. M. y RIST, C. E. Some characteristics of the starches of three South American seeds used for food. Cereal Chemistry, no. 27: 219-222. 1950.
- YACOVLEFF, E. y HERRERA, F. L. El mundo vegetal de los antiguos peruanos. Revista del Museo Nacional (Perú) 3 (3): 263-322. 1934.
- YERKES, W. D., SHAW, C. G. Taxonomy of the Peronospora species of Cruciferae and Chenopodiaceae. Phytopathology. 40:499-507. 1959.
- ZANABRIA, E. y MUJICA, A. Plagas de la quinua en Puno. Boletín Técnico no. 3. Fondo Simón Bolívar. Ministerio de Alimentación, Puno. IICA. 1977.
- ZAPANA, J. Producción de quinua en Yunguyo. Boletín Técnico no. 10, Serie Quinua. Fondo Simón Bolívar. IICA, Ministerio de Alimentación, Zona XII, Puno, Perú. 1977.
- ZIMMER, D. E.; PEDERSEN, M. W. y MC GUIRE, C. F. A bioassay for alfalfa saponins using the fungus *Trichoderma viride* pers. ex. fr. Crop Science 7: 223-224. 1967.
- ZVIETCOVITCH, G. Comportamiento fisiológico de la Quinua y Cañihua como plantas eficientes C₄ e ineficientes C₃. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.
- ZVIETCOVICH, G. y CATARI, J. Procesamiento de la quinua (*Chenopodium quinoa* W.) para la obtención del alcohol. In: Convención Internacional de Quenopodiáceas, 2a, Potosí, Bolivia. IICA. Informes de Conferencias, Cursos y Reuniones no. 96. 1976.

Edición: Stella de Feferbaum
Diseño y producción: Jaime Rojas



CANADA

Publicación IICA-CIID
Oficina Regional del CIID para América Latina y el Caribe
División de Comunicaciones
Edición de 1.000 ejemplares
Impresa en ESCALA
Bogotá, Colombia, noviembre de 1979