

# Cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) en la región Centro

Resultados de cuatro años de experimentación en campos de ensayo en Madrid y Toledo

*La quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) se ha utilizado para el consumo humano y animal desde hace más de 5.000 años y constituye una parte importante de la dieta de los pueblos de América del Sur. Fue, junto con la patata, el maíz, las judías y el tomate, una de las plantas sagradas de culturas ancestrales, especialmente la Inca.*

L. I. Herencia <sup>(1)</sup>; M. Alía <sup>(2)</sup>; J. A. González <sup>(2)</sup>; P. Urbano <sup>(1)</sup>, <sup>(2)</sup> Producción Vegetal. Fitotecnia. UPM. <sup>(2)</sup> Agroecología. CCMA-CSIC.

La harina se emplea como sustituto parcial de la harina de trigo en la elaboración de pan, galletas, pastas, alimentos extrusionados tipo "snack", alimentos para niños, papillas y menús de nueva moda. Las hojas tiernas llamadas "llipcha" o "chiwa", también se utilizan en la alimentación humana como verdura (similar a la espinaca). Los granos de segunda se utilizan en la alimentación de la mayoría de los animales domésticos y aves. Los tallos "kiri" y "jipi" se usan como forraje por su buena palatabilidad y alta digestibilidad.

El principal componente de los granos de quinoa es el almidón, que constituye el 60% del peso fresco del grano con sólo el 11% de amilosa (Koziol, 1992). Sus gránulos pueden encontrarse aislados o en grupos más o menos compactos. Esta estructura contrasta con la de los cereales, donde los gránulos de almidón se encuentran aislados, son mucho más grandes y con un contenido de amilosa que va desde el 17% (arroz) al 28% (trigo). La estructura de la amilopectina del almidón de la quinoa es similar a la de los cereales, pero su elevado contenido hace que la pasta de quinoa sea más viscosa que la del trigo.

El contenido de proteínas, próximo al 15%, es mayor que el del arroz y maíz y similar al del trigo duro. Están formadas por albúminas y globulinas, principalmente, y el bajo contenido en prolaminas y glutelinas hace que se afirme que la quinoa no tiene gluten. La carencia de

gluten puede ser un factor restrictivo para el empleo de la harina de quinoa en panificación, pero es de gran utilidad para su utilización en la dieta de personas sensibles a las que la presencia de gluten ocasiona afecciones de colon e importantes lesiones intestinales. Las proteínas de la quinoa presentan una proporción de aminoácidos más equilibrada que la de los cereales especialmente en lisina, histidina y metionina, lo que le proporciona un valor especial en las dietas vegetarianas.

El pequeño grano contiene, asimismo, ácidos grasos esenciales para nuestra dieta (contenido medio entre 5,3 y 6,3% del peso fresco). En la composición de los lípidos dominan



Diversidad de tamaño y color de las semillas de quinoa.



Plantas de quinoa germinadas en laboratorio.

los ácidos grasos insaturados, destacando su alto contenido de ácido linoleico (50,2-56,1%) y oleico (22,0-24,5%), y moderado de linoléico (5,4-7%). El rendimiento del aceite extraído de quinoa (80-400 kg/ha.) puede superar fácilmente al del maíz (20-50 kg/ha.), ya que se han obtenido cultivares con alto contenido graso (9,5%) y con mejor calidad de aceite que en los cereales. Por ello, se vislumbra también como un potencial cultivo oleaginoso (Koziol, 1992).

Puede destacarse además su contenido en hierro de alta biodisponibilidad, calcio, potasio, fósforo, magnesio, cobre, manganeso, azufre y otros minerales fácilmente disponibles para nuestro organismo.

En el pericarpio de la mayoría de los granos existe una serie de sustancias amargas, de-

nominadas saponinas, heterósidos de naturaleza variada (alcoholes, fenoles, esteroides, compuestos antracénicos, flavónicos, etc.) que, en dosis adecuadas, se utilizan como fármacos, pero en dosis no controladas pueden llegar a ocasionar intoxicaciones graves. Generalmente, las saponinas son solubles en agua, alcohol metílico y etílico, e insolubles en disolventes orgánicos.

Desde tiempo inmemorial, para la eliminación del amargor de los granos los habitantes del Altiplano (Perú) usan un método económico y efectivo que consiste en lavados sucesivos de los granos con agua fría, frotándolos entre las manos hasta obtener el agua libre de espuma. En el agua de lavado, existen además grasas insaponificables, ácidos grasos, sales minerales de magnesio, oxalatos, etc.

Los indígenas utilizan la quinoa, no sólo como fuente básica de alimento, sino también para calmar sus dolencias. Se ha utilizado en medicina tradicional para curar los abscesos del hígado, supuraciones internas, afecciones catarrales y de las vías urinarias. La cocción de quinoa tiene principios vermífugos y cura los problemas causados por parásitos intestinales. Al igual que otras quenopodiáceas, es antihelmíntica y se ha usado desde tiempos in-

memoriales para eliminar los parásitos intestinales, entre ellos, los nematodos.

El agua del lavado de las semillas es antipirética, tópica y antiséptica. Se emplea como remedio para las torceduras, fracturas y luxaciones, y para combatir las picaduras de insectos venenosos, mosquitos, etc.

De las propiedades valiosas de la quinoa, como grano a utilizar en la alimentación humana y animal, sus usos medicinales y etnobotánicos, su alto potencial de adaptación y, otras características del cultivo con valor ambiental, nace la idea de que la quinoa pudiera ser un cultivo interesante a introducir en las rotaciones y alternativas de la zona mediterránea.

Hasta hace pocos años, la quinoa era prácticamente desconocida en Europa, aunque recientemente se ha despertado un interés notable por este cultivo. Después de unas tentativas que comienzan en Inglaterra (1986), se inicia en 1993 un Proyecto Europeo denominado "Quinoa: A multipurpose crop for EC's agricultural diversification", coordinado por Ph. de Braeckelaer (Centre de Valorisation des Glucides et Produits Naturels, Amiens, Francia) que trabaja en tres áreas prioritarias: producción, composición y valor nutritivo, y usos industriales de la quinoa.

Nuestros estudios sobre el cultivo de esta planta se inician en el Departamento de Producción Vegetal. Fitotecnia de la ETSIA (Herencia, 1998), mediante un programa de investigación para estudiar el comportamiento de la quinoa en zonas situadas entre los 36º y 43º de latitud Norte. Se han cultivado, en forma ex-



Campo de ensayo de variedades de quinoa.

perimental, los cultivares Blanca de Juli, Cheweca, Kamiri, Kancolla, Sajama y Blanca de Jujuy, entre otros. El Departamento de Agroecología del Centro de Ciencias Medioambientales de Madrid (CCMA-CSIC), participa entre 1993 y 1997 en un proyecto financiado por la UE titulado "A Novel Basis for Pest Management of *Globodera* spp on potatoes in the Central Andes", en el que han participado, además, el Instituto Boliviano de Investigación Agropecuaria (IBIA) y el Centre for Plant Bio-

chemistry and Biotechnology de la Universidad de Leeds, y en otro proyecto del Programa Nacional del Medioambiente y Recursos Naturales de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología "Modelos no contaminantes alternativos al tratamiento de suelos con Bromuro de Metilo (AMB 950428-C02-01)". En estos proyectos se han estudiado diversos aspectos funcionales de la quinoa.

Uno de los programas más activos y novedosos sobre el uso de la quinoa lo lleva a cabo en la actualidad la NASA (Schlick y Bubenheim, 1996) dentro de su proyecto CELSS (*Controlled Ecological Life Support Systems*), que tiene como objetivo principal utilizar plantas para eliminar CO<sup>2</sup> de la atmósfera generando alimento, oxígeno y agua para las tripulaciones de misiones espaciales de larga duración. Los criterios para elegir la quinoa dentro de este programa se basaron, entre otros aspectos, en su composición nutricional (alta concentración de proteínas ricas en cisteína, lisina, metionina y minerales, especialmente, Ca, K y Mg). Estas características de la quinoa hacen que posiblemente sea uno de los primeros vegetales que se cultivarán para consumo humano fuera de nuestro planeta.

### La quinoa se usado en medicina tradicional para curar abscesos del hígado, supuraciones internas, afecciones catarrales...

### Experiencias en el cultivo de quinoa

Los ensayos se han realizado en parcelas de los Campos de Prácticas de la ETSIA de la UPM, y de la finca Experimental "La Higuera" del CSIC situada en Santa Olalla, Toledo.

Las primeras siembras se realizaron en Madrid, diciembre de 1992, desarrollando el

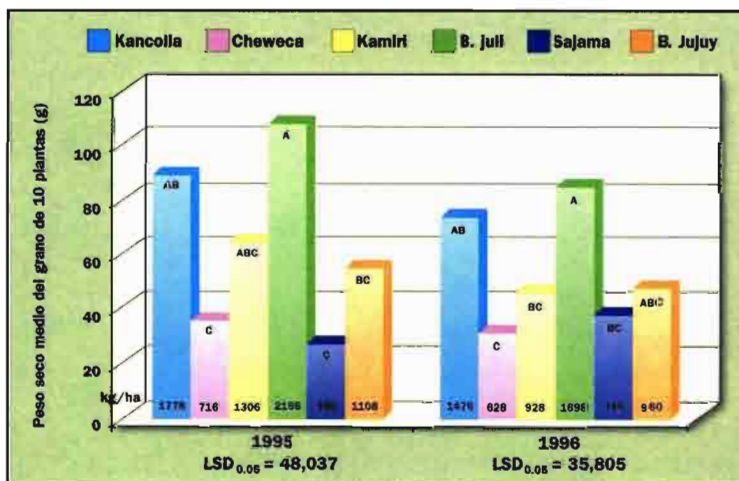


Fig. 1. Peso medio de grano y rendimientos en kg/ha. durante los años de estudio.

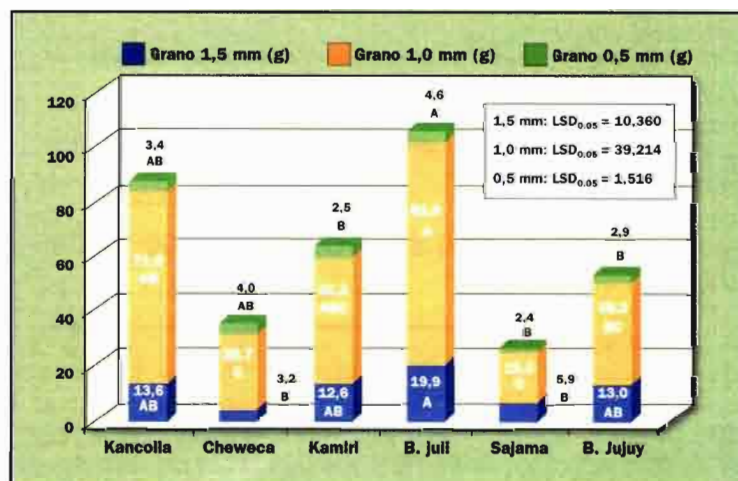


Fig. 2. Distribución del peso de grano según tamaños. Cosecha 1995.



Ensayo de variedades de quinoa.



Cultivo de quinoa en regadío.

cultivo en secano durante 1993. Puede considerarse que fue un "año fresco", pero con heladas tardías primaverales (última helada el 17 de abril). La precipitación total fue elevada

1996 (385,5 mm/año y 465,2 mm/año) están próximas a las medias, mostrando un claro período de sequía variable entre abril-mayo y septiembre (clima monoxérico mediterráneo).

merciales y 40 líneas y ecotipos de origen Andino y, en las de Toledo (siembras de primavera), 6 cultivares cuidadosamente seleccionados que habían proporcionado mejores resultados durante las campañas precedentes: Blanca de Juli, Cheweca, Kamiri, Kancolla, Sajama y Blanca de Jujuy.

**Cuadro I. Aminoácidos esenciales (gr/100 gr de proteína) en el grano de quinoa y de otros cereales. (Adaptado por Kozlowski, 1992).**

Aminoácidos	Quinoa	Arroz	Maíz	Trigo	V.R.
Histidina	3,2	2,1	2,6	2,0	1,6
Isoleucina	4,4	4,1	4,0	4,2	1,3
Leucina	6,6	8,2	12,5	6,8	1,9
Lisina	6,1	3,8	2,9	2,6	1,6
Metionina+cistina	4,8	3,6	4,0	3,7	1,7
Fenilalanina+tirosina	7,3	10,5	8,6	8,2	1,9
Treonina	3,8	3,8	3,8	2,8	0,9
Triptófano	1,1	1,1	0,7	1,2	0,5
Valina	4,5	6,1	5,0	4,4	1,3

V.R. Valores recomendados por FAO/WHO/UNO.

Los suelos de las parcelas sembradas con quinoa, tanto en la finca de la ETSIA, como en "La Higuera", presentan profundidad suficiente para el cultivo, son de textura media y reacción básica, pero sin problemas de salinidad o de alcalinidad.

Aunque tienen bajo contenido en materia orgánica, no aparecen situaciones deficitarias de nutrientes, pues los valores obtenidos en

(530 mm anuales frente a 420 mm, de media), pero con 103,2 mm durante junio y 203,4 mm en octubre. Durante 1994, también con siembras otoñales en Madrid, la temperatura media fue algo superior (13,5 °C), con heladas primaverales hasta el 17 de abril (igual que en 1993). Las lluvias sólo alcanzaron 230 mm anuales, por lo que puede calificarse como "año seco" con un gran período de sequía, desde junio a octubre (ambos inclusive).

A lo largo de los años 1995 y 1996, el cultivo se realizó en la finca "La Higuera", que ha presentado un clima térmicamente muy parecido a los Campos de Prácticas

de la ETSIA, pero con una diferencia notable en cuanto al régimen de heladas. Durante el año 1995 las heladas duraron desde diciembre a abril (ambos inclusive) y el año 1996 sólo heló en febrero y marzo.

Las pluviometrías registradas en 1995 y

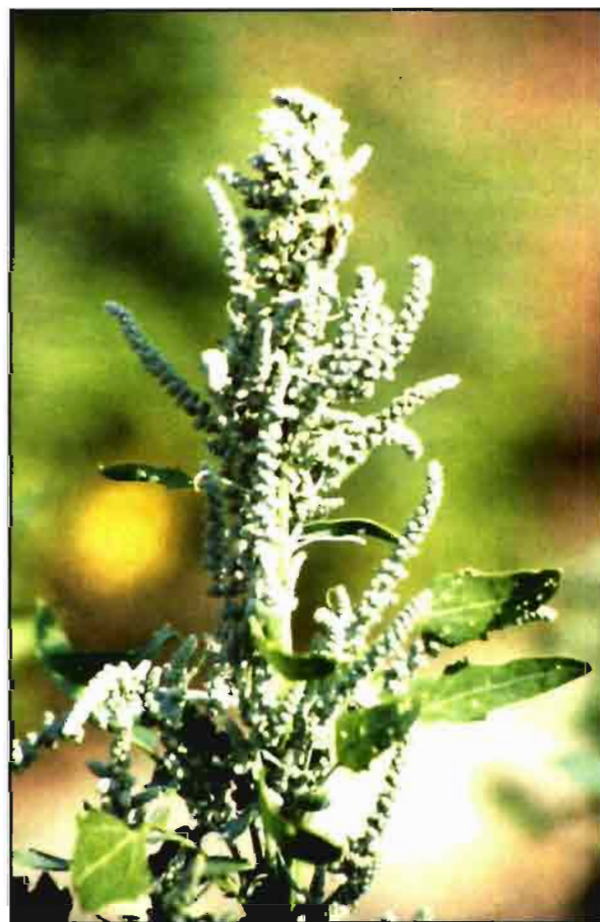
los análisis de fósforo y potasio asimilables, así como los de calcio y magnesio de cambio, indican que los suelos son fértiles en elementos minerales, debido, probablemente, a los abonados realizados en años anteriores a los ensayos.

Las primeras siembras se hicieron de forma manual y las últimas, mecanizada. En general, se usaron de 2 a 4 bloques con parcelas distribuidas al azar y tres repeticiones por

bloque. La densidad de siembra equivalente a 5 kg/ha., en líneas separadas 50 cm y a chorrillo en la línea. En las primeras siembras (de invierno y en secano), realizadas en Madrid, se utilizaron 7 cultivares co-

La humedad fue determinante para la nascencia, aunque las lluvias excesivas y un drenaje deficiente suelen resultar perjudiciales. La nascencia en campo puede resultar, en ocasiones, difícil. Se estima que el 60% puede ser

**La NASA está estudiando dentro de un programa espacial la quinoa por su composición nutricional**



Inflorescencia de quinoa.

un buen coeficiente de nascencia (relación entre plantas nacidas y semillas germinadas). En los ensayos realizados en Europa se recomienda cosechar en septiembre-octubre (De Braeckelaer, 1997). En las regiones templadas, la quinoa presenta un ciclo de 120 a 160 días, en función del cultivar y de las condiciones de cultivo.

Las labores y operaciones de cultivo fueron las habituales del secano y regadío en la zona agrícola en que se desarrollaron los ensayos.

### Resultados obtenidos

Para hacer más fáciles y sistemáticas nuestras observaciones, hemos simplificado el ciclo de desarrollo con sólo cuatro etapas, delimitadas por las fases de: siembra, establecimiento, inicio de floración, inicio de maduración y madurez para la recolección. Los caracteres observados y/o medidos en todos los ensayos han sido morfológicos, fenológicos y de rendimiento. De todos ellos, en este trabajo solamente recogeremos los relacionados con la fenología y el rendimiento del cultivo (cantidad y calidad).

La nascencia se produjo en un mínimo de 6 días (Blanca de Jujuy) y un máximo de 9 días (Cheweca). La floración para el cultivar más precoz (Blanca de Jujuy) se produjo a los 115 días y la madurez para la recolección se alcanzó a los 130 días. A partir de aquí, los cultivares de ciclo medio, Kamiri y Sajama, completaron su ciclo en 148 días y los tardíos lo hicieron en 178 días. Comparado este comportamiento con el producido en ori-

gen, el cultivar más precoz ha mantenido aquí su precocidad, pero ha alargado su ciclo de 100 a 130 días. Los cultivares de ciclo medio han mantenido este carácter y han tenido un ciclo similar al de su zona de origen (148 días frente a 154 y 160 días respectivamente). Los cultivares tardíos también han sido aquí los más tardíos, pero con ciclos vegetativos simi-

lares a los de origen (178 días frente a 179 y 180 días respectivamente).

Las heladas primaverales de 1993 y 1994 cogieron a las quinoas en floración y, prácticamente, la cosecha de granos fue nula a pesar del excelente desarrollo vegetativo que presentaba el cultivo.

En 1995 se hicieron las siembras en primavera y, aunque fue un año notablemente seco, el riego permitió controlar el cultivo y obtener buen rendimiento de grano. Los rendimientos, determinados a partir del peso de grano/10 plantas, fueron para Blanca de Juli de 2.166 kg/ha.; Cheweca, 716 kg/ha.; Kamiri, 1.328 kg/ha.; Kancolla, 1.779 kg/ha.; Sajama, 551; y Blanca de Jujuy, de 1.107 kg/ha. El índice de cosecha medio fue 0,4 pero con una desviación muy importante en el cultivar Sajama (0,19), que produjo muy poco grano, y para Blanca de Juli (0,71), con elevada producción de grano y buena proporción de paja.

El ensayo de 1996 se sembró, también, en primavera (14 de mayo de 1996) empleando semilla obtenida en España durante la campaña anterior. El rendimiento estimado, a partir del peso de grano/10 plantas, para Blanca de Juli fue de 1.697,6 kg/ha.; Cheweca, 627,8 kg/ha.; Kamiri, 928,2 kg/ha.; Kancolla, 1.476,6 kg/ha.; Sajama, 746,8 kg/ha.; y Blanca de Jujuy, 960,8 kg/ha. El índice de cosecha se mantuvo en 0,39, siendo, de nuevo, Blanca de Juli con un IC=0,6 el cultivar con mejores condiciones para la producción de grano.

Si bien para la cosecha de 1995 se obtuvo algo más cantidad de grano por planta, el cali-

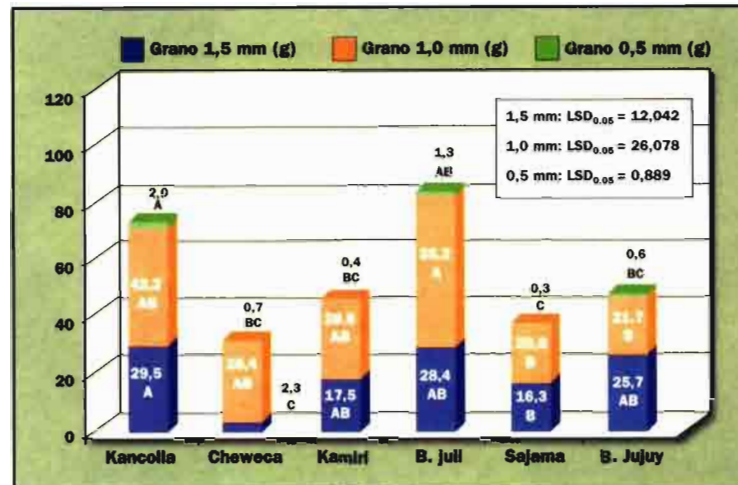


Fig. 3. Distribución del peso de grano según tamaños. Cosecha 1996.

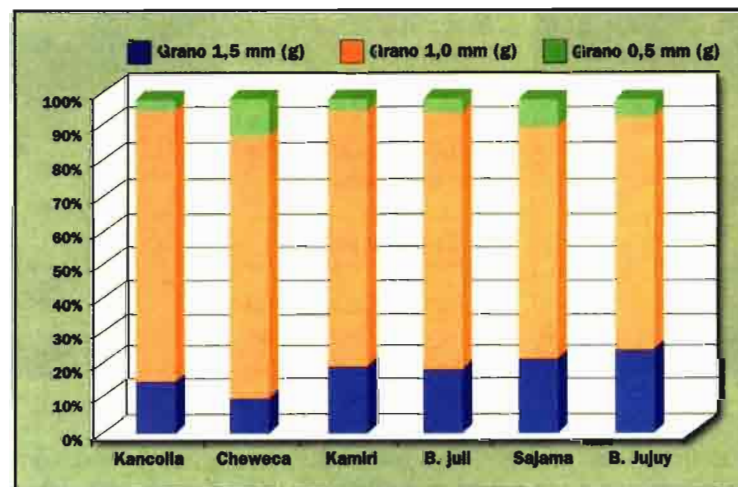


Fig. 4. Porcentajes del peso de grano según tamaños. Cosecha 1995.

**Enrique Segura, s.l.**

CONCESIONARIO



NEW HOLLAND

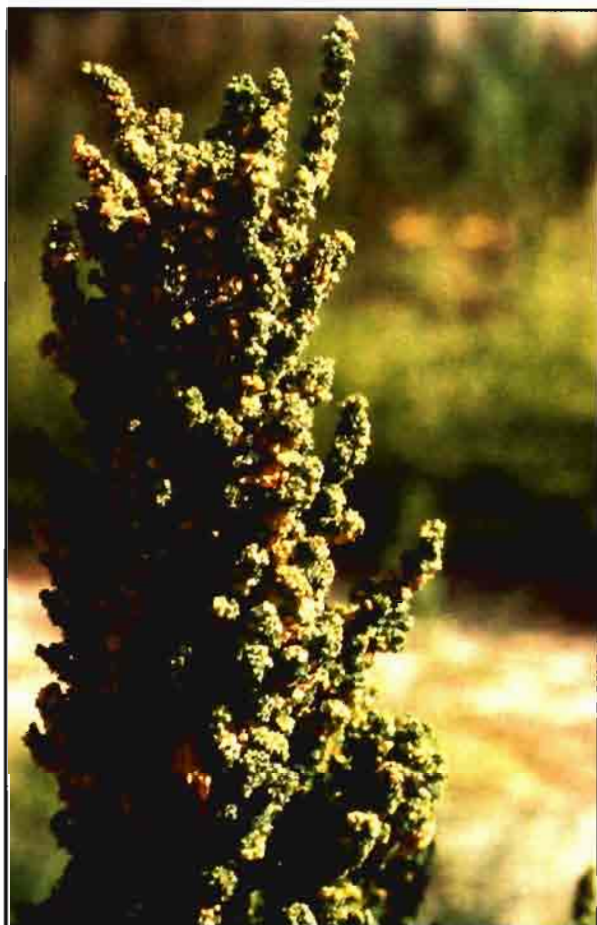
## COSECHADORAS DE OCASIÓN

Importadas de la Comunidad Europea. ¡¡Como a estrenar!!

NEW HOLLAND TX 36, TX 34, 8080, 8070, 8050.

Empacadoras gigantes New Holland. Otras marcas y modelos consultar.

Polígono Industrial Sector 4, núm. 9. Tel. 976 18 50 20. Fax: 976 18 53 74. 50830 - VILLANUEVA DE GÁLLEGO. (Zaragoza).



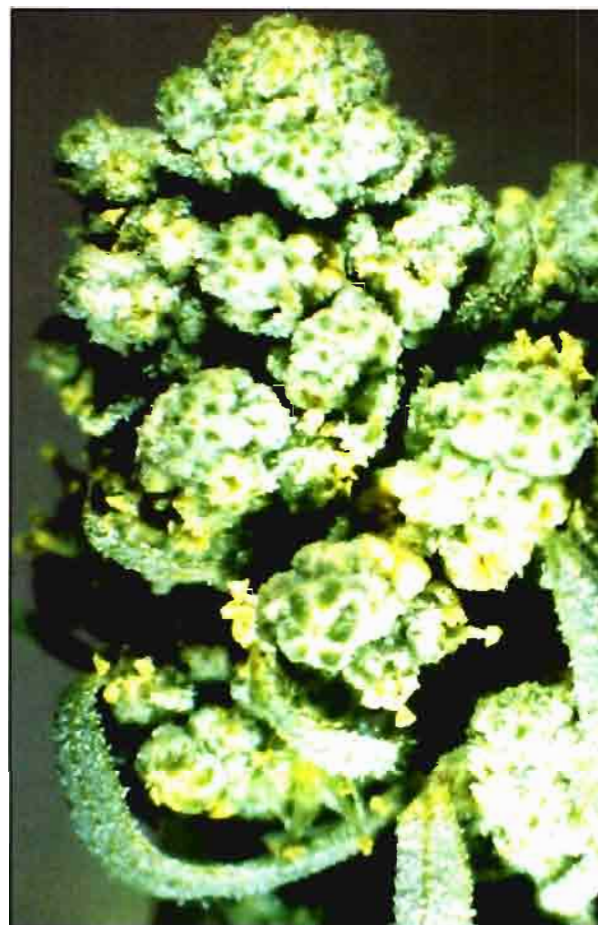
Quinoa en floración.

ambientales, es interesante para la elaboración de derivados con destino a la alimentación humana o consumo directo en el animal.

Como se puede observar, excepto para el cultivar Sajama de la cosecha de 1995, el contenido de lípidos es inferior en los granos producidos en España. Este carácter es, asimismo, interesante si se pretenden obtener alimentos con bajo contenido graso. Hay que tener en cuenta que los granos obtenidos en España, contienen por término medio un 42,3 % menos de lípidos que los producidos en los Andes.

### Conclusiones

Aunque no se detallan en este artículo, se ha observado alta variabilidad en todos los caracteres morfológicos



Infrutescencias de quinoa.

bre del grano mejoró considerablemente en la cosecha de 1996. La mayor cantidad de grano obtenido corresponde a granos de 2ª (>1,0 mm) generalmente destinado para consumo directo o harina. Los granos de 3ª (>0,5 mm), destinados normalmente para harina o para la alimentación animal, no representaron en ningún caso más del 10% de la cosecha. Los cultivares que presentan mejor calidad de grano son Blanca de Jujuy y Sajama que, sin embargo resultaron variedades poco productivas. Blanca de Juli y Kancolla presentan una calidad de grano aceptable, siendo además los cultivares más productivos en granos total y con la mejor relación paja/grano.

Si bien para la cosecha de 1995 se obtuvo mayor producción de grano por planta, el calibre del grano mejoró considerablemente en la cosecha de 1996.

Existe una diferencia significativa entre el contenido de proteínas de los granos procedentes de los Andes (1993, media 13,62%) y los obtenidos en España (1995, media 18,47%; 1996, media 16,96%). Este factor de calidad, relacionado con las condiciones

estudiados: altura de la planta, tamaño de las panojas, altura de la 1ª ramificación, número de ramificaciones, etc. Esta variabilidad se ha mostrado más dependiente del cultivar que de las condiciones de cultivo, lo que indica que la planta presenta un elevado potencial de mejora genética para estabilizar estos caracteres.

Las condiciones medioambientales del clima mediterráneo han producido un retraso notable de la fase de floración en los cultivares tempranos y han sido prácticamente insensibles

en los cultivares de ciclo medio y tardío. El retraso puede deberse al efecto de los días largos de la primavera y del verano mediterráneos sobre los cultivares más sensibles al fotoperiodo.

Todos los cultivares germinan bien incluso con temperaturas próximas a 0 °C y la resistencia al frío en las primeras etapas del desarrollo es, asimismo, notablemente elevada. Sin embargo, las plántulas han sido muy sensibles al encharcamiento y a la formación de costra en el suelo. Las heladas tardías primaverales pueden ser, en su caso, determinantes para la obtención de grano.

En siembras de primavera y cultivo en regadío durante el verano, los cultivares precoces alargan su ciclo, comportándose en forma similar a los cultivares de ciclo medio o, incluso, tardío. La mejor producción de grano se ha obtenido con dos cultivares tardíos (Blanca de Juli y Kancolla).

El contenido en proteínas y minerales de los granos producidos en España es notablemente más alto que el de los granos de procedencia americana. El contenido de

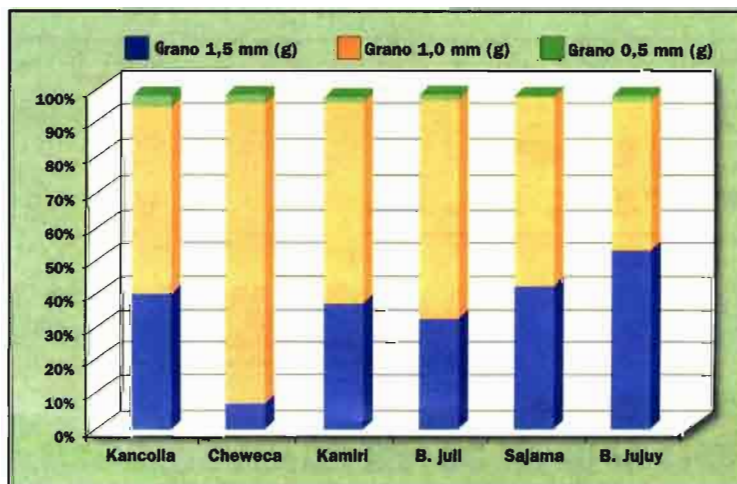


Fig. 5. Porcentajes del peso de granos según tamaños. Cosecha 1996.

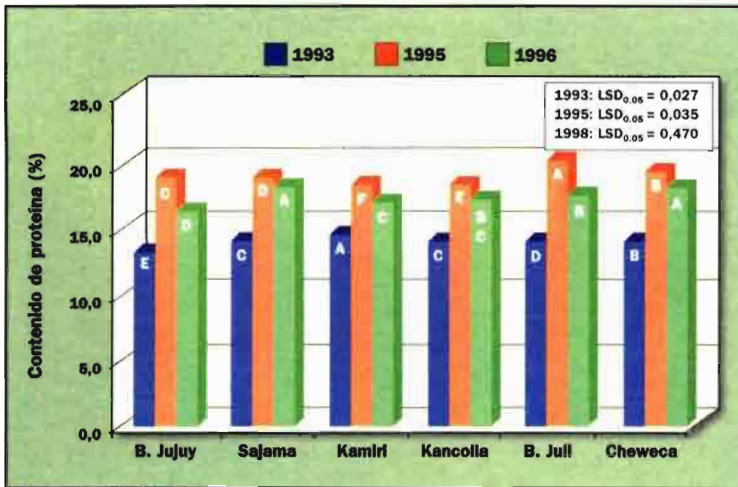


Fig. 6. Contenido medio de proteínas de granos de las diferentes cosechas y cultivares.

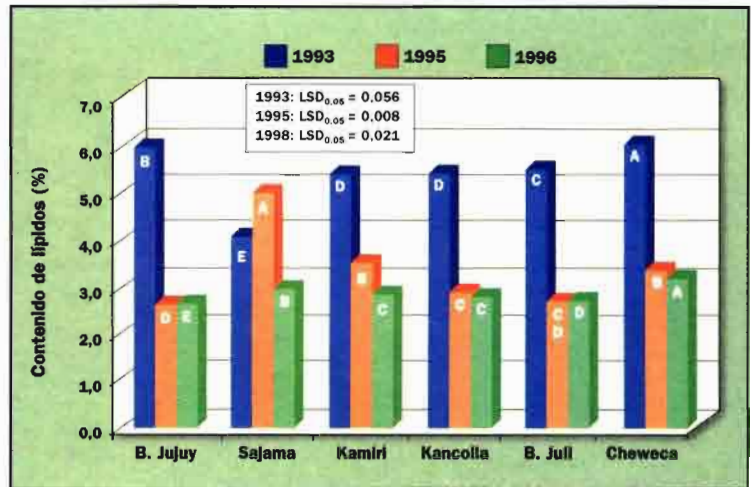


Fig. 7. Contenido medio de lípidos de granos de las diferentes cosechas y cultivares.

lípidos varía inversamente con el de proteínas, siendo mayor el de los granos americanos.

Se estima que es poco probable que la quinoa pueda alcanzar los niveles de cultivo del trigo u otros cereales en la agricultura europea, debido a sus rendimientos y a la restringida demanda del producto. Sin embargo, en suelos pobres y ecosistemas frágiles, con escasos recursos hídricos o en las tierras re-

tiradas de la producción (*set-aside*), la quinoa puede resultar un inestimable cultivo intercalar.

### BIBLIOGRAFÍA

DE BRAECKELAER, P. 1997. *The Quinoa Project*. Agro-Industrial Research Information Dissemination. EU DG XII Project AIR2-CT93-1426 (NF-2000, NF1/131).

HERENCIA, L. I. 1998. Comportamiento y Actividad Biológica de la quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivada en Ambiente Mediterráneo. Tesis Doctoral UPM. 450 p

KOZIOL, M. J. 1992. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa. *J. Food Composition and Analysis*, 5, 35-68.

SCHLICK, G.; D.L. BUBENHEIM. 1996. Quinoa: candidate crop for NASA's controlled Ecological Life Support Systems. En: J. Janick (ed.), *Progress in new crops*. ASHS Press, Arlington, VA. 632-640.



# Logramos

# TODO

## para Ud. !









SISTEMAS DE RIEGO

Pol. Ind. El Oliveral - Fase IV, Parc. S  
46190 RIBARROJA DEL TURIA (Valencia)  
Teléfono (96) 166 84 85 - Fax (96) 256 80 10  
e-mail: aquasystem@cfi.ces.es