

Avances en el cultivo de quínoa en el sur de Argentina

Julio C. Rivas

- Proyecto de Gestión de la Acción Institucional en el Territorio del Valle Bonaerense del río Colorado (Bs. As.).
- Proyecto Nacional "Manejo Integrado de los Cultivos Industriales".



■ Ediciones

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Avances en el Cultivo de Quínoa
(Chenopodium quinoa Wild.) **en el**
Sur de Argentina

ISSN 0328 3321 Boletín técnico N° 18

Julio C. Rivas

E.E.A. INTA Hilario Ascasubi. Ruta Nacional N° 3
Km 794, (8142) Hilario Ascasubi, Pcia. de Buenos
Aires, Argentina.

- BASUR-1272307 - "Proyecto de Gestión de la Acción Institucional en el Territorio del Valle Bonaerense del río Colorado (Buenos Aires).
- PNIND-1108073 - "Manejo Integrado de los Cultivos Industriales".

INTA
República Argentina
Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca
Centro Regional Buenos Aires Sur
Estación Experimental Agropecuaria
Hilario Ascasubi

Julio 2013

I INTRODUCCION:

Importancia: Se comparte la visión emitida por la FAO en 2011 de que la quinua constituye un cultivo estratégico para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria global. Los argumentos son su excelente calidad nutritiva, su amplia variabilidad genética, su adaptabilidad a distintos ambientes y su bajo costo de producción (1).

Los mayores países productores son Bolivia, Perú y Ecuador, con un total de poco más de 80000 has cosechadas y una producción de 70.000 t en 2009. En distintos grados de desarrollo el cultivo de quínoa esta presente a nivel global, en países como Francia, Reino Unido, Holanda, Alemania, Italia, Suecia, Dinamarca, Estados Unidos, Canadá, Méjico, Colombia, Chile, Brasil, Marruecos, Kenia, India, China, y Argentina.

Existe un generalizado consenso en la contribución que podría realizar este gran cultivo a la seguridad alimentaria global; sin embargo, paradójicamente, en la actualidad la presión de la demanda se registra en países desarrollados donde la seguridad alimentaria está garantizada.

La demanda creciente del mundo desarrollado por este alimento ha generado una importante expansión del cultivo en los últimos 20 años, lo que se traduce en precios altos del producto. El Instituto Boliviano de Comercio Exterior en 2010, citado por la FAO en 2011 (1), reporta un precio de US\$ 3,1/kg para el caso de la quínoa orgánica, con picos de hasta 3,6 US\$/kg y de 2,3 US\$/kg para la quínoa convencional en 2009.

Un aspecto importante que despierta el interés por su consumo es su auténtico valor ancestral por conocerse como el "cereal del imperio Inca" (que incluía la geografía del noroeste argentino). También, el agroturismo y la cocina gourmet con la recreación de platos en que interviene la quínoa, suman a los valores de la cultura y la tradición a un público de consumidores muy importante.

Aunque desde el punto de vista cuantitativo el consumo de quínoa en Argentina es bajo, se percibe un conocimiento creciente por parte de la población como alimento de alta calidad; prueba de ello es su presencia en la mayoría de los negocios de productos saludables y en grandes supermercados.

Antecedentes históricos: En Sudamérica la quínoa fue utilizada como alimento desde hace unos 5000 años. Pueblos

originarios como Calchaquíes y Diaguitas en Argentina; Mapuches en Chile; Lupazas y Tiahuanacos en el sur de Perú y Bolivia; Inganos, Chipchas y Andakis en Colombia lo tenían como alimento. En general se puede afirmar que la difusión del cultivo, se inicia con las culturas preincaicas y su expansión se consolida con el imperio inca (2). No obstante, con la llegada del español a América, su consumo es combatido quedando relegado a pequeñas áreas en zonas agrestes y aisladas.

Breve descripción botánica: La "Quínoa" (*Chenopodium quinoa Willdenow*), es una especie anual, dicotiledónea, perteneciente a la familia Chenopodiaceae; su altura puede variar entre 0,20 m a 3 m, y su tallo puede o no ser ramificado. Presenta polimorfismo de hojas, normalmente las basales son grandes romboidales o triangulares, mientras que las superiores suelen adoptar una forma lanceolada; su color puede ser verde, amarillo, rojo a violeta. La inflorescencia es una panoja de forma glomerulada o amarantiforme, laxa a más o menos compacta. Las flores son pequeñas, sésiles y forman glomérulos, existen de dos tipos: hermafroditas y pistiladas. El fruto es un aquenio que contiene solo una semilla de coloración variable, con un diámetro de 1,5 a 4 mm (3) (4).

Un comentario especial merece la semilla propiamente dicha. Esta se compone de tres partes: episperma, embrión y perisperma. Es importante señalar que la capa externa del epispermo es donde se encuentra un factor antinutricional denominado saponina la cual es responsable de transmitir un sabor amargo. Esta capa se desprende al frotarla o lavarla y debe ser removida en caso de tener un alto contenido. Se aclara que existen diferencias entre variedades por contenido de saponinas; las hay de alto y bajo contenido, conocidas como "amargas" y "dulces" respectivamente.

Variabilidad genética: El centro de origen de la quínoa corresponde a la región andina del Perú y Bolivia. Se conocen más de tres mil ecotipos, (5) los cuales sin duda constituyen un maravilloso patrimonio de la humanidad. El mejoramiento y adaptación para la difusión global están garantizados en esta formidable fuente.

Respecto de los requerimientos del cultivo son tan variables como los distintos ambientes en que habita; actualmente, en Sudamérica su cultivo se extiende desde los 2° Latitud Norte en Colombia, hasta 40° Latitud Sur en Chile; y desde el nivel del mar hasta los 4.000 m.s.n.m. (5)

En esta variabilidad tan amplia, se distinguen cinco eco tipos básicos: del nivel del mar, del altiplano, valles interandinos, de los salares y de las yungas.

Aspectos nutricionales más relevantes: La quínoa es un alimento con potencial para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. En el reino vegetal es la única especie que posee todos los aminoácidos esenciales, vitaminas y oligoelementos. Adicionalmente no posee gluten lo que lo hace un alimento apto para los celíacos.

Usos: Por la modalidad de su consumo se la cataloga como pseudocereal. Es un alimento muy dúctil, adaptable para una alimentación tradicional o altamente sofisticada. Se puede consumir de diversas maneras, como grano, harina en panificados, pastas, insuflados, hojuelas, granolas, barras energéticas; adicionalmente, en el área andina para la alimentación humana se consumen las hojas tiernas antes de florecer; estas contienen vitaminas, minerales y proteínas de alta calidad.

En el presente informe se aborda en primer lugar el trabajo experimental en la EEA INTA H. Ascasubi entre los años 2007 a 2012; luego se comentan algunos resultados acerca de la calidad biológica de la quínoa como alimento y posteriormente experiencias a nivel de lotes demostrativos en la EEA INTA H. Ascasubi y en campo de productores.

I. Trabajo experimental en la condición de riego del Valle Bonaerense del río Colorado. (VBRC)

Las actividades en quínoa se iniciaron en 2006 en la EEA INTA Hilario Ascasubi (-39° 23') y las mismas se mantienen sin interrupción hasta el presente. Se aclara que el VBRC, está ubicado a 14 m sobre el nivel del mar y comprende un área de riego de unas 550.000 ha de las cuales se riegan efectivamente unas 140.000 ha con aguas del río Colorado. Aquí prevalece el sistema de riego gravitatorio en campos sistematizados; la conducción del agua es por canales sin revestir acompañado por una red de drenaje que desagua en el océano Atlántico. Los suelos son profundos, de tipo aluvial de textura arenoso franco a franco arcilloso; son pobres en materia orgánica (0-2%) y en general están bien provistos de Fósforo.

En general el objetivo inicial de trabajo fue conocer el comportamiento agronómico del cultivo en el sur del país, para ello se plantearon varios puntos relativos al manejo del cultivo como la selección de cultivares, conocer su ciclo, la calidad comercial y en general detectar los

puntos críticos de manejo que pudieran limitar su introducción en el sur del país.

El idiotipo de cultivar buscado es básicamente que tenga aptitud para la cosecha mecánica, es decir que tenga una fructificación concentrada en la parte superior de la planta, madurez de grano uniforme, baja dehiscencia, altura de planta entre 0,75 a 1,30 m, resistencia al vuelco y al quebrado del tallo. Otro aspecto importante es que tenga bajo contenido de saponinas.

Desde el inicio de las actividades se contó con el aporte de materiales del Banco de Germoplasma de Quínoa de la FAUBA, cuyo responsable es el Dr. Daniel Bertero. Los materiales evaluados mayoritariamente son de origen chileno y corresponden a ecotipos y variedades "del nivel del mar", aunque también se evaluaron de otros orígenes como Ecuador, Brasil, Bolivia, Perú y algunos materiales cedidos de origen no determinado.

Metodología de trabajo:

Se distinguieron dos formas de evaluación según se tratara de ecotipos fenotípicamente estabilizados o no estabilizados. En el primer caso se trabajó en ensayos con diseño experimental, en el segundo caso, con parcelas de observación.

Manejo de los experimentos: Se trabajó siempre en labranza convencional; los momentos de siembra fueron tres, entre mediados de octubre y mediados de diciembre. La distancia entre hileras fue de 0,40 m y la densidad de plantas entre 25 y 35 por m². El manejo de la fertilización fue de 70 kg.ha⁻¹ de fosfato diamónico a la siembra más 80 kg.ha⁻¹ de urea 30 días aplicados después de emergencia. El riego, de tipo gravitatorio, en todos los casos se aplicó en presiembra (120 mm) y eventualmente, según estatus hídrico del perfil de suelo, un riego en cultivo previo a antesis (90 mm). El surqueado para la siembra se realizó con una sembradora experimental de surco profundo marca Forti, la distribución de la semilla se realizó en forma manual con posterior raleo para obtener las densidades mencionadas. La cosecha se realizó en forma manual y la trilla y limpieza con equipo estacionario.

Foto 1. Ensayo de evaluación de cultivares de quínoa, año 2007. Aplicación de riego gravitatorio en antesis.



En el caso de la evaluación de materiales estabilizados se empleó un diseño experimental de bloques completos con 3 ó 4 repeticiones (según los años) y la unidad experimental consistió en 4 hileras separadas a 0,40 m x 6 m de longitud. En el caso de las introducciones de materiales no conocidos, se evaluaron en idénticas condiciones pero sin repeticiones, si las mismas cumplían con el ideotipo deseado al año siguiente se incorporaban a la evaluación con diseño estadístico.

a- Variedades estabilizadas evaluadas:

cultivar	Año de cosecha				
	2007	2008	2009	2010	2011
CO-407	si	Si	si	-	
NL-6	Si	Si	si	Si	si
2 Want	Si	Si	si	Si	-
Faro	Si	Si	Si	Si	si
RU-5	si	si	si	Si	-
Regalona	-	Si	si	Si	si
Arco Iris	-	si	si	-	-
Cica	-	-	si	-	-
Cahuil	-	-	si	-	-
KVL - 32	-	-	-	si	si
Negra	-	si	-	-	-

b- Introducciones (parcelas de observación):

Año de cosecha					
	2007	2008	2009	2010	2011
	-	Salto de Agua	Isluga	Colorada JCR	Colorada JCR
	-	Amachuma (Cheno 179).	Embrapa	Boliviana propia	-
	-	Cahuil	2 Want x rosada	Real	Real
	-	Tango	Sayaña	Amachuma	Amachuma
	-	DB Mahui Dache - Tardío	Apelawa	Isluga	Isluga
	-	DB Mahui Dache	1 SP2	2 Want x Rosada	2 Want x Rosada
	-	Cañete Roja	2 Want x Real	Colorada JCR	-
	-	DB Leucañ Boldo Tardío	Sajama	-	-
	-	26- TES	Amachuma	-	-
	-	20 GR	-	-	-
	-	KVL-32	-	-	-
	-	Boliviana Tilcara	-	-	-
	-	Negra FAUBA	-	-	-
	-	Arco Iris	-	-	-

Resultados y discusión:

De la totalidad de los cultivares evaluados hasta el presente y considerando el ideotipo mencionado, seis mostraron aptitud para su cultivo en el sur de Argentina. De ciclo largo se destacaron: 2 Want y Faro; de ciclo intermedio la cultivar Regalona del criadero chileno Baer, y de ciclo corto, las cultivares KVL 32, NL 6 y RU 5. En los 5 años de evaluación, los rendimientos a nivel experimental, cosechados manualmente, variaron entre 1012 y 2264 kg/ha y su peso de mil granos entre 1,7 y 2,6 g.

El material CO 407 mostró problemas de vuelco en el estadio de madurez fisiológica. Se observó en este cultivar lo que pudo ser una interacción negativa atribuible a un alto índice de cosecha, altura de planta excesiva (1,50 m), probablemente sumada a un sistema radicular débil.

Foto 2. Vista de ensayo. Material violeta CO 407, descartado por problemas de vuelco.



Es clave señalar la importancia que tiene la elección del material genético para obtener un cultivo de quínoa exitoso en un ambiente determinado. La quínoa se conoce en general como una especie sensible al fotoperíodo y termoperíodo; sin embargo las respuestas son variadas en orden de magnitud dependiendo del origen y aún dentro de un mismo origen pueden responder también en forma diferencial. Por ello una recomendación básica antes de decidir una siembra es conocer previamente su comportamiento local, especialmente en el sur de Argentina donde su cultivo es prácticamente desconocido. En no pocas oportunidades han sucedido fracasos en el cultivo de quínoa por no tener en cuenta este aspecto clave. Por ejemplo, una variedad como Ingapirca, que tiene un comportamiento de ciclo corto en Ecuador; en el VBRC cumple un ciclo extremadamente largo, incompatible con su cultivo en el sur de Argentina. Obsérvese en la foto 3, las variedades Ingapirca, y Regalona, ambas sembradas con fecha del 2 de noviembre, Regalona cumplió con un ciclo intermedio adecuado al ambiente del VBRC con una duración de 40 días entre emergencia e iniciación floral versus 64 días para Ingapirca. Otro ejemplo se puede observar en la foto 4 con un material de origen brasileño.

Foto 3. Variedad Regalona en antesis (abajo) e Ingapirca (Brasil), no adaptado al inicio de fase reproductiva (arriba)



Foto 5. Regalona. Material Chileno del criadero Baer, con adecuada adaptación local.



Respecto del contenido de saponinas, se ha realizado una prueba física conocida como la "técnica de la espuma" desarrollada en Ecuador por M. Koziol (7). Los resultados para las variedades Faro, KVL 32 y Regalona con 2 cm de espuma, las posiciona como "amargas"; si se tiene en cuenta que 1,2 cm es el umbral que diferencia las "dulces" de las "amargas". Queda pendiente determinar precisamente su contenido por un método cuantitativo.

Consideraciones empíricas sobre la densidad de plantas y distanciamiento entre hileras

Como en todo cultivo, la población de plantas óptima en quínoa en primer lugar depende del ambiente en que se cultiva. Por caso, en Oruro y Potosí, por sus escasas precipitaciones, el límite superior óptimo no supera 1 planta.m⁻²; mientras en EEUU, sin limitantes por agua y fertilidad, se reportan siembras con hasta 150 plantas.m⁻²; más cercano a nuestra condición ambiental, en el sur de Chile, se registran cultivos con poblaciones de 24 plantas.m⁻² (6).

Además del ambiente, el porte de la variedad (relacionado positiva y directamente a su ciclo) es importante en la determinación del planteo de siembra. Por caso, en el sur del país, los materiales de ciclo corto evaluados alcanzan una altura de planta de entre 75 a 90 cm, mientras que los de ciclo largo varían entre 130 a 150 cm; cabe señalar que estos últimos tienden a ramificar más el tallo y generar más panojas por planta, lo que le confiere una mayor capacidad de compensación a bajas densidades de siembra. Por lo expresado, no es correcto generalizar un planteo de densidad y distanciamiento único.

Si bien resta trabajo de validación experimental, en función de la inexistencia de información local y a modo orientativo, se sugieren para el caso de materiales precoces distanciamientos de entre 0,20 m a 0,35 m, con densidades de 25 a 30 plantas.m⁻² y para materiales de ciclo largo, distanciamientos de entre 0,40 m a 0,52 m con densidades de entre 20 a 25 plantas.m⁻².

Por otra parte, la densidad de siembra medida en términos de kg de semilla por ha puede dar lugar a confusión si se tienen en cuenta citas que dan cuenta de siembras con hasta 25 kg de semilla por ha (6), lo que representa más de 1000 semillas.m⁻². Otra referencia da cuenta de densidades de 200 plantas emergidas.m⁻² que reducen su población efectiva a 125 plantas.m⁻²(6), disminución probablemente atribuible a un efecto de "dumping off". Operativamente, teniendo una cama de siembra bien preparada (firme y con humedad superficial) y una sembradora que ubique la semilla a no más de 2 cm de profundidad con distribución uniforme, no se deberían requerir más de 3 kg/ha de semilla de buen poder germinativo (85 % o superior). Se consigna que en la experimental por dos años consecutivos se han realizado experiencias exitosas con una sembradora hortícola utilizando 1,6 kg de semilla por ha.

Finalmente, el camino para mejorar la eficiencia del planteo de siembra pasa por el uso de la sembradora neumática con semilla peletizada protegida de agentes bióticos perjudiciales; tecnología que comienza a ser utilizada exitosamente en el noroeste argentino. (C. Taruselli, comunicación personal)

Sanidad del cultivo:

La única enfermedad relevante detectada fue un mildew atribuido a *Peronospora* spp. El mismo se observó con incidencia y severidad diferencial en las distintas variedades, siendo Faro una de las más tolerantes. El momento de aparición de la enfermedad tuvo variaciones según los años, desde muy tempranamente en la fase vegetativa (V4: 4 hojas verdaderas), hasta finales de la etapa vegetativa, no obstante su incidencia se prolongó siempre hasta el final del ciclo. (Fotos 6 y 7). Es importante destacar que la enfermedad fue controlada satisfactoriamente mediante controles químicos con funguicidas con base de metalaxil más mancoceb a partir de los primeros síntomas.

Foto 6. Síntomas de mildew a nivel de hoja



Foto 7. *Peronospora* spp. identificado por la Ing. Agr. Patricia Baffoni.



Respecto de plagas, en la experimental, nunca se registraron daños de importancia. No obstante, se observó la presencia de "bicho moro" *Epicauta* spp, insecto sobre el que se reportan daños importantes en este cultivo y sobre la maleza quínoa blanca *Chenopodium album*. Este insecto se observó a nivel de la panoja (foto 8) especialmente sobre las hojas del tercio superior de la planta produciendo daños poco significativos. (Foto 9). Se considera esta plaga como una amenaza importante.

Foto 8. Bicho moro en panoja Foto 9. Comiendo hojas



De todas las adversidades que se presentaron en estos 5 años de estudio, las malezas latifoliadas (de hoja ancha) representaron el principal problema para su cultivo; la razón es que no existen herbicidas para su control en el cultivo de quínoa. Dentro de estas, la maleza "quínoa blanca", *Chenopodium album* y "moco de pavo" *Amaranthus spp* fueron las más problemáticas. No es el caso de las malezas gramínea ya que cualquier herbicida específico se puede emplear sin inconvenientes.

Aunque hasta el momento no han sido validadas a nivel experimental, se plantean 3 estrategias de manejo cultural que pueden contribuir a mitigar el problema de las malezas.

1. *Escape de las cohortes de malezas más numerosas de primavera.* En la práctica, con siembras tardías de fines de noviembre a principios de diciembre en el VBRC, se eluden los picos de emergencia de malezas que se dan entre los meses de octubre hasta mediados de noviembre.

2. *Uso de fosfato diamónico aplicado en la hilera de siembra.* Como en todo cultivo se registra una aceleración en el desarrollo y crecimiento inicial del cultivo que lo hace más competitivo frente a las malezas.

3. *Control mecánico de malezas en la entre hilera.* En labranza convencional, se plantea aumentar la distancia entre hileras a 0,70 m, este manejo permitiría emplear un control mecánico entre las hileras (escardillo, rastra rotativa, etc). Esta práctica se observa con mayores posibilidades de éxito en las cultivares de ciclo largo ya que tienen mayor porte.

Resultados preliminares relativos al tema nutricional y de salud humana:

En 2012, a nivel de grano, se evaluaron los contenidos de proteína, materia grasa y la composición de ácidos grasos en tres variedades de quínoa cultivadas en la experimental. Ellas fueron KVL 32, Regalona y Faro, de ciclo corto, medio y largo respectivamente.

Respecto del contenido de proteína, (Tabla 1), se registraron niveles altos si se comparan con valores medios de entre 12 a 16,9 %; los mismos fueron citados por informes del PROIMPA provenientes de 555 accesiones (1). En similares órdenes de magnitud, estudios realizados por Koziol, Whrigh, De Bruin y Dini, citados en una revisión de A. Vega Galves et al (8), referencian registros de 12,5; 15,6; 16,5 y 16,7% respectivamente.

Respecto del contenido de materia grasa, la información de Ascasubi se ajustó más a valores medios citados en la bibliografía que son del orden del 5 a 7,2 % (8). (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de proteína (%) y materia grasa (%) en tres cultivares de quínoas cultivadas en la campaña 2011/12 en H. Ascasubi.

Cultivar	Proteína (%) sss	M. grasa (%) sss
Faro	16,0	7,5
KVL 32	18,1	5,6
Regalona	19,4	6,5

Teniendo en cuenta como referencia el contenido de materia grasa del maíz con variaciones de entre el 3 y 4 %, la producción de aceite de quínoa se observa como una opción de agregado de valor. Se registraron también importantes variaciones por cultivar en el contenido de materia grasa. Por caso, la cultivar Faro se distingue del resto si este fuera el objetivo.

A fin de conocer la expresión del contenido de ácidos grasos en la condición local se realizó un análisis por cromatografía gaseosa de las variedades consignadas (Tabla 2). Tomando como referencias datos de Perú en informes de la FAO (9) y de la VI región de Chile (10) se observaron valores algo mayores de linoleico y menores de oleico, pero si se considera la suma de ambos (ácidos grasos no saturados), no hay diferencias importantes. Esta referencia es importante ya que son los insaturados, en este caso con valores cercanos a 90 % (tabla 3), los mencionados como saludables en la alimentación humana. El valor del ácido palmítico y linolenico no se aparta substancialmente de las referencias consultadas. Adicionalmente, en los tres

materiales evaluados, se detectó una presencia de ácido erúsico menor al 2%, niveles que no representan problemas de toxicidad para el consumo humano ya que se corresponden con los umbrales aceptados por ejemplo en la comercialización de colza.

Tabla 2. Composición de ácidos grasos en tres cultivares de quínoa cultivadas en 2012 en H. Ascasubi.

Cultivar	16:0 palmítico	18:1 oleico	18:2 linoleico	18:3 linolenico	22:1 erúsico
Faro	8,4	23,1	57,5	5,7	1,7
KVL 32	9,5	17,5	61,4	6,7	1,5
Regalona	9,6	17,0	60,3	7,5	1,7

Cultivar	14:0 mirístico	16:1 palmitoleico	18:0 esteárico	20:0 araquídico	20:1 gadoleico	22:0 behenico
Faro	0,3	0,2	0,5	0,5	1,5	0,7
KVL 32	0,3	0,2	0,5	0,4	1,3	0,7
Regalona	0,3	0,2	0,5	0,5	1,4	0,9

Tabla 3. Distribución porcentual por grupo de ácidos grasos correspondientes a 3 variedades de quínoa.

Ácidos grasos	Faro	KVL 32	Regalona
a. Saturados (C _n :0)	10,4	11,4	11,8
b. Monoinsaturados (C _n :1)	26,5	20,5	20,3
c. Poliinsaturados (C _n :2;3)	63,2	68,1	67,8
No saturados (b+c)	89,7	88,6	88,1

Asignaturas pendientes de investigación: Se comentan brevemente temas que no se han abordado en estos años o que su tratamiento se considera insuficiente. Ellos son: En primer lugar, la evaluación de cultivares en distintos ambientes a nivel nacional y de manera sistemática; nutrición del cultivo, su relación con el contenido de proteína y composición de aminoácidos; magnitud del contenido de saponinas, control químico de malezas latifoliadas, y en un plano ajeno al agronómico, la evaluación de alternativas para desaponificar el grano.

Afortunadamente a partir de 2013, el INTA decide incluir al cultivo de quínoa en el Proyecto Nacional Cultivos Industriales. Este enfoque federal, sin dudas mejora la organización de actividades por caso en los estudios de interacción genotipo-ambiente, temas de sanidad del cultivo y permite un contacto más fluido de sus especialistas.

Respecto del tema nutrición del cultivo, localmente siempre se trabajó con un estándar de fertilización nitrógeno/fósforo, señalado en la metodología de evaluación de cultivares, contrastándose eventualmente con un testigo sin fertilizar. Se observó desde un plano empírico una sensible respuesta al efecto "arrancador" del fósforo y no tan importante con el nitrógeno; se plantea la hipótesis de que por tratarse de un cultivo poco "domesticado", la respuesta en el rendimiento de grano no es de la magnitud de por ejemplo un cereal. Este tema es importante de estudiar para cuantificar sus efectos en el rendimiento de grano, en la calidad biológica como alimento y en la incidencia del vuelco especialmente por efecto del nitrógeno.

Respecto del contenido de saponinas responsables de transmitir sabor amargo; aquí el INTA y demás organismos de investigación están iniciando actividades a fin de contribuir en la mejora genética para obtener materiales dulces.

II. Acciones de "experimentación adaptativa" en la unidad:

Las acciones de experimentación adaptativa se focalizaron a lograr cultivos con la siembra y la cosecha mecanizada.

1. Experimentación en mecanización de la siembra en la EEA INTA H. Ascasubi:

Por tratarse de una semilla muy pequeña el logro de una buena implantación es un aspecto clave para el éxito del cultivo.

Un aspecto necesario y crítico a la vez, es ubicar la semilla uniformemente a una profundidad de entre 1 y 2 cm y en segundo lugar lograr una buena distribución con plantas distanciadas en la hilera entre 10 y 20 cm. Este objetivo se ha logrado con una sembradora hortícola utilizada en el VBRC para cebolla. (Fotos 10 y 11).

La humedad superficial es el otro punto crítico. En el VBRC, aun aplicando un riego pre siembra (con láminas de 100 mm por inundación); ocasionalmente, se han producido problemas por insuficiente humedad superficial ya con que la última rastreada se pierde esa humedad; por ello muchas veces se ha tenido que esperar a una lluvia para lograr una emergencia óptima del cultivo.

Foto 10. Sembradora hortícola Marca "El Pato"

Foto 11. Quínoa en emergencia



2. Primeras experiencias de cosecha mecánica en H. Ascasubi:

A partir de 2008, ya conocidos los aspectos básicos del comportamiento de la quínoa en el ambiente del VBRC, se comenzó a experimentar con la cosecha mecánica. En esta primera prueba la siembra se realizó a "chorrillo" en forma manual marcando los surcos con una sembradora experimental marca Forti, con una distancia entre hileras de 0,40 m. La densidad se ajustó con raleo a una densidad aproximada de 30 plantas por m². Para la cosecha se usó un equipo experimental de grano fino, de simple limpieza, marca "Seedmaster" de origen austriaco. El resultado fue muy satisfactorio obteniéndose un rendimiento de 1471 kg/ha con pérdidas menores al 5 % de grano, aún cuando la planta estaba muy seca. (fotos 12 y 13).

Fotos 12 y 13: Cosecha de la variedad de ciclo corto Regalona Baer.



Paralelamente, se implantó un lote de 1500 m², con una sembradora experimental de conos marca Hege. En esta experiencia se utilizó la variedad de ciclo largo 2 Want, poseedora de una planta más alta (1,50 m) y tallo más robusto. En este caso, a fin de uniformar la madurez se

utilizó paraquat como desecante foliar en madurez fisiológica (momento: aproximadamente 80 % de grano duro); 5 días después se realizó la cosecha con un viejo equipo Vasalli 3-16 adaptada para la cosecha de alfalfa con tecnología "air yet", es decir de cortina de aire para reducir pérdidas por la plataforma. Se quitó el molinete de la plataforma y se trabajó a una velocidad de avance de 3 km/hora; con una abertura del cilindro/cóncavo: 31/10 mm respectivamente y una velocidad periférica del cilindro de 1500 m/minuto. El resultado de rendimiento fue de 1580 kg.ha⁻¹. Secuencia de fotos 14, 15, 16 y 17.

Foto 14. Estadio de antesis



Foto 15. Madurez fisiológica



Foto 16. Post secado químico



Foto 17. Cosecha mecánica



III. Apuntando al desarrollo del cultivo

a. Multiplicación de materiales promisorios: Merced al interés en el cultivo de varios productores en distintos ambientes de la provincia de Buenos Aires y ante la inexistencia de disponibilidad de semilla, en 2010 se decidió multiplicar en la experimental dos cultivares con probado buen comportamiento local; estas fueron: KVL 32, de ciclo corto y Faro, de ciclo largo. Fotos 18 y 19.

Foto 18. Multiplicación de KVL 32



Foto 19. Multiplicación de Faro.



b. Experiencias con productores en la prov. de Buenos Aires

En cercanías de la localidad de Tandil, provincia de Buenos Aires, se logró una experiencia exitosa realizada en siembra directa (fotos 20 y 21). Para ello se utilizó una sembradora de grano fino marca John Deere, con una distancia entre hileras de 0,42 m (se anuló un distribuidor por medio). Se probaron dosificaciones de 1,2,3, y 4 kg.ha⁻¹ de semilla de las variedades Faro y KVL 32 y de 0; 50 y 80 kg.ha⁻¹ de fosfato diamónico (FDA) a la siembra. Los mejores resultados para ambos materiales se lograron con las densidades de 3 y 4 kg ha⁻¹, y la dosis máxima de FDA. La fecha de siembra fue el 25 de noviembre y la cosecha fue el 3 de abril y 11 de abril para los materiales KVL 32 y Faro respectivamente. El rendimiento máximo obtenido fue de 1666 kg.ha⁻¹ para la variedad Faro. Se aclarara que en esta experiencia no se registraron problemas importantes en la sanidad del cultivo.

Respecto de la cosecha, se utilizó un equipo Agco Allis Deutz 550; el cilindro trillador se cerró al máximo trabajándose a 1100 rpm y el molinillo se reguló a la mínima velocidad; respecto de la limpieza, se utilizó una zaranda de colza, con el zarandón totalmente cerrado y el viento se reguló a 600 rpm. Se aclara que esta información es orientativa ya que dependiendo de las condiciones propias de cada cultivo pueden ser necesarias modificaciones.

Foto 20. Tandil, 2011. Nov, 25. Siembra de quinoa en directa.

Foto 21. Febrero, 2. Mismo lote en fructificación.



Cabe aclarar que no todas las experiencias con productores fueron exitosas; no obstante, los fracasos se atribuyen a adversidades que pudieron ser salvadas, por caso en el área de Tres Arroyos, un cultivo bien implantado en siembra directa fue diezmado por un ataque de "bicho moro" y en Hilario Ascasubi, un cultivo se perdió por un severo ataque de mildew no controlado.

Aunque aún no se han reportado resultados, en el área de riego del VBRC se está experimentando la siembra en doble hilera sobre camellones separados a 0,80 m con sembradora hortícola marca Bicig imitando la siembra de cebolla. La ventaja de este sistema es que no es necesaria la aplicación del riego presiembra. (Fotos 22 y 23)

Foto 22. Siembra de quinoa en camellones en San Adolfo Foto 23. Panorámica del cultivo



c. Trabajo social con la comunidad boliviana en el VBRC

El VBRC cuenta con una comunidad boliviana muy importante ligada a la actividad hortícola. Especialmente su gente mayor mantiene el gusto del consumo de quínoa en la forma de sopas y guisos. Se abastece directamente de Bolivia ya que sus variedades originales sembradas en el VBRC no han funcionado por tratarse de materiales del altiplano o del salar. Actualmente el INTA H. Ascasubi, a través de su Programa Prohuerta mantiene acciones de difusión en el ámbito regional.

Foto 24. Mayor Buratovich, Sr. Neuman Vasquez

Foto 25. Juan A. Pradere. Sra. Olga, participante de "Prohuerta"



Mirada estratégica acerca del desarrollo del cultivo de quínoa:

Si bien en Argentina el cultivo de quínoa no ha sido evaluado sistemáticamente en todo su territorio, la información disponible permite augurar buenas perspectivas para su difusión en ambientes diversos, especialmente en la región subhúmeda pampeana y en áreas de riego artificial de del sur del país.

Se plantea la hipótesis de que la demanda a nivel global de este alimento en los planos cuantitativo y competitivo solo podrá ser abastecida de la mano de una producción extensiva y mecanizada; premisa que actualmente se esta validando exitosamente a nivel regional y nacional. Por otra parte, teniendo como referencia el promedio de rendimiento de Bolivia, principal país productor, con 580 kg/ha en los últimos 20 años (1990-2009) (1); las perspectivas del cultivo para Argentina se observan promisorias teniendo en cuenta los rendimientos de 1500 kg.ha⁻¹ alcanzados a nivel de productor.

Otro planteo no menos importante es la producción artesanal y orgánica de agricultura familiar en el norte argentino, especialmente en la Quebrada de Humahuaca. La misma está vinculada a las tradiciones prehispánicas de nuestros pueblos originarios. Si bien aquí no se aspira a volúmenes de producción altos; la combinación de la producción orgánica artesanal sumada a los valores culturales ancestrales y a su particular paisaje, convierten a esta región y a su comunidad en un atractivo que reafirma sin dudas los valores de la identidad nacional y los trasciende de hecho al grado de ser nominada como "patrimonio de la humanidad".

También se considera estratégico el apoyo con políticas públicas a la difusión del cultivo y básicamente para ayudar a posicionar a la Argentina como un proveedor natural (no es un cultivo exótico) de gran escala a nivel global. Es bien sabido que si no ocupamos ese lugar alguien lo hará; por caso recientemente en Francia, en el valle del Loira, se reporta una producción de 200 ha y unas 2400 ha por parte de EEUU (11). El cultivo de quínoa debería considerarse como una oportunidad de desarrollo, más teniendo en cuenta que la Argentina es uno de los proveedores de alimentos más importantes del mundo y se encuentra desde el punto de vista competitivo y tecnológico en condiciones de agregar valor procesando la semilla de diferentes formas.

Aunque este aspecto es dinámico, es necesario consignar que la preferencia actual del mercado externo de quínoa es por la semilla grande y blanca, como lo son las quinuas reales de origen boliviano. Su peso de mil semillas es de aproximadamente 4 a 5 gramos y duplican normalmente a nuestras quínoas del nivel del mar. Este aspecto aparentemente negativo orienta naturalmente nuestra estrategia de penetración al agregado de valor; es decir a su transformación en harina para incorporar en cortes a panificados y pastas; galletas, hojuelas, granolas, etc.

Finalmente, se puede afirmar, que tanto a nivel de investigación como de procesos industriales de agregado de valor se están dando pasos firmes que comienzan a cristalizarse en proyectos concretos de desarrollo.

Bibliografía

- (1) FAO. 2011. La quinua, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. Oficina Regional para América Latina y el Caribe; elaborado por PROINPA. 58 p.
- (2) La kinwa mapuche: Recuperación de un cultivo para la alimentación. Sepúlveda A.; Thomet M; Palazuelos F; Mujica MA. Ed. Carlos Zúñiga, Feb. 2004.124 p. Imprenta Andalién Temuco. Chile.
- (3) Heisser, C.B. y D.C. Nelson. 1974. On the origin of the cultivated chenopods (*Chenopodium*). Genetic 78: 503-505.
- (4) Mujica, A. 1992. Granos y leguminosas andinas. In: J. Hernandez, J. Bermejo y J. Leon (eds). Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. pp 129-146.
- (5) Rojas, W., M. Pinto, A. Bonifacio y A. Gandarillas. 2010b. Banco de Germoplasma de Granos Andinos. In: W. Rojas, M. Pinto, JL. Soto, M. Jagger y S. Padulosi (eds). Granos Andinos: Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioersivity International, Roma, Italia. pp 24-38.
- (6) Koziol M. Afrosimetric stimation of threshold saponina concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). J. Agric.Foos Sci. 54: pp. 211-219.
- (7) Spehar CR; JE Rocha. 2009. Effect of sowing density on plant growth and development of quinoa, genotype 4.5, in the braziliam savannah highlands- Biosci. J., Uberlandia, v. 25, p. 53-58.
- (8) Vega Galvez A.; M. Miranda; J. Vergara; E. Uribe; L. Puente; E. Martinez. 2010. Nutrition facts and functional potencial of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd), an ancient Andean grain: a rewiew. J Sci Food Agric. Published online in Wiley Online Library DOI 10.1002/jsfa.4158.
- (9) R. Repo-Carrasco, C. Espinoza & S.-E. Jacobsen; Valor Nutricional y Usos de la Quinoa (*Chenopodium quinoa*) y de la Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*)
www.rlc.fao.org/es/agricultura/produ/cdrom/.../cap5.1.htm
- (10) Masson, L. y Mella, M. Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Ed. Universitaria, Universidad de Chile, 1985.
- (11) Quínua, Kinwa o Quinoa. De América al mundo. Revista "Muy Interesante". Año 28. N° 328. Febrero de 2013 pp 24-28

Agradecimientos:

Al Dr. Daniel Bertero, titular del Banco de Germoplasma de Quínoa de la Facultad de Agronomía de Buenos Aires, por su permanente apoyo.

A mi compañero, auxiliar técnico, Alberto J. Schwal, por su dedicación en el manejo de los ensayos.

Al productor Alberto Pereyra Iraola del establecimiento "Aleluya" de Tandil por su entusiasmo y muy especialmente a su asistente, el Sr. Marcos Ferrari por sus invalorable aportes en la ejecución de esta tarea pionera en el sur del país.

A la Cámara Arbitral de Cereales de Bahía Blanca por su colaboración en la realización de los análisis de proteína, materia grasa y contenido de ácidos grasos.

En el presente boletín se transmiten los avances alcanzados en los últimos 6 años de trabajo en el cultivo de quínoa en el sur del país. Las experiencias se han realizado en la provincia de Buenos Aires, especialmente en la zona de riego del Valle Bonaerense del Río Colorado y en secano en la región del sudeste. Se han abordado las temáticas básicas de manejo del cultivo como adaptación de materiales genéticos, época de siembra, sistemas de siembra; densidad y distanciamiento entre hileras; necesidad de riego, aspectos básicos de la sanidad del cultivo y mecanización de la siembra y cosecha. Adicionalmente se ha obtenido información preliminar de parámetros básicos de calidad como alimento.

ISSN 0328 3321



Ministerio de
Agricultura, Ganadería y Pesca
Presidencia de la Nación

Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi
Centro Regional Buenos Aires Sur