



Ensayos de germinación de semillas de quinoa

Por: Herencia, L.I.; Urbano, P.*

INTRODUCCIÓN

De las propiedades valiosas de la quinoa (*Chenopodium 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.

Nuestros estudios sobre el cultivo de esta planta se inician en el Departamento de Producción Vegetal de la ETSI Agrónomos (Herencia, 1998), mediante un programa de investigación para estudiar el comportamiento de la quinoa en zonas situadas entre los 36° y 43° de latitud Norte. Se han cultivado, en forma experimental, los cultivares Blanca de Juli, Cheweca, Kamiri, Kancolla, Sajama, Blanca de Jujuy, entre otros.

En nuestros trabajos para comprobar la viabilidad del cultivo en clima mediterráneo, se empezó estudiando el comportamiento de las semillas de quinoa buscando las relaciones que pudieran presentarse entre los ensayos de germinación en laboratorio y los de nascencia en el campo.

Ello debe llevar a:

1.- Proponer una metodología que permita realizar los ensayos de germinación en condiciones óptimas.

2.- Analizar la variabilidad de los principales factores que definen las características de las semillas de quinoa.

Para los diferentes ensayos, se utilizaron semillas de los cultivares Blanca de Juli, Cheweca, Kamiri, Kancolla, Sajama y Blanca de Jujuy, producidas en América del Sur (cosecha 1993, referencia Andes), y semillas de estos mismos cultivares producidas en España (cosechas 1995 y 1996, referencia Toledo).

Se determinaron, previamente, el peso de mil semillas y el porcentaje de humedad. Los ensayos se realizaron en un germinador eléctrico con termorregulación graduable entre 8 y 40 °C (A.S.L. modelo G120).

En los casos en que se obtuvieron bajos porcentajes de germinación, las semillas se sometieron a un ensayo bioquímico con sales de tetrazolio. Como referencia se han tomado las semillas del amaranto (*Amaranthus spp.*), muy parecidas a las de *Chenopodium quinoa*, con embrión periférico, curvado y próximo a la cubierta seminal que circunda los tejidos nutritivos de reserva (ISTA, 1985, 1993). Se establecieron tres tipos según la tinción que presenten: tejidos teñidos uniformemente en rojo bri-

llante (Tejidos sanos), tejidos no teñidos y tejidos parcialmente teñidos (Tejidos muertos).

Todos los resultados se han tratado, además, mediante análisis de la varianza (ANOVA) y separación de medias mediante el test de rango múltiple de Duncan con un nivel de significación de 0,05 %.

Desde la segunda mitad del siglo XIX los organismos internacionales "Association Official Seed Analysis" (AOSA) y la "International Seed Testing Association" (ISTA), velan por el control de la calidad de las semillas y han elaborado reglas que permiten su determinación mediante análisis tipificados en condiciones estándar. Sin embargo, en las Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas (ISTA, 1993), no existen condiciones específicas para el análisis de las semillas de quinoa aunque pudieran tomarse, a modo de referencia, las de especies próximas, como el *Amaranthus spp.*

Este pequeño aquenio, no tiene letargo por lo que es capaz de germinar incluso en la misma panoja cuando encuentra condiciones favorables para hacerlo.

ENSAYOS DE GERMINACIÓN

Al no contar con precedentes que pudieran aconsejar las condiciones más favorables para realizar los ensayos de germinación, se realizaron dos ensayos previos:

* Universidad Politécnica de Madrid, ETSIA.



uno para determinar las condiciones óptimas del ensayo y, otro, para definir el número de días recomendable para realizar los conteos.

Ensayo previo N° 1. Con el objetivo de determinar las condiciones óptimas de germinación (substrato, temperatura, iluminación y pre-tratamientos) para *Chenopodium quinoa* Willd., se realizaron ensayos previos utilizando las condiciones más habituales. Para estos ensayos se utilizaron 400 semillas de una mezcla de los seis cultivares, que se pusieron a germinar bajo cinco combinaciones de diferentes condiciones (Fig. 1).

- Tratamiento A).- Sobre papel TP (*top paper*) con temperatura alterna de 15 a 25 °C, 8 horas de luz, sin pretratamiento.
- Tratamiento B).- Sobre papel (TP) con temperatura alterna de 15 a 25 °C, 8 horas de luz, con pretratamiento con nitrato potásico (KNO_3 0,2 %).
- Tratamiento C).- Entre papel (acordeón) BP (*between paper*) con temperatura alterna de 15 a 25 °C, 8 horas de luz, con prelavado con agua destilada.
- Tratamiento D).- Sobre papel (TP) con temperatura constante de 15 °C, 8 horas de luz, con pretratamiento frío de 7 °C durante 7 días.
- Tratamiento E).- Sobre arena TS (*top of sand*) (Ø 0,5 mm, humedad 160 mL/kilo), con temperatura constante de 15 °C, 8 horas de luz.

Como consecuencia de los resultados obtenidos en este ensayo previo, se optó por utilizar el substrato entre papel (BP) (acordeón) para los estudios de germinación de los diferentes cultivares. Si bien este substrato no fue el que proporcionó el máximo porcentaje de germinación, con él se obtuvo una tasa adecuada de germinación (> 80%) y permitió observar mejor el desarrollo de las semillas, así como la caracterización de las estructuras de las plántulas para su clasificación como normales o anormales. Se optó, además, por una temperatura constante de 15 °C y 8 horas de iluminación diaria ya que estas condiciones proporcionaron los niveles más altos de germinación y de gérmenes normales (Fig. 1, Tratamientos D y E).

Ensayo previo N° 2. Con objeto de determinar el tiempo óptimo para la duración de los ensayos de germinación, así como las posibles diferencias en germinación de los distintos cultivares, se realizó un nuevo ensayo previo utilizando los seis cultivares de la cosecha de 1993 procedentes de los Andes y evaluando su germinación a los 5 y 14 días (Fig. 2).

Los resultados de este ensayo previo muestran que la germinación media de los seis cultivares de quinoa alcanza a los cinco días el 82,7% mientras que entre los 5 y 14 días puede germinar el 17,3% restan-

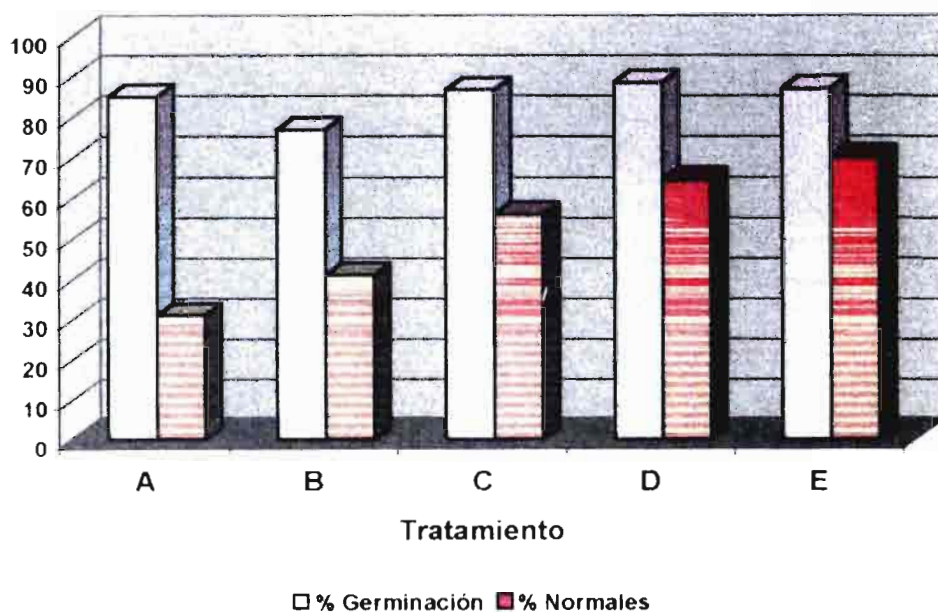


Fig. 1: Ensayo previo N° 1: germinación de semillas de quinoa con diferentes tratamientos

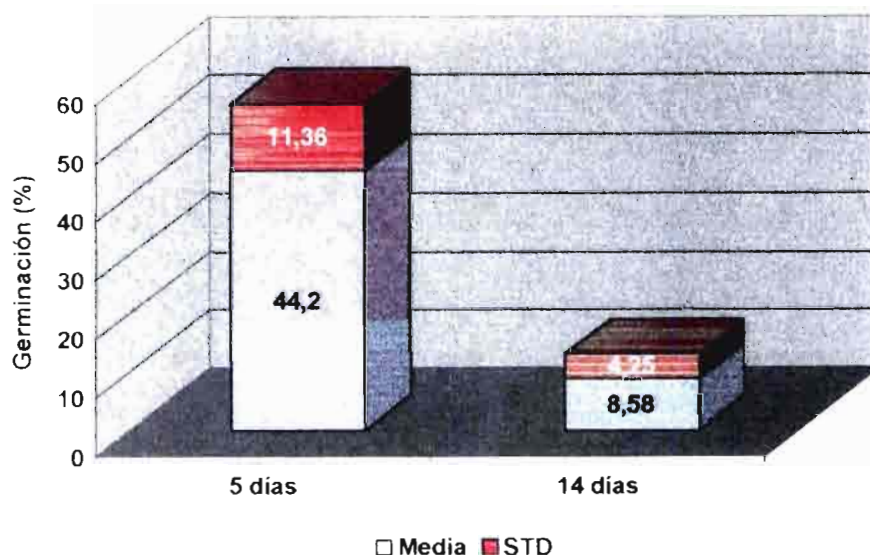


Fig. 2: Ensayo previo N° 2: germinación media de una mezcla de 6 cultivares de quinoa a diferentes tiempos

te. Por ello se considera que 5 días de ensayo es suficiente para el primer conteo y que la observación hasta catorce días representa una evaluación aceptable de la germinación en quinoa.

Como consecuencia de estos ensayos previos, se estableció la siguiente metodología en los análisis que se realizaron posteriormente:

- Sin pretratamiento
- Substrato: entre papel (BP) acordeón
- 25 pliegues por caja, 4 semillas por pliegue (100 semillas), 4 repeticiones
- Temperatura constante a 15 °C, 8 horas de luz, 100% humedad relativa

- Humedad: a saturación con 25 mL de agua por caja
- Primer conteo de germinación a 5 días y observación continua hasta los 14 días

Después de los primeros cinco días se cuentan y retiran las semillas germinadas (radícula emergida 1 mm como mínimo) y, a continuación, se hace un seguimiento de la evolución de las plántulas en las que se observan anomalías en la germinación mediante observaciones periódicas hasta un máximo de 14 días. Para valorar cada plántula se toman como referencia las indicadas en el manual ISTA (1985, Tabla 5A. Anejo a Capítulo 5, parte terce-



Fig. 3: Detalle de las pruebas de germinación de semillas de quinoa.

ra). De esta forma se determina el porcentaje de germinación y se realiza la clasificación en plántulas normales, plántulas anormales, semillas frescas no germinadas y semillas muertas.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE GERMINACION DE LAS SEMILLAS DE QUINOA

El porcentaje medio de germinación de las semillas de quinoa procedentes de los

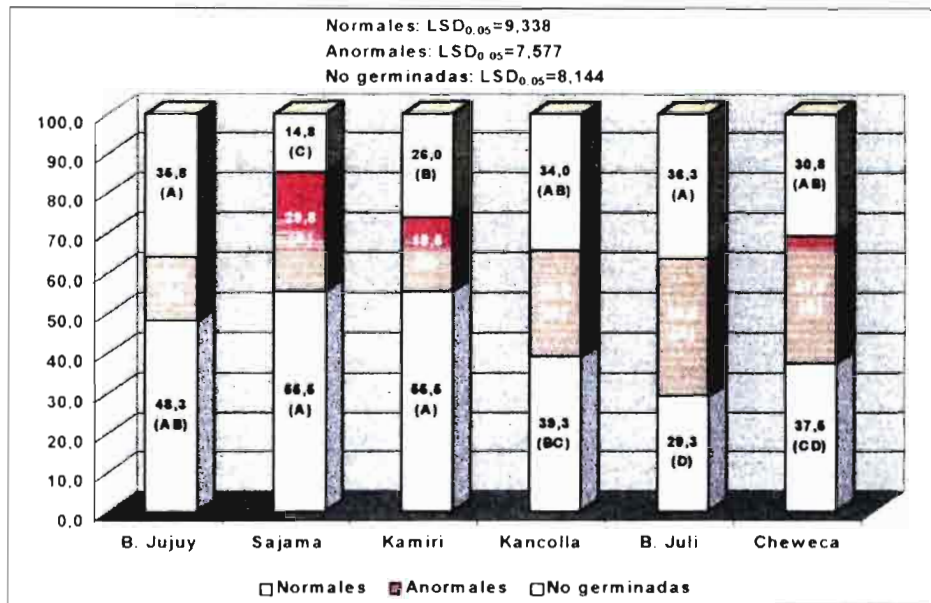


Fig. 4: Germinación de semillas de quinoa, Andes 1993

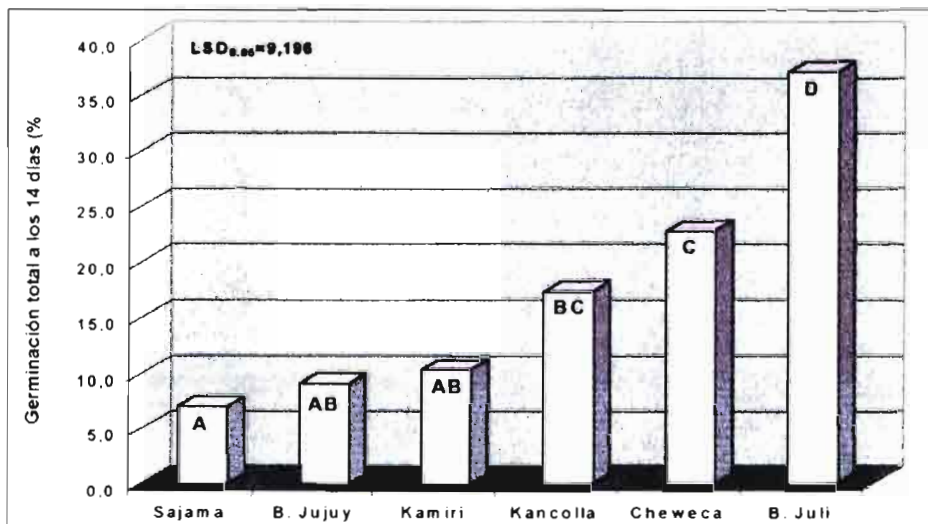


Fig. 5: Germinación total de quinoa Andes 1993, a los 14 días

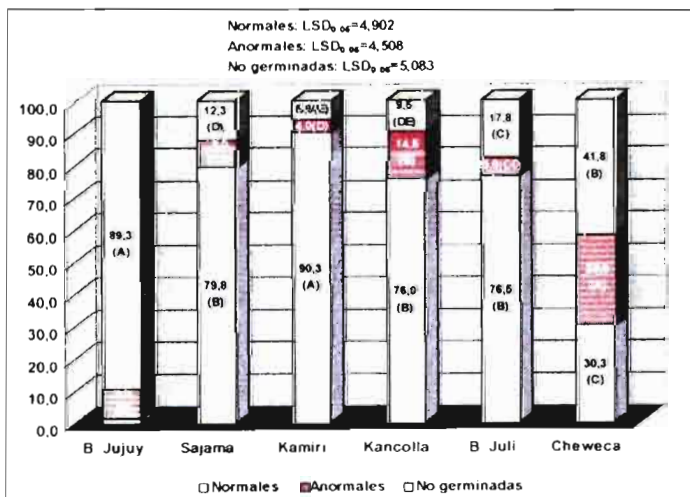


Fig. 6: Germinación de semillas producidas en el ensayo Toledo 1996

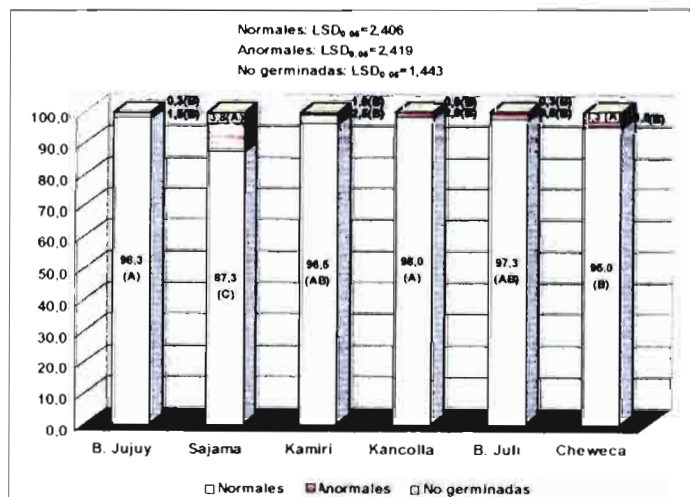


Fig. 7: Germinación de semillas producidas en el ensayo Toledo 1996

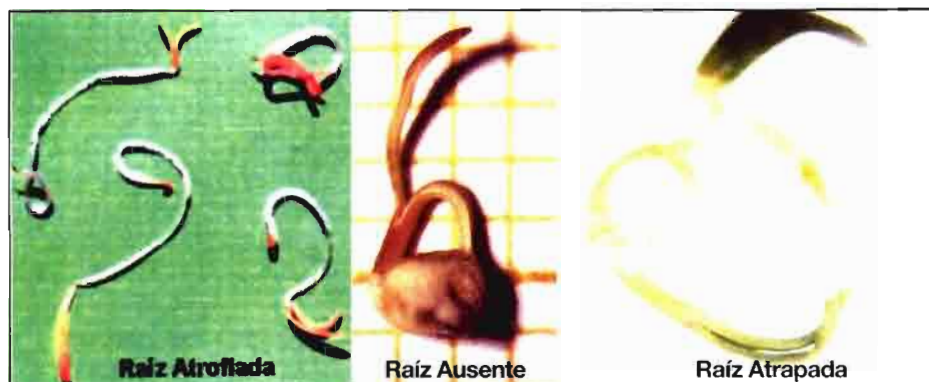


Fig. 8: Anormalidades más frecuentes durante la germinación de quinoa

Tabla 1. Principales anomalías observadas durante la germinación de quinoa

Cultivares cosecha	Raíz atrofiada	Raíz Ausente	Raíz atrapada	Hipocotilo ausente	Plántula deforme
Blanca de Juli					
1993	4±1.4	9±1.1	0.0±0.0	4.25±1.25	0.0±0.0
1995	1.75±0.63	3.25±0.63	0.0±0.0	0.5±0.3	0.25±0.25
1996	2.0±0.4	0.0±0.0	0.5±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0
Cheweca					
1993	3.5±0.9	11±2	0.0±0.0	3.25±1.10	0.0±0.0
1995	11.25±1.2	10.5±0.86	0.0±0.0	4.5±0.5	1.75±0.47
1996	1.75±0.47	0.5±0.5	0.5±0.3	0.25±0.25	0.0±0.0
Kamiri					
1993	3.25±0.94	7.25±0.47	0.0±0.0	2.0±0.7	0.0±0.0
1995	1.25±0.47	1.25±0.62	0.0±0.0	1.0±0.7	0.25±0.25
1996	1.75±0.85	0.0±0.0	0.5±0.3	0.0±0.0	0.0±0.0
Kancolla					
1993	6.25±1.25	9.5±0.6	0.0±0.0	2.75±0.47	0.0±0.0
1995	4.5±0.95	6.5±0.64	0.0±0.0	3.0±0.7	0.5±0.3
1996	0.75±0.47	0.0±0.0	1.0±0.7	0.25±0.25	0.0±0.0
Sajama					
1993	7.75±1.84	9.75±3.09	3.5±2.8	4.50±1.04	1.25±1.25
1995	3.25±0.75	0.0±0.0	3.50±0.64	1.0±0.4	0.25±0.25
1996	2.75±0.75	0.0±0.0	6.0±0.0	0.25±0.25	0.0±0.0
Blanca de Jujuy					
1993	2.75±0.47	8.0±0.81	0.0±0.0	0.50±0.28	0.0±0.0
1995		Baja germinación (ver análisis de tetrazolio)			
1996	1.0±0.0	0.0±0.0	0.50±0.28	0.0±0.0	0.0±0.0

(media (%) ± desv. standard)



Fig. 9: Semilla viable y no viable. Test de tetrazolio. Cultivar Blanca de Jujuy

Andes, plántulas normales (PN) + plántulas anormales (PA) alcanza el 70,42 %, correspondiendo el mayor porcentaje al cultivar Sajama con un 85,25 % y el menor al cultivar Blanca de Juli con 63,75 % (Fig. 4).

Para las semillas de quinoa procedentes de los Andes 1993, el porcentaje de germinación se estimó a los 5 y 14 días.

El porcentaje de semillas germinadas (PN+PA), a partir de semilla producida en el ensayo Toledo 1995, alcanza un promedio general de 70,63 %, correspondiendo el mayor porcentaje al cultivar Kamiri con un 94,25 % y el menor al cultivar Blanca de Jujuy con 10,75 % (Fig. 6). Debido a la baja germinación observada para el cultivar Blanca de Jujuy cosecha 1995, se estudió este lote mediante el test topográfico del tetrazolio.

Para la semilla de quinoa de la cosecha de Toledo 1996, observamos que todos los cultivares muestran alta germinación a los 5 días. El porcentaje de germinación medio llega al 98,58 %, correspondiendo el mayor porcentaje de germinación al cultivar Kancolla con el 100 % y el menor a Cheweca con el 96,75 % (Fig. 7).


Dentro de las anomalías encontradas durante la germinación de las semillas de quinoa, las más frecuentes se localizaban en la radícula, principalmente raíces atrofiadas, ausentes y atrapadas en la cubierta seminal (Fig. 8). El porcentaje de ocurrencia de estas anomalías no es elevado y puede considerarse que no representa un problema para la nascencia y posterior densidad y uniformidad de plantas en el campo.

En general, la semilla producida en España (cosechas 1995 y 1996) presenta menor proporción de anomalías en germinación que la producida en los Andes (cosecha 1993). La excepción es el cultivar Cheweca en la cosecha Toledo de 1995 que presentó algunos problemas de raíz atrofiada y ausente (Tabla 1).

Existe gran diferencia entre el porcentaje de germinación en el laboratorio y de nascencia en el campo, probablemente debido a que la plántula es muy sensible a las condiciones medioambientales, en especial a la temperatura, humedad del suelo y del aire y a la formación de costra en el suelo. La experiencia adquirida con las siembras realizadas entre 1993 y 1997 bajo las condiciones ambientales del invierno y primavera mediterráneo, nos confirma bajas tasas de nascencia en campo, tanto en las siembras de invierno como en las de primavera. Los fallos de nascencia pueden compensarse aumentando la densidad de siembra o actuando sobre las condiciones ambientales, por ejemplo, mediante la utilización de mantas térmicas.

ANÁLISIS DE VIABILIDAD

Se estudiaron los cultivares Blanca de Jujuy, cosecha de 1995, como cultivar con



**LOS QUE LLEVAN AÑOS CULTIVANDO,
ARANDO, SEMBRANDO, CAVANDO, ABONANDO
Y COSECHANDO CON BELLOTA...**



*E*l campo ha sido desde siempre un terreno para el esfuerzo. Un trabajo que, afortunadamente, se ha ido haciendo menos duro con el paso de los años.

En **Bellota**, nos sentimos orgullosos de haber contribuido a ello. Ofreciendo, desde hace 90 años, la más avanzada y completa gama de conjuntos para el recambio agrícola.

Recambios de la más alta calidad que garantizan una **mayor durabilidad y resistencia**. Reduciendo así el desgaste y el riesgo de roturas.

Recambios innovadores que ofrecen el **máximo rendimiento** incluso en condiciones de gran dureza. Como los nuevos **Brazos Rígidos** y **Vibro-Bellota**, las nuevas **Rejas Silver-Bellota** y los **Muelles**.

Recambios que hacen el trabajo más fácil, más cómodo y más rentable. Así es como nos hemos ganado durante años la confianza de miles de agricultores.





**...TAMBIÉN NECESITAN
APRETAR UNA TUERCA.**

Aunque el recambio agrícola haya liberado a los agricultores de tener que trabajar la tierra con sus propias manos, a veces también necesitan echar mano de una llave, un destornillador, un alicate...

Y para eso cuentan también con **una amplia gama de Herramientas Industriales Bellota.**

Herramientas que superan las normas internacionales de calidad más exigentes, mejorando así el estándar nacional de calidad.

Herramientas de total confianza para los agricultores. Porque saben que cuentan **con toda la calidad y la garantía que esperan de una marca como Bellota**



 **BELLOTA**
LA CALIDAD, NUESTRA HERRAMIENTA

Tabla 2. Test de tetrazolio del cultivar Kamiri, cosecha Toledo 1995

Repetición	Tejidos viables		Tejidos no viables	
	Tinción completa	Tinción parcial	No teñidos	Total
A	96	4	0	4
B	93	7	0	7
C	96	4	0	4
D	95	5	0	5
Med±St.Dv.	95±1,414	5±1,414	0±0	5±1,414

Tabla 3. Test de tetrazolio del cultivar Blanca de Jujuy, cosecha Toledo 1995

Repetición	Tejidos viables		Tejidos no viables	
	Tinción completa	Tinción parcial	No teñidos	Total
A	62	24	14	38
B	61	22	17	39
C	65	17	18	35
D	58	22	20	42
Med±St.Dv.	61,5±2,887	21,25±2,986	17,25±2,5	38,5±2,887

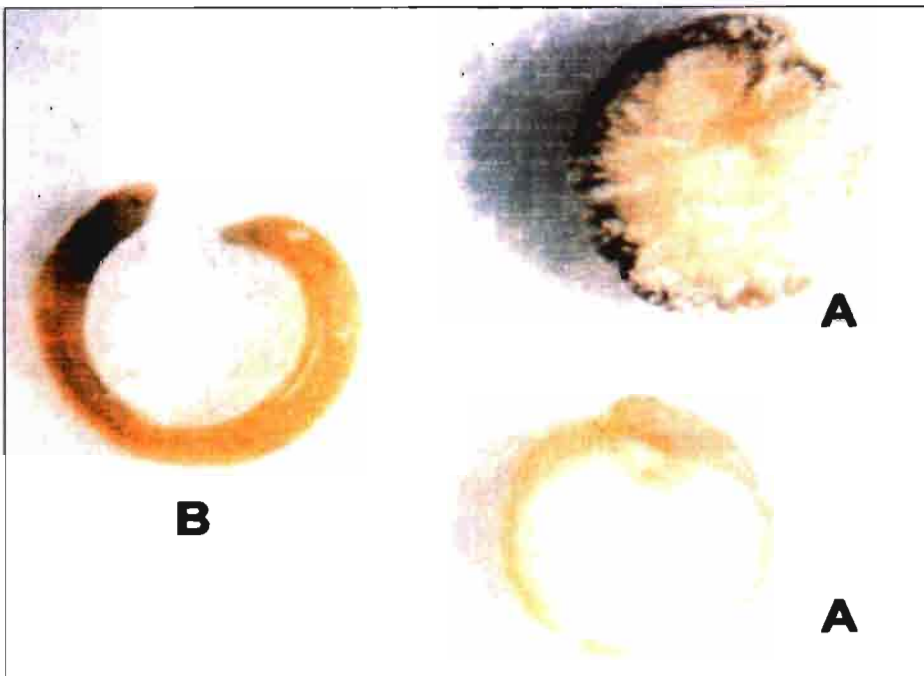


Fig. 10: Embryones y semillas no teñidas, no viables. Cultivar Blanca de Jujuy

fallos en la germinación y Kamiri como referencia por ser el cultivar con mayor germinación para la cosecha de 1995. Los resultados se muestran en las Tablas 2 y 3.

Del estudio comparativo de viabilidad, se observa que existen diferencias significativas entre ambos cultivares en estudio. El cultivar Blanca de Jujuy de 1995, que

presentaba un porcentaje bajo de germinación, tiene menor proporción de semillas que se tiñen de rojo con el cloruro de tetrazolio (tejidos viables) (Fig. 9) y presenta, también, una mayor proporción de semillas no viables: semillas no teñidas (Fig. 10) y tejidos parcialmente teñidos (Fig. 11).

El ensayo topográfico del tetrazolio ha sido

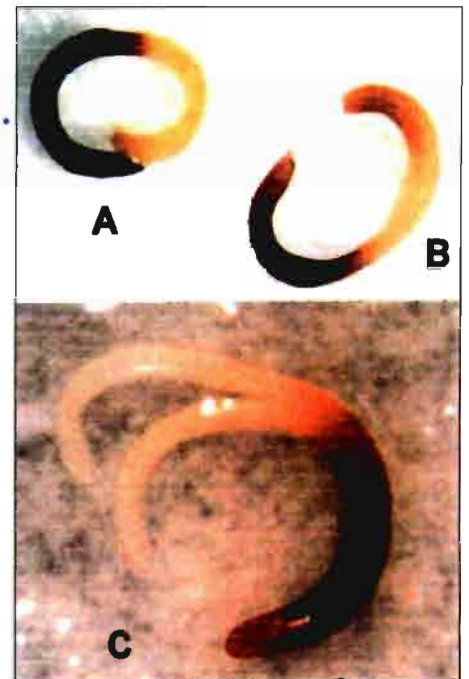


Fig. 11: Anormalidades más frecuentes observadas en el test de Tetrazolio

efectivo para diferenciar dos cultivares que difieren en su comportamiento de germinación. Sin embargo, la proporción de semillas viables estimada mediante esta prueba para el cultivar Blanca de Jujuy (61,5±2,9 %) es muy superior a la observada en los ensayos convencionales de germinación (10,75±4,9 %). Atendiendo a los resultados de este ensayo, esta semilla de la cosecha de 1995 se clasificaría según la ISTA como buena desde el punto de vista de su valor para la siembra.

El test de tetrazolio parece sobrestimar la viabilidad de la semilla. Es muy probable que una proporción de las semillas teñidas sean en realidad no viables.

Como consecuencia de estos ensayos previos, la metodología seguida y propuesta para los ensayos se estableció como sigue:

Especie: *Ch. quinoa*

Prescripciones para:

- 1.- Pre tratamiento: Sin pre tratamiento
- 2.- Substrato: Entre papel (*Between paper*) BP
- 3.- Temperatura: 15 °C
- 4.- Iluminación: 8 horas luz/día
- 5.- Humedad: A saturación (25 mL agua / bandeja*)
- 6.- Primer conteo: 5 días
- 7.- Último conteo: 14 días

* bandeja de metacrilato de 20 x 10 x 2cm

REFERENCIAS

- HERENCIA, L.I. 1998. Comportamiento y actividad biológica de la quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) cultivada en ambiente mediterráneo. Tesis Doctoral. 421 pp
- ISTA. 1985. *Manual de Ensayos al Tetrazolio*. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid. 92 pp
- ISTA. 1993. *International Rules for Seed Testing: Rules 1993. Seed Sci. Technol.* 21, Supl. 294. 1-288.