

DETERMINACION DE LA MADUREZ FISIOLÓGICA Y POTENCIAL DE ALMACENAMIENTO DE SEMILLAS DE ZAPALLO *Cucurbita moschata* (Duch. Ex Lam.) Duch. ex Poir), VARIEDAD "BOLO VERDE"

Hernando Criollo E.¹ - Carlos I. Cardozo C.²
Claudia Guevara³

COMPENDIO

El trabajo se realizó en el municipio de Palmira, Valle del Cauca, Colombia. En la primera fase se evaluó la calidad fisiológica de semillas provenientes de frutos de 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la antesis (DDA); en la segunda, se evaluaron semillas almacenadas al ambiente (24°C y 70% HR) en envases herméticos y no herméticos (bolsas de tela), y en envase hermético en cuarto frío (15°C y 50% HR). Con base en las variables evaluadas, el punto de madurez fisiológica de las semillas se estableció a los 75 DDA; los valores de germinación fueron altos desde los 60 DDA, pero con menor vigor y menor capacidad de almacenamiento que las semillas de 75 DDA. Cuando las semillas de zapallo se secaron al ambiente, hasta un contenido de humedad próximo al 8%, mantuvieron su calidad fisiológica en los distintos ambientes durante los 10 meses evaluados.

Palabras clave : Cucurbita, Semillas, Calidad, Fisiología, Germinación, Almacenamiento

PHYSIOLOGY MATURITY AND SEED STORAGE POTENTIAL OF (*Cucurbita moschata* (Duch. Ex Lam.) Duch. ex Poir), VAR "BOLO VERDE"

SUMMARY

This work was carried out in Palmira, Valle del Cauca, Colombia. In the first phase, the quality of the seeds obtained from fruits of 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days after anthesis old (DAA), were evaluated; in the second phase, the seeds were stored under natural conditions (24°C and 70% RH) in plastic hermetically sealed jars and in cloth bag (non hermetically sealed) and in a cold room (35% RH and 15°C) in plastic hermetical jars; measurements of seed quality were carried out every month during ten months. The maximum physiological quality was observed in seeds of fruits of 75 DAA old (Physiological maturity). The quality of the seeds stored for ten months, did not decrease in none of the environment conditions studied.

Key words: Seed, Quality, Physiology, Germination, Storage

INTRODUCCION

El zapallo es una planta alógama, de variabilidad alta, lo cual dificulta la obtención de semillas de calidad. Además, el conocimiento del comportamiento de las semillas, tanto en sus etapas de formación y maduración como en su almacenamiento, es escaso. Este desconocimiento es acentuado en los materiales regionales seleccionados por el Programa de Mejoramiento de Hortalizas de la Universidad Nacional-Sede Palmira, que en 1997 liberó la variedad "Bolo verde".

Factores cuantitativos y cualitativos relacionados con el fruto y la semilla pueden estar correlacionados con

su calidad fisiológica; el conocimiento y aplicación de dichos factores son importantes en el proceso de producción de semillas. El tiempo transcurrido entre la antesis y la madurez fisiológica varía entre semillas, entre especies, y a veces de un cultivo a otro (Fontes, Mantovani y Silva, 1982).

El punto de máximo peso de materia seca, coincide con aquel en el cual la semilla alcanza el máximo vigor y poder germinativo; en este punto, la semilla desempeña eficientemente las funciones fisiológicas propias y se denomina punto de madurez fisiológica (MAFI); después de este punto, el peso seco, el vigor y el poder germinativo tienden a disminuir debido a

¹ Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias, énfasis en sistemas de semillas, Profesor asociado. Universidad de Nariño. A.A.1175 Pasto; ² Profesor asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, A.A.237; ³ Curadora Banco de germoplasma de yuca. URG, CIAT.A.A. 6713, Cali, Colombia

procesos naturales de deterioro (Popiniguis, 1985). En un buen número de cultivos la longevidad y calidad de las semillas continúan incrementándose después de terminar la fase de llenado (Hay y Probert, 1995); por esta razón se ha introducido el término de "madurez masal" o "madurez física" para denotar el fin de la fase de llenado de la semilla o de máximo peso seco (Ellis y Pioto Filho, 1992) diferenciándola del concepto de "madurez fisiológica".

Chen y otros (1972) estudiaron la influencia del vigor de las semillas, medido como la velocidad de emergencia en campo, sobre el crecimiento en plantas de zapallo, rábano y nabo, demostrando que las semillas vigorosas originaron mejores plantas.

En el almacenamiento de semillas inciden el tiempo, la temperatura y la humedad ambiental; pero factores intrínsecos como el tipo de semillas (ortodoxas, intermedias o recalcitrantes), la madurez, calidad fisiológica, estado sanitario y contenido de humedad, son igualmente importantes para su velocidad de deterioro (Hong y Ellis, 1996).

En este sentido, el presente trabajo pretende contribuir al entendimiento de la fenología del cultivo y fisiología de la semilla de zapallo así como en aspectos de tecnología de semillas con un enfoque en el almacenamiento, lo cual permitirá sentar las bases de un paquete tecnológico para la producción de semillas a nivel comercial por parte de productores locales.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó en dos fases en el municipio de Palmira, departamento de Valle del Cauca (Colombia) ubicado a 980 msnm, con una precipitación anual de 1100 mm y una temperatura promedio de 24°C.

Desarrollo y madurez fisiológica

Con el objeto de estudiar los cambios morfológicos, y la dinámica de la calidad fisiológica de la semilla, se marcaron 150 flores femeninas en el momento de la antesis en un campo de multiplicación de semilla de zapallo Bolo Verde. Se establecieron 6 épocas de evaluación: 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días después de la antesis (DDA).

En cada época se cosecharon 3 frutos, se hicieron observaciones externas e internas y se extrajeron las semillas para medir el contenido de humedad; las demás semillas se secaron al ambiente durante 72 horas, y se evaluaron el peso seco de 100 semillas, la germinación, la emergencia y el vigor, medido como la velocidad de emergencia. Además se observó al estereoscopio la relación embrión/semilla.

A las semillas de 60, 75 y 90 DDA se les hizo una prueba de envejecimiento acelerado (Baskin, 1981) durante 96 horas, exponiéndolas a una temperatura de 40°C y humedad ambiental saturada.

Los datos se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al azar con 6 tratamientos (edad de los frutos) y utilizando la DMS como prueba de comparación de medias.

Potencial de almacenamiento

De 100 frutos maduros (75-90 DDA) se extrajeron manualmente las semillas, se lavaron con agua corriente y se secaron al aire libre durante 15 días hasta alcanzar una humedad cercana al 8%. Luego se distribuyeron en recipientes con 800 semillas y se almacenaron en los siguientes ambientes: a) Cuarto frío del Centro Experimental de la Universidad Nacional-Palmira (15°C y 50% de HR) en envase hermético, b) Medio ambiente a la sombra, en CEUNP (24°C y 70% de HR) en envase hermético y c) En la condición anterior de CEUNP (24°C y 70% de HR) en bolsas de tela.

Durante un periodo de 10 meses y cada mes, se hicieron mediciones de emergencia, velocidad de emergencia (vigor), peso seco de 100 semillas y contenido de humedad.

Al finalizar el periodo de almacenamiento, las semillas se sometieron a envejecimiento acelerado durante 96 horas a 40°C y humedad relativa saturada.

Los datos se analizaron estadísticamente mediante un diseño completamente al azar con tres tratamientos (ambientes de almacenamiento y empaque), 3 repeticiones y 10 épocas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Morfología y anatomía del fruto y de la semilla

Es característico, como indicador de madurez, la aparición de una capa cerosa gris alrededor de los 45 DDA; sin embargo y de acuerdo con la evaluación de las semillas, la madurez fisiológica coincide aproximadamente con el secamiento del zarcillo y el pedúnculo leñoso observado a los 75 DDA (*Cuadro 1*). En esta época se alcanza un desarrollo completo del embrión ocupando todo el volumen interno de la semilla. Dichos resultados coinciden con trabajos realizados con distintas especies (Fontes, Mantovani y Silva, 1982, Popiniguis, 1985).

El fruto crece rápidamente a partir del día de la antesis alcanzando, los máximos valores de diámetro, peso fresco y grosor de la pulpa a los 75 DDA (*Cuadro 2*), época que se puede considerar como madurez de cosecha.

CUADRO 1. Descriptores generales para frutos de zapallo VAR. Bolo verde de diferentes edades

Edad Fruto DDA ¹	COLOR						Volúmen Embrion/ Semilla (%)
	Externo	Pulpa	Placenta	Semilla	Pedúnculo	Zarcillo	
15	Verde oscuro (28) ²	amarillo claro (79)	crema (73)	crema (75)	verde herbáceo	herbáceo	10
30	verde oscuro (27)	amarillo (84)	naranja (83)	crema (75)	verde herbáceo	herbáceo	60
45	verde (28) capa gris	naranja int (66)	crema (69)	crema (73)	verde herbáceo	herbáceo	75
60	verde (26) capa gris	naranja int (66)	naranja (68)	crema (69)	ligeramente leñoso	secamiento apical	90
75	verde (26) capa gris	naranja int (66)	naranja (68)	crema (69)	leñoso	seco	90
90	verde (26) capa gris	naranja int (66)	naranja (68)	crema (69)	leñoso	seco	90

¹ DDA: Días después de la antesis

² Según cuadro de colores propuesto por Muñoz, Giraldo y Fernandez de Soto (1993), basado en la Tabla de Munsell.

CUADRO 2. Promedios del diámetro (cm), peso fresco (g) y grosor de la pulpa (cm) de frutos de zapallo cosechados en diferentes épocas de su desarrollo (DDA)

DDA	DIAMETRO (cm) $\mu \pm s$	PESO FRESCO (g) $\mu \pm s$	GROSOR PULPA (cm) $\mu \pm s$
15	16.73 \pm 4.33	2468 \pm 1282	2.6 \pm 0.95
30	17.5 \pm 1.32	2426 \pm 398.4	3.0 \pm 0.70
45	18.3 \pm 2.75	2833 \pm 710.8	2.8 \pm 0.29
60	18.7 \pm 2.93	2710 \pm 476.5	3.0 \pm 0.50
75	19.5 \pm 2.17	3156 \pm 678.3	2.8 \pm 0.29
90	19.0 \pm 1.00	2833 \pm 505.2	3.0 \pm 0.20

Madurez fisiológica de la semilla

Con base en las variables evaluadas, el punto de madurez fisiológica fue establecido con base en el criterio de mayor germinación, emergencia y vigor de las semillas (Popiniguís, 1985; Pereira et al., 1980). El mayor peso seco de 100 semillas determinó el punto de madurez física.

La humedad de las semillas decreció desde cerca del 90% , en hasta 32.67%, en frutos cosechados a 15 y 90 DDA, respectivamente; comportamiento que puede explicarse por la sustitución de materiales osmóticos por carbohidratos y otras moléculas grandes con poca capacidad de absorción de agua (Milthorpe y Moorby, 1982; Chapman y Galleschi, 1985; Bewley y Black, 1983).

El peso seco de 100 semillas, la germinación, la emergencia y el vigor de las semillas, presentaron un comportamiento similar al patrón de crecimiento vegetal, Función logística (Popiniguís, 1985, Deluche, 1971); inicialmente es lento pero se incrementa rápidamente con el tiempo hasta alcanzar valores estables; a los 60 DDA la germinación y a los 75 DDA el peso seco, la emergencia y el vigor de las semillas no mostraron diferencias estadísticas respecto a los valores correspondientes a semillas de 90 DDA.

La prueba de envejecimiento acelerado utilizada como prueba de vigor, mostró pérdida significativa del poder germinativo de las semillas de 60 DDA, lo cual permite concluir para fines prácticos que éstas requieren de un mayor periodo de maduración en el fruto para alcanzar

un buen potencial de almacenamiento (Delouche y Baskin, 1973; Pereira et al, 1980); además, se pudo establecer que la prueba de germinación no fue un buen indicativo para establecer la mejor calidad de las semillas, dado que no se presentaron diferencias significativas en germinación a partir de los 60 DDA (Cuadro 3). Trabajos en conservación de semillas en condiciones controladas exige de pruebas complementarias de vigor que permitan detectar cambios en el deterioro de la semilla (Vertucci and Roos, 1990)

El análisis del comportamiento de las variables permitió determinar que en semillas de zapallo variedad Bolo verde, la madurez fisiológica se presenta entre los 75 y los 90 DDA; durante este periodo se presentan los mayores valores de germinación, emergencia y vigor de las semillas (Figura 1). Estas observaciones son de gran importancia para los productores de semilla de zapallo, por cuanto permiten recomendar un tiempo mínimo de 75 DDA para la cosecha de frutos destinados a la producción de semillas.

CUADRO 3. Promedios del peso seco de 100 semillas (g), contenido de humedad (%), germinación (%), emergencia (%), y velocidad de emergencia (índice de vigor) de semillas provenientes de frutos con diferente grado de madurez

EDAD		PESO UNIDAD (g/100 sem)	HUMEDAD %	DESCRIPTOR		
DDA	PRUEBA			GERMINACION %	EMERGENCIA %	VELOCIDAD GERM. ¹
15		1.85	83.21	0	0	0
30		2.57	72.95	0	0	0
45		3.69	71.18	21	14	2.13
60		8.13	39.66	92	72	10.89
60	EA ²			49		
75		8.59	36.36	94	91	14.70
75	EA			89		
90		8.93	32.67	95	92	14.98
90	EA			94		

1 Índice de vigor propuesto por Popiniguís (1985)

2 Prueba de Envejecimiento Acelerado, 96 horas a 40°C y 100% de humedad relativa

La semilla es un órgano de reserva por excelencia. En la etapa reproductiva la planta transloca gran parte de sus productos fotosintéticos hacia las semillas, en las cuales debe haber suficiente humedad para que estos productos puedan ser aprovechados como material de reserva. A medida que el contenido de humedad decrece, la utilización de los fotosintatos se reduce hasta un punto en que la semilla se independiza de la planta (Bewley y Black, 1983; Chapman y Gallieschi, 1985; Milthorpe y Moorby, 1982). Se debe anotar que la humedad no alcanza valores estables aún hasta los 90 DDA, indicando que la semilla no ha alcanzado su completa independencia de la planta y que todavía está influenciada por los cambios en potenciales hídricos en el fruto.

Potencial de almacenamiento

Los análisis de varianza y las pruebas de comparación de medias mostraron que la emergencia y el peso seco de las semillas no presentaron diferencias estadísticas cuando se almacenaron en los diferentes ambientes (Cuadros 4 y 5); el vigor (velocidad de emergencia) y el

contenido de humedad presentaron diferencias estadísticas. Las semillas almacenadas a baja temperatura (15°C) y en envase hermético y las semillas almacenadas al ambiente (24°C) en bolsas de tela, presentaron mayor vigor. De nuevo, se confirma la necesidad de utilizar pruebas mas sensibles como son las de vigor, para lograr detectar diferencias en calidad fisiológica de semillas de especies con bajas tasas de deterioro o entre ambientes controlados de almacenamiento.

Estas observaciones permiten afirmar que las semillas de zapallo tienen buen potencial de almacenamiento, pues conservan viabilidad alta por un tiempo mínimo de 10 meses bajo las condiciones ambientales de Palmira. Esta potencialidad se pudo comprobar mediante la prueba de envejecimiento acelerado que se realizó a las semillas al final del almacenamiento. Igualmente se puede afirmar que las semillas de zapallo pueden almacenarse en las condiciones estudiadas, por tiempos más prolongados y sin riesgo de afectar significativamente su vigor, sin requerir ni envases herméticos ni ambientes con control de baja temperatura (aire acondicionado).

CUADRO 4. Promedios de las variables emergencia, vigor, peso seco de 100 semillas y contenido de humedad de semillas de zapallo almacenadas en diferentes ambientes durante 10 meses

AMBIENTE	TIEMPO (Mes)	EMERGENC (%)	VIGOR ¹ (Indice)	PS100	HUMEDAD
A	0	88.00	15.93	9.52	8.30
A	1	90.50	16.55	9.21	9.41
A	2	89.00	15.66	9.17	10.07
A	3	90.00	14.90	9.04	12.40
A	4	95.50	18.33	9.27	9.85
A	5	92.50	16.10	9.22	10.35
A	6	93.00	16.45	9.29	10.32
A	7	93.50	16.97	9.26	9.13
A	8	96.50	18.41	9.22	9.16
A	9	95.00	16.97	9.21	8.67
A	10	94.50	16.88	9.09	8.64
A	ENVEJECIM.	94.00	18.77		
AH	0	88.00	15.93	9.52	8.30
AH	1	86.50	15.54	9.12	8.48
AH	2	85.50	15.12	8.97	8.49
AH	3	92.50	15.91	9.21	8.74
AH	4	91.50	16.09	9.10	8.47
AH	5	89.00	16.13	9.21	8.84
AH	6	89.63	15.81	9.12	8.63
AH	7	99.00	15.83	9.40	8.50
AH	8	98.50	16.87	9.38	8.70
AH	9	92.50	15.78	9.20	8.28
AH	10	93.00	15.78	9.20	8.24
AH	ENVEJECIM.	96.00	19.13		
CF	0	88.00	15.93	9.52	8.30
CF	1	90.50	17.02	9.17	8.51
CF	2	94.00	17.20	9.22	8.10
CF	3	96.00	16.91	9.30	8.48
CF	4	96.00	16.91	9.30	8.48
CF	5	94.00	16.17	9.34	8.22
CF	6	96.50	18.23	9.27	8.80
CF	7	99.00	18.62	9.36	8.93
CF	8	95.50	18.00	9.31	9.07
CF	9	94.00	16.17	9.25	8.85
CF	10	93.50	16.27	9.26	8.65
CF	ENVEJECIM.	95.50	19.10		
DMS(0.05) ²		4.58	0.97	0.35	0.37

¹ Calculado según la fórmula propuesta por Popinigis (1985)² Comparador para promedios obtenidos en los diferentes ambientes, durante un mismo período de tiempo.

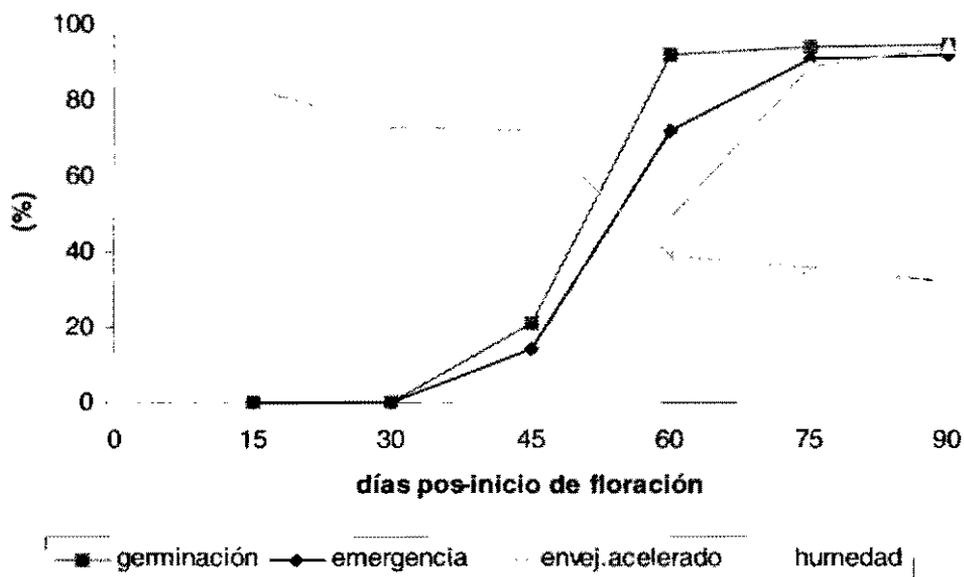


FIGURA 1. Dinámica de la madurez fisiológica de la semilla de zapallo, PS1100 (peso seco de 100 semillas), humedad (base húmeda), germinación (plántulas normales), vigor 1 (envejecimiento acelerado), vigor 2 (índice)

CUADRO 5. Análisis de varianza para la emergencia, velocidad de emergencia (vigor), peso seco de 100 semillas y contenido de humedad de semillas almacenadas en diferentes ambientes al terminar el almacenamiento (10 meses)

F. DE V.	GL	CUADRADOS MEDIOS			
		EMERGENCIA	VIGOR	PS100	HUMEDAD
TRATAM	2	2.3	1.2*	0.00	0.20*
REPET	3	22.3	1.5*	0.05	0.02
ERROR	6	2.3	0.2	0.04	0.01
C.V		1.63	2.6	2.19	1.18

* Diferencia significativa al 95%

AGRADECIMIENTO

Al Programa de Investigación en Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira con cuyos fondos se hizo posible la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- BASKIN, C.C. Envejecimiento acelerado. En: Manual de métodos de ensayos de vigor. Madrid : Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. 56p, 1981
- BEWLEY, J.D. and BLACK, M. Physiology and biochemistry of seeds. Vol I and II. New York : Springer-Verlag, 1983.
- CHAPMAN, J.M. and GALLESCHI, L. The control of food mobilization in seeds of *Cucumis sativus* L. VI. The production of starch. *Annals of Botany*, 55:29-34, 1985
- CHEN, C. et al. Influence of quality of seed on growth, development and productivity of some horticultural crops. *Proc. Int. Seed Tests Ass.* 37(3):923-939. 1972
- DELUCHE, J.C. 1971. Precepts of seed storage. In *Handbook of seed Technology*. Mississippi State University. Pp 119-53
- _____ and BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. & Technol.* 1: 427-452, 1973
- ELLIS, R. and PIETO FILHO, C. Seed development and cereal seed longevity. *Seed Science Research.* 2:9-15. 1992
- FONTES, E.; MANTOVANI, E. y SILVA, R. Influencia da idade e armazenamento dos frutos na qualidade de sementes de abobora. *Rev. Brasileira de sementes, Brasilia.* 4(1):77-87. 1982
- HAY, P. and PROBERT, R. Seed maturity and the effects of different drying on desiccation tolerance and seed longevity in foxglove (*Digitalis purpurea* L.). *Annals of botany company.* 76:639-647. 1996
- HONG, T. and ELLIS, R. A protocol to determine seed storage behaviour. *International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)*, Roma. 63 p. 1996
- MUÑOZ, G.; GIRALDO, G. and FERNANDEZ DE SOTO, J. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. *Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali.* 154 p. 1993
- MILTHORPE, F. Y MOORBY, J. *Introducción a la Fisiología de cultivos.* Buenos Aires : Hemisferio Sur. 259 p. 1982
- PEREIRA, A.L. et al. Influencia da idade do fruto sobre a qualidade da semente do jiló. *Rev. Brasileira de sementes,* 2(1): 75-80, 1980
- POPINIGIS, F. *Fisiologia da semente.* 2 ed. Brasilia. 289 p. 1985
- VERTUCCI, C. W. And ROOS, E.E. 1990. Theoretical basis of Protocols for Seed Storage. *Plant Physiol.* 94, 1019-1023