

CALIDAD DE SEMILLA EN COLECTAS DE CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.) DE LOS VALLES CENTRALES DE OAXACA, MÉXICO*

SEED QUALITY IN CHILE DE AGUA (*Capsicum annuum* L.) LANDRACES FROM VALLES CENTRALES, OAXACA, MEXICO

Erik Pablo Carrillo¹, José Apolinar Mejía Contreras^{1§}, Aquiles Carballo Carballo¹, Gabino García de los Santos¹, Víctor Heber Aguilar Rincón² y Tarsicio Corona Torres²

¹Programa de Recursos Genéticos y Productividad, Producción de Semillas y ²Genética, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 carretera México-Texcoco. C. P. 56230. Montecillo, Estado de México. (erikpc@colpos.mx), (carballo@colpos.mx), (garcia@colpos.mx), (tcoronat@colpos.mx). Tel. y Fax: 01 595 95 2 02 62. [§]Autor para correspondencia: mapolina@colpos.mx.

RESUMEN

El cultivo del chile de agua es económicamente importante en los Valles Centrales de Oaxaca, debido a su consumo generalizado en esta región. La semilla utilizada para la siembra de este cultivo se obtiene de forma artesanal, debido a esto se desconocen los estándares de calidad de semilla tanto físicos como fisiológicos. El objetivo fue determinar la calidad física y fisiológica de la semilla de 14 colectas de chile de agua. Se establecieron tres ensayos bajo condiciones de campo, uno en el ciclo primavera-verano y otro en otoño-invierno de 2004 en San Sebastián Abasolo, Oaxaca, y otro bajo condiciones de invernadero en Montecillo, Estado de México. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se cosecharon cinco frutos maduros de cada una de cinco plantas por parcela. Las variables evaluadas fueron: peso de mil semillas, peso volumétrico, germinación estándar y con envejecimiento acelerado, longitud de plántula y raíz, peso seco de plántula y raíz. En un análisis de componentes principales (CP) los dos primeros explicaron 98.36% de la variabilidad observada. Las variables importantes en el CP1 fueron: peso de mil semillas, peso volumétrico y longitud de plántula; y para el CP2 germinación con y sin envejecimiento acelerado. Un análisis de conglomerados formó cuatro grupos; las

colectas de San Sebastián Abasolo y Santiaguito mostraron alta calidad física y fisiológica de semilla, reflejada en un mayor porcentaje de germinación, respuesta favorable al envejecimiento acelerado, mayor peso de mil semillas y peso volumétrico, así como mayor acumulación de materia seca en los tres ensayos.

Palabras clave: análisis discriminante, conglomerados, chile criollo, semilla artesanal.

ABSTRACT

The crop of “chile de agua” in the Central Valley of Oaxaca is economically important due to its generalized consumption in this region. The seed to establish this crop is obtained through the traditional method, for this reason the physical and physiological quality standards of those seeds is unknown. The aim of this research was to determine the physical and physiological quality in the seed of 14 landraces of “chile de agua” produced in three environments. The 14 landraces were sown at San Sebastián Abasolo, Tlacolula, Oaxaca during the 2004 spring-summer and fall-winter

* Recibido: Mayo, 2007
Aceptado: Enero, 2009

cycles under field condition and at Montecillo, Mexico under greenhouse conditions. The experimental design was a randomized complete block with four replications. From the three environments five ripened fruits from each of five plants per plot were taken for seed evaluation. The physical quality of the seed was evaluated through the weight of 1000 seeds and volumetric weight, whereas the physiological quality by means of standard germination and after accelerated aging, seedling and root length and dry weight. In a principal component analysis the first two components explained 98.36% of the total variation; the variables important in the first component were weight of 1 000 seeds, volumetric weight and seedling length, for the second component were germination with and without accelerated aging. A cluster analysis formed four groups of landraces; landraces from San Sebastián Abasco and Santiaguito showed high physical and physiological seed quality reflected in a higher percentage of germination and favorable response to accelerated aging and greater volumetric and one thousand seeds weight, as well as greater accumulation of dry matter in the three environments.

Key words: artisanal seed, cluster, chili landraces, discriminant analysis.

INTRODUCCIÓN

En la producción de chile en México los requerimientos de semilla corresponden en su mayoría a variedades nativas, producidas por el propio agricultor (Montes y Martínez, 1992). En los Valles Centrales de Oaxaca el procedimiento para obtener la semilla de chile de agua es artesanal, pocos productores dejan en su parcela un área exclusiva para producción de semilla (López, 1989). Además de la diversidad genética existente entre y dentro de las poblaciones, se observa una pobre calidad genética de la semilla de los cultivares criollos, que afecta también la calidad fisiológica y física.

En la producción comercial de semillas la calidad está determinada por un conjunto de atributos, donde la calidad genética, física, sanitaria y fisiológica juegan un papel importante (Besnier, 1989; Copeland y McDonald, 1995). La calidad fisiológica implica la integridad de las estructuras y procesos fisiológicos, siendo los

principales indicadores: la viabilidad, germinación y vigor, que dependen del genotipo (Perry, 1972; Moreno *et al.*, 1988). Entre los factores que pueden tener efecto en la calidad de la semilla están el grado de madurez y tiempo de maduración de la semilla después de la cosecha. Randle y Honma (1981) mencionan que en Chile las semillas completan su madurez fisiológica en un período de reposo que varía de una a seis semanas después de que los frutos fueron cosechados, dependiendo del tipo de Chile.

Los factores relacionados con la calidad física de la semilla son: contenido de humedad, peso por volumen y pureza. También se puede considerar el color, tamaño de semilla, peso de mil semillas y daño por hongos e insectos. Las semillas deben reunir ciertos estándares de calidad dependiendo de la especie para ser consideradas de buena calidad física (Moreno, 1996).

Puente y Bustamante (1991) observaron en Chile habanero que al avanzar el estado de madurez del fruto hubo un incremento en el porcentaje de germinación y viabilidad de la semilla. Doijode (1991) estudió el efecto de la posición dentro del fruto (base, medio y punta) en la calidad de semilla de Chile; este autor encontró que el porcentaje de germinación de las semillas de la base fue mayor en comparación con las de la parte media y de la punta del fruto. Por su parte, Cochran (1974) observó en pimiento morrón que porcentaje de germinación y emergencia de las semillas grandes fue mayor y produjeron plántulas más vigorosas, uniformes y con mayor cantidad de materia seca en comparación con las de semilla chica. Edwards y Sundstrom (1987) evaluaron el efecto de la madurez del fruto y del tiempo de cosecha y posmaduración en la germinación de Chile Tabasco. Estos autores obtuvieron porcentajes de germinación 81% al haber cosechado frutos rojos; además, el porcentaje de germinación se elevó 86% después de un período de posmaduración de 21 días a 25 °C.

Los programas de mejoramiento genético prestan poca atención a la semilla y sus caracteres intrínsecos. No obstante, estos caracteres pueden facilitar la producción, mejorando la emergencia en campo y favoreciendo un mayor rendimiento (Carballo, 1992). Considerando la importancia y la gran diversidad existente de materiales criollos del Chile de agua en los Valles Centrales de

Oaxaca, de los cuales se desconocen los estándares de calidad de semilla, el objetivo de la presente investigación fue determinar la calidad física y fisiológica de la semilla en colectas de chile de agua producidas en diferentes ambientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta investigación se utilizaron 14 materiales nativos de chile de agua colectados en los valles Centrales del estado de Oaxaca (Cuadro 1).

Cuadro 1. Colectas de chile de agua y ubicación geográfica del sitio de colecta.

Registro de colecta	Localidad	Municipio	Altura (m)	Latitud N	Longitud O
CHA1	Ejutla de Crespo (EJU)	Ejutla	1 504	16° 33'	96° 43'
CHA2	San Jerónimo Tlacoahuaya (TCH)	Tlacolula	1 600	17° 00'	96° 35'
CHA3	San Juan Guelavia I (SJGI)	Tlacolula	1 600	16° 57'	96° 32'
CHA4	Santiago Apóstol (SAP)	Ocotlán	1 477	16° 48'	96° 43'
CHA5	San Sebastián Abasolo (SSA)	Tlacolula	1 575	16° 59'	96° 35'
CHA6	San Francisco Lachigolo (SFL)	Tlacolula	1 607	17° 00''	97° 35'
CHA7	San Pablo Huitzo (SPH)	Etla	1 760	17° 16'	96° 52'
CHA8	Santiaguito (SAN)	Etla	1 643	17° 12'	96° 47'
CHA9	Zimatlán de Álvarez (ZIM)	Zimatlán	1 976	16° 51'	96° 47'
CHA10	San Sebastián Teitipac (SST)	Tlacolula	1 620	16° 57'	96° 36'
CHA11	Villa Sola de Vega (SV)	Sola de vega	1 598	16° 30'	97° 58'
CHA12	San Juan Guelavia II (SJGII)	Tlacolula	1 600	16° 57'	96° 32'
CHA13	Tlacolula de Matamoros I (TLAI)	Tlacolula	1 584	16° 57'	96° 28'
CHA14	Tlacolula de Matamoros II (TLAII)	Tlacolula	1 584	16° 57'	96° 28'

La semilla de las colectas se sembró en campo en condiciones de riego en San Sebastián Abasolo, Oaxaca, en los ciclos primavera-verano y otoño-invierno de 2004, y en condiciones de invernadero en el ciclo otoño-invierno de 2004 en Montecillo, Texcoco, Estado de México. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental consistió de un surco de 10 m de longitud en el que fueron transplantadas dos plantas por mata cada 30 cm. En el invernadero la parcela experimental consistió de 10 macetas con dos plantas por maceta (bolsas de polietileno negro de 30 x 30 cm), con una capacidad de 6 kg. Se utilizó tezontle rojo granulado como sustrato. Al llegar a la madurez (coloración rojo intenso) se cosecharon cinco frutos por planta y se secaron al sol antes de extraer la semilla. La semilla aprovechable se obtuvo con un separador neumático vertical de 4 cm de diámetro y 50 cm de largo. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de análisis de semillas del programa de producción de semillas del Instituto de Recursos Genéticos y Productividad del Colegio de Postgraduados.

Variables evaluadas:

Prueba de germinación. Para esta prueba se emplearon cuatro repeticiones de 25 semillas de acuerdo con las recomendaciones de la International Seed Testing Association (2004). Los caracteres evaluados fueron: porcentaje de germinación con base en las plántulas con raíz, hipocotilo y epicotilo bien desarrollados, sanas y sin malformaciones a los 15 días de iniciada la prueba.

Longitud de plántula. Se tomó una muestra de cinco plántulas normales al azar en cada repetición y se midió la longitud en cm del cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja más larga.

Longitud de raíz. En cinco plántulas normales tomadas al azar, se midió la longitud de la raíz en cm desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la misma.

Peso seco de la parte aérea. En cinco plántulas normales elegidas al azar se pesó la parte aérea, después de ser secadas a 75 °C durante 72 h.

Peso seco de raíz. Peso en gramos de las raíces en cinco plántulas normales, después de ser secadas a 75 °C durante 72 h.

Peso de mil semillas. Se pesaron 25 semillas en ocho repeticiones y se calculó la proporción correspondiente al peso de mil semillas.

Peso volumétrico. Para tomar el peso volumétrico se utilizó una probeta de 10 ml, se pesaron 2 g de c/u de las 14 muestras midiéndose posteriormente el volumen. Transformando, el valor obtenido a kg Hl.

Prueba de envejecimiento acelerado. Se utilizó la metodología propuesta por Delouche y Baskin (1996), la cual consistió en someter las semillas a una temperatura de 45 °C ± 1 °C y a una humedad relativa del 100%, por un período de 48 h. Se utilizaron cajas de plástico de 10 x 10 x 3.5 cm, a las que se les agregaron 40 ml de agua destilada, colocando una malla de alambre por encima del nivel del agua como medio de soporte de las semillas y así evitar el contacto de éstas con el agua. En cada caja se depositaron 100 semillas por colecta obtenidas en campo. Después del período de envejecimiento la semilla se evaluó en una prueba de germinación estándar de acuerdo con las recomendaciones de ISTA (2004), para lo cual se establecieron cuatro repeticiones de 25 semillas por tratamiento y se realizó un sólo conteo a los 15 días. Se realizó un análisis de varianza bajo un diseño de bloques completamente al azar y una comparación de medias

mediante la diferencia significativa honesta. Posteriormente se efectuó un análisis de componentes principales para determinar las variables que explican en mayor grado la variabilidad de las colectas (Pla, 1986). Se realizó un análisis de conglomerados jerárquico mediante el ligamiento promedio a partir de las distancias euclidianas. Con la matriz de distancias se construyó un dendrograma por el método de ligamiento medio (Van-Tongeres, 1997). Para verificar la certeza del agrupamiento se realizó un análisis de varianza con un criterio de clasificación (efecto de grupos) así como un análisis discriminante múltiple para comparar las diferencias entre los grupos (Mardia *et al.*, 1979), se usó el software SAS V8.0 (1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para caracteres de semilla los resultados del análisis de varianza muestran que para todas las variables hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre localidades. De igual forma para colectas hubo diferencias altamente significativas en los caracteres evaluados; para la interacción ambiente x colecta se observaron diferencias altamente significativas en todas las variables excepto para PSR (Cuadro 2). Este último carácter mostró nula variación a través de ambientes. Estos resultados muestran diferencias en la calidad física y fisiológica de la semilla en las colectas, así como las diferencias entre localidades de producción.

Cuadro 2. Cuadrados medios para ocho caracteres de semilla determinados en 14 colectas de chile de agua (*Capsicum annuum* L.).

Fuente de variación	GL	GE	EA	PV	PMS	LPL	LRA	PSA	PSR
Ambiente	2	10.49*	44.39**	267.68**	7.78**	9.12**	0.04**	3.41**	0.004**
Colecta	13	336.2**	119.4**	6.90**	1.81**	4.41**	0.02**	2.07**	0.003**
Amb x col	26	7.31**	6.78**	7.77**	0.22**	0.17**	0.0008**	0.10**	0.0001
Error	117	2.91	2.4	1.05	0.03	0.08	0.0003	0.05	0.0009
C.V (%)		2.70	3.76	3.26	3.24	4.26	4.34	4.88	5.41
R ²		0.93	0.88	0.92	0.92	0.89	0.89	0.85	0.83

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; GE= germinación; EA= envejecimiento acelerado; PV= peso volumétrico; PMS= peso de mil semillas; LPL= longitud de plántula; LRA= longitud de raíz; PSA= peso seco de parte aérea; PSR= peso seco de raíz.

En las variables germinación y envejecimiento acelerado, las colectas de San Sebastián Abasolo con 92.7 y 51.4% y Santiaguito con 89.6 y 49.3%, tuvieron mayor calidad fisiológica de semilla, reflejada

en un mayor porcentaje. Por otra parte, los porcentajes mas bajos se registraron en las colectas Zimatlán (70.0 y 33.2 %) y Sola de Vega (70.6 y 33.6) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valor medio para ocho caracteres de calidad de la semilla en 14 colectas de chile de agua producidas en tres ambientes.

Colecta	GE	EA	PV	PMS	LPL	LRA	PSA	PSR
CHA 1	74.9 de	36.3 d-f	30.17 f-h	5.15 f-h	6.25 ef	0.4257 d-f	4.483 c	0.1696 c
CHA 2	77.3 d	39.1 b-d	31.10 d-g	5.31 d-g	6.16 ef	0.4201 ef	4.525 c	0.1726 c
CHA 3	72.9 e-g	35.3 ef	29.91 gh	5.11 gh	6.27 ef	0.4282 d-f	4.583 c	0.1744 c
CHA 4	75.9 cde	37.7 c-e	29.53 hi	5.04 hi	6.35 de	0.4320d de	4.508 c	0.1696 c
CHA 5	92.7 a	51.4 a	36.57 a	6.24 a	7.76 a	0.5310 a	5.733 a	0.2213 a
CHA 6	81.3 c	40.4 bc	32.40 cd	5.53 cd	7.30 b	0.4975 b	5.183 b	0.1979 b
CHA 7	83.5 c	41.6 b	33.40 c	5.70 c	7.47 ab	0.5105 ab	5.241 b	0.2018 b
CHA 8	89.6 b	49.3 a	34.90 b	5.96 b	7.52 ab	0.5149 ab	5.291 b	0.2034 b
CHA 9	70.0 g	33.2 f	28.37 i	4.84 i	5.90 f	0.4006 f	4.358 c	0.1651 c
CHA 10	74.1 d-f	36.3 d-f	30.46 e-h	5.20 e-h	6.34 de	0.4311 de	4.575 c	0.1777 c
CHA 11	70.6 fg	33.6 f	29.08 hi	4.96 hi	6.08 ef	0.4115 ef	4.400 c	0.1666 c
CHA 12	74.4 de	36.6 d-f	31.35 d-f	5.35 d-f	6.43 c-e	0.4377 c-e	4.641 c	0.1777 c
CHA 13	83.9 c	41.8 b	31.68 de	5.41 de	6.67 cd	0.4532 cd	4.583 c	0.1755 c
CHA 14	84.21 c	42.1 b	32.03 cd	5.47 cd	6.78 c	0.4604 c	4.633 c	0.1775 c
DSH 0.05	2.39	2.05	1.435	0.244	0.398	0.0276	0.3256	0.0138

GE= germinación; EA= envejecimiento acelerado; PV= peso volumétrico; PMS=peso de mil semillas; LPL= longitud de plántula; LRA= longitud de raíz; PSA= peso seco parte aérea; PSR= peso seco de raíz. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 0.05).

Para los caracteres de calidad física de la semilla como peso de mil semillas y peso volumétrico, las colectas San Sebastián Abasolo con 36.57 kg hL y 6.24 g; Santiaguito con 34.90 kg hL y 5.96 g; y San Pablo Huitzo con 33.40 kg hL y 5.70 g fueron las de mayor peso. En contraste, las de Zimatlán y Sola de Vega presentaron 28.37 kg hL y 4.84 g; 29.08 kg hL y 4.96 g. Hubo diferencias significativas entre colectas para la calidad física de la

semilla reflejada en su peso. Las colectas de San Sebastián Abasolo, Santiaguito y San Pablo Huitzo mostraron mayor longitud de plántula y raíz con 7.76 y 5.73 cm; 7.52 y 5.29 cm; 7.74 y 5.24 cm, respectivamente; así como para el peso seco de estas variables, que para San Sebastián Abasolo fue de 0.5310 y 0.2213 mg, Santiaguito 0.5149 y 0.2034 mg, y San Pablo Huitzo 0.5105 y 0.2018 mg de materia seca producida para plántula y raíz (Cuadro 3).

El peso de la semilla estuvo correlacionado con el tamaño de plántula y producción de materia seca, ya que las colectas de San Sebastián Abasolo, Santiaguito y San Pablo Huitzo que presentaron mayor peso de semilla también produjeron plántulas de mayor tamaño y acumularon más materia seca que el resto de las colectas.

Los resultados coinciden con los obtenidos por Cochran (1974), quien al evaluar caracteres de calidad física y fisiológica de la semilla en pimiento morrón observó que porcentaje de germinación y acumulación de materia seca en la semilla grande fue mayor en relación con los de semilla chica. Carballo (1992) señaló que la calidad física

y fisiológica es un elemento esencial a considerar en la producción de semillas, así como también es importante conocerlos, para el establecimiento y producción de cultivos con altos índices de calidad.

El análisis de componentes principales mostró que los dos primeros componentes contribuyeron a explicar 98.36% de la variación total. El componente principal 1 con un valor propio de 7.25, explicó 94.50% de la variación total, donde las variables de mayor contribución fueron peso de mil semillas, peso volumétrico y longitud de plántula. Las primeras dos variables corresponden a la calidad física de la semilla, y la última está relacionada con el vigor (Cuadro 4).

Cuadro 4. Vectores y valores propios de los componentes principales CP1 y CP2 de las variables analizadas en semilla de 14 colectas de chile de agua producida en tres ambientes.

Variable	CP1	CP2
Germinación (GE)	0.3472	0.5005
Envejecimiento acelerado (EA)	0.3466	0.5195
Peso volumétrico (PV)	0.3590	0.1446
Peso de mil semillas (PMS)	0.3592	0.1377
Longitud de plántula (LPL)	0.3555	-0.2420
Longitud de raíz (LRA)	0.3561	-0.2445
Peso seco parte aérea (PSA)	0.3516	-0.4105
Peso seco de raíz (PSR)	0.3527	-0.3906
Valor propio	7.25	0.22
Porcentaje de variabilidad explicada	94.50	3.86
Porcentaje de variación acumulada	94.50	98.36

El componente principal 2 explicó 3.86% de la variación, las variables germinación con y sin envejecimiento acelerado fueron las que más influyeron en este componente. Estas variables dependen de la calidad fisiológica de la semilla (Cuadro 4).

Las colectas de San Sebastián Abasolo y Santiaguito presentaron valores sobresalientes para peso de mil semillas, peso volumétrico y longitud de plántula, que difieren de las colectas provenientes de Villa Sola de Vega y Zimatlan de Álvarez graficadas en el extremo opuesto del eje (Figura 1).

El tamaño de la semilla es influenciado por el genotipo, con diferencias entre y dentro de las colectas, aunque el tamaño real depende de su posición en la planta madre y las

condiciones de manejo en su producción. Zúñiga (1988) en Chile serrano observó alta calidad de semilla reflejada en mayores valores para las variables porcentaje de germinación, peso volumétrico, velocidad de emergencia y materia seca de plántula en los primeros dos cortes, así como también mayor calidad de fruto. Al respecto, Montes y Martínez (1992) mencionaron que en los frutos de los primeros nudos el grado de cruzamiento es bajo comparado con lo que ocurre en frutos de nudos superiores, contribuyendo a una calidad uniforme de las semillas.

En Chile la maduración de las semillas generalmente coincide con el inicio de cambio de coloración de los frutos. Es importante destacar que no siempre es necesario esperar la maduración completa de los frutos; Generalmente,

semillas provenientes de frutos en etapa de maduración ya alcanzaron la madurez fisiológica. A este respecto, Puente y Bustamante (1991); Randle y Honma (1981) y Edwards y Sundstrom (1987) mencionaron que entre los factores que tienen efecto en la calidad de la semilla están el grado de madurez del fruto a la cosecha y el tiempo de maduración de la semilla después de cosechados los frutos. Por lo general se cosecha cuando los frutos se tornan completamente rojos, bajo el supuesto de que se obtiene semilla de buena calidad; sin embargo, la pigmentación que coincide con tal calidad puede variar con el genotipo, con las condiciones agroclimáticas y con el manejo.

En el componente principal 2 las variables más importantes fueron germinación y envejecimiento acelerado. Las colectas con mayor porcentaje de germinación con y sin envejecimiento acelerado fueron de San Sebastián Abásolo y Santiaguito, con 92.7 y 51.4% y 89.6 y 49.3%, respectivamente; mientras que las de Zimatlán (70 y 33.2%) y Sola de Vega (70.6 y 33.6%) mostraron un menor porcentaje de germinación con y sin envejecimiento acelerado. Estas últimas colectas también presentaron menor peso volumétrico y peso de mil semillas, así como menor longitud de plántula y raíz. Copeland y McDonald (1995) mencionaron que la calidad fisiológica de la semilla se refleja en su tamaño y que la condición nutricional de la planta madre, densidad de población y etapa de maduración de la semilla son características relacionadas directamente. Las colectas de San Sebastián Abasolo y Santiaguito fueron superiores en promedio de los tres ambientes, y la de San Sebastián Abasolo mostró mayor calidad de semilla tanto física como fisiológica.

En el análisis de conglomerados, al realizarse el corte a un valor de 0.55, separó las colectas en cuatro grupos, la definición de los grupos la influenció el peso volumétrico, peso de mil semillas, longitud de plántula, germinación con y sin envejecimiento acelerado (Figura 2). El grupo I incluyó las colectas de Ejutla de Crespo, Santiago Apóstol, San Juan Guelavia I y II, San Sebastián Teitipac, San Jerónimo, Tlacoahuaya, Villa Sola de Vega y Zimatlán de Álvarez y se caracterizó por presentar menor porcentaje de germinación con y sin envejecimiento acelerado, 74 y 36%, respectivamente, así como una menor calidad física de la semilla, reflejada en un menor peso volumétrico y peso de mil semillas (Cuadro 5).

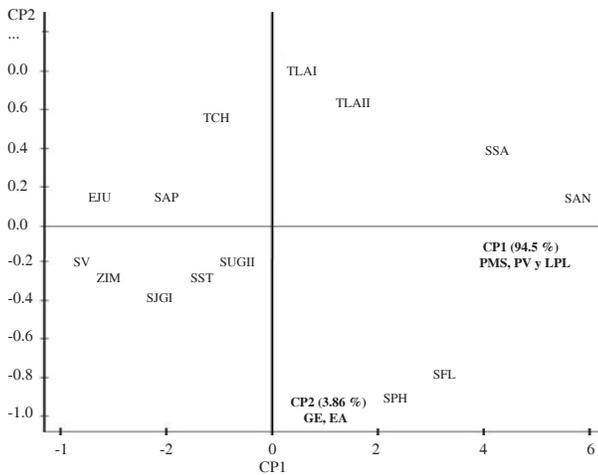


Figura 1. Representación de la diversidad de 14 colectas de chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en función de los dos primeros componentes principales.

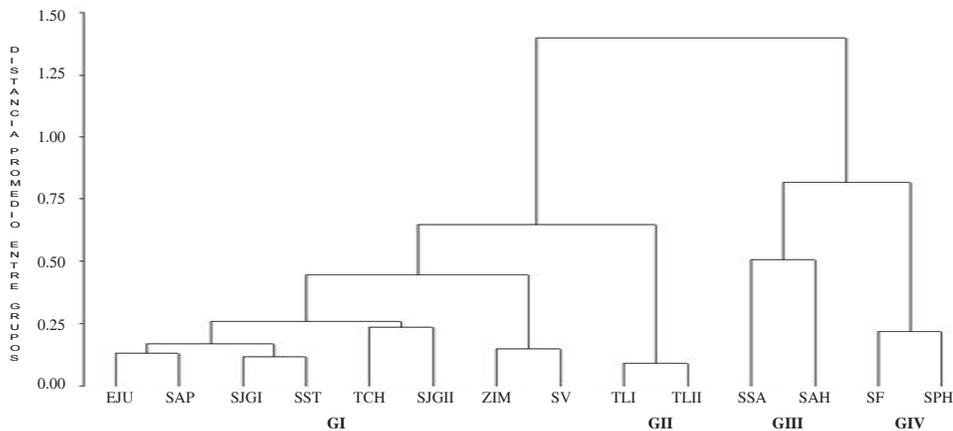


Figura 2. Agrupamiento por el método UPGMA en 14 colectas de chile de agua (*Capsicum annuum* L.).

Cuadro 5. Valor promedio de ocho variables de calidad de semilla de los grupos de colectas de chile de agua formados en el análisis de conglomerados.

Grupo	GER	EA	PV	PMS	LPL	PSA	LRA	PSR
I	74 c	36 c	29.41 b	4.92 b	6.02 c	0.4146 b	4.525 b	0.1547 c
II	84 b	42 b	31.19 b	5.28 ab	6.50 b	0.4348 b	4.605 b	0.2105 ab
III	91 a	50 a	34.48 a	6.11 a	7.43 a	0.4971 a	5.510 a	0.2192 a
IV	82 b	41 b	31.91 ab	5.61 ab	7.17 a	0.4771 a	5.210 a	0.2061 b

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). GE= prueba de germinación; EA= envejecimiento acelerado; PV= peso volumétrico; PMS= peso de mil semillas; LPL= longitud de plántula; PSA= peso de la parte aérea; LRA= longitud de raíz; PSR= peso seco de raíz.

El grupo II incluyó las colectas de Tlacolula de Matamoros I y II y presentó 84 y 42% de germinación y envejecimiento acelerado; 31.19 y 5.28 g en peso volumétrico y peso de mil semillas.

El grupo III incluyó colectas de San Sebastián Abasolo y Santiaguito. Este grupo mostró los mayores porcentajes de germinación con y sin envejecimiento acelerado, de peso de la semilla de 34.48 y 6.11 g para volumétrico y de mil semillas, respectivamente, con una longitud de plántula de 7.43 cm y peso seco de la parte aérea de 0.4971 g (Cuadro 5).

En el grupo IV las colectas San Francisco Lachigolo y San Pablo Huitzo tuvieron un porcentaje de germinación con y sin envejecimiento acelerado de 82 y 41%; 31.91 y 5.61 g en peso volumétrico y peso de mil semillas, respectivamente (Cuadro 5).

Los resultados observados en las colectas para germinación con y sin envejecimiento acelerado se pueden considerar aceptables (SNICS, 1975), a excepción del grupo I, el cual presentó los porcentajes más bajos. Edwards y Sundstrom (1987) encontraron en Chile Tabasco porcentajes de germinación 81% en frutos rojos y 86% en posmaduración; Puente y Bustamante (1991) en Chile Habanero, 80%; Quagliotti *et al.* (1981), 81% en dos variedades de Chile. En esta investigación la calidad física de la semilla fue importante debido a que las colectas que presentaron mayor peso de mil semillas y peso volumétrico también mostraron mayor porcentaje de germinación con y sin envejecimiento acelerado, así como en longitud de plántula y de raíz; por lo tanto, también en el peso seco de estas variables. Al respecto, Zuñiga (1988) observó en Chile serrano que las semillas

de mayor tamaño produjeron plántulas más vigorosas en comparación con las semillas chicas, lo que concuerda con lo observado en el presente estudio.

En el análisis de varianza para verificar la confiabilidad del agrupamiento, la prueba de F presentó diferencias significativas entre grupos para todas las variables ($p \leq 0.01$) (Cuadro 6). Esto indica que la clasificación realizada fue adecuada. Por otro lado, el estadístico Lambda de Wilks también confirmó la aseveración anterior, siendo estadísticamente significativo ($p \leq 0.01$). Los valores de D^2 varían de 60.3 a 180.6, mostrando divergencia entre los grupos. Los valores máximos de divergencia se determinaron entre el grupo 4 con el 1 y el 2, 180.6 y 164.3, respectivamente. La menor divergencia se cuantificó entre los grupos 2 y 3 ($D^2 = 60.3$). Pickersgill (1969) y Pozo (1992) mencionaron que en Chile existe una gran diversidad fenotípica, y aunque algunos materiales muestran uniformidad visual, contienen oculta una gran heterogeneidad.

Cuadro 6. Significancia de F del análisis de varianza de los cuatro grupos formados de 14 colectas en el análisis de conglomerados.

Variable	Significancia de F
Germinación (GE)	113.12**
Envejecimiento acelerado (EA)	39.67**
Peso volumétrico (PV)	19.37**
Peso de mil semillas (PMS)	0.57**
Longitud de plántula (LPL)	1.51**
Longitud de raíz (LRA)	0.007**
Peso seco de la parte aérea (PSA)	0.69**
Peso seco de raíz (PSR)	0.001**

*, ** = significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

CONCLUSIONES

Las semillas de las colectas de chile de agua de los Valles Centrales de Oaxaca mostraron diferencias en calidad física y fisiológica.

Las características de la semilla de las colectas que mejor describen la calidad física y fisiológica fueron: peso de mil semillas, peso volumétrico, longitud de plántula, porcentaje de germinación y envejecimiento acelerado.

En chile de agua existe una estrecha relación entre la calidad física de la semilla y la calidad fisiológica.

LITERATURA CITADA

- Besnier, R. F. 1989. Semillas: biología y tecnología. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 637 p.
- Carballo, C. A. 1992. La calidad genética y su importancia en la producción de semillas. *In*: Mendoza, O. L.; Favela, C. E.; Cano, R. P. y Esparza, M. J. H. 1992. Situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Memoria tercer Simposium, Torreón, Coahuila, México. pp. 80-101.
- Cochran, H. L. 1974. Effect of seed size on uniformity of pimiento transplants (*Capsicum annuum* L.) at harvest time. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99:234-235.
- Copeland, O. L. and McDonald, B. M. 1995. Principles of seed science and technology. Third edition. Chapman and Hall. New York, USA 409 p.
- Delouche, J. C. and Baskin, C. C. 1996. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Sci. Technol.* 1:427-452.
- Doijode, S. D. 1991. Effect of partial vacuum on viability of sweet pepper seeds. *Capsicum Newsletter* 6: 62-63.
- Edwards, R. L. and Sundstrom, F. J. 1987. Afterripening and harvesting effects on Tabasco pepper seed germination performance. *Hortscience.* 22:473-475.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004. International rules for seed testing. Bassersdorf, CH-Switzerland.
- López, L. P. S. 1989. El chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en los Valles Centrales de Oaxaca. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Oaxaca, México. 22 p. (Publicación Especial Núm. 2).
- Mardia, K. V.; Kent, J. T. and Bibby, J. M. 1979. Multivariate analysis. Academic Press. London. 521 p.
- Montes, C. F. y Martínez, C. J. 1992. Prácticas culturales relacionadas con la producción de semilla de chile. *In*: Mendoza, O. L.; Favela, C. E.; Cano, R. P. y Esparza, M. J. H. 1992. Situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Memoria tercer Simposium, Torreón, Coahuila, México. p. 80-101.
- Moreno, M. E.; Vásquez, E. M.; Rivera, A.; Navarrete, R. and Esquivel, F. 1988. Effect of seed shape and size on germination of corn (*Zea mays* L.) stored under adverse conditions. *Seed Sci. Technol.* 26: 439-448.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Tercera Ed. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México. 393 p.
- Pla, E. 1986. Análisis multivariado: método de componentes principales. Secretaría general de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D. C. 94 p.
- Perry, D. A. 1972. Seed vigour and field establishment. *Horticultural Abstracts.* 42:334-342.
- Pickersgill, B. 1969. The domestication of chilli peppers. *In*: Ucko, P. J. P. and Dumbleby, G. W. The domestication and exploitation of plants and animals. Duck Worthly p. 443-450.
- Pozo, C. O. 1992. Aspectos relevantes de la producción de semilla de chile en México. *In*: Mendoza, O. L.; Favela, C. E.; Cano, R. P. y Esparza, M. J. H. 1992. Situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Memoria tercer Simposium, Torreón, Coahuila, México. p. 55-66.
- Puente, P. C. y Bustamante, G. L. 1991. Efecto del estado de madurez y posmaduración del fruto de chile (*Capsicum annuum* L.) sobre la calidad de su semilla. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas A. C. IV Congreso Nacional. Saltillo, Coahuila, México. p. 187.
- Quagliotti, L.; Antonucci, M. and Lantieri, S. L. 1981. Effects of postharvest ripening of the seeds within the berry in two varieties of pepper (*Capsicum annuum* L.). *Riv. Ortoflororo Fruticoltura.* 65(4):249-256.
- Randle, W. M. and Honma, S. 1981. Dormancy in peppers. *Scientia Horticulturae* 14:19-25.

- Statistical Analysis System (SAS). 1998. SAS/STAT user's guide, release 8.2 SAS Institute, Inc. N. C. USA.
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). 1975. Normas para la certificación de semillas. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Agricultura. México, D. F. 91 p.
- Van-Tangeres, O. F. R. 1997. Cluster analysis: data analysis. *Communication Landscape Ecology*. 6:174-207.
- Zúñiga, S. A. 1988. Efecto de diferentes niveles de fertilización en la producción de fruto y semilla de chile serrano (*Capsicum annuum* L.). Tesis Profesional FAUANL. Marín, N. L., México. 88 p.