

LA TECNICA DE COMPONENTES PRINCIPALES EN EL ANALISIS Y SELECCION DE DURAZNOS CRIOLLOS EN CHOLULA, PUEBLA

Alejandro P. Ceballos Silva¹ y Victor M. Alvarez Cajas¹

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el utilizar la técnica multivariada de Componentes Principales para el análisis e interpretación de información que permita identificar selecciones de duraznos criollos (*Prunus persica* L.) con base en rendimiento y calidad de fruto para consumo en fresco. Los criterios de selección fueron: producción por árbol, color de cáscara, color de pulpa y adherencia al hueso. El análisis estadístico se realizó por grupos de edad. En el primer grupo (1-10 años), las mejores selecciones fueron 84-22-1 y 84-23-1. Para el segundo grupo (11-20 años) las mejores fueron 84-16-1, 84-17-1 y 84-25-1. En el tercer grupo (edades de 21 años en adelante) la selección con mejores características del fruto fue 84-30-2. Esta técnica ayudó a identificar las mejores selecciones en cada grupo de edad, así como a definir las variables más importantes para este estudio. Los Componentes Principales estuvieron asociados a las variables de producción, pruebas organolépticas, características del fruto y edad.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Prunus persica L., técnica estadística, calidad de fruta, fruticultura.

SUMMARY

The aim of this study was to utilize the technique of Principal Components to facilitate the interpretation and analysis of the information on native peaches (*Prunus persica* L.), in order to identify the superior selections for fruit yield and

quality. Selection criteria were: yield and fruit quality as expressed by firmness, skin and flesh colors. The statistical analysis was performed by age groups. In the first group (1-10 years) the best selections were 84-22-1 and 84-23-1; for the second group (11-20 years) the best selections were 84-16-1, 84-17-1, and 84-25-1; for the third group (older than 21 years) the best selection was 84-30-2. The analysis of Principal Components helped to cluster and identify the best selections in every group; it also was a good tool to identify the most important variables for this study. The Principal Components were associated with tree age, yield, taste, and fruit quality.

ADDITIONAL INDEX WORDS

Prunus persica L., statistical technique, fruit quality, fruticulture.

INTRODUCCION

En el Distrito de Cholula, en 1987 se cosecharon 250 ha de durazno, las cuales produjeron 1,625 toneladas con un rendimiento de 6,500 kg ha⁻¹. En esta región existen varios problemas en el cultivo del durazno, como alta incidencia de enfermedades, mal manejo y condiciones climáticas adversas que ocasionan rendimientos bajos, con una media regional de 20.8 kg por árbol, frutos de mala calidad, los cuales son vendidos principalmente para el consumo en fresco. En general, se prefieren los duraznos con color de cáscara amarilla o roja, color de pulpa amarilla, hueso adherido y sabor dulce.

Debido a que la propagación del durazno se realiza generalmente por medio de semilla, existe una población genéticamente heterogénea de árboles adaptados a las

¹ Investigador Titular del CIFAP-PUEBLA, INIFAP. Av. Miguel Alemán No. 902. C.P. 72760. Cholula, Pue.

² Director del Centro de Estadística y Cálculo. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos. Guatemala.

condiciones climáticas regionales. Esta población representa un valioso recurso genético que puede ser aprovechado mediante la selección de materiales sobresaliente, en cuyo proceso es común encontrar un gran número de variables utilizadas para la identificación y caracterización de los genotipos en estudio, lo que dificulta el análisis e interpretación de dicha información.

En trabajos de selección de frutales, en general, no se indica la técnica de análisis estadístico utilizada para el análisis de la información recolectada. Por otro lado, existen algunas técnicas de análisis multivariado, como la del Análisis de Componentes Principales (ACP), que pueden ser útiles en trabajos de este tipo.

El ACP tiene muchas aplicaciones y permite conocer qué variable(s) aporta(n) mayor información dentro del grupo de variables originales. También permite extraer y graficar una serie de datos concernientes a componentes lineales para determinar grupos de variables con valores similares en las componentes involucradas (González Cossío Félix¹, comunicación personal).

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo del trabajo fue utilizar la técnica multivariada de Componentes Principales para el análisis e interpretación de información que permita identificar árboles de duraznos criollos con base en su rendimiento y calidad de fruto para consumo humano.

REVISION DE LITERATURA

La técnica de ACP es útil cuando, sobre una misma unidad de estudio, se miden muchas variables. Aunque entre ellas exista cierto grado de relación, seguramente no todas ellas tienen el mismo peso en función de la varianza total observada (Srivastava y Katri, 1979).

Lindeman *et al.* (1980) indican que el ACP estudia la dispersión o variabilidad presente en las variables originales. Como lo menciona Marriot (1974), genera a partir de variables originales, nuevas variables llamadas Componentes Principales (CP). Las siete características que se comentan enseguida permiten entender en que consisten estos componentes.

1. El número de CP es igual al número de variables originales.
2. La varianza del primer CP es la máxima, es decir, es mayor que la varianza de cualquier otro CP.
3. La varianza del segundo CP, es la segunda máxima y así sucesivamente.
4. Los CP son variables no correlacionadas entre sí.
5. Cada CP es una combinación lineal de todas las variables originales; el nombre del CP se puede dar en función de la(s) correlación(es) mayor(es), entre las variables originales y el correspondiente CP.

Dado que cada CP es una combinación lineal de las variables originales, su importancia radica en la proporción de la varianza total explicada por el mismo. De este modo es posible manejar sólo aquéllos CP que expliquen la mayor proporción de la

¹ Profesor Investigador del Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. C.P. 56230. Chapingo, Méx.

varianza total; en términos prácticos se sugiere que sea mayor del 80%. En algunos casos, el número de CP seleccionados, con el criterio anterior, puede ser menor al número de variables originales, con lo cual se puede reducir el número de variables a manejar, y de este modo facilitar el análisis e interpretación de la información.

6. El ACP es adecuado para revisar la estructura de observaciones multivariadas, particularmente cuando no hay modelos *a priori* que puedan ser sugeridos o esperados (Blackith y Reyment, 1971).

7. Los CP interpretados como variables, pueden ser analizados a través de otras técnicas estadísticas como son regresión, correlación canónica, análisis de varianza, y graficación.

El ACP ha sido utilizado en diversas disciplinas de la investigación y la producción. En zootecnia, para comparar dietas de ovinos y bovinos (Dusinski y Arnold, citados por Seber, 1984); para definir grupos de líneas de pastos (Farías *et al.*, 1983); en estudios comparativos de trigo (*Triticum aestivum* L.) de riego y secano (Rodríguez, 1990) y en frutales, según Pearce y Holland, citados por Blackith y Reyment (1971).

En lo que concierne a las variables de mayor interés en los frutales, se tienen aquellas que están ligadas a la alta calidad y producción, como buena calidad de fruta, adaptación, sanidad del árbol y resistencia al transporte, según señalan De los Santos (1977), Hernández (1977), Salas y González (1977) y Camargo y Roqueñi (1979). Particularmente en la selección del duraznero, a Gutiérrez (1977) le interesó: fecha de floración y cosecha, número de frutos por

árbol, peso medio del fruto, producción del árbol, diámetro y color del fruto, sólidos solubles y vigor de la planta.

MATERIALES Y METODOS

Para determinar las variables necesarias se realizaron recorridos de campo de 1982 a 1985, en las principales zonas productoras de durazno del Distrito de Cholula, Pue.

Metodología de selección

Para la selección y evaluación sólo se consideraron árboles que no habían recibido ningún tipo de manejo y que cumplieran con los siguientes requisitos mínimos: 1) Rendimiento (kg) por árbol superior a la media regional, y 2) Calidad: color amarillo tanto de epidermis como de pulpa; frutos con hueso adherido.

Las variables medidas a cada selección fueron:

Características agronómicas: Edad del árbol, altura total (m), diámetro del tronco (cm) y época de cosecha.

Rendimiento: Número de frutos por árbol, kilogramos de fruta por árbol, y peso medio del fruto (g).

Características del fruto: Diámetro polar y ecuatorial (cm); firmeza del fruto (kg cm^{-2}), tomada con penetrómetro de mano; grados Brix evaluado con refractómetro también de mano.

Pruebas organolépticas: Atractividad, forma, tamaño, aroma, color de cáscara, firmeza y sabor. La calificación de estas características se realizó utilizando la escala empleada por Ortega (1975), donde la

calificación más baja correspondió al 0 y la más alta al 4. Las pruebas organolépticas se llevaron a cabo por tres evaluadores.

La nomenclatura utilizada para la identificación de los materiales fue la siguiente:

- 1) Año en que se registró la selección en el campo.
- 2) Número progresivo de la selección.
- 3) Año de evaluación: 1 = Primer año, 2 = Segundo año, 3 = Tercer año, 4 = Cuarto año.

En el Cuadro 1 se muestran las características generales, promedios de los años de evaluación, de las selecciones realizadas.

Análisis estadístico

1.- Se corrió un programa en SAS con el procedimiento de Componentes Principales (PROC PRIM COM). En un análisis preliminar se observó que la edad era una variable muy heterogénea entre los materiales (lo cual coincidió con las observaciones realizadas en el campo); por esta razón se decidió realizar el análisis agrupando por edad.

2.- El ACP formó 17 Componentes Principales, uno por cada variable en estudio; es decir, se tenían componente 1, componente 2 y así sucesivamente hasta el componente 17. Para el análisis posterior, se consideraron sólo aquellos CP cuya suma explicara aproximadamente el 80% de la varianza total.

3.- Después se revisó cada CP para determinar las variables originales con más peso dentro del componente, seleccionando las que tuvieran un valor absoluto de corre-

lación mayor que 0.5, para la identificación de los CP.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el primer análisis se encontró que con los primeros seis CP, se reunía aproximadamente el 80% de la varianza total observada (Cuadro 2). Al analizar la estructura de cada uno de esos CP, se observó que las variables edad y sabor fueron las más importantes dentro del componente 3. Este componente aportó el 15% de la varianza presente; este porcentaje es consistente con el hecho de que la edad de los materiales evaluados no fue homogénea.

Lo anterior sugirió realizar el ACP por grupo de edad. El comportamiento natural de la información ayudó a definir los siguientes grupos: Grupo 1 de 1-10 años, grupo 2 de 11-20 años y grupo 3 de 21 años en adelante.

Grupo 1

En este grupo con los primeros seis CP se explicó aproximadamente el 80% de la varianza total (Cuadro 3), por lo que estos CP fueron tomados en cuenta con base en criterios prácticos.

En el Cuadro 4 se observa que sólo en los primeros cinco CP, se obtuvieron correlaciones mayores de 0.5 entre las variables originales y sus CP, lo cual fue un criterio para la selección de los mismos. Dado que las variables asociadas más directamente con los requisitos mínimos de selección se encontraron representadas en el CP 1 y CP 2, se decidió continuar con esos dos, para así obtener información gráfica que reflejara el comportamiento de los materiales en cuanto a las variables medidas.

Cuadro 1. Características medias generales de las selecciones de durazno criollo en Cholula, Pue.

Genealogía	Localidad	Epoca de cosecha	Diámetro fruto (cm)		Color cáscara ¹	Peso medio fruto (g)	No. frutos por árbol	Producción (kg/árbol)
			Ecuatorial	Polar				
82-04	Nepopualco	Sept-Octubre	4.1	4.2	1	49.6	384	24.3
82-05	Nepopualco	Agosto-Sept	4.0	4.2	1	48.6	488	29.0
83-07	Tlahuapan	Agosto-Sept	3.5	3.3	2	31.3	758	20.9
84-14	D. Arenas	Agosto	4.7	4.6	2	85.8	466	40.0
84-21	Tepetzala	Julio-Sept	4.6	4.6	1	84.8	250	21.2
84-22	Tepetzala	Julio-Sept	4.6	4.8	1	90.0	735	66.2
84-23	Tepetzala	Julio-Sept	4.6	4.7	1	95.3	760	72.5
84-27	D. Arenas	Julio-Agosto	4.7	4.4	2	61.0	451	30.1
85-34	Tepetzala	Agosto	4.6	5.0	2	64.8	454	35.0
85-35	D. Arenas	Agosto	5.9	6.2	2	162.0	185	35.0
83-10	Tepetzala	Agosto	3.8	3.9	2	42.2	284	13.5
83-11	Tepetzala	Agosto-Sept	3.9	3.9	2	55.4	339	21.6
83-12	Sn S. Verde	Agosto-Sept	4.3	4.4	2	59.2	307	27.7
83-13	D. Arenas	Agosto-Sept	4.9	5.2	2	88.4	713	23.3
84-15	D. Arenas	Agosto-Sept	5.3	5.5	1	98.5	670	66.0
84-16	D. Arenas	Julio-Agosto	4.8	4.8	1	95.6	654	61.7
84-17	D. Arenas	Julio-Agosto	5.1	5.2	1	90.3	677	61.2
84-18	D. Arenas	Agosto	6.2	6.7	2	172.4	264	36.2
84-25	D. Arenas	Agosto-Sept	5.0	5.1	1	71.6	1919	137.5
84-26	D. Arenas	Julio-Sept	4.7	5.0	2	80.7	277	38.7
84-28	D. Arenas	Agosto-Sept	4.9	5.0	2	78.0	745	63.2
84-29	D. Arenas	Agosto-Sept	4.2	4.3	1	112.2	541	60.2
84-30	D. Arenas	Agosto-Sept	5.8	5.8	1	76.0	434	33.0
82-01	D. Arenas	Julio-Sept	5.0	5.0	1	72.1	1194	86.2
82-02	D. Arenas	Julio-Sept	4.5	4.5	1	105.4	855	91.2
84-19	D. Arenas	Agosto-Sept	4.8	5.0	1	97.8	460	45.0
84-20	D. Arenas	Agosto-Sept	4.5	5.1	1	98.5	355	35.0
84-24	D. Arenas	Agosto-Sept	4.7	4.8	2	72.1	487	36.2

¹ 1 = Amarilla; 2 = Amarilla con manchas rojas.

Cuadro 2. Porcentajes de variación por componente principal (CP).

CP	Proporciones	
	Individual	Acumulativa
1	0.30	0.30
2	0.17	0.47
3	0.15	0.62
4	0.07	0.69
5	0.05	0.74
6	0.05	0.79

Cuadro 3. Porcentajes de variación por componente principal (CP) del Grupo 1.

CP	Proporciones	
	Individual	Acumulativa
1	0.33	0.33
2	0.16	0.49
3	0.11	0.60
4	0.09	0.69
5	0.07	0.76
6	0.06	0.82

Cuadro 4. Correlación entre las variables originales y los componentes principales. Grupo 1.

Variables originales	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Atractividad (PO) ¹	0.80				
Diámetro ecuatorial	0.79				
Diámetro polar	0.78				
Tamaño (PO)	0.77				
Forma fruto (PO)	0.77				
Peso medio	0.77				
Sabor (PO)	0.70				
Firmeza (PO)	0.69				
Color (PO)	0.56				
No. frutos/árbol		0.73	0.54		
Kg/árbol		0.65			
Firmeza fruto		-0.57			
Edad			0.72		
Diámetro tronco				0.65	
Grados Brix				0.60	
Aroma (PO)					0.58

¹ (PO): Evaluaciones de las pruebas organolépticas.

Las variables más importantes del CP 1, están relacionadas con características del fruto, por lo que este componente se identificó como tamaño y calidad de fruto. Las variables que fueron importantes en el CP 2, están relacionadas con la capacidad productiva del árbol, por lo que este componente se identificó como producción.

En la gráfica de los CP tamaño y calidad de fruto y producción (Figura 1) se obtienen cuatro cuadrantes. En el primero, destacó el subgrupo A el cual está formado por las selecciones 84-22-1 y 84-23-1. Estos materiales mostraron características similares en su primer año de evaluación (1984), con diámetros de fruto ecuatorial y polar que fluctuaron de 4.6 a 4.8 cm, pesos medios del fruto de 90 a 95 g y producción de 66 a 72 kg/árbol, que concuerda con lo encontrado por Gutiérrez (1977).

En ese mismo cuadrante se encontró el subgrupo B, que mostró características del fruto similares al subgrupo A, con diámetros del fruto ecuatorial y polar de 4.6 cm, peso medio del fruto de 85 g, pero con menor producción (20 a 40 kg/árbol).

En el cuadrante III, se observan los materiales que en general tuvieron características inferiores de tamaño, calidad de fruto y producción, en relación con el subgrupo A; en este caso se trató de las selecciones: 82-04-4, 82-05-4, 84-14-2, 84-21-2, 85-34-1 y 82-05-2 (subgrupos F, G y H). Hay que hacer notar que las selecciones 84-14 y 84-21 no fueron consistentes, ya que en su primer año de evaluación se comportaron mejor.

Los datos de los subgrupos F y G correspondieron al año de 1985, en el cual los materiales mostraron niveles bajos de pro-

ducción (12.5 a 45 kg/árbol) lo cual denota un caso de fuerte interacción genético-ambiental.

Es bueno aclarar que en la definición de los grupos, no hay un criterio único y en el mejor de los casos el conocimiento del tema de estudio y el criterio del investigador, pueden determinar los límites de cada grupo (Farías *et al.*, 1983).

Grupo 2

En este grupo de edad, los primeros cinco CP comprenden aproximadamente el 80% de la varianza total observada (Cuadro 5). Al analizar la estructura de estos cinco CP se observó que las variables más relacionadas con los requisitos mínimos de selección se encontraban altamente correlacionadas en los dos primeros CP (Cuadro 6).

Cuadro 5. Porcentajes de variación por componente principal (CP) del Grupo 2.

CP	Proporciones	
	Individual	Acumulativa
1	0.35	0.35
2	0.19	0.54
3	0.12	0.66
4	0.09	0.75
5	0.05	0.80

Las variables originales que predominaron en el CP 1, están asociadas a características del fruto y vigor del árbol, por lo que a este componente se le identificó como tamaño, calidad de fruto y vigor del árbol.

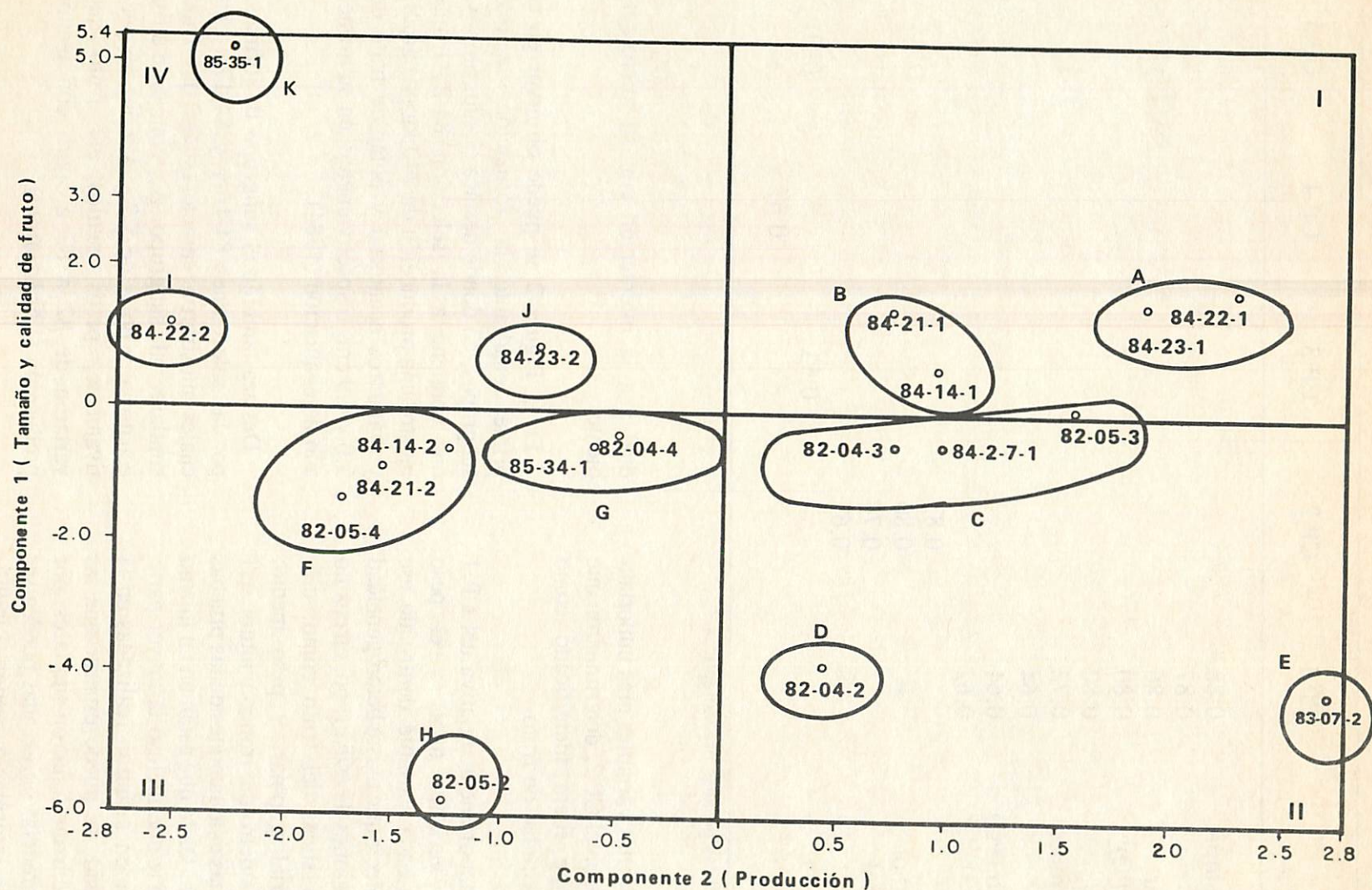


Figura 1. Agrupamiento natural de selecciones de durazno criollo utilizando componentes principales. Grupo 1. Cholula, Puebla.

Simbolismo:

Primera cifra : Año de selección

Segunda cifra : Número progresivo de árbol

Tercera cifra : Años de evaluación

Cuadro 6. Correlación entre las variables originales y los componentes principales. Grupo 2.

Variables originales	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Diámetro ecuatorial	0.88				
Peso medio	0.87				
Diámetro polar	0.86				
Atractividad (PO) ¹	0.80				
Tamaño (PO)	0.80				
Diámetro de tronco	0.72				
Altura	0.64				
Forma de fruto (PO)	0.64				
Color (PO)	0.62				
Sabor (PO)		0.83			
Kilogramos/árbol		0.80			
No. frutos/árbol		0.74			
Firmeza fruto		-0.67			
Edad			0.53		0.50
Firmeza (PO)				0.67	

¹ Evaluaciones de las pruebas organolépticas.

Por otro lado, las variables más importantes que integraron el CP 2, determinaron que ese componente fuera identificado como producción y calidad de fruto.

Dada la importancia relativa del CP 1 (35% de la varianza total) y el peso específico de cada variable dentro de ese CP, se puede decir que existe heterogeneidad entre las selecciones de este grupo, en cuanto a las características del fruto como: diámetro ecuatorial y polar, y peso medio; también en diámetro del tronco y altura, así como en algunas evaluaciones de las pruebas organolépticas. Dado que están en un mismo grupo de edad y que incluso la mayor parte de estas selecciones fueron realizadas en la misma localidad, se puede esperar que las condiciones de manejo fueron similares, por lo que las diferencias observadas pueden ser atribuibles a su información genética indivi-

dual y a la interacción con su micro-ambiente.

En la Figura 2 se puede observar en el primer cuadrante la formación de tres subgrupos, en donde destaca el subgrupo A, que contiene a la selección 84-25-1 que mostró una producción de 240 kg por árbol, y diámetros ecuatorial y polar de fruto de 5.0 y 4.9 cm, respectivamente, en su primer año de evaluación (1984).

Destaca también el subgrupo B, formado por las selecciones 84-16-1 y 84-17-1, las cuales mostraron características del fruto similares al subgrupo A, con diámetros ecuatorial y polar de 5.2 y 4.9 cm, respectivamente, pesos medios del fruto que variaron de 82 a 89 g, pero con menor producción (129 kg/árbol).

Figura 2 ocupará hoja completa

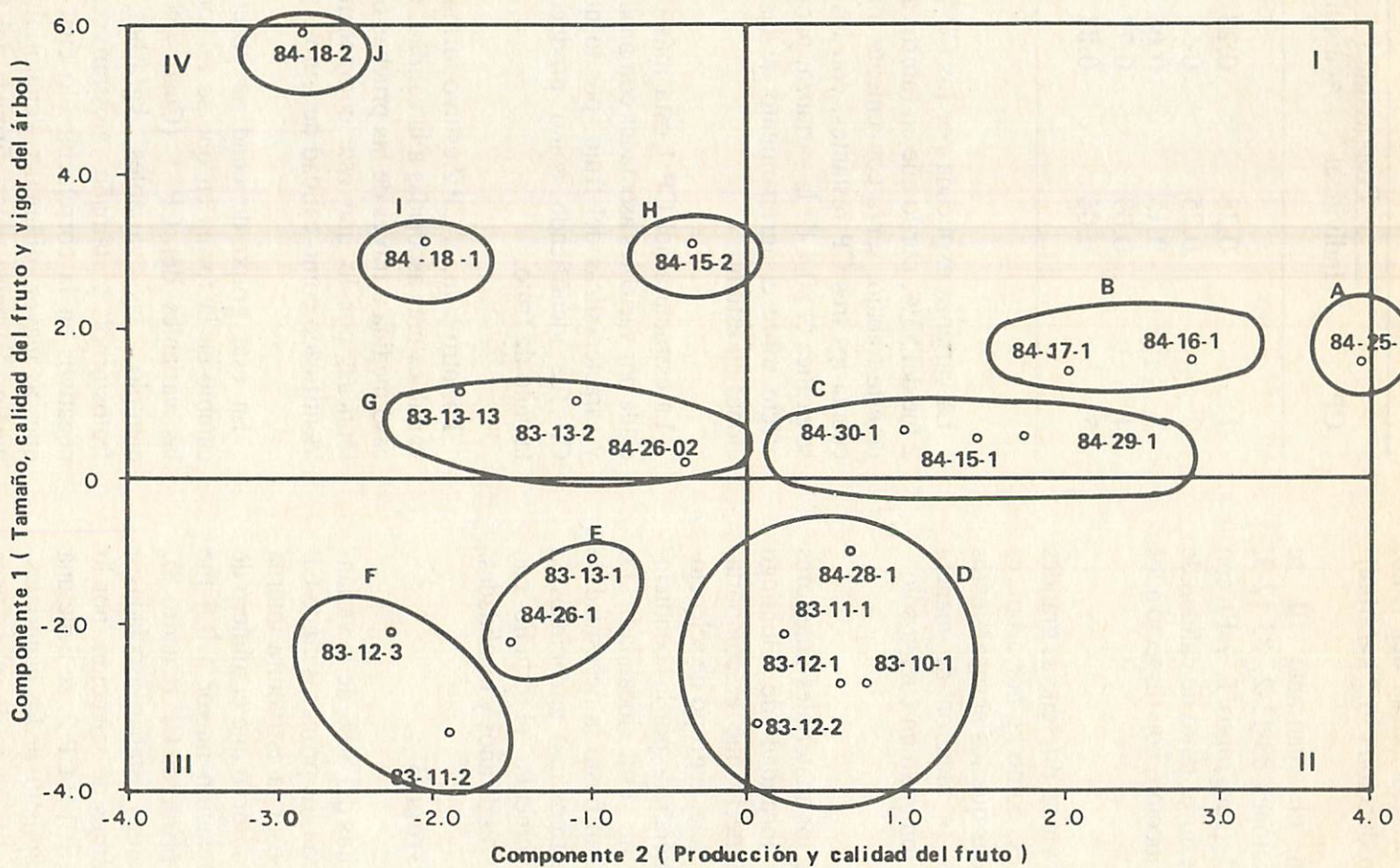


Figura 2. Agrupamiento natural de selecciones de durazno criollo utilizando componentes principales. Grupo 2. Cholula, Puebla.

Simbolismo:

Primera cifra : Año de selección

Segunda cifra : Número progresivo de árbol

Tercera cifra : Años de evaluación

En la parte superior izquierda de la Figura 2 (subgrupos I y II) se observa la selección 84-18-1 y 2 (en dos años de evaluación), que mantuvo buenas características del fruto, aunque con baja producción (36.2 kg/árbol).

Finalmente, en el cuadrante III se ubicaron las selecciones 83-11-2, 83-12-3, 83-13-1 y 84-26-1 (subgrupos E y F) con características inferiores tanto de calidad de fruto como de producción, con respecto a los demás grupos.

A pesar de que existen diferencias grandes en algunas variables, como kg por árbol, es conveniente recordar que los agrupamientos de las selecciones se hicieron de manera multivariada y no tomando en cuenta sólo una variable.

Dado que todos los materiales anteriores pertenecen a la localidad de Domingo Arenas, se puede decir que el comportamiento diferencial de este grupo de selecciones, está muy influenciado por las condiciones ambientales de esta localidad. Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de continuar con muestreos más minuciosos en esa zona y complementar el estudio con observaciones a través de años y localidades.

Grupo 3

En este grupo, más del 80% de la varianza total se reunió con los primeros cinco CP (Cuadro 7). Al revisar la estructura interna esos cinco CP, se observó que el número de variables con correlación mayor a 0.5 fue mayor en los dos primeros CP (Cuadro 8), y que dichas variables estaban asociadas a los requisitos mínimos de selección, por lo que al graficar el CP 1 y CP 2, se tiene una visión del comportamiento de los materiales, que ayuda a la identificación de selecciones similares.

Cuadro 7. Porcentajes de variación por componente principal (CP) del Grupo 3.

CP	Proporciones	
	Individual	Acumulativa
1	0.28	0.28
2	0.25	0.53
3	0.15	0.68
4	0.09	0.77
5	0.06	0.83

La varianza explicada por los CP 1 y CP 2 fue del 53%, por lo que en futuros análisis de este trabajo, sería conveniente tomar en cuenta los tres CP restantes, con los cuales se explica el 80% de la varianza, para ver el efecto sobre el agrupamiento de las selecciones en estudio.

La estructura del CP 1 está más influenciada por variables asociadas con producción y características del fruto, por lo que este CP fue identificado como producción y tamaño de fruto.

Por otro lado, el CP 2 estuvo formado por variables más asociadas a la calidad, en este caso medida a través de las pruebas organolépticas, por lo que este componente fue identificado como calidad de fruto.

En este grupo de edad se observó un cambio en la forma en que se relacionaron las variables del CP 1 (Cuadro 8); por ejemplo, las variables kg/árbol, No. frutos/árbol y tamaño mostraron signos negativos en la correlación, lo cual indica que a mayor diámetro ecuatorial, peso medio, diámetro polar, firmeza del fruto y grados brix, hubo menor producción; y a la

Cuadro 8. Correlación entre las variables originales y los componentes principales. Grupo 3.

Variables originales	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
Diámetro ecuatorial	0.88				
Peso medio	0.85				
Diámetro polar	0.83				
Kilogramos/árbol	-0.75				
Firmeza fruto	0.75				
No. frutos/árbol	-0.72				
Tamaño (PO)	-0.53				
Grados Brix	0.53		0.50		
Atractividad (PO) ¹		0.92			
Aroma (PO)		0.72			
Tamaño (PO)		0.71			
Color (PO)		0.68			
Forma fruto (PO)		0.66			
Sabor (PO)		0.65			0.50
Firmeza (PO)		0.58	0.53		
Edad			-0.62		0.50
Altura			0.79		
Diámetro tronco				0.89	

¹ Evaluaciones de las pruebas organolépticas.

inversa, a mayor producción menores características del fruto.

Lo anterior, sugiere que en árboles mayores de 21 años ocurren cambios importantes en el comportamiento productivo, por lo que es conveniente realizar estudios detallados sobre la etapa más productiva para determinar la conveniencia de realizar selecciones en árboles de esa edad, así como evaluar prácticas de manejo agronómico (como raleos y cantidad adecuada de carga) para tratar de equilibrar la relación entre producción y calidad del fruto.

En la Figura 3 se puede ver la formación de 8 subgrupos distribuidos en los cuatro cuadrantes. En el primer cuadrante se ubica

la selección 84-30-2 que mostró las mejores características del fruto con diámetros polar y ecuatorial de 6.3 cm y peso medio del fruto de 163 g. En el cuadrante dos, se observa el subgrupo E, formado por la selección 82-02-2 que presentó 150 kg/árbol, 1092 frutos por árbol y evaluaciones de las pruebas organolépticas mayores de 3, para su segundo año de evaluación que fue 1983.

También en el segundo cuadrante se ubicaron los grupos C y D, cuyas selecciones tuvieron buenas características de calidad, pero con menor producción.

En el cuadrante tres se observó el grupo F, formado por las selecciones 82-01-3, 82-02-3 y 84-20-1, en las que la producción

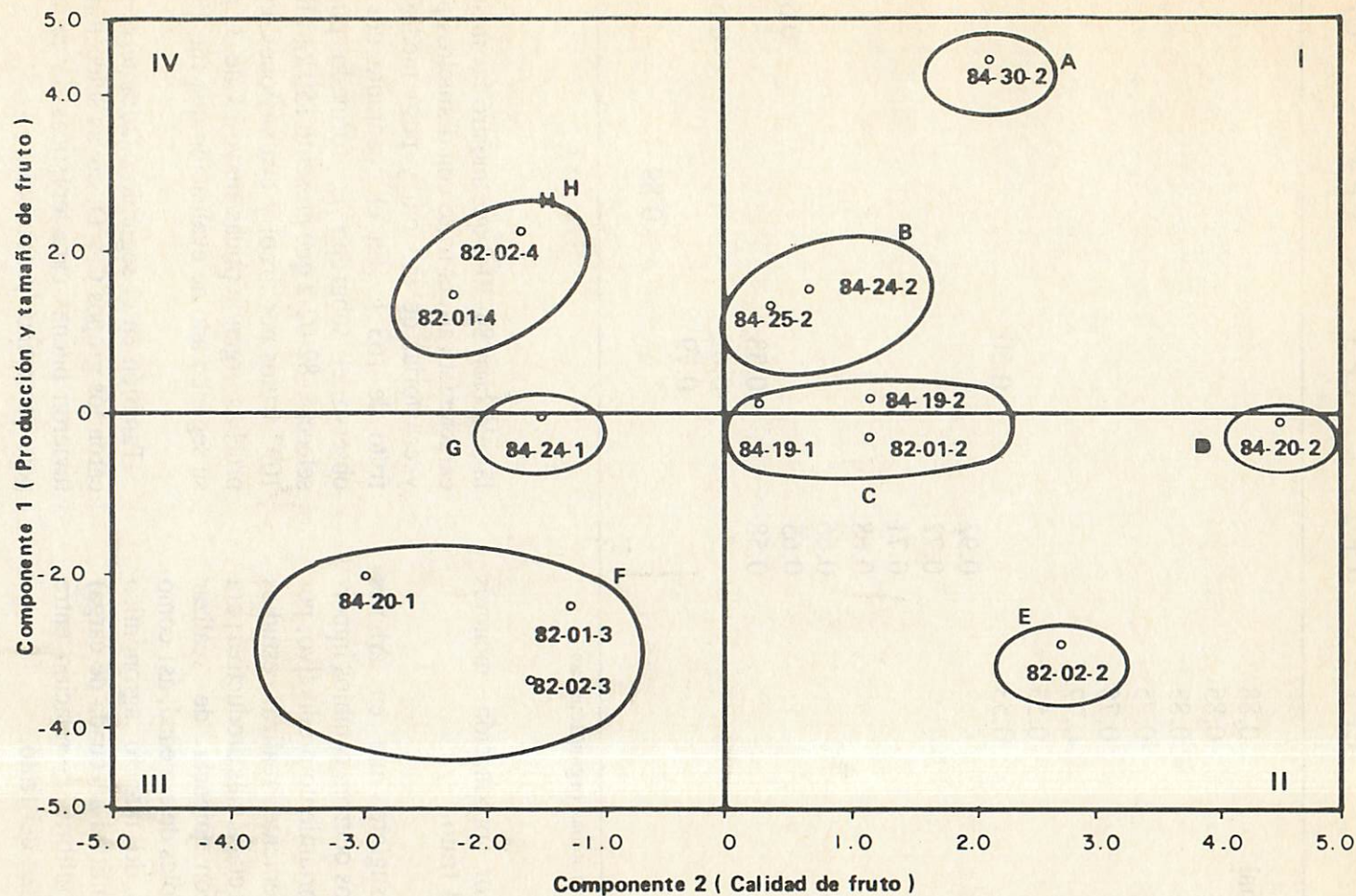


Figura 3. Agrupamiento natural de selecciones de durazno criollo utilizando componentes principales. Grupo 3. Cholula, Puebla.

Simbolismo :

Primera cifra : Año de selección

Segunda cifra : Número progresivo de árbol

Tercera cifra : Años de evaluación

varió de 105 a 120 kg/árbol y de 1363 a 2933 frutos por árbol para 1984; sin embargo, sus evaluaciones de calidad fueron menores a las del subgrupo E.

En el cuadrante cuatro se ubicó el grupo H, formado por las selecciones 82-01-4 y 82-02-4, en su cuarto año de prueba (1985), con menor producción y menor calidad que en otros años de evaluación. En general, en este grupo de edad, las selecciones de los cuadrantes I y IV presentaron malas características del fruto pero mayor producción, y a la inversa, las selecciones de los cuadrantes II y III presentaron bajos rendimientos y mejores características del fruto. Dado que las selecciones pertenecen a la localidad de Domingo Arenas, las diferencias en su comportamiento indican la influencia de las condiciones climáticas a través de los años, por lo que es conveniente continuar con las evaluaciones para obtener información más completa acerca del comportamiento de las selecciones.

Dada la utilidad de la técnica de ACP, para poder agrupar información proveniente de observaciones multivariantes (Farías *et al.*, 1983; Blackith y Reymont, 1971), se tienen identificados grupos de selecciones que pueden servir para futuros trabajos de investigación.

Hay que destacar que existen otras técnicas ampliamente usadas, que permiten identificar comportamientos diferenciales entre genotipos sin descartar variación. Smith (1936) propuso un método para seleccionar plantas o líneas mediante la construcción de índices de selección, los cuales llamó funciones discriminantes. En fitomejoramiento, se obtienen buenos resultados cuando se selecciona mediante estos índices, los cuales incluyen al conjunto de caracteres que se desea mejorar (Hazel,

1943). En trigo, Castañón (1991) utilizó índices de selección para mejorar la resistencia a sequía. La utilización de una u otra técnica depende de los objetivos específicos de cada trabajo y de la naturaleza de las variables en estudio. La técnica de ACP, se sugiere para estudios exploratorios de observaciones multivariantes, cuando no hay modelos *a priori* que puedan ser sugeridos o esperados (Blackith y Reymont, 1971), aunque Rodríguez (1990) encontró que la técnica de Componentes Principales confunde las variables involucradas dando valores que pueden carecer de interpretación. Por ejemplo, revisando la estructura interna de cada CP por grupo de edad, se observó que la variable grados brix aparece en el CP 4 con correlación de 0.60 del Grupo 1 y con 0.53 en el CP 1 del Grupo 3; esto quiere decir que esta variable no explicó mucho el comportamiento de sus CP, por lo que de necesitarse reducir el número de variables a considerar para futuros análisis estadísticos de este trabajo, esta variable podría eliminarse.

CONCLUSIONES

La técnica de Análisis de Componentes Principales (ACP) ayudó al agrupamiento e identificación de los materiales, así como a la definición de las variables más importantes para este estudio en particular. En el futuro sería interesante comparar la utilidad de ACP con otras técnicas como la de índices de selección en trabajos de esta naturaleza.

Las selecciones con mejor producción y mejores características del fruto, en árboles de 1 a 10 años, fueron 84-22-1 y 84-23-1; y en árboles de 11 a 20 años: 84-25-1, 84-16-1 y 84-17-1. En árboles de más de 20 años la selección con mejores características del fruto fue 84-30-2.

Para las condiciones en que se llevó a cabo este estudio, los CP estuvieron asociados con la edad del árbol y con variables de producción como: No. frutos por árbol y kg/árbol; de pruebas organolépticas como: tamaño, forma del fruto, sabor, firmeza del fruto y atractividad; y entre las características del fruto destacaron el diámetro ecuatorial y polar, su peso medio y firmeza.

BIBLIOGRAFIA

- Blackith, R. and R. Reyment. 1971. Multivariate Morphometrics. Academic Press, London and New York. pp. 146-200.
- Camargo M., J. e I. G. Roqueñi. 1979. Selección de tipos de aguacate para consumo en fresco. En: Memoria del Simposium: La Investigación, el Desarrollo Experimental y la Docencia en CONAFRUT durante 1979. Subdirección de Investigación y Docencia. Tomo 2. México. pp. 391-408.
- Castañón N., G. 1991. Selección familiar en trigo (*Triticum aestivum* L.) mediante índices de selección para mejorar por resistencia a sequía. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- De los Santos D., F. 1977. Selecciones de mango Manila en la zona central del Estado de Veracruz en base a calidad y rendimiento. En: Memorias II Congreso Nacional de Fruticultura. Morelia, Mich. México. pp. 162-165.
- Farías, F. J. M., N. Thomas y G. H. M. Quiroga. 1983. Utilización del análisis de componentes principales en la selección de líneas y variedades introducidas de ballico anual (*Lolium multiflorum* Lam.) Agric. Téc. Méx. 9:125-140.
- Gutiérrez A., F. 1977. Selección de durazno criollo en el área de influencia del Campo Experimental Pabellón, Ags. En: Memorias II Congreso Nacional de Fruticultura. Morelia, Mich. México. pp. 184-186.
- Hazel, L. N. 1943. The genetic basis for constructing selection indexes. Genetics 28:476-490.
- Hernández L., A. 1977. Estudio sobre identificación y selección de criollos sobresalientes en ciruela mexicana *Spondia purpurea* L. en el estado de Veracruz. En: Memorias II Congreso Nacional de Fruticultura. Morelia, Mich. México. pp. 5-8.
- Lindeman, R., P. Merenda, and R. Gold. 1980. Introduction to Bivariate and Multivariate Analysis. Scott Foresman and Co. USA. pp. 262-266.
- Marriot, F. M. C. 1974. The Interpretation of Multiple Observation Canonical Variables. Academic Press. USA. pp. 26-31.
- Ortega O., C. 1975. Evaluación de selecciones de durazno criollo (*Prunus persica* L.) Batsch del Valle de Aguascalientes. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Rodríguez P. J., E. 1990. Comparación de trigos (*Triticum aestivum* L.) de riego y secano bajo déficits hídricos. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Salas, F. y R. González. 1977. Evaluación de tipos nativos de nogal pecanero en la región de Delicias, Chihuahua. En: Memorias II Congreso Nacional de Fruticultura. Morelia, Mich. México. pp. 222-226.
- Seber, G. A. F. 1984. Multivariate Observations. John Wiley & Sons. Inc. USA. pp. 176-203.
- Smith, H. F. A. 1936. Discriminant function for plant selection. Papers on Quantitative Genetics and Related Topics. Department of Genetics, North Carolina State University.
- Srivastava, M. S. and C. G. Katri. 1979. An Introduction to Multivariate Statistics. Elsevier North Holland. New York, USA. pp. 272-296.