



PRODUCCIÓN Y CALIDAD EN VARIEDADES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN VERACRUZ, MÉXICO

YIELD AND QUALITY OF COFFEE CULTIVARS (*Coffea arabica* L.) IN VERACRUZ, MÉXICO

Francisco Javier López-García¹, Esteban Escamilla-Prado¹,
Alfredo Zamarripa-Colmenero² y J. Guillermo Cruz-Castillo^{1*}

¹Centro Regional Universitario Oriente, Universidad Autónoma Chapingo. Km 6 Carretera Huatusco-Xalapa. 94100, Huatusco, Veracruz; México.

²Campo Experimental Rosario Izapa, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 18 Carretera Tapachula a Cacaohatan, 30870. Tuxtla Chico, Chiapas, Mexico.

*Autor de correspondencia (jcruzcastillo@yahoo.com)

RESUMEN

En Veracruz, México, el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) se hace predominantemente con sistema de producción bajo sombra. Las principales variedades son Typica, Bourbon y Caturra, y la producción promedio de frutos por planta es baja en comparación con la de otros países. Aquí se evaluó la producción de fruta (café cereza), el rendimiento agroindustrial cereza-pergamino y la calidad sensorial de la bebida en 20 cultivares de café durante cinco ciclos de producción (1998 a 2003). Las variedades con mayor producción promedio de fruto (café cereza) a través de esos cinco años fueron: Catuai Amarillo (23.8 kg/planta), Caturra Rojo (22.6 kg/planta), Colombia Brote Café (23.2 kg/planta) y Colombia Brote Verde (22.5 kg/planta). La variedad con mayor rendimiento agroindustrial cereza-pergamino fue Pluma Hidalgo 177 con 237.3 kg. El rendimiento de pergamino-oro fue mejor para Colombia Brote Verde (54.7 kg) en comparación con Garnica Tres Cruces Porte Alto (59.3 kg). La proporción de granos planchuela fue alta para Caturra Amarillo y Blue Mountain, con 86.2 y 83.2 % respectivamente. Pacamara tuvo la menor producción de fruto, pero presentó la mayor proporción de granos para preparación europea; este cultivar también presentó los mejores atributos en aroma, acidez y cuerpo. Para una preparación de café tipo Americano, las variedades Bourbon Salvadoreño y Bourbon Tres Cruces, tuvieron el tamaño de grano adecuado.

Palabras clave: *Coffea arabica*, variedades, productividad y calidad, evaluación sensorial del café.

SUMMARY

In Veracruz, México coffee (*Coffea arabica* L.) plantations are mainly grown under the shaded production system. The varieties typically used are Typica, Bourbon and Caturra, and their average fruit yield per plant is low compared to other countries. Fruit yield (cherry coffee), agro-industrial yield of cherry-parchment coffee, and sensorial quality of the beverage were evaluated in 20 coffee cultivars growing in Veracruz, México, during five years of production (1998 to 2003). Varieties with higher average fruit yield (cherry coffee) during the evaluation period were: Catuai Amarillo (23.8 kg/plant), Caturra Rojo (22.6 kg/plant), Colombia Brote Café (23.2 kg/plant) and Colombia Brote Verde (22.5 kg/plant). The variety with the highest agro-industrial yield cherry-parchment was Pluma Hidalgo 177 with 237.3 kg. Colombia Brote Verde produced more parchment-green coffee (54.7 kg) compared to Garnica Tres Cruces Porte Alto (59.3 kg). The largest proportion of normal grains corresponded to Caturra Amarillo and Blue Mountain, with 86.2 and 83.2 % respectively. Cv. Pacamara had lower fruit yield but presented the highest proportion of grains for preparing European-style coffee; this cultivar also

achieved the best attributes in smell, acidity and body. For the preparation of American-style coffee, varieties Bourbon Salvadoreño and Bourbon Tres Cruces achieved adequate grain size.

Index words: *Coffea arabica*, cultivars, yield and quality, sensorial evaluation of coffee.

INTRODUCCIÓN

El cafeto (*Coffea arabica* L.) es uno de los principales cultivos industriales en México. En los negocios de exportación los granos de café son muy apreciados (Espinosa-Solares *et al.*, 2005), y después del petróleo, es el producto más importante de exportación (DaMatta *et al.*, 2007). En México, el cafeto se cultiva en las regiones que poseen el clima adecuado para su crecimiento, y casi toda la producción es llevada a cabo por productores con pequeñas parcelas y escaso capital para invertir en su cultivo y manejo (Calo y Wise, 2005), a diferencia de otros productores en Guatemala y Costa Rica con grandes extensiones de tierra que invierten sin escatimar para elevar la producción (Bertrand *et al.*, 2006). En los mercados internacionales se reconocen algunos factores ambientales que influyen en la calidad del café como la altitud de la plantación (Bertrand *et al.*, 2006), y la sombra (DaMatta, 2007), pero la variedad del cafeto también juega un papel muy importante en cualquier sistema de producción, pues del genotipo y su adaptación al ambiente depende la cantidad y la calidad de frutos a cosechar (Hein y Gatzweiler, 2005; Kathurima *et al.*, 2009).

La mayoría de las variedades de *Coffea arabica* en el mundo son parecidas genéticamente, mientras que morfológicamente, presentan diferencias notables y sus frutos contrastan en calidad en pre y postcosecha (Steiger *et al.*, 2002). En Brasil, los principales cultivares son Mundo Novo, Catuai Vermelho, y Bourbon (Perrone *et al.*, 2008). En México, se cultivan mayormente los cultivares Typica,

Bourbon, Caturra Rojo, Mundo Novo, Garnica y Caturra Amarillo, cuya producción promedio de frutos frescos de café (cereza) es inferior a siete sacos de café oro (menor a 2.0 t ha⁻¹ de café cereza, equivalente a 8 qq ha⁻¹), que son las unidades utilizadas en el comercio internacional de este producto (ASERCA, 2010; Escamilla *et al.*, 2005; Vangis *et al.*, 2002).

Específicamente, en el estado de Veracruz las vars. Typica, Garnica, Bourbon, y Caturra se cultivan ampliamente (Hernández-Solabac *et al.*, 2011; Läderach *et al.*, 2010). Este estado aporta 21.25 % de la producción total de café cereza en México y presenta un rendimiento promedio de 2.2 t ha⁻¹. El principal periodo de cosecha de frutos de café en México es de enero a marzo (ASERCA, 2010). En países como Costa Rica (Samper, 1999), Colombia y Brasil (Vangis *et al.*, 2002) la producción promedio por hectárea es de 31.4, 18 y 17 sacos café oro ha⁻¹, respectivamente. Un saco de café oro equivale a 46 kg de granos de café manufacturados y previos al tostado (Espinosa-Solares *et al.*, 2005).

Estudios sobre las características productivas y de calidad en taza de diversas variedades de café se han llevado a cabo en México, pero pocos estudios han sido publicados (Pérez-Portilla *et al.*, 2011), y mayormente han sido limitados a uno o dos años de producción y con variedades que en un futuro tendrán menos uso por el ataque de *Hemileia vastatrix* Berk & Br. (Avelino *et al.*, 2015). En otros países la evaluación agronómica de variedades de café ha sido fundamental para elevar la producción y calidad en taza (Bertrand *et al.*, 2006). Por tanto, este es un aspecto primordial que debe llevarse a cabo para mejorar el desarrollo de este cultivo en México.

Los objetivos de este estudio fueron determinar el ren-

dimiento de café cereza (kg/planta) durante cinco años subsecuentes, de la calidad física del grano (medida en porcentaje de frutos vanos, y en rendimiento industrial) y de la calidad en taza (evaluación sensorial) durante dos años subsecuentes, de 20 variedades de *C. arabica* cultivadas en una de las principales regiones cafetaleras del estado de Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 1997 se establecieron 20 variedades de *Coffea arabica* L. (10 de porte alto y 10 de porte bajo) con edad de 12 meses en el Municipio de Zentla, Veracruz, a 19° 02' 30" N, 96° 47' 30" O a una altitud promedio de 800 m (Cuadro 1). La distancia de plantación, para las variedades de porte bajo fue de 1.5 x 2.0 m, y para las variedades de porte alto fue de 2.0 x 2.5 m, entre plantas y entre filas, respectivamente. Los tratamientos se distribuyeron conforme a un diseño experimental de bloques completos al azar (transversales a la pendiente de 4 % del terreno), con seis repeticiones y una unidad experimental de seis plantas.

La sombra de las parcelas se estableció con árboles del género *Inga*, 30 d después de la plantación de los cafetos, en arreglo de marco rectangular de 8 x 6 m. En el primer año de plantación se hicieron dos aplicaciones de fertilizante químico, con 50 g de urea (46N-00P-00K) por árbol, una en marzo y la otra en septiembre. En el segundo año se aplicaron 100 g de 18N-46P-00K en dos fechas y una enalada con 1000 g de cal dolomítica (Ca y Mg) por árbol de café, debido a que el pH del suelo era de 4.6. En el tercer año se realizaron otras dos aplicaciones, esta vez con dosis de 200 g por árbol, para repetir la misma fórmula en los siguientes años evaluados. El control de la maleza se hizo de forma manual y los cafetos nunca fueron podados.

Cuadro 1: Variedades de *Coffea arabica* de portes bajo y alto evaluadas en Zentla, Veracruz.

Porte bajo	Porte alto
1. Caturra Rojo	11. Typica 947
2. Catuai Amarillo	12. Bourbon Salvadoreño
3. Caturra Amarillo	13. Batie
4. Pacamara	14. Blue Mountain
5. Garnica F ₅	15. Typica Xhantocarpa
6. Garnica Iquimite	16. Pluma Hidalgo 177
7. Colombia Brote Verde (BV)*	17. Dessie
8. Colombia Brote Café (BC) [†]	18. Garnica (TCPA) [§]
9. Garnica (TCPB) [§]	19. Typica Tres Cruces (TC) [§]
10. Oro Azteca	20. Bourbon Tres Cruces (TC) [§]

*Brote terminal con hojas verdes; [†]Brote terminal con hojas cafés; [§]Con tres ramas plagiotrópicas por nudo, en lugar de dos.

VARIABLES EVALUADAS

En las 20 variedades de cafeto se determinó el peso de fruta fresca o producción de café cereza (PCC) (en kg/planta) durante cinco años de producción (1998 a 2003). La cosecha se llevó a cabo entre diciembre y febrero en cada uno de los cinco periodos de producción. La calidad física del grano y sensorial de la bebida se determinó en el ciclo 2002 a 2003. El porcentaje de frutos vanos (PFV) fue tomado en una muestra al azar de 500 frutos maduros en cada variedad, para lo cual cada muestra se depositó en una cubeta con agua y los frutos se sumergieron por 2 min, para separar los granos flotantes, los cuales se contabilizaron para obtener el porcentaje de frutos vanos (Rosas-Arellano *et al.*, 2008).

Para cada variedad se seleccionaron al azar 6 kg de fruto para ser despulpados con una despulpadora de discos manual (100MEX®, México). Luego se procedió a la fermentación natural y los granos se pasaron en zarandas de madera, posteriormente el secado se hizo por exposición al sol hasta una humedad máxima de 12 % determinada con un higrómetro (Delmhorst G7®, USA) conforme al método indicado por Espinosa-Solares *et al.* (2005). El rendimiento industrial por variedad de la conversión de café cereza a café pergamino (RCP), se obtuvo con la fórmula:

$$RCP = (6 \text{ kg cereza} \times 57.5 \text{ kg pergamino}) / \text{peso de café resultante}$$

En esta ecuación la cantidad 57.5 kg de café pergamino equivale a un quintal (1 qq) (Espinosa-Solares *et al.*, 2005).

Para determinar el rendimiento de café pergamino a café oro (RPO), de cada muestra de café pergamino se tomaron muestras de 250 g los cuales se beneficiaron a café oro, se pesó el café oro resultante y se calculó el rendimiento con la ecuación de Espinosa-Solares *et al.* (2005):

$$RPO = (250 \text{ g en pergamino} \times 46 \text{ kg de oro}) / \text{kg de café en oro resultante}$$

En donde, 46 kg de oro es el estándar nacional para un quintal de café oro (Espinosa-Solares *et al.*, 2005).

Del café oro se analizaron muestras de 100 g, en las que se separaron los granos tipo planchuela (normal), caracol, triángulo, concha y gigante (Escamilla, 1993); y los valores obtenidos se expresaron en porcentaje.

Para medir el tamaño del grano se usaron muestras de 100 g de café oro que se pasaron por las zarandas de los números 18, 17, 16, 15, 14 y del 0 (7.44, 6.75, 6.35, 5.95, 5.56 y 0 mm). Posteriormente se sumaron los por-

centajes de los granos capturados en las zarandas 18 y 17, que son los que clasifican como preparación Europea; lo mismo se hizo con los granos de las zarandas 16 y 15 los cuales se clasifican para la preparación Americana; y por último, los granos de las zarandas 14 y 0 se clasificaron como consumo nacional. La zaranda número 18 es la que capturó los granos de mayor tamaño, y la del 0 los de menor tamaño.

La determinación de la calidad sensorial de la bebida (CSB), tras evaluar los atributos aroma, acidez, cuerpo y sabor, se llevó a cabo con un panel de cinco catadores y la escala que se utilizó varió del 1 al 15 (1 para el valor más bajo y 15 para el valor más alto). Los datos fueron capturados en el Programa Excel y se empleó el "software" Statistica 6.1 (StatSoft®, Inc., 2003) para el análisis de varianza no paramétrico y para la comparación de medias por el método de Kruskal-Wallis (Di Rienzo *et al.*, 2016). Los datos presentados son el promedio de dos cosechas en años consecutivos (2001 a 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de café cereza (PCC)

En la primera cosecha, las variedades Caturras Rojo y Amarillo, Garnicas F₅ Iquimite, Colombia Brote Verde (BV) y Colombia Brote Café (BC) tuvieron mayor producción de café cereza (PCC) que los otros cultivares. Catuai Amarillo y Garnica (TCPA) fueron iguales a Caturra Amarillo. Colombia Brote Café alcanzó la mayor producción en los primeros dos años. El cultivar de menor producción en los primeros dos años fue Pacamara (Cuadro 2). Al sumar la producción de cinco cosechas, los cultivares con mayor PCC fueron Catuai Amarillo, Colombia Brote Café, Caturra Rojo, Colombia Brote Verde, y fueron de porte bajo. Estos resultados coinciden con índices de producción donde los cafetos más productivos en los primeros dos años tienden a presentar mayor número de frutos en los siguientes 5 a 10 años (Walyaro y Van Der Vossen, 1979).

Las variedades Colombia con Brotes Verdes y Brotes Cafés, también denominadas Catimores, son derivadas del Híbrido de Timor X Caturra y se han reportado resistentes a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) (Escamilla *et al.*, 2005), lo cual las hace ventajosas para los productores. En contraste, durante este periodo la variedad con menor rendimiento ($P \leq 0.05$) fue Pacamara de porte bajo. Otras variedades con bajos rendimientos fueron Pluma Hidalgo 177 y Blue Mountain, ambas de porte alto. Typica que es una variedad extendida en Veracruz, representada en el presente estudio por las variedades Typica 947, Typica Xhantocarpa y Typica Tres Cruces, tuvieron baja producción de fruta como ha sido indicado

anteriormente (Escamilla, 1993). El efecto de los bloques debido a la pendiente en una direcci3n fue significativo ($P \leq 0.05$).

Ante los desaf3os actuales que presenta el sector cafetalero en Veracruz, como bajo rendimiento en campo, cambio clim3tico, infestaci3n de roya y potencial de caf3s diferenciados, es pertinente evaluar a las nuevas variedades en las diferentes regiones y bajo los sistemas de cultivo bajo sombra. Por ejemplo, la evaluaci3n de h3bridos podr3a ser una posibilidad, ya que en Centroam3rica los h3bridos de *Coffea arabica* han superado a las variedades tradicionales en cuanto a producci3n y calidad en postcosecha (Bertrand *et al.*, 2006).

Calidad f3sica del grano

No hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las variedades en lo referente a la producci3n de frutos vanos (sin semilla), y los valores fueron de 3.2 a 10 %. La transformaci3n de cereza a pergamino tampoco fue influenciada significativamente por el cultivar (Cuadro 3). Esto contrasta con los resultados de Espinosa-Solares *et al.* (2005), quienes mostraron que las vars. *Typica* y *Mundo Novo* tuvieron mayor eficiencia en conversiones de caf3 cereza a pergamino debido al tama3o de sus frutos. En el

rendimiento de pergamino a oro, Colombia Brote Verde fue m3s eficiente que *Garnica TCPA* (Cuadro 3) para conformar un quintal con menos granos (saco de 45.5 kg de caf3 oro) mediante una prueba de contrastes ortogonales. Los dem3s cultivares fueron similares en esta variable agroindustrial (Cuadro 3).

En Costa Rica, los cultivares con un periodo de crecimiento de fruto m3s largo tienden a mejores rendimientos de caf3 cereza a caf3 oro (Alp3zar, 2000); en M3xico no se han llevado a cabo estudios al respecto. Para la investigaci3n futura se podr3a considerar la evaluaci3n en campo de h3bridos de *Coffea arabica* que han superado a las variedades tradicionales en cuanto a producci3n y calidad en postcosecha. En el contexto del caf3 mexicano con predominio de sistemas de cultivo bajo sombra y peque3os productores, son necesarios adem3s los ensayos de variedades en varios sistemas de producci3n y con diversas condiciones agroecol3gicas.

En lo referente a las anomal3as en los granos, todas las variedades (promedio \pm error est3ndar) produjeron granos en forma de planchuela (79.19 ± 0.89), caracol (13.6 ± 0.66), concha (2.06 ± 0.20) y tri3ngulo (3.69 ± 0.52), y no hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las 20 variedades (Cuadro 4).

Cuadro 2. Producci3n de fruto en variedades de caf3 durante cinco cosechas (1998 a 2003) en Veracruz.

Variedad	Cosechas (kg/planta)					Total
	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	2002-2003	
Caturra Rojo	1.1 a	6.7 b	4.8 bc	6.5 b	3.37 ef	22.6 ab
Catuai Amarillo	0.9 bc	5.8 cde	7.3 a	5.2 cdef	4.4 bcd	23.8 a
Caturra Amarillo	1.0 ab	5.7 def	4.3 bcde	6.0 bc	2.8 fgh	20.0 def
Pacamara	0.1 g	2.8 i	2.7 g	3.1 j	3.0 fg	11.9 l
Garnica F ₅	1.0 ab	5.7 def	4.5 bcd	4.8 efg	2.5 gh	18.6 efgh
Garnica Iquimite	0.9 ab	6.5 bc	4.3 bcde	5.7 bcde	2.1 h	19.8 def
Colombia Brote Verde	1.1 a	5.3 efg	5.0 b	5.8 bcd	5.1 ab	22.5 abc
Colombia Brote Caf3	1.1 a	8.2 a	4.0 cdef	7.7 a	2.1 h	23.2a
Garnica (TCPB)	0.5 f	5.2 efgh	4.5 bcd	3.7 hij	3.2 efg	17.2 ghij
Oro Azteca	0.7 cde	5.7 cde	3.2 fg	5.2 cdef	2.1 h	17.1 hij
Typica 947	0.5 f	5.1efgh	4.6 bcd	3.9 ghij	3.7 def	17.9 fghi
Bourbon Salvadore3o	0.5 ef	5.2 efgh	3.6 defg	4.4 gh	4.8 abc	18.8 defgh
Batie	0.4 f	5.9 bcde	3.3 efg	5.8 bcde	4.7 abc	20.4 cde
Blue Mountain	0.4 f	5.3 efgh	3.0 fg	3.4 ij	3.6 def	16.0 ijk
Typica Xhantocarpa	0.6def	5.2 efgh	4.0 cdef	4.9 efg	5.1 ab	20.1def
Pluma Hidalgo 177	0.5 f	4.4 h	2.7 g	3.1 ij	4.0 cde	14.9 k
Dessie	0.4 f	4.9 fgh	3.6 defg	4.1ghi	4.9 abc	18.2 efghi
Garnica (TCPA)	0.8 bcd	6.2 bcd	4.7 bc	4.4 fgh	4.6 abcd	20.9 bcd
Typica (TC)	0.5 ef	4.7gh	3.1fg	3.0 j	3.7 def	15.2 jk
Bourbon (TC)	0.4 f	5.3 efgh	3.6 defg	4.3 fgh	5.4 a	19.2 defg

Medias con letras iguales de una misma columna no son estad3sticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 3. Porcentaje de frutos vanos y rendimientos industriales (kg) de 20 variedades de cafeto en Veracruz (2002 a 2003).

Variedad	Fruto vano	Cereza a pergamino	Pergamino a oro
Caturra Rojo	4.8 a	238.7 a	55.4 ab
Catuai Amarillo	3.2 a	244.5 a	55.8 ab
Caturra Amarillo	5.9 a	252.2 a	56.2 ab
Pacamara	7.4 a	239.6 a	56.4 ab
Garnica F ₅	3.7 a	244.1 a	56.2 ab
Garnica Iquimite	5.9 a	263.9 a	57.0 ab
Colombia Brote Verde	8.2 a	253.2 a	54.7 b
Colombia Brote Café	6.2 a	259.0 a	56.2 ab
Garnica (TCPB)	6.0 a	259.4 a	55.8 ab
Oro Azteca	6.0 a	245.1 a	56.4 ab
Typica 947	7.0 a	248.0 a	55.5 ab
Bourbon Salvadoreño	5.5 a	258.8 a	57.5 ab
Batie	10.0 a	252.1 a	56.2 ab
Blue Mountain	4.3 a	256.6 a	55.7 ab
Typica Xhantocarpa	4.6 a	240.8 a	56.2 ab
Pluma Hidalgo 177	4.7 a	237.3 a	56.3 ab
Dessie	6.9 a	239.9 a	56.7 ab
Garnica (TCPA)	7.8 a	271.5 a	59.3 a
Typica (TC)	7.0 a	258.1 a	57.1 ab
Bourbón (TC)	7.3 a	270.0 a	58.0 ab

Medias con letras iguales de una misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 4. Porcentaje de anomalías del grano de 20 variedades de café en Veracruz en 2002 a 2003.

Variedad	Planchuela	Caracol	Concha	Triángulo
Caturra Rojo	84.2 a	11.1 a	2.0 a	2.5 a
Catuai Amarillo	81.2 a	10.8 a	2.3 a	4.2 a
Caturra Amarillo	86.2 a	6.8 a	2.4 a	3.8 a
Pacamara	78.8 a	13.7 a	1.4 a	3.3 a
Garnica F ₅	80.2 a	13.2 a	3.6 a	3.4 a
Garnica Iquimite	77.4 a	10.9 a	4.0 a	6.0 a
Colombia (BV)	80.8 a	14.7 a	1.7 a	2.1 a
Colombia (BC)	78.6 a	11.9 a	2.0 a	3.2 a
Garnica (TCPB)	79.7 a	11.2 a	1.6 a	5.1 a
Oro Azteca	78.9 a	14.6 a	1.8 a	2.8 a
Typica 947	79.9 a	11.9 a	1.4 a	4.6 a
Bourbón Salvadoreño	79.7 a	11.2 a	2.6 a	5.2 a
Batie	76.9 a	18.9 a	0.9 a	1.4 a
Blue Mountain	83.2 a	12.5 a	1.4 a	1.8 a
Typica Xhantocarpa	80.2 a	14.3 a	1.0 a	1.9 a
Pluma Hidalgo 177	82.4 a	13.7 a	1.1 a	1.0 a
Dessie	76.1 a	18.9 a	1.3 a	1.2 a
Garnica (TCPA)	72.2 a	13.0 a	3.7 a	10.3 a
Typica (TC)	75.2 a	16.8 a	2.8 a	3.9 a
Bourbón (TC)	71.9 a	17.0 a	2.2 a	7.1 a

Medias con letras iguales de una misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

El tamaño del grano de café es una característica determinante por los compradores al mayoreo. Los europeos prefieren los tamaños de semilla más grande, ya que la preparación Europea corresponde a la criba 17 y 18; en cambio, la preparación Americana es con las cribas 15 y 16. La var. Pacamara presentó un porcentaje de preparación Europea de hasta 89.2 en dos años consecutivos (Cuadro 5). Las variedades con menor tamaño de grano y adecuadas para la preparación Americana fueron Bourbon Salvadoreño y Bourbon Tres Cruces (Cuadro 5). Sin embargo, el tamaño de grano no ha sido relacionado significativamente con la calidad en taza (Kathurima *et al.*, 2009). En el café una mayor carga de frutos por arbusto se asocia con granos de menor tamaño (Vaast *et al.*, 2006) y de menor peso seco (Vaast *et al.*, 2005). En este contexto, la var. Pacamara tuvo la menor producción de frutos (11.9 kg/planta) en 5 años y el tamaño grande de sus frutos, determinado por su alto porcentaje de preparación Europea, lo que se puede relacionar con su genética con su alta proporción hoja:fruto por arbusto (Vaast *et al.*, 2006), y con su baja producción de fruto por árbol.

Calidad sensorial de la bebida

Se determinaron diferencias significativas en los atributos aroma, acidez y cuerpo. El sabor fue similar ($P \leq 0.05$) para todas las variedades (Cuadro 6) en dos cosechas en años consecutivos. Los granos de café de las vars. Pacamara, Colombia Brote Café, Colombia Brote Verde, Typica 947 y Garnica TCPA (Tres Cruces Porte Alto), presentaron mejor aroma ($P \leq 0.05$) que Garnica TCPB (Garnica Tres Cruces Porte Bajo) (Cuadro 6). Sin embargo, la acidez fue baja para Garnica TCPB. Las variedades con más bajo cuerpo en la bebida fueron Caturra Rojo, Garnica F₅, Garnica Iquimite y Garnica (TCPB). En general, las demás variedades fueron muy parecidas en esta característica ($P \leq 0.05$). La composición bioquímica de los granos de café está influenciada por factores genéticos (Montagnon *et al.*, 1998). Sin embargo, la calidad en taza puede estar más relacionada con el microclima de las regiones de producción de café (Avelino *et al.*, 2005).

Cuadro 5. Tamaño del grano de café (%) para preparaciones Europea y Americana en dos años consecutivos (2001 a 2003).

Variedad	Primer año		Segundo año		Promedio (%)	
	Europea	Americana	Europea	Americana	Europea	Americana
Caturra Rojo	76.7 b	23.2 d	75.0 c	25.0 c	75.9 bc	24.1 c
Catuai Amarillo	81.7 b	18.2 e	81.5 b	18.5 d	81.6 b	18.3 d
Caturra Amarillo	76.9 b	23.0 d	78.1 b	21.9 c	77.5 b	22.4 c
Pacamara	91.9 a	8.0 g	87.5 a	13.5 e	89.2a	10.7 e
Garnica F ₅	74.5 b	25.4 c	84.2 ab	15.8 e	79.3 b	20.6 cd
Garnica Iquimite	77.9 b	22.0 d	70.5 d	29.5 b	74.2 bc	25.7 bc
Colombia (BV)	75.4 b	24.5 c	77.5 bc	22.5 c	76.5 bc	23.5 c
Colombia (BC)	81.9 b	18.0 e	82.0 b	18.0 d	81.9 b	18.0 d
Garnica (TCPB)	87.1 ab	12.8 f	65.0 e	35.0 a	76.0 bc	23.9 c
Oro Azteca	72.2 c	27.7 c	72.0 d	28.0 b	72.1 c	27.8 b
Typica 947	73.7 b	26.2 c	83.0 b	17.0 d	78.3 b	21.6 c
Bourbón Salvadoreño	56.6 d	43.3 a	72.7 d	27.3 b	64.6 d	35.3 a
Batie	80.1 b	19.8 e	74.6 c	25.4 c	77.3 bc	22.6 c
Blue Mountain	72.7 c	27.2 c	79.3 bc	20.7 cd	76.0 bc	23.9 c
Typica Xhantocarpa	75.6 b	24.3 d	67.3 de	32.7 ab	71.4 c	28.5 b
Pluma Hidalgo 177	79.8 b	20.1 e	75.7 c	24.3 c	77.7 bc	22.2 c
Dessie	76.1 b	23.8 d	82.0 b	18.0 d	79.0 b	20.9 cd
Garnica (TCPA)	72.5 c	27.5 c	70.4 d	29.6 b	71.4 c	28.5 b
Typica (TC)	71.0 c	28.9 c	73.2 cd	26.8 b	72.1 c	27.8 b
Bourbon (TC)	61.5 d	38.4 b	64.7 e	35.3 a	63.1 d	36.8 a

Medias con letras iguales de una misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 6. Evaluación sensorial en taza para determinar aroma, acidez, sabor y cuerpo para 20 variedades de cafeto en Veracruz. Los valores son un promedio de dos cosechas en años consecutivos (2001 a 2003). En la escala, 1 es el valor más bajo y 15 el más alto.

Variedad	Aroma	Acidez	Sabor	Cuerpo
Caturra Rojo	10.2 bc	9.6 bcd	6.7 a	7.6 b
Catuai Amarillo	10.2 bc	9.5 cd	6.8 a	7.8 ab
Caturra Amarillo	10.2 bc	9.3 cd	6.5 a	8.1 ab
Pacamara	12.4 a	12.5 a	6.0 a	9.7 a
Garnica F ₅	10.4 bc	9.6 bcd	6.5 a	7.7 b
Garnica Iquimite	10.2 bc	9.3 cd	6.7 a	7.6 b
Colombia (BV)	10.9 ab	10.3 abcd	6.1 a	8.6 ab
Colombia (BC)	11.5 ab	11.8 ab	6.2 a	9.0 ab
Garnica (TCPB)	9.8 c	8.8 d	6.8 a	7.4 b
Oro Azteca	11.2 abc	10.3 abcd	6.5 a	8.2 ab
Typica 947	11.5 ab	10.3 abcd	6.4 a	8.0 ab
Bourbón Salvadoreño	10.6 bc	9.8 bcd	6.4 a	7.8 ab
Batie	10.8 abc	10.7 abcd	6.2 a	8.6 ab
Blue Mountain	11.2 abc	10.7 abcd	6.1 a	8.6 ab
Typica Xhantocarpa	11.4 abc	10.4 abcd	6.5 a	8.3 ab
Pluma Hidalgo 177	11.3 abc	10.8 abcd	6.3 a	8.7 ab
Dessie	11.1 abc	10.8 abcd	6.1 a	8.7 ab
Garnica (TCPA)	11.5 ab	11.5 abc	6.0 a	9.1 ab
Typica (TC)	11.1 abc	10.4 abcd	6.4 a	8.2 ab
Bourbón (TC)	11.2 abc	10.7 abcd	6.5 a	8.7 ab

Medias con letras iguales de una misma columna no son estadísticamente diferentes (Kruskal-Wallis, 0.05).

CONCLUSIONES

Las variedades de porte bajo Catuai Amarillo, Colombia Brote Café, Caturra Rojo y Colombia Brote Verde mostraron alta productividad por planta con un acumulado en cinco años consecutivos por arriba de los 20 kg/planta, lo que supera a todas las variedades de porte alto. En cuanto a la calidad física del grano, para las variables planchuela, caracol, concha y triángulo no hubo diferencias significativas entre variedades. El cv. Pacamara tuvo baja producción de grano; sin embargo, presentó la mayor proporción de granos para preparación Europea y los mejores atributos en la calidad sensorial en aroma, acidez y cuerpo. Las vars. Bourbon Salvadoreño y Bourbon Tres Cruces tuvieron un tamaño de grano ideal para una preparación tipo Americana.

BIBLIOGRAFÍA

Alpizar J. M. (2000) Comportamiento de los rendimientos de beneficiado de café de Costa Rica por zonas de producción, según registros de 15 años. *In*: L. Zamora y J. Echeverri (eds.). XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura, Memoria, ICAFE San

José, Costa Rica. pp:467-471.

- ASERCA, Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios (2010) Escenario actual del café. SAGARPA. 16 p. <http://www.aserca.gob.mx/Paginas/default.aspx>.
- Avelino J., B. Barboza, J. C. Araya, C. Fonseca, F. Davrieux, B. Guyot and C. Cilas (2005) Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude *terroirs* of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85:1869–1876.
- Avelino J., M. Cristancho, S. Georgiou, P. Imbach, L. Aguilar, G. Bomemann, P. Läderach, F. Anzueto, A.J. Hruska and C. Morales (2015) The coffee rust crises in Colombia and Central America (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solution. *Food Security* 7:313–321.
- Bertrand B., P. Vaast, E. Alpizar, H. Etienne, F. Davrieux and P. Charmetant (2006) Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology* 26:1239–1248.
- Calo M. and T. A. Wise (2005) Revaluating Peasant Coffee Production: Organic and Fair Trade Markets in Mexico. Global Development and Environment Institute. Tufts University. 57 p.
- DaMatta F. M., P. C. Ronchi, M. Maestri and S. R. Barros (2007) Ecophysiology of coffee growth and production. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 19:485–510.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo (2016) InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- Escamilla P. E. (1993) El Café Cereza en México Tecnología de la Producción. Universidad Autónoma Chapingo. 116 p.
- Escamilla E., O. Ruiz, G. Díaz, C. Landeros, D.E. Platas, A. Zamarripa y V. A. González (2005) El agroecosistema café orgánico en México. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 76:5-16.
- Espinosa-Solares T., J. G. Cruz-Castillo, O. A. Montesinos-López and A. Hernández-Montes (2005) Raw coffee processing yield affected more by cultivar than by harvest date. *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 89:169-180.
- Hein L. and F. Gatzweiler (2005) The economic value of coffee (*Coffea arabica*) genetic resources. *Ecological Economics* 60:176-185.
- Hernández-Solabac J. A. M., M. E. Nava-Tablada, S. Díaz-Cárdenas, E. Pérez-Portilla y E. Escamilla-Prado (2011) Migración internacional y manejo del café en dos comunidades del Centro de Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14:807-818.
- Kathurima C. W., B. M. Gichimu, G. M. Kenji, S. M. Muhoho and R. Boulanger (2009) Evaluation of beverage quality and green bean physical characteristics of selected Arabica coffee genotypes in Kenya. *African Journal of Food Science* 3:365-371.
- Läderach P., T. Oberthür, S. Cook, M. Estrada-Iza, J. A. Pohlen, M. Fisher and R. Rosales-Lechuga (2010) Systematic agronomic farm management for improved coffee quality. *Field Crops Research* 120:321-329.
- Montagnon C., B. Guyot, C. Cilas and T. Leroy (1998) Genetic parameters of several biochemical compounds from green coffee, *Coffea canephora*. *Plant Breeding* 117:576-578.
- Pérez-Portilla E., S. Bonilla-Cruz, J. A. M. Hernández-Solabac y J. G. Partida-Sedas (2011) Estrategia de mejoramiento de la producción cafetalera de la organización Campesinos Ecológicos de la Sierra Madre de Chiapas: caracterización de la bebida de café. *Revista de Geografía Agrícola* 46-47:7-18.
- Perrone D., A. Farah, C. M. Donangelo, T. de Paulis and P. R. Martin (2008) Comprehensive analysis of major and minor chlorogenic acids and lactones in economically relevant Brazilian coffee cultivars. *Food Chemistry* 106:859-867.
- Rosas-Arellano J., E. Escamilla-Prado y O. Ruiz-Rosado (2008) Relación de los nutrimentos del suelo con las características físicas y sensoriales del café orgánico. *Terra Latinoamericana* 26:375-384.
- Samper K. M. (1999) Trayectoria y viabilidad de la Caficultura Centroamericanas. In: B. Bertrand y B. Rapidel (eds). Desafíos de la Caficultura en Centroamérica. IICA. PROMECAFE. CIRAD. IRD. CCCR. Francia. Costa Rica. pp:1-68.
- StatSoft Inc. (2003) Statistica. Data Analysis Software System. Version 6. In:www.statsoft.com.
- Steiger D. L., C. Nagai, P. H. Moore, C. W. Morden, R. V. Osgood and R. Ming (2002) AFLP analysis of genetic diversity within and among *Coffea arabica* cultivars. *Theoretical and Applied Genetics* 105:209-215.
- Vaast P., J. Angrand, N. Franck, J. Dauzat and M. Génard (2005) Fruit load and branch ring-barking affect carbon allocation and photosynthesis of leaf and fruit of *Coffea arabica* in the field. *Tree Physiology* 25:753-760.
- Vaast P., B. Bertrand, J.-J. Perriot, B. Guyot and M. Génard (2006) Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86:197-204.
- Varangis P., P. Siegel, D. Giovanucci y B. Lewin (2002) Región Centroamericana. La Crisis Cafetalera: Efectos y Estrategias para Hacerle Frente. World Bank Policy Research Working Paper. Informe 2993. pp:11-12. <https://books.google.com.mx/books?id=EevOmALwN5gC>
- Walyaro D. J. and H. A. M. Van Der Vossen (1979) Early determination of yield potential in Arabica coffee by applying index selection. *Euphytica* 28:565-472.