

# Calidad y estado fisiológico del café al momento de la cosecha y su efecto en el rendimiento en Puerto Rico<sup>1,2</sup>

Carlos A. Flores-Ortega<sup>3</sup>, Raúl Macchiavelli<sup>4</sup>, Osvaldo Bosque<sup>5</sup>  
y Raúl Toledo<sup>6</sup>

J. Agric. Univ. P.R. 100(1):27-41 (2016)

## RESUMEN

Se estudió el efecto de localización (medianía y altura) y del momento en que se realizó la cosecha del café (al principio, pico y final) sobre el estado fisiológico de la fruta cosechada y llevada al beneficiado comercial como fruta madura durante los años 2009 y 2010. Se analizó el efecto de los estados fisiológicos del fruto y el daño ocasionado por la broca del café (*Hypothenemus hampei* Ferrari 1867) con relación a la cantidad de café que flota cuando se somete a la prueba de flotación y los efectos de estas interacciones con relación al rendimiento y tamaño del fruto de café después de pilado. Los resultados indican que existe una alta variabilidad entre una cosecha y otra en términos de la proporción de café maduro, pintado, verde y sobre maduro que constituye la clasificación de café maduro comprado por los beneficiadores-compradores. La proporción de café maduro varió entre un 50% y un 70% de un año a otro, proporciones muy bajas para obtener buen rendimiento y calidad del café. La presencia de café verde en los niveles de un 4.34% y un 13.73% implica menor rendimiento y un deterioro de la calidad del café, lo cual requerirá esfuerzo y gasto adicional para la separación de este grano que se pagó como grano maduro. El rendimiento del café una vez despulpado y lavado fluctuó entre un 40% y un 43%. Se observó también de un 2% a un 3.5% de café que flotaba por condiciones fisiológicas no relacionadas al daño por broca. Hasta un 3% del café caracolillo, después de despulpado, flota y se puede estar perdiendo durante el proceso de lavado. Se observó que los promedios de granos seleccionados en tamiz #14 (más pequeño) y #17 fueron mayores que las cantidades seleccionadas en tamiz #19 (más grande). Los resultados indican que el porcentaje de café pergamino al 12% de humedad fluctúa entre un 20% y un 21% del peso fresco. Estos resultados demuestran que la calidad y el rendimiento del café se definen al momento de la cosecha.

<sup>1</sup>Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 7 de agosto de 2014.

<sup>2</sup>Esta investigación fue auspiciada por el Fondo Integral para el Desarrollo Agropecuario (FIDA) del Departamento de Agricultura de Puerto Rico.

<sup>3</sup>Catedrático Asociado, Departamento de Ciencias Agroambientales, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico – Estación Experimental Agrícola, 1193 Calle Guayacán, Jardín Botánico Sur, San Juan, Puerto Rico 00926-1118, Teléfono (787)767-9705 x 2001; Email: carlos.flores3@upr.edu

<sup>4</sup>Catedrático, Departamento de Ciencias Agroambientales, Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez.

<sup>5</sup>Asociado de Investigaciones (fallecido), Colegio de Ciencias Agrícolas, Recinto Universitario de Mayagüez, Subestación de Adjuntas.

<sup>6</sup>Agrónomo de Área, Departamento de Agricultura de Puerto Rico, Región de Lares.

Para incursionar en mercados de café de exportación, se requieren altas proporciones de café uva maduro y cantidades mínimas de café verde. El café comercial clasificado como maduro que se recibe en los beneficiados comerciales de Puerto Rico no cumple con esta condición, por lo que se requerirá de mayor esfuerzo para mejorar la recolección y la selección del café en el beneficiado para obtener café con las características óptimas de calidad para exportación.

Palabras clave: *Coffea arabica*, broca del café, *Hypothenemus hampei*, beneficiado

#### ABSTRACT

##### Quality and physiological state of coffee at harvest and its effect on yield in Puerto Rico

The effects of location (mid and high ground) and harvest period (beginning, peak and end) on coffee were analyzed in terms of the fruit's physiological state at harvest at the commercial coffee mills in Puerto Rico during 2009 and 2010. The effects on yield of the fruit's physiological stage and the damages caused by the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei* Ferrari 1867) after the coffee was shelled, were also analyzed. Results indicate that between harvests there is a high fluctuation in terms of the proportion of ripe, partially ripe, green and over-ripe coffee that constitute the classification of ripe coffee bought by the coffee mill. The percentage of ripe coffee varied from 50% to 70% from year to year; these are very low percentages of ripe fruits for obtaining good quality and yield. The presence of green coffee at levels of 4.34% and 13.73% means a lower yield and deterioration of the coffee's quality. Thus additional effort and expense are required in order to separate the green beans that were bought as ripe. The yield of pulped and washed coffee fluctuated between 40% and 43%. From 2% to 3.5% of the coffee grains floated because of physiological causes not related to damages made by the coffee berry borer. Up to 3% of "caracolillo" coffee floats after being pulped and can be lost during the washing process. Average number of beans collected in the #14 sieve (smallest) and the #17 sieve were greater than the amount collected in the #19 sieve (largest). Results indicate that the percentage of "pergamino" coffee at 12% humidity fluctuates between 20% and 21% of the weight. These results show that coffee quality and yield are closely defined at harvest time. High amounts of ripe coffee berries and low quantities of green coffee beans are required in order to enter the coffee exportation market. The commercial coffee classified as ripe received at commercial coffee mills in Puerto Rico does not fulfill this requirement. Additional efforts must be made to improve the collection and selection of coffee at the processing level, especially if the goal is to obtain coffee with optimum exportation quality.

Key words: *Coffea arabica*, coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, coffee processing

#### INTRODUCCIÓN

La producción de café en Puerto Rico ha ido disminuyendo paulatinamente, dando paso a un aumento en la importación a partir de 1998, luego del paso por la isla del Huracán Georges (Alamo, 2004). La can-

tividad de café producido durante los últimos años es menos de la mitad de la demanda de consumo anual (Dpto. de Agricultura de P.R., 2012). Uno de los problemas fundamentales en esta industria es el bajo rendimiento de producción, estimado en 441 kg/ha (3.83 quintales/cuerda) para el año 2002 (Alamo, 2004) y considerado uno de los más bajos entre los países productores del mundo. Este bajo rendimiento se debe en gran parte a la falta de recolectores capacitados y la falta de transferencia de tecnología en distintas alternativas de cosecha, además del aumento en los costos de los insumos de producción y los efectos de plagas y enfermedades.

La calidad del café depende de numerosos factores, entre los cuales se encuentran la variedad, suelo, clima, altitud, control de plagas y enfermedades, prácticas de producción, prácticas de cosecha-poscosecha y torrefacción (Monroig, 2008; Lara, 2005). Tanto la altitud como la recolección en su punto óptimo de madurez tienen una influencia diferencial sobre la calidad del café. Para todas las variedades, el aumento en la calidad se ha asociado con la lentitud de la madurez del grano debida a la reducción de la temperatura ambiental con el incremento de la altura (Figueroa et al., 2000; Escarraman et al., 2008). Los atributos de la calidad del café puertorriqueño constituyen la base para definir las estrategias de promoción, mercadeo y posible inclusión a gran escala en los mercados de exportación de cafés especiales en el mundo, obteniendo diferenciales de precio que se ajustan a la realidad económica de nuestra caficultura.

A pesar de la reducción en la producción de café en la isla, en los últimos años se ha experimentado un interés por el cultivo de café para exportación (Alamo, 2004). Los esfuerzos se han concentrado en obtener alta calidad y rendimiento por unidad de área, lo cual permite mejores ingresos y sustentabilidad de la operación agrícola. Es preciso destacar que el café adquiere su calidad en la primera etapa, en el cafetal. En casi todos los países productores de café se usa el método de recolección selectiva, que consiste en cosechar solo los granos que han alcanzado la maduración total, caracterizada por el color rojo intenso (Cléves, 1995). De ahí en adelante, labores apropiadas de cosecha, tratamiento poscosecha, procesamiento y tostado son necesarias para mantener la calidad del producto; sin embargo, no es posible reparar los errores cometidos durante la cosecha y el manejo de las frutas en las primeras horas después de desprenderlas de los arbustos. De las variables que siempre definen el manejo de la calidad del café en cualquier parte del mundo, la primera, la que predomina y la que puede marcar la diferencia entre los diversos cafés arábigos es básicamente el estado de madurez de la fruta y la segunda es la altitud donde se cultiva la plantación.

El método manual es el más utilizado en Puerto Rico para la cosecha del café (Estación Experimental Agrícola - UPR, 1999). El fruto debe ser recolectado completamente maduro (cerezas rojas) ya que la recolección de granos verdes causa la disminución de peso afectando el rendimiento y por ende los ingresos del agricultor. Estudios han demostrado que a partir de un 2.5% de café cosechado verde, ya sea procesado por desmucilaginado mecánico o por fermentación natural, se rechazan hasta el 30% de las tazas en pruebas de catación por defectos de sabor, y se disminuye desde el 7% hasta un 20% el rendimiento del pergamino en relación con el café maduro (Puerta, 2000). Los frutos verdes o secos se deben separar y procesar aparte, ya que la mezcla puede afectar la intensidad del aroma, acidez y cuerpo del café. El café cosechado debe procesarse el mismo día para evitar la pérdida de peso y su deterioro por fermentación (Estación Experimental Agrícola-UPR 1999; Puerta, 1999).

Por las pasadas cuatro décadas la principal dificultad del caficultor puertorriqueño ha sido la disminución de la mano de obra, principalmente durante el periodo de cosecha. La actual escasez de mano de obra obliga a los agricultores a cosechar su café en diferentes estados de madurez, arriesgando el rendimiento y calidad del fruto por la incertidumbre de perder la cosecha en su totalidad. La maduración del café no es muy uniforme, por esto, la cosecha de la fruta madura se debe realizar en varios pases para mantener el rendimiento máximo y la calidad del fruto (Romero, 2005). Una cosecha precoz o muy tardía implica pérdidas tanto para el agricultor como para el beneficiador-comprador, al recibir una masa de frutas con diferentes estados de madurez.

Los objetivos del presente estudio fueron: 1) Estudiar el efecto de localización (medianía y altura) y el momento en que se realizó la cosecha (al principio, pico y final) de la cosecha en relación al estado fisiológico de la fruta que se cosechó y se llevó al beneficiado comercial como fruta madura. 2) Analizar el efecto de los estados fisiológicos del fruto y el daño ocasionado por la broca del café con relación a la cantidad de café que flota cuando se somete a la prueba de flotación. 3) Analizar los efectos de estas interacciones en relación al rendimiento y tamaño del fruto de café pilado. Esta información es necesaria para los agricultores que interesan incursionar en el procesamiento de café para mercados de exportación, ya que la materia prima que mejor se ajusta a estos mercados requiere indiscutiblemente altos porcentajes de café maduro. La investigación se basó en la comparación estadística entre los resultados de las cosechas de los años 2009 y 2010 en la zona cafetalera de Puerto Rico con el objetivo de evaluar la relación de los estados de madurez de la fruta de café cosechada al momento de la venta al

beneficiador-comprador y el rendimiento en su estado de pergamino y pilado procesado vía beneficiado húmedo con secado al sol.

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

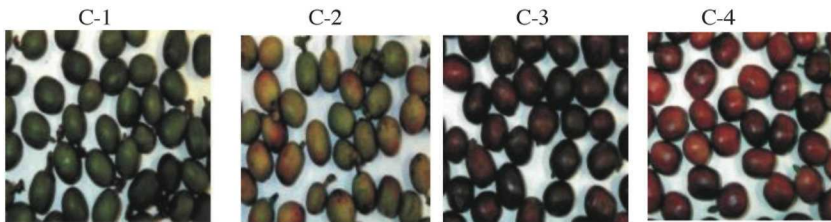
#### *Efecto de localización y tiempo de recolección de la cosecha en relación al estado fisiológico de la fruta cosechada como madura*

Durante las cosechas 2008-2009 y 2009-2010 se tomaron muestras de café maduro en tres beneficiados-compradores comerciales ubicados en la zona agroclimática de medianía entre 183 y 305 msnm (600 y 1,000 psnm) y tres beneficiados-compradores ubicados en la zona agroclimática de altura mayor a los 366 msnm (1,200 psnm), para un total de seis beneficiadores-compradores comerciales muestreados. Se tomó una muestra compuesta de 25.4 kg (dos almudes de 12.7 kg cada uno) de café proveniente del área de recibo de café comprado ese mismo día como café maduro. El muestreo se realizó al principio, en el pico y al final de la cosecha de cada zona correspondiente, esto fue entre los meses de agosto a noviembre en ambos años. Las primeras muestras se tomaron a mediados de septiembre, al comienzo de la cosecha en la zona de medianía, y culminaron en diciembre, al final de la cosecha en la zona de altura. La muestra compuesta de 25.4 kg se utilizó para realizar la caracterización fisiológica del café, determinar el porcentaje de flotación y estimar la condición del fruto por efectos de la broca del café.

Las muestras se identificaron y colocaron en bolsas plásticas dobles y se transportaron en nevera con hielo para su evaluación el mismo día en el beneficiado experimental de la Estación Experimental Agrícola en Adjuntas. Los datos se analizaron usando un modelo de análisis de varianza considerando los efectos de las variables y sus interacciones. Se usó el programa estadístico SAS versión 9.1.3 (SAS, 1998). La muestra consistió en tres replicaciones de 100 frutas maduras de café en cada una, seleccionadas al azar (ocupando un volumen aprox. de 250 ml) de la partida de 25.4 kg obtenidas en el beneficiado. Se tomó el peso total y se realizó la primera caracterización de las muestras para determinar la composición de los frutos, según su estado de madurez fisiológica por color de la cáscara: café verde, pintado, maduro y sobre maduro (Figura 1).

#### *Efecto de los estados fisiológicos del fruto y el daño ocasionado por la broca del café con relación a la cantidad de café que flota cuando se somete a la prueba de flotación*

Una vez caracterizada la muestra, de acuerdo a su estado de madurez fisiológica, se reconstituyó la misma y se sometió a la segunda caracterización para determinar la cantidad de café que flota. La prueba



C-1 = café verde; C-2 = café pintado; C-3 = café maduro; C-4 = café sobre maduro

**FIGURA 1. Cambio de color de la cáscara del café según su estado de maduración.**

de flotación (Flores et al., 2010; Macchiavelli, 2011) consistió en vertir las cien frutas en 11.3 L (tres galones) de agua y se determinó el número de frutas que flotaron por efecto del daño de la broca y por otros efectos fisiológicos como grano vano y frutas deformes.

Todas las frutas que flotaron y las que no flotaron se examinaron individualmente para determinar la razón del flote o no flote. Se caracterizaron las frutas de acuerdo a su condición fisiológica: café bueno, café vano y café brocado. Se tomó el peso de cada partida individualmente. Los frutos que flotaron luego de pesados se eliminaron de la muestra antes del despulpado. Se despulpó cada muestra de café individualmente y se dejó reposar (fermentar) la partida por 24 horas antes del lavado y secado de las muestras. El despulpe y lavado se realizó manualmente.

Se obtuvieron los promedios de la composición fisiológica de las muestras de café cosechado (verde, pintado, maduro y sobre-maduro) y se realizó un análisis de varianza para estudiar posibles diferencias entre localidad y época de cosecha. El primer análisis se realizó para estudiar posibles diferencias entre las muestras de 100 frutos en las distintas combinaciones de localización y época. Para este análisis, se usó un modelo con efectos de localización, época, interacción, y un efecto aleatorio de beneficiado (para tener en cuenta la posible correlación entre las observaciones del mismo beneficiado). Las variables analizadas fueron: porcentaje de café despulpado y lavado, porcentaje de café despulpado y lavado que flota, porcentaje de café vano lavado y despulpado que flota, porcentaje de café brocado lavado y despulpado que flota, porcentaje de café caracolillo (granos pequeños y redondos) lavado y despulpado que flota, porcentaje de otro grano de café lavado y despulpado, porcentaje de café despulpado y lavado que no flota, porcentaje de café brocado despulpado y lavado que no flota, peso de otro grano de café lavado y despulpado que no flota.

*Efectos de las interacciones en relación al rendimiento y tamaño del fruto de café pilado*

Luego de ser despulpadas, lavadas y evaluadas para su condición fisiológica y flote, las muestras de café se secaron al sol en canastos preparados de tubo plástico (pvc) de 15.2 cm de alto por 15.2 cm de diámetro, con tela metálica en el fondo, hasta que alcanzaron un 12% de humedad. El porcentaje de humedad se determinó con un medidor de humedad de semillas (Crop Moisture Detector Modelo G-6C, Delmhorst Instrument)<sup>7</sup>. La masa de café fue de aproximadamente 5 cm de profundidad. Durante el proceso de secado se volteó la masa de café cada dos horas para asegurar un secado uniforme del café pergamino. Una vez se alcanzó el 12% de humedad, se determinó el porcentaje de café pergamino y el porcentaje de café pilado para determinar rendimiento. El café pilado se sometió a evaluación de granulometría (tamaño de semilla) donde se determinó el porcentaje de café pilado tamiz 14, porcentaje de café pilado tamiz 17, porcentaje de café pilado tamiz 19, y porcentaje de café pilado tamiz mayor de 19.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

*Efecto de localización y tiempo de recolección de la cosecha en relación al estado fisiológico de la fruta cosechada como madura*

Los resultados del experimento demostraron una alta variación entre una cosecha y otra en términos de la proporción de café maduro, pintado, verde y sobre maduro que constituye la clasificación de café maduro comprado por los beneficiadores-compradores. Se observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de café maduro, entre los años 2009 y 2010, con promedio de 51.96% y 71.72%, respectivamente. También se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de café pintado, con valores promedio de 24.89% y 11.33%, respectivamente, y en el porcentaje de café verde, con valores promedio de 13.73% y 4.34%, respectivamente, para los dos años del estudio (Cuadro 1). La proporción de café maduro varió entre un año y otro entre un 50% y un 70%, siendo estas proporciones muy bajas para obtener buena calidad y rendimiento en el café. La presencia de café verde en los niveles de un 4.37% y un 13.73% implica un rendimiento menor y deterioro de la calidad del café, lo cual requiere un esfuerzo adicional y gasto económico para la separación de este grano que fue pagado como maduro.

<sup>7</sup>Los nombres de compañías y de marcas registradas solo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

CUADRO 1.—*Interacción entre año y localización para las categorías de café en los años 2009 y 2010.*

Año	Localización	Verde <sup>1</sup>	Pintado <sup>2</sup>	Maduro <sup>3</sup>	Sobre maduro <sup>4</sup>
2009	Medianía	13.77 a <sup>4</sup>	26.29 a	50.97 b	8.97 b
	Altura	13.69 a	23.49 a	52.94 b	9.88 ab
2010	Medianía	3.60 b	12.53 b	67.56 a	16.31 a
	Altura	5.13 b	10.14 b	75.87 a	8.85 b

<sup>1</sup>Porcentaje de café verde; <sup>2</sup>Porcentaje de café pintado;

<sup>3</sup>Porcentaje de maduro; <sup>4</sup>Dentro de la misma columna, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

Se encontró una interacción significativa entre año y localidad para el estado fisiológico del café muestreado (Cuadro 1). La cantidad de café maduro fue mayor en la altura en el 2010, alcanzando un promedio de 75.87%, comparado con un 52.94% en la misma localidad durante el 2009. En el 2010 la cantidad de café maduro cosechado fue numéricamente mayor en la localidad de altura cuando se comparó con medianía; sin embargo, no hubo diferencia significativa entre el café maduro cosechado en altura y medianía en ninguno de los dos años. Entre años sí hubo diferencia (bienalidad).

Del mismo modo se observó una interacción entre año y localidad para café verde y pintado. En ambos casos la cantidad de café verde en la localidad de altura y medianía cosechado en el 2009 se mantuvo sobre el 10% y el café pintado sobre el 20%, mientras que en la cosecha del 2010 el café verde fluctuó entre un 3 a 5% y el café pintado entre un 10% a 12%. La cosecha del 2010 fue superior en términos de proporción de café maduro. Se encontró, además, una interacción significativa (P<0.05) de año y localidad en el porcentaje de café sobremaduro, siendo la combinación de 2010 y medianía la que reportó mayor porcentaje de café sobre maduro, 16.31%, diferente de las combinaciones de medianía-año 2009, y altura-año 2010, con 8.97 y 8.85%, respectivamente.

No se encontró diferencia significativa en la cantidad de café maduro cosechado al principio, pico y final de la cosecha, aunque la proporción mayor de café maduro se obtuvo durante la cosecha del 2010 (Cuadro 2). Por otro lado, se observó una disminución no significativa en la cantidad de café verde según avanzó la cosecha en ambos años, siendo los valores más altos en el 2009. La proporción de café sobre maduro fue constante y no significativa, con niveles entre 6.16% y 13.77% en ambos años y en todas las épocas.

No se encontraron diferencias significativas entre los promedios en localidad y época de cosecha (Cuadro 3). Las proporciones de café maduro fluctuaron entre 55% y 68%; en el café pintado, entre 15.62% y 22.08%; en café verde, entre 7.52% y 12.48%; café sobre maduro, entre



CUADRO 2.—*Interacción entre año y época de cosecha para las categorías de café de los años 2009 y 2010.*

Año	Época cosecha	Verde <sup>1</sup>	Pintado <sup>2</sup>	Maduro <sup>3</sup>	Sobre maduro <sup>4</sup>
2009	Principio	15.15 a <sup>4</sup>	23.35 ab	55.34 bc	6.16 a
	Pico	13.57 ab	26.86 a	48.37 c	11.21 a
	Final	12.47 abc	24.46 ab	52.17 c	10.91 a
2010	Principio	5.69 bcd	11.87 c	70.62 ab	11.82 a
	Pico	4.28 cd	8.89 c	73.05 a	13.77 a
	Final	3.13 d	13.24 bc	71.48 ab	12.15 a

<sup>1</sup>Porcentaje de café verde; <sup>2</sup>Porcentaje de café pintado; <sup>3</sup>Porcentaje de maduro; <sup>4</sup>Dentro de la misma columna, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

8.86% y 15.25%. En ninguno de los casos se obtuvo una proporción adecuada de café maduro.

La cosecha 2010 presentó mayor cantidad (P<0.05) de café maduro en altura durante el pico de la cosecha (78.68%) que la cosecha 2009 (48.52%) (Cuadro 4). En el 2009 el rango de café maduro estuvo entre 46.62% y 58.09% en las dos localidades y en las tres épocas de cosecha y entre 64.66% y 78.68% en el 2010, respectivamente. Por otro lado, la cantidad de café verde cosechado en 2009 fue numéricamente mayor (entre 11.60 y 17.00%) que en 2010 (entre 2.83% y 7.95%), siendo el valor más alto el obtenido en la altura al principio de la cosecha (17.00%).

La diferencia tan marcada en el porcentaje de café maduro cosechado en el 2009 en comparación con el 2010 se podría deber al momento en que se comenzó la cosecha en cada año. La cantidad de café sobre maduro normalmente aumenta durante los primeros pases o a principio de la cosecha debido a que este es el café fisiológicamente adelantado o que se desarrolló y maduró antes de tiempo, permaneciendo en la planta hasta el momento de la maduración normal (Puerta, 2000). El comenzar una recolección tardía implica coleccionar más café maduro y

CUADRO 3.—*Interacción entre localización y época de cosecha para las categorías de café en 2009 y 2010.*

Localización	Época Cosecha	Verde <sup>1</sup>	Pintado <sup>2</sup>	Maduro <sup>3</sup>	Sobre maduro <sup>4</sup>
Medianía	Principio	8.37 a <sup>5</sup>	18.82 a	64.34 a	8.48 a
	Pico	9.61 a	17.32 a	57.82 a	15.25 a
	Final	8.08 a	22.08 a	55.64 a	14.20 a
Altura	Principio	12.48 a	16.41 a	61.62 a	9.50 a
	Pico	8.24 a	18.43 a	63.60 a	9.73 a
	Final	7.52 a	15.62 a	68.00 a	8.86 a

<sup>1</sup>Porcentaje de café verde; <sup>2</sup>Porcentaje de café pintado; <sup>3</sup>Porcentaje de café maduro; <sup>4</sup>Porcentaje de café sobre maduro; <sup>5</sup>Dentro de la misma columna, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

CUADRO 4.—Interacción entre año, localización y época de cosecha para las distintas categorías de café para 2009 y 2010.

Año	Localización	Época cosecha	Verde <sup>1</sup>	Pintado <sup>2</sup>	Maduro <sup>3</sup>	Sobre maduro <sup>4</sup>
2009	Medianía	Principio	13.30 ab	24.32 abc	58.09 ab	4.29 a
	Medianía	Pico	14.67 ab	26.64 a	48.22 b	10.48 a
	Medianía	Final	13.33 ab	27.89 a	46.62 b	12.16 a
	Altura	Principio	17.00 a	22.38 abc	52.58 b	10.97 a
	Altura	Pico	12.46 ab	27.08 ab	48.52 b	11.94 a
	Altura	Final	11.60 ab	21.02 abc	57.71 ab	9.67 a
2010	Medianía	Principio	3.43 b	13.31 abc	70.59 ab	12.67 a
	Medianía	Pico	4.55 b	8.01 c	67.42 ab	20.02 a
	Medianía	Final	2.83 b	16.26 abc	64.66 ab	16.25 a
	Altura	Principio	7.95 ab	10.43 abc	70.65 ab	10.97 a
	Altura	Pico	4.02 b	9.77 bc	78.68 a	7.53 a
	Altura	Final	3.43 b	10.21 abc	78.29 a	8.06 a

<sup>1</sup>Porcentaje de café verde; <sup>2</sup>Porcentaje de café pintado; <sup>3</sup>Porcentaje de café maduro; <sup>4</sup>Porcentaje de café sobre maduro. Dentro de la misma columna, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

también sobre maduro. Comenzar a cosechar muy temprano en la temporada implica menor cantidad de café sobre maduro, menor cantidad de café maduro y mayor cantidad de café verde y pintado.

*Efecto de los estados fisiológicos del fruto y el daño ocasionado por la broca del café con relación a la cantidad de café que flota cuando se somete a la prueba de flotación*

No se detectaron interacciones significativas entre localización y época de cosecha en las variables rendimiento del café despulpado y tampoco en el porcentaje de café despulpado que flota (Cuadro 5). No se detectó diferencia en el porcentaje de café vano despulpado que flota y tampoco en el porcentaje de café brocado despulpado que flota. Tampoco se detectaron diferencias significativas en los porcentajes de café caracolillo despulpado que flota, ni en el porcentaje de café brocado despulpado que flota y que no flota. Ninguna de las variables estudiadas fue estadísticamente diferente. Los resultados de esta evaluación indican que el rendimiento del café una vez despulpado y lavado fluctúa entre un 40% y un 43%. El porcentaje de café despulpado que flota por condición fisiológica natural fluctúa entre 2% y 3.5%. El porcentaje de café vano despulpado que flota fluctúa entre 70% y 80%; mientras el porcentaje de café brocado despulpado que flota fluctúa entre 13% y 22%. El porcentaje de café caracolillo despulpado que flota fluctúa entre 0% y 3%. El porcentaje de café despulpado que no flota fluctúa entre 96% y 97%. El café brocado después de despulpado que no flota fluctúa

CUADRO 5.—*Evaluación de rendimiento de café lavado.*

Variable/Efecto <sup>1</sup>	Localización		Época de cosecha			Interacción L*E (P)
	Medianía	Altura	Principio	Pico	Final	
CD <sup>2</sup>	43.17 a <sup>11</sup>	40.70 a	40.92 a	43.45 a	41.43 a	0.2712
CDF <sup>3</sup>	2.90 a	2.50 a	2.42 a	3.53 a	2.16 a	0.7666
CDFV <sup>4</sup>	77.46 a	73.10 a	75.11 a	70.56 a	80.16 a	0.5869
CDFBR <sup>5</sup>	13.24 a	19.30 a	13.73 a	22.21 a	12.87 a	0.2394
CDFC <sup>6</sup>	0.67 a	2.23 a	1.26 a	0.00 a	3.10 a	0.7533
CDFO <sup>7</sup>	4.87 a	2.49 a	5.01 a	3.19 a	2.85 a	0.5229
CDNF <sup>8</sup>	97.16 a	97.37 a	97.50 a	96.47 a	97.84 a	0.9467
CDLNFB <sup>9</sup>	97.95 a	97.45 a	98.26 a	96.36 a	98.49 a	0.1587
CDLNFO <sup>10</sup>	0.16 a	0.21 a	0.14 a	0.22 a	0.20 a	0.6986

<sup>1</sup>Localización\*Época de cosecha; <sup>2</sup>Porcentaje de café despulpado; <sup>3</sup>Porcentaje de café despulpado que flota; <sup>4</sup>Porcentaje de café vano despulpado que flota; <sup>5</sup>Porcentaje de café brocado despulpado que flota; <sup>6</sup>Porcentaje de café caracolillo despulpado que flota; <sup>7</sup>Porcentaje de otro grano de café despulpado; <sup>8</sup>Porcentaje de café despulpado que no flota; <sup>9</sup>Porcentaje café brocado despulpado que no flota; <sup>10</sup>Peso de otro grano de café despulpado que no flota; <sup>11</sup>Dentro de la misma fila, y efecto, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

entre 97% y 98%, lo que demuestra que no todo el café brocado flota y que este es altamente dependiente del nivel de daño que tenga el grano para su comportamiento en el flote.

Durante el experimento se observó de un 3.05% a un 6.42% de flotes de café uva (cereza) y un 94.83% a un 96.95% de café uva que no flotó (Cuadro 6). Luego de separados los flotes del café uva y despulpado y lavado el café, se obtuvo de un 0.42% a un 0.94% de café lavado que flotó y un 36.65% a un 40.30% del café lavado que no flotó. El peso de la cáscara fluctuó entre un 40.88% y un 46.01% del peso total.

*Efectos en relación al rendimiento y tamaño del fruto de café pilado*

En la evaluación de grano seco y pilado se detectó diferencia significativa al principio de la cosecha en el porcentaje de café pilado tamaño de grano tamiz #19 (grande), alcanzando un promedio de 21.30%, siendo menor que el 35.47% obtenido durante el pico de la cosecha (Cuadro 7). No se detectó diferencia alguna al final de la cosecha. Tampoco se detectó diferencia significativa en la proporción de café pergamino y café pilado en las localidades de medianía y altura. Se observó que los promedios del grano seleccionado en tamiz #14 (más pequeño) y #17 fueron mayores que las cantidades seleccionadas en tamiz #19 (más grande). Los resultados indican que el porcentaje de café pergamino al 12% de humedad fluctúa entre 20% y 21% del peso fresco. El rendimiento del café pilado fue consistente en las localidades de medianía y altura durante los periodos de cosecha, alcanzando desde un 16.53% a un 16.99% del peso fresco.

CUADRO 6.—Caracterización de campo de las distintas combinaciones de localización y época.

Localización	Época	FCU <sup>1</sup>	NCU <sup>2</sup>	FCUL <sup>3</sup>	NCUL <sup>4</sup>	Cáscara <sup>5</sup>
Medianía	Principio	4.40 a <sup>6</sup>	96.16 a	0.42 a	38.47 a	40.88 a
Medianía	Pico	5.19 a	94.83 a	0.74 a	40.30 a	41.53 a
Medianía	Final	3.05 a	96.95 a	0.58 a	36.65 a	41.43 a
Altura	Principio	6.42 a	95.10 a	0.63 a	40.16 a	46.01 a
Altura	Pico	3.93 a	96.37 a	0.78 a	39.25 a	42.16 a
Altura	Final	4.96 a	95.04 a	0.94 a	39.53 a	42.33 a

<sup>1</sup>Porcentaje de flote café uva; <sup>2</sup>Porcentaje de no flote café uva; <sup>3</sup>Porcentaje de flote de café uva lavado; <sup>4</sup>Porcentaje de no flote de café uva lavado; <sup>5</sup>Porcentaje de cáscara; <sup>6</sup>Dentro de la misma columna, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

Los resultados indican que para la variable rendimiento de café pilado hubo diferencias significativas entre combinaciones de años y localización (Cuadro 8). La combinación del año 2010 y la localidad en medianía obtuvo un rendimiento promedio de 16.87%, significativamente diferente al promedio de la combinación del año 2009 y la localidad de medianía, siendo este de 14.55%. También hubo diferencias significativas entre combinaciones de localización y época de cosecha, siendo el rendimiento promedio de la combinación de altura y final 17.20%, distinto al de la combinación de medianía y principio, 14.39% (Cuadro 9).

En este estudio se pudo observar que entre una cosecha y otra existe una alta fluctuación en términos de la proporción de café maduro, pintado, verde y sobre maduro que constituye la clasificación de café maduro comprado por los beneficiadores-compradores en la cosecha. Los resultados indican, además, que la proporción de café maduro varía de un año a otro entre un 50% y un 70% (Cuadro 10). En ambos

CUADRO 7.—Evaluación de rendimiento de grano seco.

Variable/Efecto	Localización		Época de cosecha			Interacción <sup>1</sup>
	Medianía	Altura	Principio	Pico	Final	L*E (P)
CP <sup>2</sup>	21.13 a <sup>8</sup>	20.88 a	20.79 a	21.08 a	21.14 a	0.9203
CPIL <sup>3</sup>	16.87 a	16.64 a	16.53 a	16.74 a	16.99 a	0.9038
CPIL14 <sup>4</sup>	31.94 a	36.80 a	38.95 a	29.29 a	34.86 a	0.1628
CPIL17 <sup>5</sup>	33.58 a	34.30 a	35.54 a	31.23 a	35.04 a	0.1428
CPIL19 <sup>6</sup>	29.97 a	25.43 a	21.30 b	35.47 a	26.32 ab	0.0119
CPIL+19 <sup>7</sup>	4.12 a	3.28 a	3.72 a	3.86 a	3.52 a	0.6487

<sup>1</sup>Localización\*Época de cosecha; <sup>2</sup>Porcentaje de café pergamino; <sup>3</sup>Porcentaje de café pilado; <sup>4</sup>Porcentaje de café pilado tamiz 14; <sup>5</sup>Porcentaje de café pilado tamiz 17; <sup>6</sup>Porcentaje de café pilado tamiz 19; <sup>7</sup> Porcentaje de café pilado tamiz más de 19. <sup>8</sup>Dentro de la misma fila y efecto, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

CUADRO 8.—*Rendimiento (%) de grano seco y pilado.*

Año	Localización	Promedio	Error estándar
2010	Medianía	16.87 a	0.4926
2010	Altura	16.63 a	0.4329
2009	Altura	16.54 a	0.4919
2009	Medianía	14.55 b	0.5181

casos, estas son proporciones muy bajas para poder obtener buena calidad y rendimiento en el café. La presencia de café verde en un 4.34% y un 13.73% implica menor rendimiento y deterioro de la calidad del café, lo cual requerirá esfuerzo adicional y gasto para la separación de este grano que fue pagado como maduro.

Estos porcentajes presentan un reto al torrefactor que interesa materia prima con alto contenido de café maduro. Este café fue pagado al agricultor como maduro, sin embargo, su estado fisiológico no corresponde a esta clasificación, impartiendo características negativas al producto final e impidiendo su utilización como café de exportación. Los resultados de esta evaluación indican que el rendimiento del café una vez despulpado y lavado fluctúa entre un 40% y un 43%.

Se observó, de un 2% a un 3.5% de café que flota por condiciones fisiológicas no relacionadas a daño por broca. Hasta un 3% del café caracolillo flota después de despulpado y se puede estar perdiendo durante el proceso de lavado. El porcentaje de café despulpado y lavado que no flota fluctúa entre un 96% y un 97%. El café brocado que no flota después de despulpado y lavado fluctúa entre un 97% y un 98%, lo que demuestra que no todo el café brocado flota y que es altamente dependiente del nivel de daño que tenga el grano para su comportamiento en el flote.

En la evaluación de grano seco y pilado, no se encontró diferencia significativa en la proporción de café pergamino y café pilado en las localidades de medianía y altura (Cuadro 11). Se observó que los promedios del grano seleccionado en tamiz #14 (más pequeño) y #17

CUADRO 9.—*Rendimiento (%) de grano seco y pilado.*

Localización	Época de Cosecha	Promedio	Error estándar
Altura	Final	17.20 a	0.5986
Medianía	Pico	16.82 ab	0.5435
Altura	Principio	16.54 ab	0.4994
Altura	Pico	16.03 ab	0.5986
Medianía	Final	15.91 ab	0.6479
Medianía	Principio	14.39 b	0.6594

CUADRO 10.—*Fluctuación de la proporción de café maduro en dos periodos de cosecha.*

Año	Promedio	Error estándar
2010	71.72 a	2.0623
2009	51.95 b	2.3074

fueron mayores que las cantidades seleccionadas en tamiz #19 (más grande). No se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables, excepto un efecto de época e interacción para la variable porcentaje de café pilado tamiz #19.

Los resultados indican que el porcentaje de café pergamino al 12% de humedad fluctúa entre un 20% a un 21% del peso fresco. El rendimiento del café pilado fue bastante consistente en las localidades de medianía y altura durante los periodos de cosecha, alcanzando desde un 16.64% a un 16.99% del peso fresco. Estos resultados demuestran que la calidad y el rendimiento del café están íntimamente definidas al momento de la cosecha. Para incursionar en mercados de café de exportación se requiere altas proporciones de café uva maduro y cantidades mínimas de café verde (Lingle, 2011). El café comercial clasificado como maduro que se recibe en los beneficiados comerciales de Puerto Rico no cumple con esta condición, por lo que se requerirá de esfuerzo adicional para mejorar la recolección y la selección del café en el beneficiado, si se quiere obtener café con las características óptimas de calidad para exportación.

#### LITERATURA CITADA

Alamo, C. I., M. Monroig, W. González y A. Brugueras, 2006. Manual para la producción y exportación de café en Puerto Rico, Estación Experimental Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico-Recinto Universitario de Mayagüez.

CUADRO 11.—*Rendimiento de café pilado y proporción según tamaño de grano de las distintas combinaciones de localización y época.*

Localización	Época	CP <sup>1</sup>	CPILA <sup>2</sup>	CP14 <sup>3</sup>	CP17 <sup>4</sup>	CP19 <sup>5</sup>	CP+19 <sup>6</sup>
Medianía	Principio	19.53 a <sup>7</sup>	15.63 a	31.67 a	33.50 a	24.66 a	1.90 a
	Pico	20.28 a	16.23 a	29.49 a	34.86 a	22.26 a	1.63 a
	Final	19.83 a	16.11 a	23.85 a	38.27 a	25.16 a	1.53 a
Altura	Principio	19.31 a	15.43 a	38.69 a	32.80 a	17.76 a	2.51 a
	Pico	20.06 a	16.03 a	29.64 a	34.11 a	23.59 a	1.74 a
	Final	20.30 a	16.34 a	27.39 a	34.97 a	24.55 a	0.92 a

<sup>1</sup>Porcentaje de café pergamino; <sup>2</sup>Porcentaje de café pilado; <sup>3</sup>Porcentaje de grano tamiz 14; <sup>4</sup>Porcentaje de grano tamiz 17; <sup>5</sup>Porcentaje de grano tamiz 19; <sup>6</sup>Porcentaje de grano tamiz mayor de 19. <sup>7</sup>Dentro de la misma columna, promedios seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05).

- Alamo, C. I., 2004. Cambios en la Empresa de Café en Puerto Rico. Análisis de los Censos Agrícolas del 1998 y 2002. Ecos del Cafetal.
- Cléves, R., 1995. Tecnología en Beneficiado de Café, Técnica Internacional S.A., San José, Costa Rica.
- Dpto. de Agricultura de P.R., 2012. Ingreso Bruto Agrícola, 2010-2011. Oficina de Estadísticas Agrícolas.
- Escarraman, A., J. Romero, I. Almonte, F. Ribeyre, P. Aguilar, H. Jiménez, A. Causse, F. Olivares, I. Batista y F. Ceballos, 2008. Atributos de la calidad del café en zonas productoras de la República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) y Consejo Dominicano del Café (CODOCAFE). Santo Domingo, República Dominicana.
- Estación Experimental Agrícola - UPR, 1999. Conjunto Tecnológico para la producción de Café. Publicación 104 (Edición Revisada). Universidad de Puerto Rico, San Juan, P.R.
- Figueroa, P., 2000. Influencia de la variedad y la altitud en las características organolépticas y físicas del café. XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, Costa Rica. p. 493-497.
- Flores-Ortega, C., R. Macchiavelli, W. González y O. Bosque, 2010. Desarrollo y aplicación de una tabla de compensación para estimar la merma en rendimiento ocasionada por los efectos de la broca del café y el porcentaje de café imperfecto o vano en los frutos de café maduro en Puerto Rico. Resúmenes, Sociedad Puertorriqueña de Ciencias Agrícolas, Reunión Científica Anual 2010, p. 20.
- Lara E, L. D., 2005. Efectos de la Altitud, Sombra, Producción y Fertilización sobre la Calidad del Café (*Coffea arabica* L. var. Caturra) Producido en Sistemas Agroforestales de la Zona Cafetalera Norcentral de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 106 p.
- Lingle, T., 2011. The Basics of cupping coffee. Specialty Coffee Association of America. Handbook series Fourth edition. Long Beach, CA.
- Macchiavelli, R. y C. Flores, 2011. Aplicaciones de modelos de regresión beta con efectos aleatorios para comparar proporciones en estudios de calidad de café afectados por broca, *Hypothenemus hampei* Ferr, en Puerto Rico. Abstracts, XXI Simposio de Estadística de Colombia. Bogotá (Colombia).
- Monroig, M., 2008. Factores que influncian la calidad del café en las fases de producción, beneficiado y elaboración del grano. Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, Universidad de Puerto Rico-Recinto Universitario de Mayagüez.
- Puerta, Q. G., 2000. Influencia de los granos de café cosechados verdes en la calidad física y organoléptica de la bebida. *Revista Cenicafe* 51 (2): 136-150.
- Puerta, Q. G., 1999. Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café. *Cenicafe* 50(1): 78-88.
- Romero, J., F. Galtier y H. Jiménez, 2005. Influencia de la recolección de granos verdes y maduros sobre el rendimiento y el valor del café. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Proyecto para el mejoramiento de la calidad del café dominicano y de promoción de cafés especiales (PROCA2). Santo Domingo, República Dominicana.
- SAS, 1998. SAS User's Guide: Statistics. Version 9.1.3, Institute, Cary, N.C. USA
- Wintgens, J. N., 1994. Influencia del beneficio sobre la calidad del café. Seminario Internacional Nestle sobre la reconversión del beneficiado del café. Jalapa, Veracruz, México.
- Zavala-Buechsel, J. A., 2004. Influencia del café verde en la calidad de la taza. ANACAFE, XV Congreso Nacional de Caficultura, Guatemala.

