

## "CAERI 1" and "CAERI 2", New clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.)

## "CAERI 1" y "CAERI 2", Nuevos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Avendaño-Arrazate, Carlos H.<sup>1\*</sup>; Hernández-Gómez, Elizabeth<sup>2</sup>; Solís-Bonilla, José L.<sup>1</sup>;  
Cueto-Moreno, Jaime<sup>3</sup>; Zamarripa-Colmenero, Alfredo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Rosario Izapa, km 18, Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, México. CP. 30870. <sup>2</sup>Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP. <sup>3</sup>Ex investigador del Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP.

\*Autor de correspondencia: [avendano.carlos@inifap.gob.mx](mailto:avendano.carlos@inifap.gob.mx)

### ABSTRACT

**Objective:** Describe the new clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.) with tolerance to moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif.) H.C. Evans, Stalpers, Samson & Benny) and good yield.

**Design/methodology/approach:** The cocoa clones "CAERI 1" and "CAERI 2" are the product of the crossing of international clones that are characterized by their resistance to moniliasis and black spot (*Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl), the main diseases in Mexico. The clone CAERI 1 is a product of the PA 169 × UF-273 cross and CAERI 2 of the cross H-31 × UF-273. Families of complete siblings were evaluated for yield and tolerance to moniliasis and finally individuals were selected who were clonally propagated for their agronomic evaluation in the Rosario Izapa Experimental Field of INIFAP.

**Results:** According to the evaluations made, both at the level of families of complete siblings and the individuals selected within each family, it was obtained that the clone CAERI 1 was characterized by its tolerance to moniliasis and good performance and CAERI 2 by its moderate tolerance to moniliasis and high performance

**Limitations on study/implications:** The clones are in the phase of establishment of clonal gardens for their massive propagation and in evaluation in different plots of producers.

**Findings/conclusions:** Two cocoa clones are available as an alternative for the renewal of cocoa plantations in Mexico

**Keywords:** Cocoa, moniliasis, performance

### RESUMEN

**Objetivo:** Describir los nuevos clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) con tolerancia a la moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif.) H.C. Evans, Stalpers, Samson & Benny) y buen rendimiento.

**Diseño/metodología/aproximación:** Los clones de cacao "CAERI 1" y "CAERI 2" son el producto de la cruce de clones internacionales que se caracterizan por su resistencia a la moniliasis y mancha negra (*Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl), principales enfermedades en México. El clon CAERI 1 es producto de la cruce de PA 169 × UF-273 y CAERI 2 de la cruce H-31 × UF-273. Se evaluaron familias de hermanos completos para rendimiento y tolerancia a la moniliasis y finalmente se seleccionaron individuos que fueron propagados clonalmente para su evaluación agronómica en el Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP.

**Resultados:** De acuerdo a las evaluaciones realizadas, tanto a nivel de familias de hermanos completos como a los individuos seleccionados dentro de cada familia, se obtuvieron los clones CAERI 1 y CAERI 2. El primero se caracterizó por su tolerancia a la moniliasis y buen



rendimiento, mientras que, CAERI 2 por su moderada tolerancia a la moniliasis y alto rendimiento.

**Limitaciones del estudio/implicaciones:** Los clones se encuentran en la fase de establecimiento de jardines clonales para su propagación masiva y en evaluación en diferentes parcelas de productores.

**Hallazgos/conclusiones:** Se dispone de dos clones de cacao para la renovación de las plantaciones de cacao de México

**Palabras clave:** Cacao, moniliasis, rendimiento.

## INTRODUCCIÓN

Los trabajos de mejoramiento genético en cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a partir de la diversidad genética de los cacaos de México (Avendaño *et al.*, 2018) han permitido avanzar en el desarrollo de nuevos genotipos tipo criollo de alta calidad, además de nuevas variedades con diferente grado de tolerancia a enfermedades, tales como la moniliasis (*Moniliophthora roreri* (Cif.) H.C. Evans, Stalpers, Samson & Benny). Durante muchos años, uno de los principales proveedores de cacao al mundo fue México, debido a la alta calidad de su cacao y a los volúmenes de producción; para 2018 la superficie sembrada fue de 59,675 ha; con una producción de 28,363 toneladas y rendimiento promedio de los principales estados productores (Tabasco y Chiapas) de 440 kg ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2019). Lo anterior es un bajo rendimiento si se compara con países como Costa de Marfil, Malasia, Madagascar e Indonesia quienes registran hasta una tonelada por hectárea. Lo anterior ubica a México en el 13° lugar mundial (ICCO, 2019).

Los bajos rendimientos del cacao en México, de acuerdo con Avendaño *et al.* (2011) y Hernández-Gómez *et al.* (2015); se debe principalmente a la edad avanzada de las plantaciones y las variedades cultivadas tienen un bajo potencial de rendimiento, ya que en su mayoría son una mezcla de materiales no mejorados propagados por semilla, lo cual origina heterogeneidad en la producción; aun cuando se tiene una amplia diversidad genética de cacaos nativos (Avendaño *et al.*, 2018); además, las bajas densidades de plantación y el daño acumulativo de plagas y enfermedades; como es el caso de la pudrición negra de la mazorca ocasionada por *Phytophthora capsici*, la muerte progresiva del árbol provocado por *Ceratocystis fimbriata* y por la moniliasis causado por *Moniliophthora roreri*, que ha tenido un fuerte impacto en el rendimiento (Phillips-Mora *et al.*, 2006; Phillips, 2003).

El control de las enfermedades del cacao ha llevado al uso de agroquímicos que finalmente contaminan el ambiente. Es por ello que la resistencia genética es una alternativa viable y rentable para el cultivo del cacao en México. Por lo anterior, en el programa de mejoramiento genético en cacao del INIFAP se realizan diferentes estrategias de mejoramiento, tales como la selección, hibridación, mutagénesis y mejoramiento participativo, con la finalidad de generar y seleccionar clones de cacao que respondan a las necesidades del consumidor, productor e industria, es decir con alto rendimiento de grano seco, alta calidad, aroma y tolerancia a las principales

enfermedades como moniliasis y mancha negra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción

Los clones de cacao "CAERI 1" y "CAERI 2" son el producto de la cruce de clones internacionales que se caracterizan por su resistencia a la moniliasis y mancha negra, principales enfermedades en México. Por lo tanto, se consideran una alternativa para renovar las plantaciones y aumentar la producción.

El clon CAERI 1 es producto de la cruce de PA 169 × UF-273 y CAERI 2 de la cruce H-31 × UF-273; y se evaluaron familias de hermanos completos para rendimiento y tolerancia a la moniliasis, y finalmente se seleccionaron individuos que fueron propagados clonalmente para su evaluación agronómica en el Campo Experimental Rosario Izaapa del INIFAP.

### Obtención

El clon de cacao "CAERI-1" es el producto de la cruce entre clones forasteros (PA 169 × UF-273) que se caracterizan por su tolerancia a *M. roreri* y buen rendimiento, y para conocer su respuesta genética al hongo, ha sido seleccionado y evaluado en condiciones naturales de infección del hongo causante de la moniliasis, así como también por medio de inoculación artificial. Se caracteriza por su tolerancia a la moniliasis y buen rendimiento. Se considera una alternativa para renovar las plantaciones de cacao susceptibles a dicha enfermedad. Con este clon se espera disminuir el impacto en el rendimiento, ya que el rendimiento promedio en México es de 440 kg ha<sup>-1</sup> de grano seco, y con éste clon el rendimiento oscila entre los 700 y 800 kg ha<sup>-1</sup> de grano

seco. Además, se tendría un impacto ambiental al reducir las aplicaciones de fungicidas al presentar tolerancia a moniliasis. El método para conservar su identidad es en forma de planta viva mediante reproducción asexual utilizando yemas vegetativas. El tipo de injerto recomendado es el injerto de enchapado lateral (perche).

El clon "CAERI-2" es el producto de la cruce entre clones forasteros y clones desarrollados por el INIFAP (H-31 x UF-273) que se caracterizan por ser tolerantes a *M. rozeri* y buen rendimiento. Éste clon, ha sido seleccionado y evaluado en condiciones naturales de infección del hongo causante de la moniliasis y también por medio de inoculaciones artificiales, y así registrar su respuesta genética al hongo. Este material se caracteriza por su moderada tolerancia a la moniliasis y su alto rendimiento (70% superior al rendimiento promedio nacional), se considera una alternativa para renovar las plantaciones de cacao que presentan bajos rendimientos por edad de plantación (mayores de 25 años) y para establecer nuevas plantaciones. El rendimiento estimado con una densidad de plantación de 1,111 plantas por hectárea es de 800-1000 kg de grano seco ha<sup>-1</sup>.

El método para conservar la identidad del clon de cacao 'CAERI 2', es en forma de planta viva mediante reproducción asexual utilizando yemas vegetativas. El tipo de injerto recomendado es el injerto de enchapado lateral (perche).

### Descripción morfológica del clon CAERI 1

Presenta **hojas** grandes (39.68 cm), coriáceas con la base del limbo aguda y ápice agudo, color rojo claro cuando joven y verde oscuro cuando alcanzan su madurez (completamente expandidas). La **flor** presenta pigmentación antociánica del pedicelo moderada, y débil en el sépalo. El color de la lígula es amarillo pálido (crema) y en el estaminodio presenta pigmentación antociánica intensa (fuerte). La longitud del sépalo es de 7.53 mm y de ancho 2.27 mm. El **fruto**: Es de forma oblonga, con ápice agudo y presenta una constricción basal fuerte, con superficie moderadamente rugosa y profundidad media entre surcos; mide 21.74 cm de longitud, 15.12 cm de diámetro y un grosor de cáscara de 10.47 mm. El color del fruto inmaduro es verde, y cambia a amarillo en madurez fisiológica, con pulpa de color blanco y dulzura media. Tiene en promedio 35.24 semillas por fruto (Figura 1). La **semilla** es de forma elíptica, el color del cotiledón es rojo oscuro, con longitud de 24.80 mm, ancho de 12.6 mm y grosor de 8.37 mm. Este clon pre-

senta 53.39% de grasa. El índice de mazorca de este clon es 19 (número de frutos o "mazorcas" para obtener 1 kg de grano seco de cacao) y un índice de semilla de 1.41 g. Este clon de cacao cuenta con el Título de Obtentor No. 1874 del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

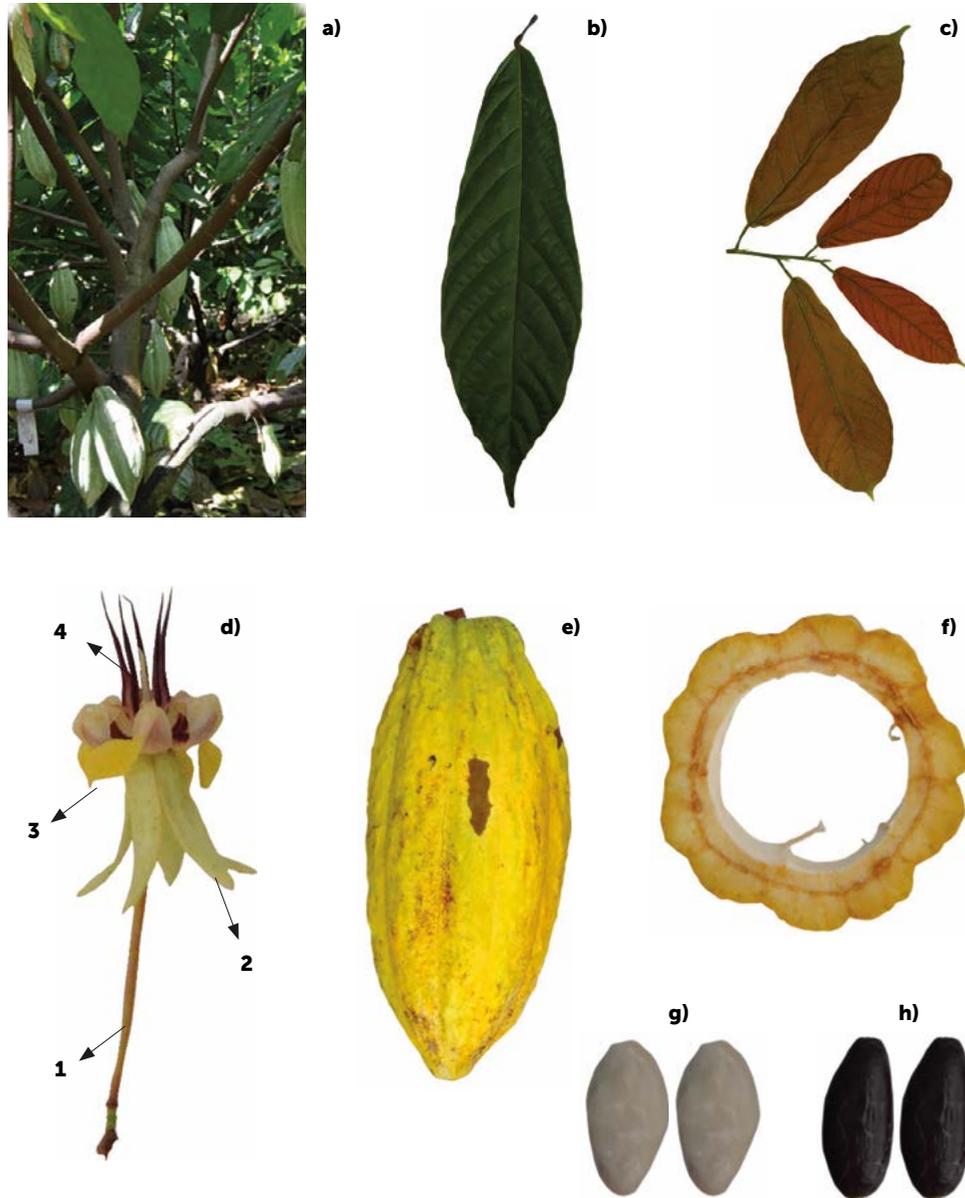
### Descripción del clon CAERI 2

Este clon presenta **hojas** grandes (39.9 cm), coriáceas con la base del limbo obtusa y ápice apiculado, color rojo oscuro cuando joven y verde medio cuando alcanzan su madurez (completamente expandidas). La **flor** presenta pigmentación antociánica intensa, tanto en el pedicelo como en el sépalo. El color de la lígula es amarillo y en el estaminodio presenta pigmentación antociánica media. La longitud del sépalo es de 7.16 mm y de ancho 2.02 mm. El **fruto** es de forma obovada, con ápice agudo y presenta una constricción basal moderada, con superficie moderadamente rugosa y profundidad media entre surcos; mide 19.05 cm de longitud, 13-36 cm de diámetro y un grosor de cáscara de 10.40 mm. El color del fruto inmaduro es rojo, y rojo medio cuando alcanza su madurez fisiológica con pulpa color blanca y dulzura media. Tiene en promedio 43.4 semillas por fruto (Figura 2). La **Semilla** registra forma elíptica. El color del cotiledón es púrpura oscura, con longitud de 24.3 mm, ancho de 12.6 mm y grosor de 8.31 mm. Este clon presenta 43.35% de grasa. El índice de mazorca de este clon es 20 (número de frutos para obtener 1 kg de grano seco de cacao) y un índice de semilla de 1.22 g. Este clon de cacao cuenta con el Título de Obtentor No. 1873 del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

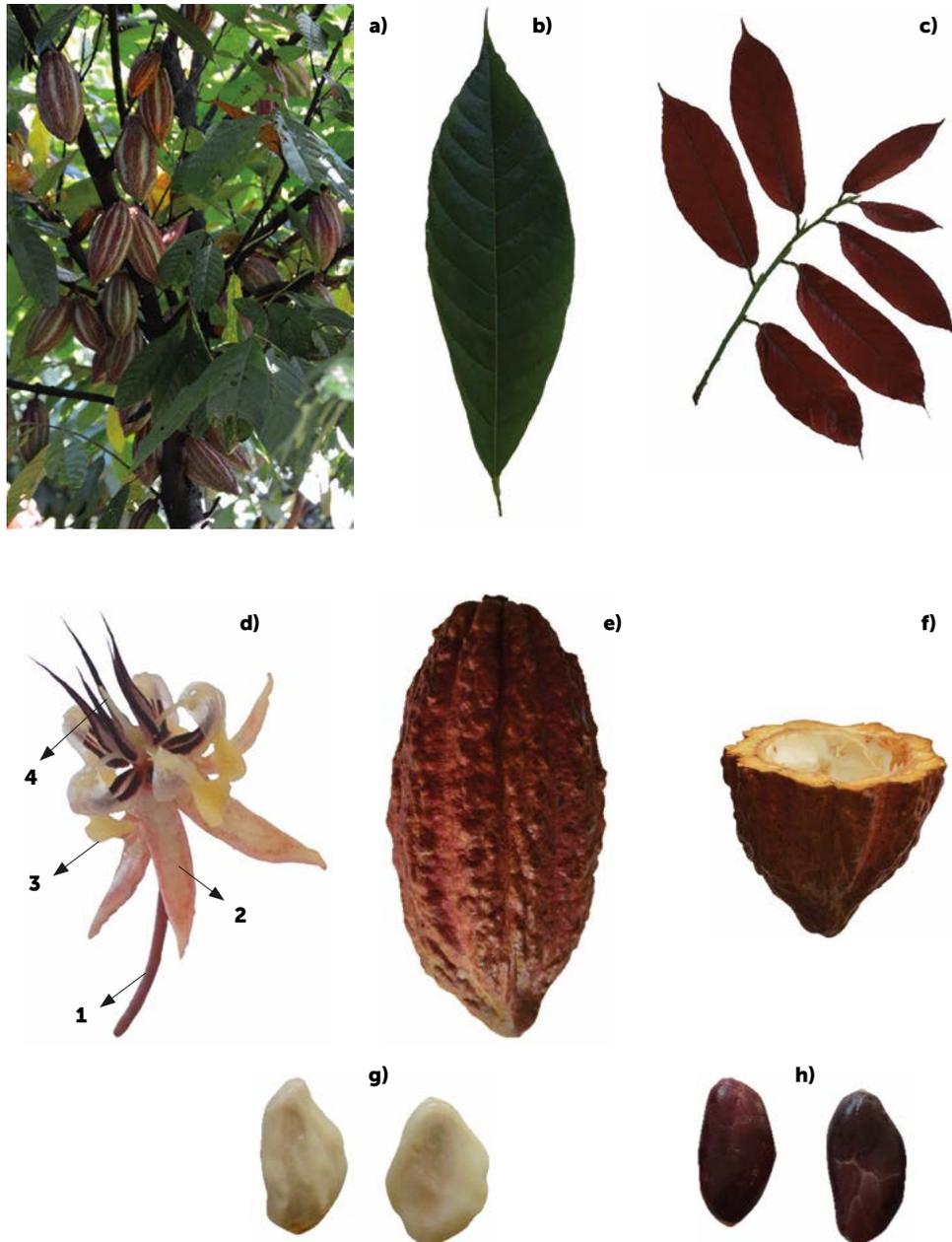
## LITERATURA CITADA

- Avendaño-Arrazate CH, Martínez-Bolaños M, Mendoza-López A. (2018). The Cocoa (*Theobroma cacao* L) native in Mexico. Biodiversity International Journal. 2(6):535-53
- Avendaño-Arrazate, C.H., Villarreal-Fuentes J.M., Campos-Rojas E., Gallardo-Méndez, R.A., Mendoza-López A., Aguirre-Medina J.F., Sandoval-Esquivez A., Espinosa-Zaragoza S. (2011). Diagnóstico del cacao en México. Universidad Autónoma Chapingo. 76 p.
- Hernández-Gómez E, Hernández-Morales J, Avendaño-Arrazate CH, López-Guillen G, Garrido-Ramírez ER, Romero-Nápoles J, Nava-Díaz C. (2015). Factores socioeconómicos y parasitológicos que limitan la producción del cacao en Chiapas, México. Revista Mexicana de Fitopatología 33: 232-246.
- ICCO, 2019. International Cocoa Organization. (2019) Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics. www.icco.org. Consultado 3 de abril 2019.

- Phillips M.W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Moniliophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence. Ph.D. Thesis. University of Reading, Reading, UK. 349 p.
- Phillips-Mora, W. (2006) La moniliasis del cacao: un enemigo que podemos y debemos vencer. En: Taller regional andino de aplicación tecnológica en el cultivo de cacao. Quevedo, Ecuador. pp 21- 25.
- SIAP. (2019) Sistema de Información Agrícola y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. www.infosiap.siap.gob.mx Consultado 3 de abril 2019.



**Figura 1.** Características morfológicas del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) "CAERI-1". a) Planta de cacao; b) Hoja madura; c) Hoja joven; d) Flor. 1. Pedicelo. 2. Sépalo. 3. Ligula 4. Estaminodio; e) Fruto maduro; f) Exocarpo; g) Semillas con pulpa; h) Semillas.



**Figura 2.** Características del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) "CAERI-2". a) Planta de cacao; b) Hoja madura; c) Hoja joven; d) Flor. 1. Pedicelo. 2. Sépalo. 3. Lígula 4. Estaminodio; e) Fruto maduro; f) Exocarpo; g) Semillas con pulpa; h) Semillas.