

## Evaluación de cuatro genotipos de cacao en Nariño, Colombia

---

Pedro Pablo Bacca<sup>1,\*</sup>  
Karen Andrea Alarcon<sup>2</sup>  
Juan Carlos González<sup>2</sup>  
Félix Alberto Guzmán<sup>2</sup>  
Roberto Antonio Coronado<sup>3</sup>  
Yajaira Romero Barrera<sup>4</sup>

1 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Colombia.

2 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro de Investigación El Mira. Tumaco, Colombia. (kalarcon@agrosavia.co; jugonzalez@agrosavia.co; faguzman@agrosavia.co).

3 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro de Investigación la Suiza. Santander, Colombia. (rcoronado@agrosavia.co).

4 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Sede Central Mosquera. Cundinamarca, Colombia. (yromero@agrosavia.co).

Autor para correspondencia: pbacca@agrosavia.co.

---

### Resumen

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) para el departamento de Nariño representa una alternativa productiva frente a la sustitución de cultivos ilícitos, del cual dependen pequeños y medianos productores; sin embargo, la alta humedad relativa, temperatura y precipitaciones, así como el manejo inadecuado fitosanitario, provocan alta incidencia de enfermedades como *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* sp. y limitando rendimiento productivo. En este sentido, es necesario la identificación de clones de cacao adaptados a las condiciones de la zona y tolerantes a las principales enfermedades. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial productivo y sanitario en etapas iniciales de desarrollo de cuatro clones de cacao; TCS 01, TCS 06, TCS 13 y TCS 19 bajo condiciones ambientales del Pacífico Nariñense. Para el análisis estadístico se utilizó el software SAS 9.4, empleando el procedimiento Glimmix para analizar las variables y se ajustó el análisis a la distribución de Poisson. Además, se utilizó pruebas de Tukey cuando se presentaron diferencias significativas. El Clon TCS 19, presentó los mejores resultados en producción (1.44 kg grano seco árbol<sup>-1</sup>) superando al testigo comercial ICS 95 (0.6 kg grano seco árbol<sup>-1</sup>). En tema sanitario, *M. roreri* fue la enfermedad con mayor incidencia, especialmente en los genotipos TCS 01 (38.67%) y TCS 13 (25.85%). Los rendimientos de los materiales evaluados superaron el promedio de producción nacional (460 kg ha<sup>-1</sup>) y regional (560 kg ha<sup>-1</sup>). Según estos resultados, TCS 19 podría potencialmente considerarse como recurso genético promisorio para el desarrollo de la cacaocultura de la Costa Pacífica Nariñense.

### Palabras clave:

afrocolombiano, agroforestería, cultivos, fitosanidad, productividad.

---

## Introducción

La industria mundial del chocolate es creciente y la demanda internacional aumenta desde nuevos países como Angola, Emiratos Árabes, México, Costa Rica y España; sin embargo, este mercado es liderado por pocos países, trayendo como consecuencia el manejo del precio de acuerdo con la conveniencia particular (Vásquez-Barajas *et al.*, 2018). Según la producción mundial reportada por ICCO (2022), los principales productores de cacao son Costa de Marfil (40%), Ghana (20%) e Indonesia (9%). En América, la producción de cacao del Ecuador es equivalente al 4.5% de la producción mundial, mientras que Colombia solo representa el 1%. En el territorio colombiano la producción de cacao en grano seco está alrededor de los 400 kg ha<sup>-1</sup>, valor de rendimiento que no represente viabilidad económica para los productores (Rodríguez-Medina *et al.*, 2019).

Las principales causas de la baja productividad son la falta de manejo agronómico, pequeñas áreas de siembra, edad de las plantaciones, desconocimiento de materiales de siembra apropiados para las condiciones agroecológicas de cada región, y la alta susceptibilidad a plagas y enfermedades. Esto ha ocasionado que los productores busquen otras alternativas para aumentar sus ingresos, entre las cuales se encuentra el establecimiento de cultivos ilícitos (World Cocoa Foundation, 2014).

El departamento de Nariño (Colombia) según datos reportados por el Ministerio de Agricultura y desarrollo Rural-MADR (2021) ocupa el sexto puesto en producción de cacao a nivel nacional y 76% de la producción de cacao se concentra en el municipio de Tumaco, el cual está ubicado en el sur occidente de Colombia sobre la Costa Pacífica, la cual se caracteriza por tener un clima tropical húmedo y cuenta con aproximadamente 17 809 ha de cacao sembrado y el rendimiento promedio no supera las 0.466 kg ha<sup>-1</sup>. Esto ha generado que los productores de la región pierdan interés en el cultivo (FEDECACAO, 2021).

En este sentido, actualmente en la región entidades de investigación como la Universidad de Nariño, la Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), han venido trabajando en el cambio del manejo tradicional del sistema productivo de cacao, para incrementar los rendimientos sin alterar las características organolépticas del producto que le confieren la cualidad de Cacao fino de sabor y aroma propios de la zona.

Las condiciones agroecológicas del Pacífico Nariñense han posicionado al cacao de esta región como referente mundial (Casa-Lúker, 2012), el cacao proveniente de Tumaco posee aromas y sabores afrutados y florales con notas de nuez, en el año 2016 fue galardonado con la distinción 'Mejor Muestra de Suramérica' por su calidad y aroma en el Concurso 'Cocoa of Excellence' del Salón de Chocolate de París.

En consecuencia, este sistema productivo bajo un manejo técnico adecuado se ha convertido en una alternativa de producción rentable, diferente al coco (*Cocos nucifera* L.) es y la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) e incluso a cultivos ilícitos, por lo que es considerado el cultivo de la paz. En los años 2014 y 2017, AGROSAVIA entregó a los productores cuatro nuevos clones de cacao TCS 01, TCS 06, TCS 13 y TCS 19, identificados a partir de selección participativa en predios de productores (Agudelo *et al.*, 2017) y cuyo comportamiento agronómico había sido evaluado en los departamentos de Santander y Boyacá.

El cultivar TCS 19 presentó un rendimiento promedio anual de 1.8 kg árbol<sup>-1</sup> y el TCS 01 de 3.3 kg árbol<sup>-1</sup>, este último además se destacó por presentar granos de tamaño relativamente grandes (índice de semilla de 3 g) (Agrosavia, 2019a). Debido al potencial que mostraron estos materiales en la zona donde fueron seleccionados (Patricia *et al.*, 2022) y deseando conocer si el comportamiento es similar en otras regiones del país, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el comportamiento agronómico, productivo y sanitario de cuatro clones de cacao (TCS 01, TCS 06, TCS 13 y TCS 19) bajo las condiciones del municipio de Tumaco-Nariño en etapas iniciales de desarrollo del cultivo.

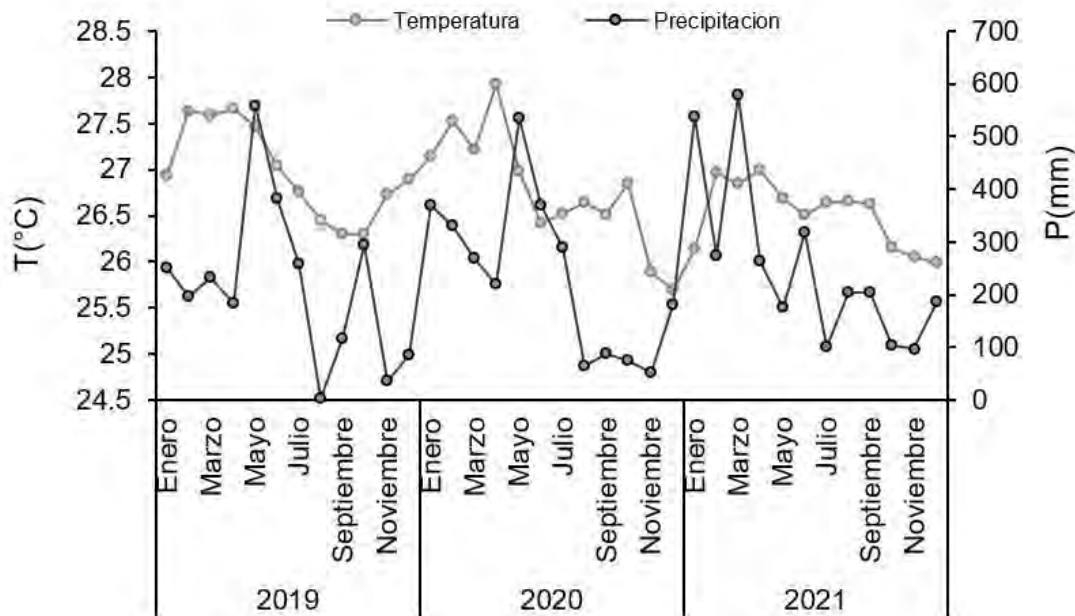
## Materiales y métodos

### Localización

El estudio se realizó en el Centro de Investigación El Mira de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA, ubicado en el municipio de Tumaco (Nariño, Colombia), coordenadas geográficas: -77° 41' 22" latitud norte y 1° 32' 58", longitud oeste y altitud de 16 m, zona de vida de Holdridge: Selva Húmeda Tropical (Bacca-Acosta *et al.*, 2021).

Según los datos de la estación climática del IDEAM ubicada en el CI. el Mira, se observó que durante los primeros semestres de cada año se presenta mayor pluviosidad (183.6 mm hasta 578 mm) y altas temperatura (26.4 °C a 27.9 °C), la humedad relativa mínima mensual fue de 64.66 %, humedad relativa máxima de 98,65% y brillo solar promedio para los años 2012 al 2019 de 695.61 h año<sup>-1</sup> (Figura 1).

**Figura 1 . Condiciones climáticas anuales de temperatura y precipitación durante el periodo 2019 a 2021 en el municipio de Tumaco-Nariño, Colombia.**



### Genotipos evaluados

Se evaluaron cuatro genotipos regionales de cacao TCS 01, TCS 06, TCS 13 y TCS 19 y el cultivar comercial Imperial College Selection 95 (ICS 95) el cual es el más cultivado en la región, se injertaron en campo sobre el portainjerto IMC 67. A continuación, se presenta las características más relevantes de cada genotipo (Cuadro 1).



**Cuadro 1. Características generales de los cinco genotipos establecidos en campo.**

Característica	TCS 01	TCS 06	TCS 13	TCS 19	ICS 95*
Forma de la mazorca	Ovada	Elíptica	Oblonga	Elíptica	Elíptica
Color del fruto inmaduro	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
Compatibilidad sexual	Autocompatible	Autoincompatible	Autocompatible	Autocompatible	Autocompatible

\*= testigo comercial (Agudelo et al., 2017; Agrosavia, 2019a; 2019b; Jaimes et al., 2021).

Para la evaluación de los materiales se estableció una parcela experimental en el mes de junio del año 2018, en un área de 0.7 ha bajo condiciones de arreglo agroforestal, la distancia de siembra del cacao fue de 3.5×3.5 m en triángulo, para una densidad de 704 plantas ha<sup>-1</sup>. La especie forestal Abarco (*Cariniana pyriformis* Miers) se utilizó como sombrío permanente sembrado a doble surco, con distancia de 4 m entre plantas y 16 m entre surcos para una densidad de 324 árboles ha<sup>-1</sup>.

Se realizaron labores culturales de manejo de la parcela, podas de formación (especialmente el primer año) y podas fitosanitarias, control de arvenses con guadaña cada tres meses y ploteo previo a la fertilización según análisis de suelo (Toala *et al.*, 2019). El suelo se caracterizó por presentar textura franco-arcillosa, pH de 5.89 y contenido de materia orgánica de 1.99 g 100 g<sup>-1</sup>.

### Diseño experimental

El ensayo se estableció en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, donde se evaluaron cuatro genotipos TCS 01, TCS 06, TCS 13 y TCS 19 más el testigo comercial (ICS 95). La unidad experimental estuvo conformada por 20 plantas, los seis árboles centrales se emplearon como parcela útil.

### Variables registradas

Se midieron siete variables productivas y fitosanitarias, las cuales se registraron cada 15 días durante los años 2019 al 2021. Dentro de los componentes de producción se cuantificó el número de mazorcas maduras y sanas producidas por genotipo, número de semillas por mazorca y peso del grano seco producido por árbol (kg árbol<sup>-1</sup>).

Se calcularon los siguientes índices: índice de grano (IG), el cual se define como el peso promedio de 100 granos secos y fermentados escogidos al azar, para ello se pesaron cuatro muestras de 100 granos de cacao, se calculó el promedio de los pesos y se dividieron entre 100 granos para hallar el peso promedio por grano de cacao seco (Solís Bonilla *et al.*, 2018) y el índice de mazorca (IM): para el cálculo del IM se tuvo en cuenta la NTC1252, 2021, en el cual se define este índice como el número de frutos requeridos para obtener un kilogramo de cacao en grano seco, en este ensayo se emplearon 20 mazorcas de cada clon por repetición.

Además, se determinó la incidencia de *Monilia* (*Moniliophthora roreri*) y mazorca negra (*Phytophthora* sp.), mediante el conteo de mazorcas afectadas y se aplicó la fórmula de porcentaje de incidencia (ecuación 1). Incidencia (%)= (total de mazorcas con síntomas)/ (total de mazorcas cosechadas) \*100 (ecuación 1), esta variable también fue evaluada cada 15 días por un periodo de 36 meses.

### Análisis estadístico

Se realizó análisis de varianza a un nivel de significancia de 0.05 para determinar el efecto del genotipo sobre las variables de producción y estado sanitario. Se empleó el procedimiento

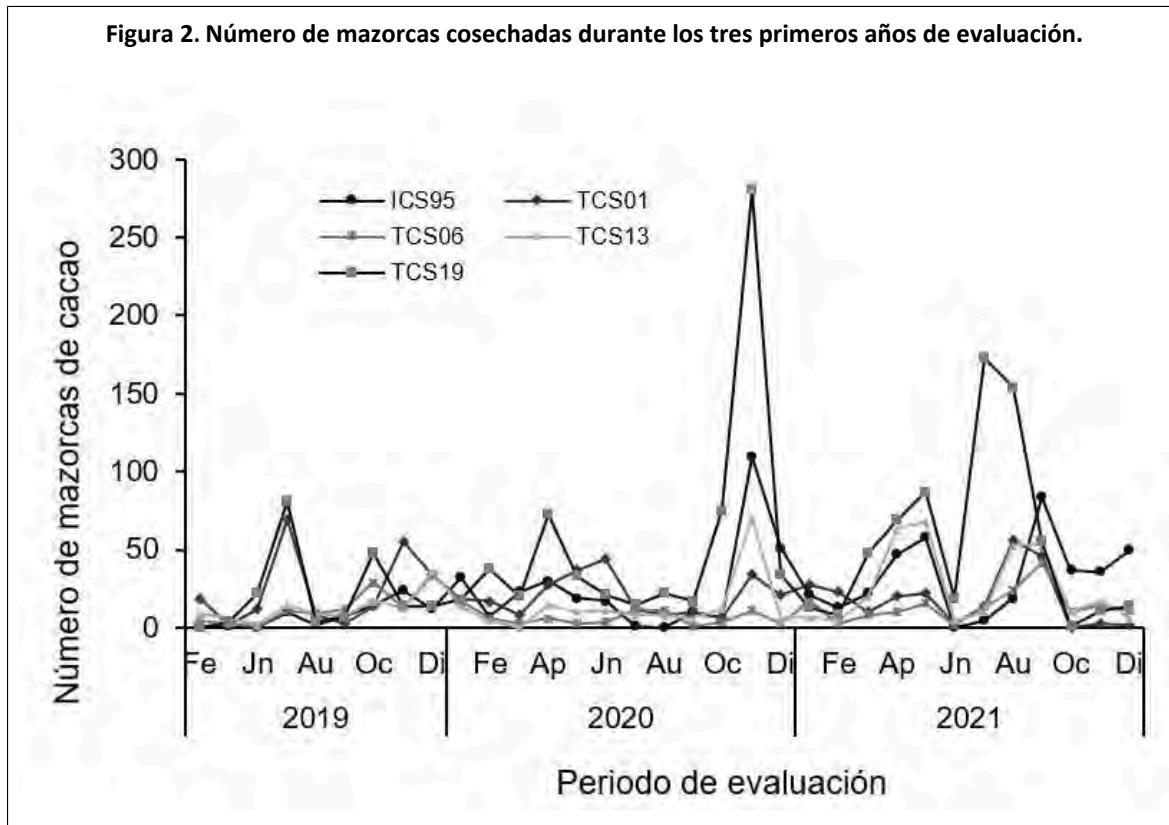
Glimmix para analizar las variables porcentaje de mazorcas afectadas por *M. rozeri* y *Phytophthora* sp., para los datos de número de mazorcas, se ajustó el análisis a la distribución de Poisson.

Para las variables de rendimiento, se evaluó el efecto de la interacción entre genotipo y año de la cosecha, mediante el procedimiento Glimmix y la corrección de simetría compuesta. En todos los casos, se empleó la prueba de comparación múltiple de Tukey. La información fue analizada empleando el programa SAS 9.4.

## Resultados y discusión

### Evaluación de número de mazorcas sanas cosechadas

A continuación, se presenta el comportamiento inicial de las variables número de mazorcas sanas de cacao producidas en cada año. Se observó dos picos de cosecha, a diferencia del primer año, los valores más altos se presentan en el segundo semestre. Además, es evidente la tendencia creciente del nivel productivo, esto es de esperar por tratarse de una plantación joven, cuya producción irá en incremento hasta alcanzar la madurez fisiológica aproximadamente entre los cinco y siete años (Durango *et al.*, 2019) (Figura 2).



En el primer año, los materiales TCS 19 y TCS 01 obtuvieron los valores más altos de producción de mazorcas, presentaron valores de 48 y 81 mazorcas sanas año<sup>-1</sup> respectivamente. En el segundo año, el genotipo TCS 19 nuevamente fue el más relevante, en el segundo semestre produjo en promedio hasta 281 mazorcas sanas, seguido de ICS 95 (110 mazorcas), TCS 13 (70 mazorcas) y TCS 01 (44 mazorcas).

En el tercer año, TCS 19 se destacó una vez más y produjo en promedio 173 mazorcas sanas, seguido de ICS 95 (84 mazorcas), TCS 13 (68 mazorcas) y TCS 01 (53 mazorcas). En relación con esto, Datos similares fueron reportados por Agudelo *et al.* (2023), quienes evaluaron



diferentes genotipos en cuatro localidades de las subregiones naturales Montaña Santandereana y Magdalena Medio en el nororiente colombiano, concluyendo que TCS 19 y TCS13 presentaron mayores rendimientos frente al testigo comercial ICS 95.

Los resultados mostraron la superioridad en términos de producción del genotipo TCS 19 en los tres años de evaluación, se infiere que es un material precoz en floración (18 meses) en comparación a los otros materiales evaluados, esta característica le permite evadir altos niveles de infección y favorece su productividad. Por su parte, TCS 06 presentó los valores más bajos de producción, que probablemente se debe a su condición de autoincompatibilidad (Jaimes *et al.*, 2021).

Teniendo en cuenta estos los resultados y lo mencionado por AGROSAVIA (2019b) se sugiere que en futuras evaluaciones el material TCS 06 debe sembrarse de manera controlada junto con genotipos como TCS 01 y TCS 19 para favorecer la fecundación y con ello mejorar la producción de mazorcas.

## Evaluación de índices agronómicos

En el análisis de varianza se detectaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre clones respecto al número de semillas (NS) por mazorca, índice de grano (IG) e índice de mazorca (IM) (Cuadro 2). En relación con NS mazorca<sup>-1</sup> los genotipos TCS 06 y TCS 13 fueron los más destacados, ya que presentaron los valores más altos, 44 y 43 semillas mazorca<sup>-1</sup> respectivamente.

**Cuadro 2. Resultados de índices agronómicos en los cuatro genotipos evaluados y testigo comercial.**

Clon	NS		IG		IM	
	Media	Grupo	Media	Grupo	Media	Grupo
TCS 01	34.56	B	2.68	A	11.41	B
TCS 13	43.11	A	1.94	AB	13.8	AB
TCS 06	43.68	A	1.86	AB	13.68	AB
TCS 19	34.35	B	1.66	B	18.69	AB
ICS 95	34.03	B	1.25	B	21.7	A

NS= número de semillas; IG= índice de grano; IM= índice de mazorca. Medias con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes (valor  $p < 0.05$ ).

Los resultados de TCS 06 respecto a esta variable, supera el promedio general de 43.5 granos obtenido en la investigación de caracterización morfológica de 104 genotipos de cacao evaluados en el municipio de Tumaco Nariño (Ballesteros, 2011). En otra investigación realizada en Ecuador, en cuatro genotipos promisorios, los materiales TCS 06 y TCS 13 el número de semillas solo fue superados por el clon INIAPT 185, en el cual se reportó un número promedio de 50 semillas mazorca<sup>-1</sup> (Sotomayor-Cantos *et al.*, 2017).

En cuanto al IG, osciló entre 1.25 g y 2.68 g, siendo el genotipo TCS 01 el de mayor valor e ICS 95 el más bajo. Con respecto a TCS 13, TCS 06, TCS 19 y ICS 95 no presentaron significancia en esta variable (Cuadro 2). No obstante, los valores obtenidos por estos materiales a excepción de ICS 95 superaron el peso promedio general de 1.45 g grano<sup>-1</sup> alcanzado en el estudio de Ballesteros *et al.* (2021) en la misma localidad.

De igual forma, en relación a ello Sotomayor-Cantos *et al.* (2017) reportaron que el mejor material evaluado obtuvo un valor de 1.53 g de almendra para el cultivar INIAPT 484, valor que resulta inferior al intervalo de 1.66 y 2.68 g de almendra en que encuentran los valores de los genotipos TCS. Al comparar los datos de esta investigación con los resultados obtenidos por AGROSAVIA, TCS 01 de igual manera se caracteriza por presentar un índice de grano relativamente alto (3 g grano<sup>-1</sup>) (Agrosavia, 2019a, 2019b; Agudelo *et al.*, 2017; Jaimes *et al.*, 2021).

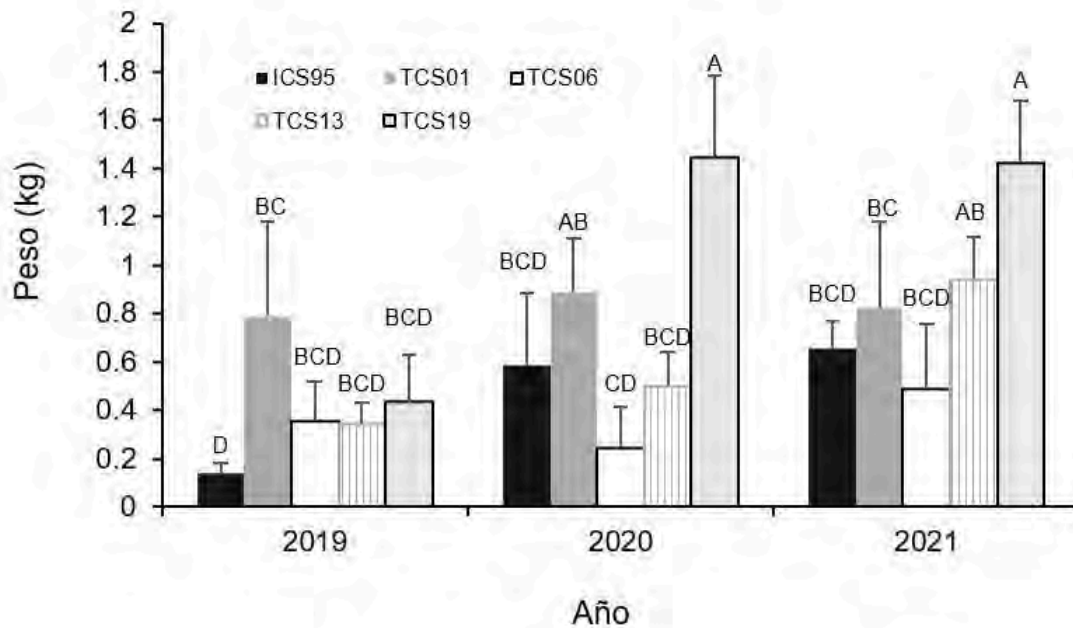
No obstante, se debe considerar que dado a la cantidad de mucílago y el tamaño del grano que presentan, se requiere de un manejo particular para procesos de post cosecha como fermentación y tiempo de secado. Por lo tanto, no se recomienda durante esta etapa mezclarlo con otros materiales. Con relación al IM, los genotipos más relevantes fueron TCS 01 (11.41 mazorcas), TCS 13 (13.8 mazorcas) y TCS 06 (13.68 mazorcas) ya que presentaron los valores más bajos, además estadísticamente fueron similares, mientras que ICS 95 (21.7 mazorcas) y TCS 19 (18.69 mazorcas) presentaron datos más altos.

Por consiguiente, según estos resultados se puede establecer que de los genotipos TCS 01, TCS 13 y TCS 06 requieren aproximadamente entre 12 y 14 mazorcas para obtener 1 kg grano<sup>-1</sup> de cacao seco, mientras que para TCS 19 e ICS 95 se necesitarían aproximadamente 19 a 22 mazorcas. Con relación a ICS 95, resultados similares fueron descritos por Quintana *et al.* (2018), quienes determinaron que en promedio el genotipo ICS 95 tiene un IM de 20 y un IG de 1.4 g.

### Evaluación de producción anual (kg grano seco árbol<sup>-1</sup>)

Durante los tres años de evaluación, los genotipos mostraron diferencias significativas (Valor  $p < 0.05$ ) en la variable producción kg grano seco árbol<sup>-1</sup> (Figura 3). Durante el primer año de seguimiento, los cuatro materiales de Agrosavia presentaron valores promedios entre 0.34 kg árbol<sup>-1</sup> hasta 0.79 kg árbol<sup>-1</sup>, superando al testigo comercial ICS 95 (0.14 kg).

Figura 3. Producción kg grano seco árbol<sup>-1</sup> de los cinco genotipos evaluados durante los tres primeros años de producción. Medias con letra diferente son estadísticamente diferentes (valor  $p < 0.05$ ).



### Incidencia de enfermedades

En el segundo año, los genotipos TCS 01 (0.887 kg) y TCS 19 (1.44 kg) presentaron mayores valores promedio con respecto al resto de materiales evaluados y en el tercer año, este último genotipo nuevamente fue superior con una producción promedio de 1.44 kg árbol<sup>-1</sup> (Figura 3).

El clon TCS 13 (0.94 kg) si bien no presentó diferencias significativas en comparación con los otros materiales evaluados, se debe resaltar su comportamiento productivo, debido que el valor promedio de producción es relativamente bueno en relación con los datos reportados para la región de 309.9 kg ha<sup>-1</sup> (Agronet, 2021).

Por otra parte, para incrementar su producción se recomienda sembrarlo junto al clon TCS19, ya que a pesar de ser autocompatible tiene una baja tasa de fecundación (35%); por lo tanto, es relevante considerar arreglos de siembra que contribuyan la polinización cruzada y la fecundación de flores para incrementar la producción de mazorca y con ello la rentabilidad del sistema productivo (Agudelo *et al.*, 2017).

En términos de producción, el material TCS 19 (1.44 kg) fue estadísticamente superior en el tercer año de producción en comparación con los materiales TCS 13 (0.94 kg), TCS 01 (0.82 kg), TCS 06 (0.49 kg), estos tres últimos no difieren estadísticamente del testigo comercial ICS 95 (0.66 kg) (Figura 3). Los resultados de este análisis indican que los genotipos de Agrosavia, podrían ser establecidos en la Costa Pacífica Nariñense por cuanto su producción podría ser igual o ligeramente superior al testigo comercial de la región de estudio.

En concordancia con lo anterior y teniendo en cuenta la densidad de siembra, 816 árboles ha<sup>-1</sup> (3.5 m entre árboles x 3.5 m entre surcos), para el tercer año se puede estimar que el rendimiento promedio aproximado en kg grano seco ha<sup>-1</sup> de los materiales TCS 19, TCS 13 y TCS 01; podrían estar alrededor de 1.175, 767.1 y 669.12 respectivamente, valores que son superiores a los reportados en plantaciones maduras por Agronet (2021) para el municipio de Tumaco (309.9 kg ha<sup>-1</sup>).

Del mismo modo Ballesteros *et al.* (2021) señaló que en esta zona el rendimiento promedio es de 560.3 kg ha<sup>-1</sup> y que estos valores de productividad se debe probablemente a plantaciones antiguas y ausencia de técnicas de manejo intensivo, mientras que el MADR (2021) reportó rendimientos promedio de 230 kg ha<sup>-1</sup> para Nariño en 2020.

El manejo inadecuado en términos fitosanitarios del cultivo de cacao es uno de los factores que ha promovido la expansión de la frontera agrícola y una significativa pérdida de la selva tropical ya que el bajo rendimiento y la alta incidencia de plagas y enfermedades ha ocasionado que los productores busquen nuevas áreas de trabajo (Abdulai *et al.*, 2020).

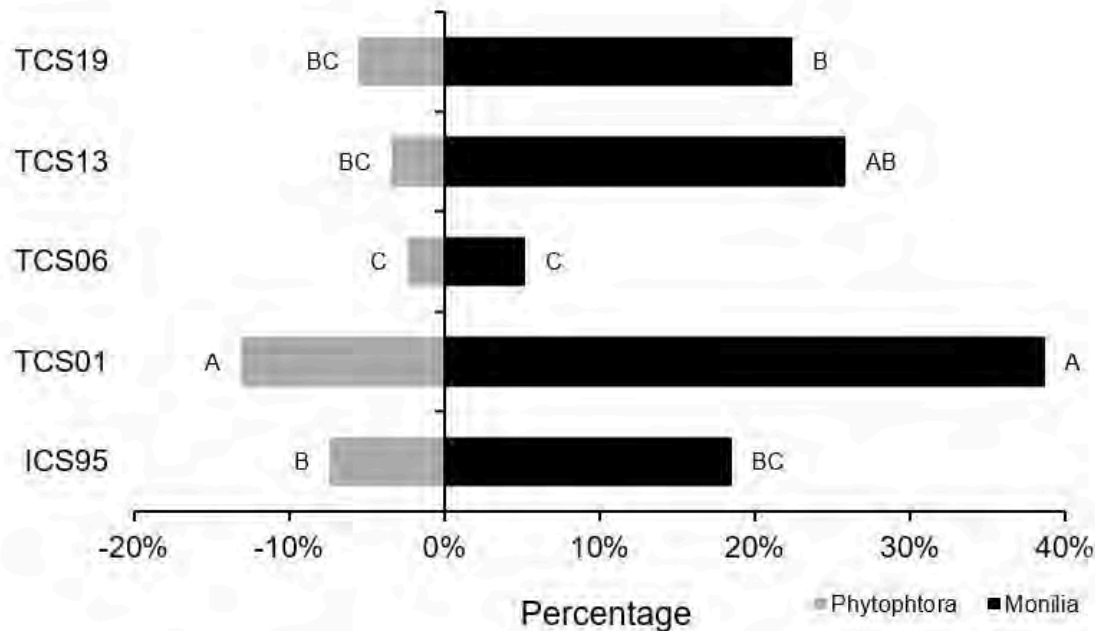
En este sentido a continuación se presenta el porcentaje de incidencia de las principales enfermedades presentes durante el tercer año de producción. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre los materiales. *M. royeri* fue la enfermedad que se presentó con mayor frecuencia y la incidencia estuvo comprendida entre 5.2% a 38.67%, mientras que para *Phytophthora* sp., el rango de afectación estuvo entre 2.39% hasta 13.12%.

El genotipo TCS 01 presentó los valores más altos de incidencia para *M. royeri* (38.67%) y *Phytophthora* sp., (13.12%) y TCS 06 exhibió los valores más bajos de afectación por los dos patógenos: *M. royeri* (5.22%) y *Phytophthora* sp. (2.39%) (Figura 4).





Figura 4. Incidencia de *M. roreri* (%) y *Phytophthora* sp. (%) en los cinco genotipos evaluados durante el tercer año de producción. Medias con letra diferente en la columna son estadísticamente diferentes (valor  $p \leq 0.05$ ).



El TCS 13 fue el segundo material con mayor grado de afectación por monilia (25.85%) y junto con TCS 19 presentaron un comportamiento similar con relación a *Phytophthora* sp. (3.41% y 5.48% respectivamente). Con relación al testigo comercial ICS 95, los resultados muestran que el grado de afectación por *M. roreri* y *Phytophthora* sp., fue similar a TCS 19 y TCS 13.

La incidencia de *M. roreri* en el tercer año de la prueba osciló entre un mínimo promedio de 5.22% cuantificado en cultivar TCS 06 y un valor máximo de 38.67% en el cultivar TCS 01, este comportamiento de los genotipos TCS, resulta relevante al referenciarlos con 11 familias híbridas de cacao, obtenidas a través de los cruzamientos entre parentales PA 169, UF 273, SCA 6 POUND 7, RIM 117 e ICS 1, dado que estas al cuarto año de evaluación presentaron un rango de incidencia de *M. roreri* que osciló entre 10.06% y 71.76% (Solís-Bonilla *et al.*, 2018).

Estos resultados permiten señalar la relevancia de hacer manejo constante de *Phytophthora* sp. y especialmente de *M. roreri*, ya que, en las condiciones ambientales del municipio de Tumaco, debido a la alta precipitación y la humedad relativa, favorece la proliferación de estos patógenos.

Al respecto Solís-Bonilla *et al.* (2018) mencionan que, en el trópico, el cultivo de cacao es afectado por los hongos *M. roreri* y *M. perniciosa* causando pérdidas hasta del 90% de la producción, en algunos casos conducen a los cacaocultores al abandono de sus cultivos. Másmela-Mendoza (2019) menciona que las condiciones agroclimáticas altas de temperaturas, humedad y precipitación pueden influir positivamente en el desarrollo de estos patógenos, dando especial relevancia a las labores culturales dentro del sistema de producción.

El manejo fitosanitario es indispensable para evitar pérdidas significativas, ya que la inadecuada remoción del inóculo aumenta la incidencia de la enfermedad (Sánchez-Mora *et al.*, 2015), en Venezuela, Brasil, África Occidental y Asia, por el inadecuado manejo, se han reportado pérdidas entre 50% al 90% de la producción (Meinhardt *et al.*, 2008; Ploetz, 2016; Trevizan y Marques, 2002). El control de esta enfermedad a través de podas fitosanitarias puede disminuir la cantidad de inóculo generadores de basidiocarpos (Hernández-Villegas, 2016).

Dada la importancia que tiene este sistema productivo en el departamento de Nariño, el cual se caracteriza en su diversidad de pisos térmicos, podría ser interesante conocer el comportamiento de estos materiales (TCS 01, TCS 13 y TCS 19) en zonas más secas, como la cordillera Nariñense, que posee un ecosistema seco tropical donde la incidencia de enfermedades posiblemente sea menor y pueda favorecer el rendimiento productivo.

En este sentido McMahon *et al.* (2018) evaluaron 28 clones regionales de cacao en tres provincias de Sulawesi en Indonesia y encontraron que algunos materiales de cacao eran susceptibles a *Phytophthora* sp., en ciertos sitios de evaluación, mientras que en otros eran tolerantes, señalando que cada localidad debe tener su propio manejo tecnológico, ya que los materiales expresan sus características fenotípicas de acuerdo con el ambiente y el manejo agronómico.

## Conclusiones

Durante el periodo de evaluación se pudo establecer que el material TCS 19 tuvo mejor comportamiento productivo en comparación con el resto de los materiales de AGROSAVIA y el testigo comercial ICS95. Estos resultados superaron considerablemente el promedio de producción nacional y regional; 460 kg ha<sup>-1</sup> y 430 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, por lo cual podría considerarse como recurso genético promisorio para el desarrollo en la cacaocultura de la Costa Pacífica Nariñense.

Los mejores índices de NS mazorca<sup>-1</sup> lo obtuvieron los genotipos TCS 06 y TCS 13 con 44 y 43 semillas respectivamente, respecto al IG los mejores materiales fueron el TCS 01 con 2.68 y TCS 13 con 1.94 y en relación IM el material más relevante fue TCS 01 con un valor de 11.41.

La incidencia de las enfermedades *Phytophthora* sp. y *M. royeri* están relacionada con las condiciones ambientales del municipio de Tumaco, por lo tanto, es necesario realizar un manejo integrado en el cultivo que reduzcan la proliferación de estos patógenos y que permita incrementar el rendimiento del cultivo.

## Bibliografía

- 1 Abdulai, I.; Hoffmann, M. P.; Jassogne, L.; Asare, R.; Graefe, S.; Tao, H. H.; Muilerman, S.; Vaast, P.; Van Asten, P.; Läderach, P. and Rötter, R. P. 2020. Variations in yield gaps of smallholder cocoa systems and the main determining factors along a climate gradient in Ghana. *Agric. Syst.* 181:1-8. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.102812>.
- 2 Agronet, Evas UPRA. 2021. Evaluaciones agropecuarias municipales. <https://experience.arcgis.com/experience/17859d5712b046fca6b0df5781e0b560/page/EVA-Departamental/>.
- 3 Agrosavia. 2019a. Corporación colombiana de investigación agropecuaria. Clon de cacao TCS 01: *Theobroma* Corpoica la Suiza 01. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34650>.
- 4 Agrosavia. 2019b. Corporación colombiana de investigación agropecuaria. Clon de cacao TCS 06: *Theobroma* Corpoica la Suiza 06. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34651>.
- 5 Agudelo, C. G. A.; Palencia, C. G. E.; Antolinez, S. E. Y. y Báez, D. E. Y. 2017. Nuevas variedades de cacao TCS (*Theobroma* Corpoica la Suiza). 13-19 pp.
- 6 Bacca-Acosta, P. P.; Zuluaga-Peláez, J. J.; Castaño-Colorado, Á. A. y Ardila-Fernández, A. F. 2021. Growth potential of *Carapa guianensis* (Aubl.) in Tumaco, Colombia. *Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente.* 27(3):401-412. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2020.09.062>.
- 7 Ballesteros, P. W. 2011. Caracterización morfológica de árboles élite de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tumaco, Nariño, Colombia. Tesis de maestría-Universidad de Nariño. Colombia. 19-69 pp. <http://sired.udenar.edu.co/2953/>.

- 8 Ballesteros, P. W.; Navia, F. J. and Solarte, G. J. 2021. Socio-economic characterization of the traditional cacao agroforestry system (*Theobroma cacao* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 38(2):17-35. <https://doi.org/10.22267/rcia.213802.156>.
- 9 Casa-Luker. 2012. Cacao fino de aroma. <https://www.lukeringredients.com/>.
- 10 Durango, W.; Caicedo, M.; Vera, D.; Sotomayor, I.; Saini, E.; Chávez, E. 2019. La cadena de valor del cacao en América Latina y el Caribe. 1-95 p.
- 11 FEDECACAO. 2021. Caracterización de productores de cacao 2017-202, Rendimiento estimado en finca de cacao kg/ha/año, rendimiento promedio de cacao por municipio del departamento de Nariño. <https://app.powerbi.com/singleSignOn?ru=https%3A%2F%2Fapp.powerbi.com%2F%3FnoSignUpCheck%3D1>.
- 12 Hernández-Villegas, J. J. 2016. Incidencia de la escoba de Bruja (*Crinipellis perniciosa*) sobre el rendimiento de dos agroecosistemas de cacao con diferentes condiciones de manejo. *Bioagro*. 28(1):59-64.
- 13 ICCO. 2022. Production of cocoa beans. *Quarterly bull. Cocoa Stat.* 48(1):1-3 pp.
- 14 Jaimes, S. Y. Y.; Agudelo, C. G. A.; Báez, D. E. Y.; Rengifo, E. G. A. y Molina, R. J. 2021. Modelo productivo para el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el departamento de Santander. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. 19-151 pp. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7404647>.
- 15 MADR. 2021. Cadena de cacao. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Cifras Sectoriales. 3-31 pp. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Cacao/Documentos/2021-03-31>.
- 16 Másmela-Mendoza, J. E. 2019. Distribución potencial y nicho fundamental de *Moniliophthora* spp. en cacao de América y África. *Agronomía Mesoamericana*. 659-679.30(3) <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35038>.
- 17 McMahon, P.J.; Susilo, A. W.; Parawansa, A. K.; Bryceson, S. R.; Nurlaila, M. S.; Saftar, A.; Purwantara, A.; Bin-Purung, H.; Lambert, S.; Guest, D. I. and Keane, P. J. 2018. Testing local cacao selections in sulawesi for resistance to vascular streak dieback. *Crop Prot.* 109:24-32. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.026>.
- 18 Meinhardt, L.; Rincones, J.; Bailey, B.; Aime, C.; Griffith, G.; Zhang, D.; and Pereira, G. 2008. *Moniliophthora perniciosa*, the causal agent of witches' broom disease of cacao: what's new from this old foe? *mol. Plant Pathol.* 9(5):577-588. <https://doi.org/10.1111/J.1364-3703.2008.00496.X>.
- 19 NTC1252, I. 2021. Cacao en grano (*Theobroma cacao* L). Cacao- producto vegetal *Theobroma cacao* L. cacao comercialización; cacao clasificación. 571 p.
- 20 Patricia, A.; Vergel, R.; Valentina, A.; Rodríguez, C.; Ramírez, O. D.; Andrea, P.; Velilla, A. and Gallego, A. M. 2022. A crop modelling strategy to improve cacao quality and productivity. 1-16 pp.
- 21 Ploetz, R. 2016. The impact of diseases on cacao production: a global overview. *In: cacao diseases*. springer international publishing, cham. 33-59 pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2-2> .
- 22 Quintana, F. L. F.; García, J. A. y Moreno, M. E. 2018. Perfil sensorial de cuatro modelos de siembra de cacao en Colombia. *Entramado*. 14(2):256-268. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.4756>.
- 23 Rodríguez-Medina, C.; Arana, A. C.; Sounigo, O.; Argout; Alvarado, G. A. and Yockteng, R. 2019. Cacao breeding in Colombia, past, present and future. *Breed. Sci.* 69(3):373-382. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19011>.
- 24 Sánchez-Mora, F. D.; Mariela-Medina, J. S.; Díaz-Coronel, G.T.; Ramos-Remache, R. A.; Vera-Chang, J. F.; Vásquez-Morán, V. F.; Troya-Mera, F. A.; Garcés-Fiallos, F. R.

- y Onofre-Nodari, R. 2015. Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(3):265-274. <https://doi.org/10.35196/rfm.2015.3.265>.
- 25 Solís-Bonilla, J. L.; Zamarripa-Colmenero, A.; Pecina-Quintero, V.; Garrido-Ramírez, E. y Hernández-Gómez, E. 2018. Evaluación agronómica de híbridos de cacao (*Theobroma cacao* L.) para selección de alto rendimiento y resistencia en campo a moniliasis. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* . 6(1):7-257. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i1.740>.
- 26 Sotomayor-Cantos, I. A.; Tarqui-Freire, O. M.; Loo-Solórzano, R. G.; Amores-Puyutaxi, F. M. y Motamayor, J. C. 2017. Variación fenotípica y selección de genotipos de cacao de alto rendimiento en Ecuador. *Espamciencia*. 8(2):23-33. <http://investigacion.espm.edu.ec/index.php/Revista/article/view/258>.
- 27 Toala, V. A.; Ventura, R. B.; Huamán, L. A.; Castro-Cepero, V. and Julca-Otiniano, A. 2019. Cultural, biological and chemical control of *Moniliophthora roreri* and *Phytophthora* spp. in *Theobroma cacao* 'CCN-51.' *Sci. Agropecuaria*. 10(4):511-520. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.08>.
- 28 Trevizan, S. P. y Marques, M. 2002. Impactos socioeconômicos da crise do cacau: um estudo de comunidade-caso. *Agrotropica*. 14(3):127-136.
- 29 Vásquez-Barajas, E. F.; García-Torres, N. E.; Bastos-Osorio, L. M.; Lázaro-Pacheco, J. y M. 2018. Análisis económico del sector cacaoero en norte de santander, Colombia y a nivel internacional. *Revista de Investigación Desarrollo e Innovación*. 8(2):237-250. <https://doi.org/10.19053/20278306.v8.n2.2018.7963>.
- 30 World Cocoa Foundation. 2014. Actualización del mercado del cacao. <http://www.worldcocoafoundation.org/about-cocoa/cocoa-market-statistics/>.



## Evaluación de cuatro genotipos de cacao en Nariño, Colombia

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 July 2023
Date accepted: 01 September 2023
Publication date: 16 October 2023
Publication date: October 2023
Volume: 14
Issue: 7
Electronic Location Identifier: e3331
DOI: 10.29312/remexca.v14i7.3331

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras claves:

#### Palabras claves:

afrocolombiano  
agroforestería  
cultivos  
fitosanidad  
productividad

### Counts

Figures: 4

Tables: 2

Equations: 0

References: 30

Pages: 0