

**Efecto de los híbridos “rojo” y “amarillo” y clones TSH-565 y ICS-95 de cacao
(*Theobroma cacao*) en el ataque de plagas y enfermedades en fincas cacaoteras de los
municipios de Tarqui y suaza, departamento del Huila**

Julieth Tatiana Cuellar Anacona

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Agronomía

Pitalito Huila

2021

**Efecto de los híbridos “rojo” y “amarillo” y clones TSH-565 y ICS-95 de cacao
(*Theobroma cacao*) en el ataque de plagas y enfermedades en fincas cacaoteras de los
municipios de Tarqui y suaza, departamento del Huila**

Asesor:

Mg. Luis Herney Salazar Nieto

Julieth Tatiana Cuellar Anacona

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Agronomía

Pitalito Huila

2021

Resumen

El cultivo del cacao (*Theobroma cacao L.*) es uno de los principales cultivos agrícolas de Colombia, además representa ventajas competitivas como su necesidad fisiológica de estar en asocio con especies forestales. El cultivo del cacao ha sido atacado por enfermedades como la monilia (*Moniliophthora roreri*), la pudrición negra del fruto (*Phytophthora palmivora*) y plagas como chinche (*Monalonion spp*), disminuyendo drásticamente su productividad.

En el presente proyecto se tuvo como objetivo analizar el efecto del tipo de material vegetal de cacao en la en el ataque de plagas y enfermedades en fincas cacaoteras de los municipios de Tarqui y Suaza, departamento del Huila. Se seleccionaron 20 predios rurales en los dos municipios de estudio. En cada predio se identificaron los lotes de cacao en producción, donde se establecieron parcelas representativas de 1000 m². En cada parcela se caracterizó: a. la estructura forestal de los árboles de cacao mediante medidas dasométricas y b. el estado de ataque de plagas y enfermedades en el cultivo (infestación, incidencia y severidad).

Se encontró que los híbridos de cacao rojo y amarillo, presentan mayor cantidad de especies acompañantes del cultivo, disminuyendo la cantidad de árboles de cacao por hectárea, también se determinó que la incidencia de las plagas y enfermedades fueron relativamente bajas para la zona de estudio. Solo se presentaron diferencias significativas entre el material vegetal para la plaga *Monalonion* siendo mayor el ataque en los clones

estudiados. Por último se determinó que a mayor sombra en el cultivo se aumenta la presencia de las plagas y enfermedades.

Abstract

The cultivation of cocoa (*Theobroma cacao L.*) is one of the main agricultural crops in Colombia, it also represents competitive advantages such as its physiological need to be in association with forest species. The cocoa crop has been attacked by diseases such as monilia (*Moniliophthora roreri*), black rot of the fruit (*Phytophthora palmivora*) and pests such as bed bug (*Monalonion spp*), drastically reducing its productivity.

The objective of this project was to analyze the effect of the type of cocoa plant material on the attack of pests and diseases in cocoa farms in the municipalities of Tarqui and Suaza, department of Huila. 20 rural properties were selected in the two study municipalities. In each farm, the cocoa lots in production were identified, where representative plots of 1000 m² were established. In each plot it was characterized: a. the forest structure of cocoa trees through dasometric measurements and b. the attack status of pests and diseases in the crop (infestation, incidence and severity).

It was found that the red and yellow cacao hybrids have a greater number of companion species of the crop, decreasing the number of cacao trees per hectare, it was also determined that the incidence of pests and diseases were relatively low for the study area. There were only significant differences between the plant material for the Monalonion pest, the attack being greater in the clones studied. Finally, it was determined that the greater the shade in the crop, the presence of pests and diseases increases.

Tabla de contenido

Listado de Tablas.....	9
Listado de Figuras	10
Objetivos.....	11
Objetivo general	11
Objetivos específicos.....	11
Problema.....	12
Justificación.....	14
Marco conceptual y teórico	17
Generalidades del Cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>).....	17
Requerimientos climáticos del cultivo	18
Tipos de plantas de cacao	19
Tipos de sombrío	19
Principales enfermedades del cultivo de cacao	19
Monilia (<i>Moniliophthora roreri</i>).....	20
Mazorca negra (<i>Phytophthora spp.</i>).....	21
Plagas del cultivo de cacao.....	22
Chinche (<i>Monalonion spp</i>).....	22
Materiales y métodos.....	23

Ubicación.....	23
Selección de las parcelas de estudio.....	23
Caracterización dasométrica.....	23
Estado de ataque de plagas y enfermedades en el cultivo	24
<i>Moniliophthora roeri</i>	24
<i>Phytophthora</i> spp.	25
<i>Monalonium dissimulatum</i>	26
Análisis de datos.....	26
Resultados.....	28
Estructura Arborea de Sistemas de sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.	28
Incidencia y severidad de plagas y enfermedades en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.	31
Incidencia de <i>Monalonium dissimulatum</i>	32
Incidencia de <i>Moniliophthora roeri</i>	32
Incidencia de <i>Phytophthora</i> spp.....	32
Severidad externa de <i>Monalonium dissimulatum</i>	33
Severidad externa e interna de <i>Moniliophthora roeri</i>	35
Severidad externa de <i>Phytophthora</i> spp:	36

1.3. Relación entre el tipo de material vegetal de cacao y la sensibilidad al ataque de enfermedades y plagas.	37
Conclusiones.....	40
Recomendaciones	41
Referencias Bibliográficas.....	42
Anexos	52

Listado de Tablas

Tabla 1 Características fenológicas del cacao	17
Tabla 2 Escala de evaluación para <i>Moniliophthora roreri</i>	25
Tabla 3. Características de estructura arbórea de sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo	29
Tabla 4 Porcentaje de severidad de daño a mazorcas de cacao causados por <i>Monalonia dissimulatum</i> en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.	34
Tabla 5 Porcentaje de severidad de daño a mazorcas de cacao causados por <i>Moniliophthora roreri</i> en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.....	35
Tabla 6 Porcentaje de severidad de daño a mazorcas de cacao causados por <i>Phytophthora</i> spp. en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.....	37

Listado de Figuras

Figura 1. Área de estudio.....	23
Figura 2. Biplot del ordenamiento de los genotipos construido mediante análisis de componentes principales utilizando las variables de estructura arbórea de los sistemas de producción de cacao en los municipios de Suaza y Tarqui en el departamento del Huila. ..	31
Figura 3. Incidencia de <i>Monalonion dissimulatum</i> , <i>Moniliophthora roreri</i> y <i>Phytophthora</i> spp. en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.....	33
Figura 4. Coeficientes de correlación de Pearson significativos ($p < 0.05$) entre variables de estructura arborea y de incidencia y severidad de <i>Monalonion dissimulatum</i> , <i>Moniliophthora roreri</i> y <i>Phytophthora</i> spp. en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.	38
Figura 5. Tri-plot construido por PLS utilizando las variables de estructura arborea como predictores y las variables de incidencia y severidad de <i>Monalonion dissimulatum</i> , <i>Moniliophthora roreri</i> y <i>Phytophthora</i> spp. en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo	39
Figura 6. Muestreo en Clon de Cacao.	52
Figura 7. Muestreo de <i>Phytophthora</i> en híbrido de Cacao.	52
Figura 8. Severidad de <i>Phytophthora</i>	53
Figura 9. Híbrido amarillo de Cacao	53

Objetivos

Objetivo general

Analizar el efecto de los híbridos “rojo” y “amarillo” y clones TSH-565 y ICS-95 de cacao (*Theobroma cacao*) en el ataque de plagas y enfermedades en fincas cacaoteras de los municipios de Tarqui y suaza, departamento del Huila

Objetivos específicos

- Caracterizar la estructura de los árboles de cacao híbridos “rojo” y “amarillo” y clones TSH-565 y ICS-95 en los municipios de Tarqui y Suaza, departamento del Huila.
- Determinar infestación, incidencia y severidad de enfermedades (*Moniliophthora roreri* y *Phytophthora spp.*) y plagas (*Monalonion spp.*) en diferentes tipos de material vegetal de cacao.
- Analizar la relación entre el tipo de material vegetal de cacao y la sensibilidad al ataque de enfermedades y plagas.

Problema

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un sistema productivo agrícola de gran y creciente interés en Colombia; debido a su importancia económica, social y ambiental (Gutiérrez et al., 2020; Hernández et al., 2020). No obstante, el rendimiento de grano ha sido afectando drásticamente a nivel nacional, dado a la problemática fitosanitaria que se presenta por cuenta de plagas y enfermedades (Hernández et al., 2020), tales como la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), la pudrición negra del fruto (*Phytophthora palmivora*) y plagas como chinche (*Monalonion spp*) y el perforador de la mazorca (*Carmenta spp*) (Alvarez et al., 2014; Correa et al., 2014; Jaimes y Aranzazu, 2010; Jaimes et al., 2011).

Los problemas causados por las plagas y enfermedades tienen un alto impacto socio económico y afecta el rendimiento y calidad de la almendra de cacao (Alvarez et al., 2014; Jaimes y Aranzazu, 2010; Jaimes et al., 2011). El hongo *M. roreri* es el principal agente que limita la producción de semillas de cacao en Colombia, dado a que anualmente impacta más del 40 % de la producción (Rodríguez et al., 2005; Álvarez et al., 2014; Jaimes et al., 2016). Sumando al *M. roreri*, se encuentra la afectación por *Phytophthora*, que viene creciendo en los últimos años en el país; a nivel mundial se reportan pérdidas anuales entre 10 y 30% del rendimiento en grano de cacao (Rodríguez y Vera 2015; Ramírez, 2016; Pardo et al., 2017).

Los insectos plagas también contribuyen significativamente a esta problemática fitosanitaria, especialmente la *Carmenta spp* ya que actualmente se constituye en una seria amenaza de la producción de cacao en la región Andina de Colombia (ICA, 2019); dado a

que en Antioquia se han registrado pérdidas de hasta el 30% (Cubillos, 2015); de igual forma, el *Monalonion spp* es reportado de importancia económica en el cultivo de cacao (Vargas et al. 2005; Riera, 2013). Estas afectaciones fitosanitarias que pone en riesgo la sustentabilidad de los cultivares de cacao en diferentes regiones del país (Jaimes et al., 2011).

En el departamento del Huila las plantaciones agroforestales de cacao presentan una alta afectación fitosanitaria por cuenta de las enfermedades, causadas por hongos fitopatógenos como la Moniliasis y *Phytophthora*, ambas causan la pudrición del fruto de cacao y generan grandes pérdidas en la producción de semilla; de igual forma los insectos plaga como el *Monalonion* que además de afectar el su rendimiento, son vectores de enfermedades. La proliferación y el nivel de ataque de las plagas y enfermedades depende de diversos factores, como las condiciones agroclimáticas, la composición y distribución espacial de árboles de sombrío, el dosel de sombra y el material vegetal (Hernández et al., 2020, Bailey et al., 2018, Quintero-García et al., 2019).

En este sentido, se plantea responder a la pregunta ¿cuál es el efecto del tipo de material vegetal de cacao en el ataque de plagas y enfermedades en fincas cacaoteras de los municipios de Tarqui y suaza, departamento del Huila?

Justificación

El cacao es el segundo cultivo comercial más importante en los trópicos (Rolim et al.2017) y el tercer producto agrícola de exportación más grande del mundo (Díaz, Varela y Gil 2018). El ochenta por ciento del cacao se produce en más de 50 países de todo el mundo y es una fuente de generación de ingresos para más de 5 millones de hogares rurales (Niether et al.2019).

La mayoría de estos son hogares pequeños (Vaast y Somarriba 2014) que viven, trabajan y reciben la mayor parte de sus medios de vida de la finca, lo que hace del cacao un motor de las economías locales (Sánchez, Velandia y Suárez 2015). En Colombia, el cultivo de cacao es parte de un sistema de producción de la economía campesina (Jaimes et al. 2011), lo que representa parte de la estrategia de sustento de unos 52.000 hogares rurales. Aproximadamente el 90% del cacao en Colombia se cultiva en sistemas agroforestales (Espinosa 2016), lo que permite múltiples objetivos de producción (Cerdeira et al. 2014).

El cacao se constituye en la actualidad, como el cultivo modelo y competitivo de la agricultura campesina en Colombia; por ser un SAF que permite la asociación con cultivos transitorios y perennes (Quintero-García et al., 2019); priorizado como estrategia para la sustitución de cultivos de uso ilícitos generados en el conflicto armado (Bedon et al., 2018); considerado en Colombia como el cultivo de la paz (Cely, 2017) su implementación ha permitido la conservación y uso eficiente de los recursos naturales principalmente el suelo

(Barroso-Tagua et al., 2017) permitiéndole a la sociedad colombiana ir consolidando un sistema de producción sostenible y rentable.

Estos atributos dan prioridad al cacao como un sistema de producción agrícola de alto potencial, incluso como sustituto de los cultivos ilícitos (Vásquez, García, Bastos, y Lázaro, 2018). Por estas razones, la institucionalidad ha desarrollado acciones encaminadas al fortalecimiento del sector cacaotero (Contreras, 2017). Muestra de esto se estableció: a. el plan nacional de desarrollo cacaotero 2012-2021; b. la priorización del cacao en el plan siembra como política agropecuaria del gobierno nacional (MADR, 2016) y c. se fomentó el sector agroindustrial del cacao a través del Programa de Transformación Productiva por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

El Plan Decenal Cacaotero 2012- 2021 proyectó expandir la producción cacaotera con diversas estrategias dentro de las que se cuentan el establecimiento de 150 000 ha nuevas, la renovación de otras 40.000 ha y el incremento en la productividad de 400 a 1200 kg ha⁻¹ año⁻¹ (MADR, 2016). Sumado a las iniciativas institucionales y en particular luego del inicio del proceso de paz entre Colombia y las FARC, la cooperación internacional ha destinado gran parte de sus recursos en Colombia al apoyo del sector cacaotero. Incluso, en 2016 se puso en marcha la iniciativa de Cacao para la Paz (USAID y USDA, 2016).

En el departamento del Huila Esta iniciativa se encuentra respaldada por el trabajo de varias instituciones nacionales e internacionales con el fin de consolidar la producción cacaotera en el departamento; para que esta no sea simplemente una actividad marginal sino una actividad económicamente sostenible a través de la rehabilitación de áreas con bajo rendimiento productivo e implementación de nuevos SAF de cacao (Briceño, 2017). Y uno de los con mayor área sembrada y producción a nivel nacional, reportando 4822 ton en

el año 2017 (MADR, 2018); con aproximadamente 3.200 familias cacaoteras (Quintero-García et al., 2019).

La cantidad de áreas sembradas y el aumento significativo del cultivo de cacao en el departamento del Huila genera desafíos tecnológicos para mejorar su producción y trazabilidad (Quintero-García et al., 2019) dado a que su producción está determinada por la aplicación efectiva de buenas prácticas integrales de manejo que parten desde el momento en que se desea establecer el SAF de cacao (Arvelo et al., 2017); con énfasis principalmente en la selección adecuada del material vegetal; ya que en gran medida, una adecuada selección del material vegetal permite lograr tener una plantación sana y menos susceptible al ataque de enfermedades e insectos plaga.

En este sentido, es necesario analizar el efecto del tipo de material vegetal de cacao en el ataque de plagas y enfermedades en fincas cacaoteras de los municipios de Tarqui y suaza, departamento del Huila.

Marco conceptual y teórico

Generalidades del Cacao (*Theobroma cacao L.*)

Tabla 1 Características fenológicas del cacao

Características fenológicas del cacao		
Característica	Descripción	Fuente
Porte	La altura de la planta se encuentra entre los 5 y 8 metros. El diámetro de copa ronda entre los 7 a 9 metros	(Omaña, 2009)
Raíz	En suelos airados y con fertilidad profunda pueden llegar hasta los 2 metros de profundidad. En plantas desarrolladas de forma sexual se produce la raíz pivotante	(Batista, 2013)
Flor	El color de la de las flores es rosa, purpura y blanco. Su diámetro vario entre 0,5 a 1 cm y 2 a 2,5 cm de largo.	(Romero, 2016)
Fruto	El color y la forma son inestables. El fruto mide aproximadamente de 30 a 10 cm de largo. Pueden ser lisos o en forma de costillas.	(Carrion, 2012).

El cacao (*Theobroma cacao L.*) pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia Sterculiaceae, orden malvales, y es una de las 22 especies del género *Theobroma* (Ballesteros, 2011).

El cacao (*Theobroma cacao L.*), es una especie endémica de América, es originaria de la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, tributarios del río Amazonas, donde se encuentran las zonas focales de divergencia, el Piedemonte oriental ecuatoriano y la provincia de Carabaya (Crespín y Pérez, 2018).

Requerimientos climáticos del cultivo

El suelo necesario para el buen desarrollo del cultivo del cacao es principalmente un suelo airado, que no presente encharcamiento, con buena materia orgánica y profundo. (Vargas, 2018). El pH óptimo es de 6.5 a 7.5.

La temperatura óptima es de 26°C, la temperatura adecuada promueve la producción de flores (Paredes y Montero, 2004). La precipitación óptima para el cacao es de 1600 a 2500 mm de lluvia en las zonas más cálidas y 1200 a 1500 mm de lluvia en las zonas más frescas y valles altos (Quiroz, 2006). Según, Vargas y Del Ángel, 2010 se requiere una humedad relativa entre el 70% y 80% anual.

Producción nacional de cacao (*Theobroma cacao L.*)

En Colombia la mayor producción de cacao se registró en 2018, con 101.020 toneladas de grano seco (AGRONET, 2019). Para el caso del departamento del Huila, la producción ha presentado variaciones significativas, por ejemplo, en el año 2011, el área sembrada registró una disminución del 46.4% con respecto al año 2007, reduciendo un 16%

la producción; luego, la producción volvió a aumentar en un 29.9% entre el 2014 y el 2018 (AGRONET, 2019).

Tipos de plantas de cacao

Cacao Híbrido: Estos resultan del cruzamiento de dos árboles de forma sexual. Este cruce se hace con la intervención humana, tratando de generar condiciones especiales en la nueva planta, como resistencia a enfermedades o mayor productividad (FEDECACAO, 2011).

Cacao Clon: El clon de cacao a diferencia del Híbrido es producido de forma asexual. Estos se producen principalmente por medio de injertación, por acodos, o por enraizamiento de estacas y ramillas. Esta técnica permite que las características del árbol madre se repliquen en el árbol hijo (Ofinase, 2020).

Los clones son más precoces en producir el fruto. Los Clones más utilizados en Colombia son TSH 565, ICS A, ICS 60, ICS 95, IMC 67, MON 1, TSA 644, EET 96, EET 400, CCN 51, EET 8, CAP 34, CAUCASIA39, UF 613, ICS 39, ICS 1, TSH 812, FLE 2, SCC 59, FTA 2, FSA 13 (IICA, 2017).

Tipos de sombrío

El cacao requiere de un tipo de sombrío adecuado para tener un buen desarrollo (Somarriba, 2002). Los requerimientos de sombrío se varían según la edad del cultivo, por ejemplo cuando el árbol tiene una edad de 0 a 4 años debe tener un porcentaje de sombra 50% al 70% y las plantas de edad adulta requieren de entre 20% al 40% (Somarriba et al., 2011).

Principales enfermedades del cultivo de cacao

Monilia (Moniliophthora roreri)

Moniliophthora roreri es un organismo del dominio Eukaryota, reino Fungi, filum Basidiomycota, clase Basidiomycetes, subclase Agaricomycetidae, orden Agaricales, familia Tricholomataceae, género *Moniliophthora* y especie *M. roreri* (Suarez y Hernández, 2010).

El ciclo de la enfermedad comienza con la estación seca, época en la que se encuentran la mayor cantidad de esporas disponibles en el ambiente. Sin embargo, para que inicie la infección es necesario que existan condiciones de humedad (Suarez y Hernández, 2010).

Según Griffith, Nicholson, Nenninger, Birch, y Hedger, (2010) *M. roreri* posee una etapa necrotrófica y una biotrófica, considerándolo un patógeno hemibiotrófico. Ataca a frutos en cualquier estado de desarrollo provocando síntomas externos e internos (Phillips-Mora y Wilkinson, 2007). En frutos jóvenes de menos de tres meses, se producen deformaciones, gibas o abultamientos seguidos por la aparición de manchas negras que cubren finalmente todo el fruto.

En mazorcas de más de tres meses, se presentan los puntos de apariencia aceitosa (oscuros brillantes), en ocasiones con un halo amarillento que da la apariencia de una falsa madurez (madurez prematura) (Pinzón y Rojas, 2008). Estos síntomas se incrementan hasta aparecer la mancha de color chocolate y luego de ello, una semana más para la aparición de un polvillo (conidias) blanco que va tornándose gris (Suarez y Hernández, 2010).

El daño interno causado por la enfermedad puede ser más grave que el externo, pudiendo llegar a perderse casi todas las almendras (FHIA, 2003). En la parte interna del

fruto, la pulpa y los granos forman una masa compactada difícil de separar, dicha masa está rodeada por una sustancia acuosa que resulta de la descomposición de los frutos (Hernández et al. 2012.) Aunque la infección también puede ocurrir en los frutos con más de tres meses de edad, en gran parte la podredumbre se limita a la cáscara y no alcanza a llegar a las almendras que así pueden aprovecharse como parte de la cosecha (Amores, Agama, Suárez, Quiroz y Motato, 2009).

Mazorca negra (Phytophthora spp.)

Las especies causantes de la enfermedad mazorca negra del cacao pertenecen al dominio Eukaryota, reino Chromalveolata, filum Heterokontophyta, clase Oomycetes, Orden Pythiales, familia Pythiaceae, género *Phytophthora* (Suarez y Hernández, 2010).

En mazorcas no maduras la lesión avanza en su interior a la misma velocidad que progresa la lesión externa y los frutos pueden verse afectados completamente en un periodo de dos semanas. Las mazorcas que se infectan cerca de la madurez es posible aprovecharlas siempre que se coseche una semana después de iniciada la infección (Pérez, Peñaranda y Herazo, 2010)

Esta enfermedad inicia sobre la superficie de la mazorca con una mancha descolorida, donde el patógeno aparece como una pelusa blanquecina, sobre la que se forma la masa de esporangios; posteriormente se desarrolla una lesión chocolate o negra con límites bien definidos, en dos semanas, ésta se empieza a dispersar hasta alcanzar toda la superficie de la mazorca; sobre mazorcas mayores a tres meses de edad, las infecciones inician principalmente en la punta o al final del pedúnculo que une a la mazorca (McMahon y Purwantara, 2004).

Plagas del cultivo de cacao.

Chinche (Monalonion spp)

Las especies existentes del chinche que se alimentan del cacao a nivel mundial pertenecen al orden Hemíptera, familia Miridae, subfamilia Bryocorinae, Tribu Monaloniini, genero Monalonion, especie Monalonion dissimulatum Dist. (Carvalho, 1972).

Las especies del género Monalonion, sufren una metamorfosis gradual o sencilla denominada Paurometabolismo en la cual se incluye el estado de huevo, cinco estadios ninfales y finalmente completan su desarrollo llegando a adulto (Vargas, 2005).

Durante su alimentación el insecto inyecta ciertas toxinas que aceleran la muerte de las células que rodean la picadura (Valarezo, Cañarte, Navarrete, 2012). El daño es causado en la corteza de las mazorcas, ahí se forman unos puntitos negros a manera de mancha reseca que, al unirse, forman una costra, la corteza de la mazorca se vuelve quebradiza, momificándose y atrofiándose, perdiéndose así el fruto cuando el ataque es severo, prospera en ambientes húmedos y sombreados, por lo tanto, las poblaciones de los insectos son favorecidas por las lluvias, el exceso de sombra y la falta de poda de los árboles de cacao (Fondo Nacional del Cacao, 2004).

Materiales y métodos

Ubicación

El estudio se realizó en zonas rurales de los municipios de Tarqui y Suaza del departamento del Huila (Figura 1).



Figura 1. Área de estudio

Selección de las parcelas de estudio

Se seleccionaron 20 predios rurales. En cada predio se identificaron los lotes de cacao en producción con predominancia de los materiales CCN 51, TSH 565 y de los híbridos “Amarillo” y “Rojo”. En cada lote se establecieron parcelas representativas de 1000 m² (Hernández et al., 2020; Jagoret et al., 2017).

Caracterización dasométrica

En cada parcela, se estudió la estructura de las especies acompañantes del dosel de sombra y de los árboles de cacao (Hernández et al., 2020; Jagoret et al., 2017; Suárez et al., 2018). Se estimó la abundancia de árboles de cacao y plantas asociadas (Suárez et al., 2018). Se realizaron mediciones dasométricas en las plantas asociadas y de las plantas de cacao con diámetro a la altura del pecho ($dap \geq 10$ cm (dap , área basal y área de copa) (Ngo Bieng et al., 2013). Se caracterizó la estructura horizontal de la parcela, para esto se midió la posición [x, y] de cada individuo asociado (Suárez et al., 2018).

Con base en estas variables se determinó el porcentaje de sombra total y el porcentaje de sombra de Musáceas.

Estado de ataque de plagas y enfermedades en el cultivo

La caracterización del estado de plagas y enfermedades se realizó en los árboles de los clones CCN 51, TSH 565 y de los híbridos “Amarillo” y “Rojo”.

En cada parcela se determinó el estado de infestación y severidad de daño causada por *Monalonium dissimulatum*, *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp.

Moniliophthora roeri

Incidencia. Es el total de árboles de cacao en cada parcela se contará la cantidad mazorcas por árbol, se identificaron las afectadas por *Moniliophthora roreri* el porcentaje de incidencia se identificaron con la fórmula: Porcentaje Incidencia *Moniliophthora roreri*: (número de frutos afectados/ número de frutos evaluados) * 100.

Severidad externa. En 50 mazorcas por parcela, se identificaron el grado de severidad externa de *Moniliophthora roreri* a través de la escala presentada en la Tabla 2 (Sterling et al., 2015).

Tabla 2 Escala de evaluación para *Moniliophthora roreri*.

Grado	Severidad (%)	Severidad externa
0	0	Fruto sano
1	1-20	Puntos aceitosos (hidrosis)
2	21-40	Hinchazón y/o maduración prematura
3	41-60	Necrosis (Mancha chocolate)
4	61-80	Micelio cubre menos de la cuarta parte de la necrosis
5	81-100	Micelio cubre más de la cuarta parte de la necrosis

Severidad interna. Se realizó un corte longitudinal a 50 mazorcas, se midió el porcentaje de necrosis interna ocasionada por *Moniliophthora roreri* y se asignó en un grado [0, 5], de la siguiente forma 0: Sin necrosis, 1: 1-20%, 2: 21-40%, 3: 41-60%, 4: 61-80% y 5: >80% del área presenta necrosis (Jaimes et al., 2011).

Phytophthora spp.

Incidencia. En el total de árboles de cacao en cada parcela se contó la cantidad mazorcas por árbol, se identificaron las afectadas por *Phytophthora spp*, el porcentaje de

incidencia se identificó con la fórmula: Porcentaje Incidencia *Phytophthora spp*: (número de frutos afectados/ número de frutos evaluados) * 100.

Severidad externa: En 50 mazorcas, se identificaron el grado de afectación de *Phytophthora spp*. Se categorizo en un grado de [1- 5], de la siguiente forma: 1: libre de síntomas, 2: afectación menor a 2mm; 3: afectación entre 2mm y 2cm; 4: afectación de hasta el 25% y, 5: más del 25% de la mazorca con mancha (Ramírez, 2016).

Monalonium dissimulatum

Infestación: En el total de árboles de cacao por parcela, se contó el total de mazorcas y el número de mazorcas afectadas por *Monalonium dissimulatum*, el porcentaje de incidencia se identificó con la fórmula: Porcentaje Incidencia *Monalonium*: (número de frutos afectados/ número de frutos evaluados) 100.

Severidad externa: En 50 mazorcas, se identificaron el grado de afectación de *Monalonium dissimulatum*. Se categorizo en un grado de [1- 5], de la siguiente forma: 1: libre de piquetes, 2: 1 a 10 piquetes; 3: 11 a 25 piquetes; 4: 26 a 50 piquetes y, 5: más de 50 piquetes (Vargas *et al*, 2005)

Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar las diferencias de la estructura arborea en los cuatro sistemas de producción de cacao (i.e. sistemas con genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo). Las variables cuantitativas se analizaron a través de modelos lineales mixtos y las variables discretas a través de modelos lineales mixtos generalizados con distribución “poisson” (Di Rienzo *et al.*, 2017). Las comparaciones de medias se realizaron con LSD Fisher ($p < 0.05$). Se realizó un análisis de

componentes principales (PCA) para determinar las relaciones entre variables de estructura arbórea e identificando el tipo de sistema de producción (Balzarini et al., 2008).

Se realizó un análisis de varianza para determinar el estado de infestación y daño causado por plagas y enfermedades en cada tipo material vegetal (Clon-Híbrido) (Di Rienzo et al., 2017). Posterior, se realizó un análisis de correlaciones de Pearson entre las variables de estructura arbórea y de infestación y daño causado por plagas y enfermedades, identificando las correlaciones significativas ($p < 0.05$) (Balzarini et al., 2008). Finalmente, Se generó un análisis de Mínimos Cuadrados Parciales (PLS), utilizando las variables de estructura arbórea como variables predictoras y las variables de infestación y daño causado por plagas y enfermedades como dependientes. Todos los análisis se realizaron utilizando el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2019) y R (R Core Team, 2018).

Resultados

Estructura Arborea de Sistemas de sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.

Después de evaluar los resultados se encontró que la estructura arbórea de las parcelas evaluadas tenía diferencias significativas (Tabla 3). Para la variable número de árboles de cacao se encontró diferencias significativas ($p = 0,0045$) entre las variedades de cacao evaluadas, los híbridos amarillo y rojo tenían menor cantidad de árboles, que los clones TSH-565 y ICS-95, aproximadamente el 25% de sombra es mayor en los híbridos a diferencia de los clones.

Para la variable individuos acompañantes del cacao se encontró que la cantidad de árboles acompañantes tenían diferencias significativas ($p = 0,0118$) entre los híbridos y los clones, el híbrido amarillo presentaba un 89% más de sombrero que el clon ICS-95 y un 41% más sombrero que el clon TSH-565. En la variable sombra total no se presentaron diferencias significativas entre el híbrido rojo y el clon TSH-565 estos con mayor sombrero a diferencia de TSH-565 y el híbrido amarillo con menor sombrero, si se presentó diferencia significativa ($p = 0,0332$) entre el grupo de bajo y alto sombrero, por ejemplo, TSH-565 presenta 24% más de sombra que el híbrido amarillo y 67% más sombra que ICS-95. Para la variable sombra de musáceas no se encontraron diferencias significativas ($p = 0,1578$).

Para la variable altura de árboles de cacao se presentaron diferencias significativas ($p = 0,0027$) entre las parcelas evaluadas, teniendo ICS-95 la mayor altura, presentado un

14% mas altura que el hibrido rojo, 15% mas altura que TSH-565 y 23% más altura que el hibrido amarillo. La variable dap árboles de cacao presento diferencias significativas, teniendo ICS-95 el mayor dap, presentado un 19% más dap que el hibrido rojo, 16 % más dap que TSH-565 y 21% más dap que el hibrido amarillo.

Para la variable área basal árboles de cacao también se presentaron diferencias significativas (p 0.0004), la variedad con mayor área basal fue ICS-95, presentando diferencias significativas con TSH-565, siendo ICS-95 mayor en un 22%. El área basal en arboles de ICS-95 fue mas alta un 37% que el hibrido amarillo y 45% mayor que el hibrido rojo.

Tabla 3. Características de estructura arbórea de sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo

Variable	unidad	Hibrido amarillo	Hibrido rojo	TSH-565	ICS-95	P valor
Árboles de cacao	ind ha ⁻¹	888±57.17b	835±71.91b	1210±62.85a	1104±63.29a	0.0045
Individuos acompañantes	¹	275±56.24a	212.5±21.11a	160±51.15ab	30±17.61b	0.0118
Sombra total		37.3±6.19ab	48.43±5.7a	49.22±14.61a	15.79±5.93b	0.0332
Sombra de musáceas	%	28.76±7.26ab	41.8±5.66a	39.02±14.05ab	15.79±5.93b	0.1578
Altura árboles de cacao	m	3.24±0.1c	3.66±0.23b	3.61±0.16bc	4.24±0.03a	0.0027
dap árboles de cacao	cm	11.54±0.3b	11.85±0.45b	12.41±1.05b	14.78±0.42a	0.0008
Área basal árboles de cacao	m ² ha ⁻¹	11.24±0.65bc	9.96±0.85c	14.07±2.31ab	18.11±1.63a	0.0004

En la figura 2, se muestra un análisis de componentes principales muestra que en dos ejes 1 y 2 se explica el 91% de la información. Los ángulos entre las variables muestran las relaciones que se encuentran entre estas, ángulos mayores a 90° representan correlaciones negativas, ángulos menores de 90° representan correlaciones positivas.

Entre las correlaciones positivas se encuentran las variables número de árboles de cacao, altura de cacao, área basal cacao y dap de cacao, en un segundo grupo se encuentran las variables referentes a los individuos acompañantes las cuales se correlacionan positivamente, estas son el % sombra de musáceas, área basal de individuos acompañantes, % de sombra total y número de individuos acompañantes.

Para el caso de las correcciones negativas se encuentra que a mayor número de árboles acompañantes disminuye el número de árboles de cacao, la altura del cacao, el área basal del cacao y el dap del cacao. Además, a mayor % de sombra y área basal de los individuos acompañantes disminuye el dap, el área basal y la altura de los árboles de cacao. Se concluye que las variables de estructura Arborea tuvieron interacción de los tipos de sistemas de producción (hibrido rojo, hibrido amarillo, TSH-565 y ICS 95)

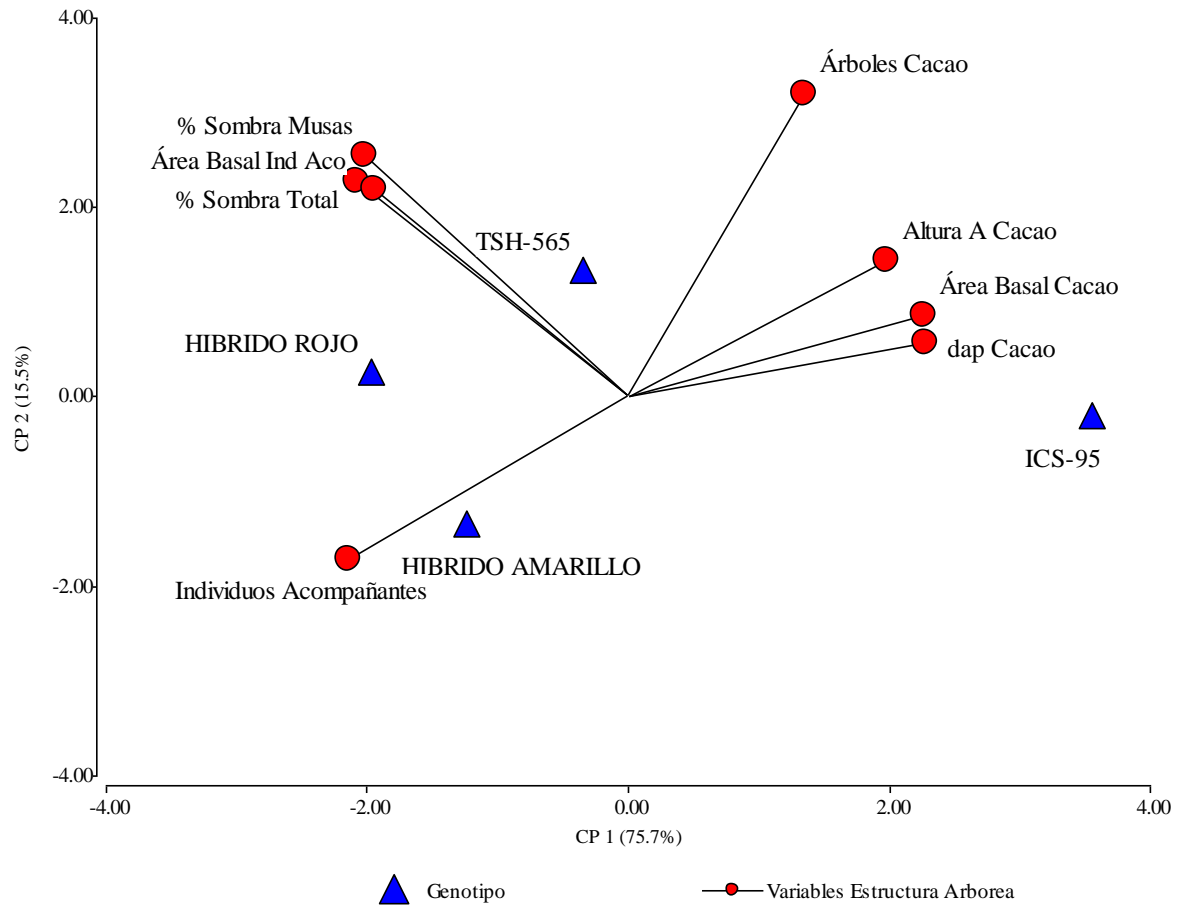


Figura 2. Biplot del ordenamiento de los genotipos construido mediante análisis de componentes principales utilizando las variables de estructura arbórea de los sistemas de producción de cacao en los municipios de Suaza y Tarqui en el departamento del Huila.

Incidencia y severidad de plagas y enfermedades en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.

En la figura 3. Se presentan los resultados de la incidencia de las plagas y enfermedades evaluadas en los diferentes genotipos de cacao. Solo se encontraron diferencias significativas en la Incidencia de *Monalonion dissimulatum*.

Incidencia de Monalonion dissimulatum:

Se encontraron diferencias significativas para la variable incidencia de *Monalonion* entre las variedades de cacao, los clones ICS-95 y TSH-565 presentaron mayor incidencia de la plaga a diferencia de los híbridos rojo y amarillo que presentaron alrededor del 25% menos incidencia de la enfermedad.

Incidencia de Moniliophthora roreri:

No se encontraron diferencias significativas de la enfermedad en los genotipos de cacao. La incidencia de la enfermedad oscilo entre el 0% y 11%. La incidencia encontrada es baja comparada con lo reportada por Sterling *et al* (2015) quienes encontraron un incidencia del 72% para *M. Roreri* en arboles de cacao en el departamento del Caquetá.

Incidencia de Phytophthora spp:

No se encontraron diferencias significativas de la enfermedad en los genotipos de cacao. La incidencia de *Phytophthora* fue baja, no supero el 5%. En estudios realizados por Ramirez (2016), en clon de cacao CCN51 se encontró que el porcentaje de incidencia en el lote más afectado fue de 23%, difiriendo los resultados con la baja presencia de la enfermedad en el presente estudio, es de aclarar que las condiciones agroclimáticas de la zona son menos húmedas a diferencia de las del estudio de Ramirez (2016), donde se presentan 2500 mm año-1 de lluvia y humedad del 93%, lo que ocasiona el aumento de la enfermedad.

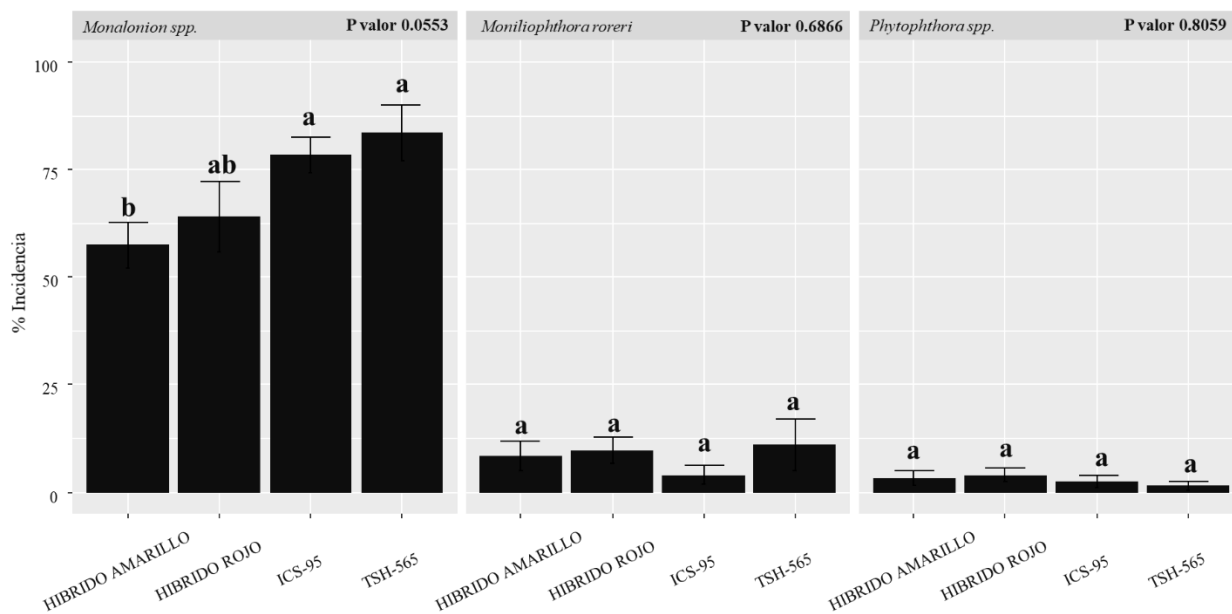


Figura 3. Incidencia de Monalonia dissimulatum, Moniliophthora royeri y Phytophthora spp. en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.

Severidad externa de Monalonia dissimulatum:

Se encontró el mayor daño de la plaga en los clones ICS-95 y TSH-565 con un 78% y 84% respectivamente, porcentajes que se refieren a la relación total de mazorcas con algún grado de afectación causado por *Monalonia dissimulatum* sobre el total de mazorcas evaluadas.

Para el híbrido amarillo se determinó que el 42% de las mazorcas evaluadas no presentan ningún daño de la plaga, el 17% presentaron daño de grado 2, el 13% presentaron daño de grado 3, el 13% presentaron daño de grado 4 y el 14% presentaron daño de grado

5, siendo este el más severo. Para el híbrido rojo se determinó que el 38% de las mazorcas evaluadas no presentan ningún daño de la plaga, el 13% presentaron daño de grado 2, el 13% presentaron daño de grado 3, el 19% presentaron daño de grado 4 y el 17% presentaron daño de grado 5.

En el caso del clon ICS-95 se encontró que el 21,6% de las mazorcas evaluadas no presentan ningún daño de la plaga, el 14% presentaron daño de grado 2, el 18% presentaron daño de grado 3, el 16% presentaron daño de grado 4 y el 30% presentaron daño de grado 5, es decir que el mayor porcentaje en el clon ICS-95 se dio en el más alto grado de severidad. Para el TSH-565 se determinó que el 17% de las mazorcas evaluadas no presentan ningún daño de la plaga, el 9% presentaron daño de grado 2, el 16% presentaron daño de grado 3, el 21% presentaron daño de grado 4 y el 39% presentaron daño de grado 5.

Tabla 4 Porcentaje de severidad de daño a mazorcas de cacao causados por Monalonia dissimulatum en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.

<i>Monalonia dissimulatum</i>	Híbrido amarillo	Híbrido rojo	ICS-95	TSH-565
1	42.6	37.71	21.6	16.5
2	16.8	13.43	14.4	8.5
3	13.4	13.14	18.4	15.5
4	13.2	18.86	15.6	21
5	14	16.86	30	38.5
Daño	57.4	62.29	78.4	83.5

Estudios comparativos realizados por Vargas, Somarriba, y Carballo (2005) donde se estudió la dinámica poblacional del chinche *Monalonion dissimulatum* Dist. y el daño que causa a las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en condiciones de sol y sombra, se encontró que no existieron diferencias significativas para las condiciones climáticas sol y sombra cuando se evaluó la presencia de la plaga en los cultivos de cacao.

Severidad externa e interna de Moniliophthora roreri:

Se encontró baja severidad de *M. roreri* en las mazorcas evaluadas. Para el híbrido amarillo se encontró que el 92% de las mazorcas no presentaban severidad interna ni externa, y solo el 8% presentan grado de daño. Para el híbrido rojo se encontró que el 90% de las mazorcas evaluadas no presentaban severidad externa, mientras que el 91% no presentaron severidad interna y solo el 9% presentaron grados de severidad de *M. roreri*.

Para el caso del clon ICS-95 se encontró que un 96% no presentaban severidad interna y externa, mientras solo el 4% de las mazorcas evaluadas presentan grados de severidad de 1 a 5. Similar se presenta para el clon TSH-565 con un 89% de mazorcas que no presentan severidad interna y externa y un 11% de las mazorcas evaluadas presentan grados del 1 al 5 en severidad interna y externa.

Tabla 5 Porcentaje de severidad de daño a mazorcas de cacao causados por Moniliophthora roreri en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.

Grado	Hibrido amarillo		Hibrido rojo		ICS-95		TSH-565	
	S. E.	S. I.	S. E.	S. I.	S. E.	S. I.	S. E.	S. I.
0	91.60	92.00	90.29	90.86	96.00	96.00	89.00	89.00
1	0.60	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00
2	1.20	0.40	1.43	0.57	1.20	0.40	1.00	0.50
3	2.60	0.40	1.71	0.29	1.20	0.80	6.00	0.00
4	0.20	0.40	1.14	1.43	0.40	0.40	2.50	1.00
5	3.80	6.80	4.86	6.86	1.20	2.40	1.00	9.50
Daño	8.40	8.00	9.71	9.15	4.00	4.00	11.00	11.00

S. E.: Severidad Externa; S. I.: Severidad Interna.

En evaluaciones realizadas por Sterling *et al* (2015) en el departamento del Caquetá, se encontró una severidad interna promedio de 2,5 y severidad externa promedio de 2,4, lo cual evidencia alta presencia de la enfermedad, a diferencia del presente estudio donde predominó la no presencia de la enfermedad.

Severidad externa de *Phytophthora* spp:

La severidad de *Phytophthora* spp se encontró que el grado de afectación de la enfermedad en los diferentes biotipos es muy bajo, presentando porcentajes de infestación de la enfermedad no mayores a el 4%. Para el caso del hibrido amarillo solo el 3% de las mazorcas evaluadas presentaron severidad de la enfermedad en grados 4 y 5. Para el hibrido rojo solo el 4% de las mazorcas evaluadas presentaron grados de severidad entre 3 y 5. Para el caso de los clones el ICS-95 y el TSH-565, solo el 2% de las mazorcas presentaron infección de la enfermedad en los grados 4 y 5, mientras que el 98% de las mazorcas no presentaron severidad de la enfermedad.

Tabla 6 Porcentaje de severidad de daño a mazorcas de cacao causados por Phytophthora spp. en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.

Grado	Hibrido amarillo	Hibrido rojo	ICS-95	TSH-565
1	96.60	96.00	97.60	98.50
2	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	1.14	0.00	0.00
4	1.00	1.43	1.60	1.00
5	2.40	1.43	0.80	0.50
Daño	3.40	4.00	2.40	1.50

1.3. Relación entre el tipo de material vegetal de cacao y la sensibilidad al ataque de enfermedades y plagas.

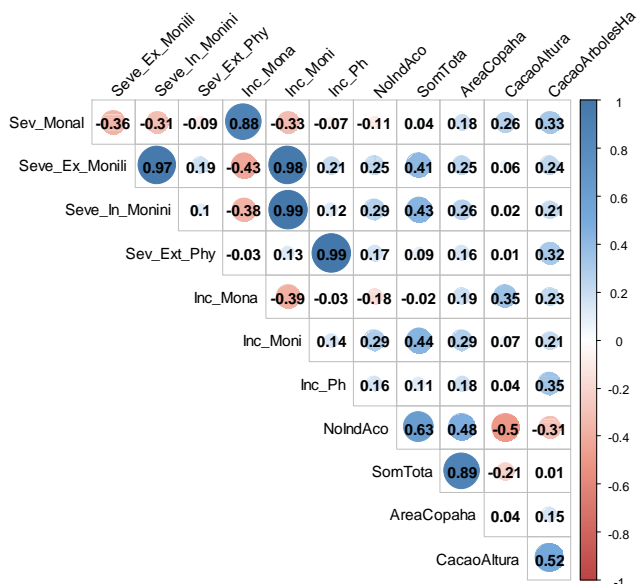


Figura 4. Coeficientes de correlación de Pearson significativos ($p < 0.05$) entre variables de estructura arborea y de incidencia y severidad de *Monalonia dissimulatum*, *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* spp. en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo.

Se evaluó la correlación de Pearson de todas las variables estudiadas (figura 4), se encontró una alta correlación entre el porcentaje de sombra total con la incidencia y la severidad interna y externa de *M. roreri*, es decir que a mayor porcentaje de sombra en el cultivo mayor ataque de la enfermedad se presenta.

Además, se encontró que la densidad de árboles de cacao también incidía en la severidad de *M. dissimulatum*, a mayor cantidad de árboles de cacao por hectárea se presentaba mayor ataque de la plagas y también a mayor densidad de árboles de cacao mayor es la incidencia y la severidad de *Phytophthora* spp.

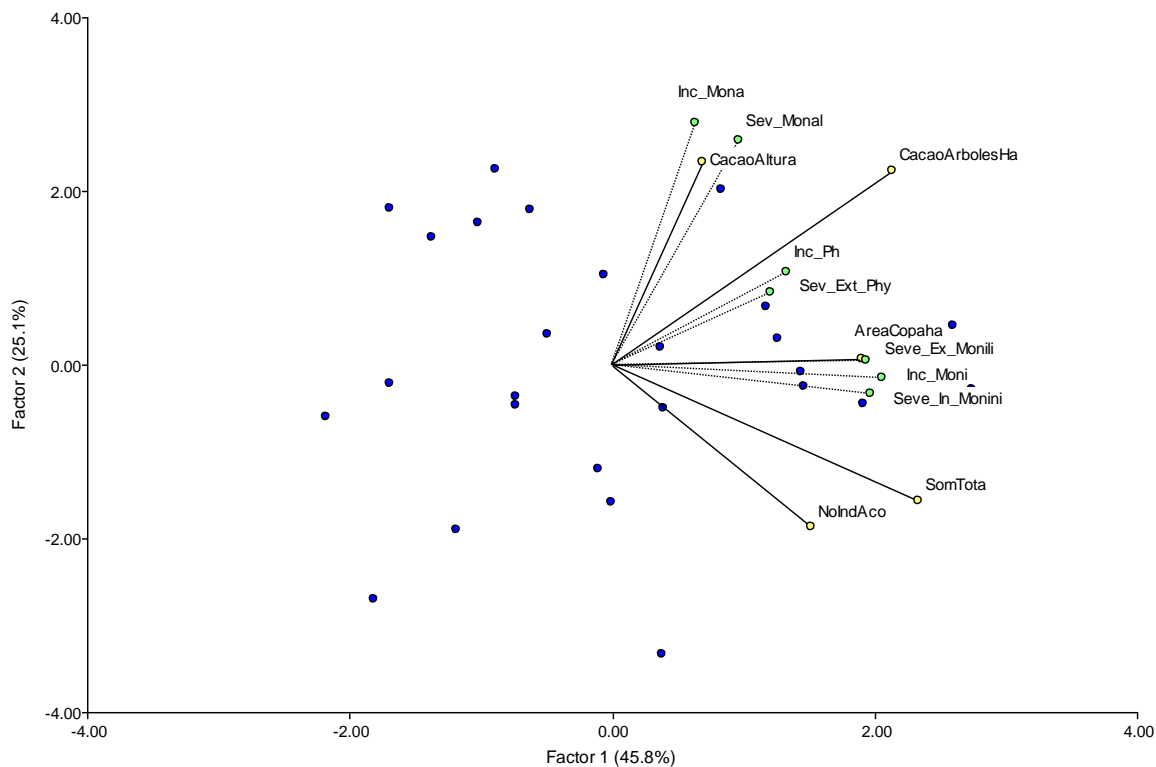


Figura 5. Tri-plot construido por PLS utilizando las variables de estructura arborea como predictores y las variables de incidencia y severidad de Monalonia dissimulatum, Moniliophthora roreri y Phytophthora spp. en sistemas de producción de cacao con predominancia de genotipos TSH-565, ICS-95 e Híbridos rojo y amarillo

En la figura 5, se evidencia la relación de área de copa y el efecto de las enfermedades, se demuestra que a mayor área de copa de las especies acompañantes aumenta la incidencia y la severidad interna y externa de *M. roreri*. Los resultados nos dejan evidenciar que la sombra es un factor importante para el aumento de enfermedades y plagas, esto concuerda por lo dicho por Phillips y Cerda (2009) quienes recomiendan bajos de sombra en campo entre el 30% y 40% con el fin de disminuir el ataque de enfermedades.

Conclusiones

- Los híbridos de cacao rojo y amarillo, presentan mayor cantidad de especies acompañantes del cultivo, disminuyendo la cantidad de árboles de cacao por hectárea a diferencia de los clones ICS-95 donde hay un aumento de las medidas dasométricas de los árboles de cacao y una disminución en la cantidad de árboles acompañantes.
- La incidencia de las plagas y enfermedades fueron relativamente bajas para la zona de estudio. Para el caso de la incidencia de las plagas y enfermedades, solo se encontró diferencias significativas para la variable incidencia de *Monalonion* siendo mayor en los clones estudiados. La severidad solo fue alta en *Monolonion* para los clones ICS-95 y TSH-565.
- La incidencia de las plagas y enfermedades está directamente relacionada con la sombra existente en el cultivo. A mayor área de copa se aumenta la presencia de las plagas y enfermedades.

Recomendaciones

- Para las condiciones agroclimáticas de la zona, es importante mantener controlada la sombra para disminuir la incidencia y severidad de *Monalonia dissimulatum*, *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora spp*
- Para futuras estudios se recomienda comparar dos sistemas productivos bajo y alto porcentaje de sombra desde el nivel productivo y económico, con el fin de determinar las pérdidas que generan las plagas y enfermedades en el cultivo de cacao.

Referencias Bibliográficas

- AGRONET. (2019). Evaluaciones agropecuarias del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Retrieved from <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Alvarez, J. C., Martínez, S. C., & Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta agronómica*, 63(4), 388-399.
- Amores, F., Agama, J., Suárez, C., Quiroz, J., y Motato, N. (2009). EET 575 y EET 576 nuevos clones de cacao nacional para la zona central de Manabí. *Boletín divulgativo* N 346. Estación Experimental Tropical "Pichilingue". Quevedo, Ecuador.
- Arvelo, M. A., González León, D., Delgado, T., Maroto, S., & Montoya López, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao prácticas latinoamericanas* (No. IICA F01). IICA, San José (Costa Rica).
- Bailey, B. A., Evans, H. C., Phillips-Mora, W., Ali, S. S., & Meinhardt, L. W. (2018). *Moniliophthora roreri*, causal agent of cacao frosty pod rot. *Molecular plant pathology*, 19(7), 1580-1594.
- Ballesteros, W. (2011). Caracterización morfológica de árboles elite de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el municipio de Tumaco, Nariño, Colombia. Universidad de Nariño, Colombia.

- Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., & Robledo, C. W. (2008). *InfoStat. Manual del Usuario*
- Barroso-Tagua, R., Alvarez, D., Huera, T., Changoluisa, D., & Bravo, C. (2017). La fertilidad del suelo como un servicio eco sistémico en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), en la provincia de Napo. In *Libro de memorias: Simposio internacional sobre Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria*. Alemán R., Reyes H., Bravo C.(Eds.). Puyo, Ecuador: Universidad Estatal Amazónica (pp. 99-106).
- Batista, L. (2013). Biblioteca Virtual - FUNDESYRAM. Recuperado de <http://www.rediaf.net.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>
- Bedon, N. C. O., Mendoza, A. F., & Villanueva, J. O. V. (2018). Sistema cacaotero como estrategia de sustitución de los cultivos de uso ilícito y freno a la deforestación en el departamento del caquetá: caso acamafrut. *Lúmina*, (19), 100-126.
- Briceño, D. (2017). Proyección de la Producción de Cacao (*Theobroma Cacao* l.) en el Departamento del Huila en Colombia. Limitantes y Oportunidades para el Sector Cacaotero. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 3.
- Carrion, S. (2012). Estudio de Factibilidad para la Producción y Comercialización de Cacao (*Theobroma cacao* L.) Variedad CCN-51, Jama-Manabí. Universidad San Francisco de Quito, Quito.
- Cely Torres, L. A. (2017). Oferta productiva del cacao colombiano en el posconflicto. Estrategias para el aprovechamiento de oportunidades comerciales en el marco del acuerdo comercial Colombia-Unión Europea. *Equidad y Desarrollo*, 1(28), 167-195.

- Cerda, R., O. Deheuvelds, D. Calvache, L. Niehaus, Y. Saenz, J. Kent, S. Vilchez, A. Villota, C. Martinez, and E. Somarriba. 2014. "Contribution of cocoa agroforestry systems to family income and domestic consumption: looking toward intensification." *Agroforestry Systems* 88 (6):957-81. doi: 10.1007/s10457-014-9691-8.
- Contreras, C. (2017). Análisis de la cadena de valor del cacao en Colombia: generación de estrategias tecnológicas en operaciones de cosecha y poscosecha, organizativas, de capacidad instalada y de mercado. (Magister en Ingeniería – Ingeniería Agrícola Maestría). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.C.
- Correa, A., Castro, M., Coy, J. (2014). Estado de la moniliasis del cacao causada por *Moniliophthora roreri* en Colombia. *Acta Agronómica*, 63 (4); 388-399.
- Crespín, S., y Pérez, H. (2018). Evaluación de la formulación de Tablillas de chocolate con cuatro porcentajes de grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) y su preferencia por el consumidor. Universidad del Salvador. El San Salvador.
- Cubillos, G. (2015). Evaluation of the insecticide Deltamethrin to control the Cocoa Pod Borer. *Carmenta foraseminis* (Busck) Eichlin in Colombia, *SA News of The Lepidopterists' Society*, 57, 63-65.
- Di Rienzo, J. A., Macchiavelli, R. E., & Casanoves, F. (2017). Modelos lineales generalizados mixtos: aplicaciones en InfoStat.
- Díaz-Montenegro, J., Varela, E., Gil, J. (2018). Livelihood strategies of cacao producers in Ecuador: Effects of national policies to support cacao farmers and specialty cacao landraces, *Journal of Rural Studies*, 63; 141-156. DOI:

10.1016/j.jrurstud.2018.08.004

- Espinosa-Alzate, J. 2016. Características estructurales y funcionales de un faro agroecológico a partir de las experiencias de productores cacaoteros de las regiones de los departamentos de Nariño, Meta, Caquetá y Tolima (Tesis doctoral). Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias Agrarias, Medellín.
- FEDECACAO. (2011). tipos de cacao criollos y forasteros - Biblioteca Digital. Recuperado de: Agronetbibliotecadigital.agronet.gov.co
- FHIA (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). (2003). Identificación y control de la moniliasis del cacao. Cortés, Honduras.
- Fondo Nacional del Cacao. (2004). Federación Nacional de Cacaoteros; Módulos técnicos: Cacao, Colombia.
- Griffith, G., Nicholson, J., Nenninger, A., Birch, R., y Hedger, J. (2010). Witches' brooms and frosty pods: two major pathogens of cacao. *New Zealand Journal of Botany*, 41 (3),423- 435.
- Gutiérrez, G., Gutiérrez-Montes, I., Hernández-Núñez, H. E., Suárez, J. C., & Casanoves, F. (2020). Relevance of local knowledge in decision-making and rural innovation: A methodological proposal for leveraging participation of Colombian cocoa producers. *Journal of Rural Studies*, 75, 119-124.
<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2020.01.012>
- Hernández, E., López, M., Garrido, E., Solís, J., Zamarripa, A., Avendaño, C., y Mendoza, A. (2012). La moniliasis (*Moniliophthora roreri* cif y par) del cacao: Búsqueda de estrategias de manejo. *Agro productividad*, 5, 3-8.

- Hernández, H. E., Gutiérrez-Montes, I., Gutiérrez, G. A., Sánchez, J., Suárez, J. C., & Casanoves, F. (2020). Agronomic state of cacao cultivation: its relationship with the capitals endowment of the Colombian rural households. *Agroforestry Systems*. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00556-9>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2017). Manual Técnico del Cultivo de cacao, buenas practicas para América latina. Recuperado de repositorio.iica.int
- Jagoret, P., Michel, I., Ngnogué, H. T., Lachenaud, P., Snoeck, D., & Malézieux, E. (2017). Structural characteristics determine productivity in complex cocoa agroforestry systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(6). doi:10.1007/s13593-017-0468-0
- Jaimes Suárez, Y., & Aranzazu Hernández, F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*) (No. Doc. 22739) CO-BAC, Bogotá).
- Jaimes, Y., Aranzazu, F., Rodríguez, E., & Martínez, N. (2011). Behavior of introduced regional clones of *Theobroma cacao* toward the infection *Moniliophthora roreri* in three different regions of Colombia. *Agronomía Colombiana*, 29(2), 361-371.
- Jaimes, YY, Gonzalez, C., Rojas, J., Cornejo, OE, Mideros, MF, Restrepo, S., & Furtado, EL (2016). Diferenciación geográfica y estructura genética poblacional de *Moniliophthora roreri* en las principales áreas de producción de cacao en Colombia. *Enfermedad vegetal* , 100 (8), 1548-1558.

- McMahon, P., y Purwantara, A. (2004). Major crops affected by Phytophthora en André Drenth y David Guest: Diversity and Management of Phytophthora in Southeast Asia. ACIAR Monograph, 114, 104-105.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2016). Colombia siembra. Tomado de:
https://www.minagricultura.gov.co/Documents/Estrategia_Colombia_Siembra.pdf.
- Ngo Bieng, M. A., Gidoin, C., Avelino, J., Cilas, C., Deheuvels, O., & Wery, J. (2013). Diversity and spatial clustering of shade trees affect cacao yield and pathogen pressure in Costa Rican agroforests. *Basic and Applied Ecology*, 14(4), 329-336.
doi:10.1016/j.baae.2013.03.003
- Niether, W., U. Schneidewind, M. Fuchs, M. Schneider, and L. Armengot. 2019. "Below- and aboveground production in cocoa monocultures and agroforestry systems." *Sci Total Environ* 657:558-67. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.050.
- Ofinase. (2020). ¿Qué es un clon de cacao?. Recuperado de
<http://ofinase.go.cr/certificacion-de-semillas/certificacion-de-semilla-de-cacao/clones/>
- Omaña, D. (2009). Puro Cacao. Recuperado de [purocacaounesur.blogspot](http://purocacaounesur.blogspot.com/) :
<http://purocacaounesur.blogspot.com/>
- Pardo, N. J. C., Darghan, A., Rico, M. D. S., & Rodríguez, A. (2017). Análisis espacial de la incidencia de enfermedades en diferentes genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en El Yopal (Casanare), Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 22(2), 209-220.

- Paredes, M., y Montero, O. (2004). Manual de cultivo de cacao. Perú: PROAMAZONIA-MINAG.
- Pérez, M., Peñaranda, L., y Herazo, M. (2010). Impacto, manejo y control de enfermedades causadas por (*Phyphthora palmivora*) en diferentes cultivos. Universidad De Pamplona, España.
- Phillips-Mora, W., y Wilkinson, M. (2007). Frosty pod of Cacao: A disease with limited geographic range but limited potential for damage. *Phytopathology*, 97, 1644-1647.
- Phillips, W y Cerda, R. (2009). Catalogo: enfermedades del cacao en Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 24 p. (Serie Técnica Manual Técnico no. 93).
- Pinzón, U., y Rojas, A. (2008). Guía técnica para el cultivo del cacao. 3 ed. Bogotá, Colombia. FEDECACAO.
- Quintero-García, J. C., Murcia-Torrejano, V., Caviedes-Morales, J. D., Guzmán-Pacheco, K. Y., & Saavedra-Mora, D. (2019). DESAFÍOS TECNOLÓGICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA TRAZABILIDAD DE CACAO (*THEOBROMA CACAO* L.): REVISIÓN LITERARIA.
- Quiroz, J. (2006). Programa de capacitación en la cadena de cacao. En Programa de capacitación en la cadena de cacao. Quito: Modulo de Producción.
- R Core Team. (2018). R: A language and environment for statistical computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Ramírez Gil, J. G. (2016). Pérdidas económicas asociadas a la pudrición de la mazorca del

- cacao causada por *Phytophthora* spp., y *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al., en la hacienda Theobroma, Colombia. *Revista de Protección Vegetal*, 31(1), 42-49.
- Riera Ruiz, C. A. (2013). Contribución al conocimiento de plagas del cacao: situación actual y mecanismos de antixenosis sobre *Monalonion dissimulatum* Distant (Bachelor's thesis, 2012).
- Rodríguez Polanco, E., Mujica Jaimes, J., & Cubillos, G. (2005). Manejo integrado de la Moniliasis en el cultivo de cacao (No. Doc. 21036) CO-BAC Bogotá).
- Rodríguez, E., & Vera, A. (2015). Identificación y manejo de la pudrición parda de la mazorca (*Phytophthora* sp.) en cacao. *Corpoica: Bogotá, Colombia*, 60.
- Rolim, S.G., R.H. Sambuichi, G. Schroth, M.T. Nascimento, and J.M. Gomes. 2017. "Recovery of Forest and Phylogenetic Structure in Abandoned Cocoa Agroforestry in the Atlantic Forest of Brazil." *Environ Manage* 59 (3):410-8. doi: 10.1007/s00267-016-0800-5.
- Romero, E. (2016). Evaluación ecomorfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) sometido a distintas fertilizaciones, en la comunidad de Nuevo Ojital, municipio de Papantla. Universidad Veracruzana, México.
- Sánchez-Olaya, D., Velandia-Tibáquira, O., Suárez-Salazar, J. (2015). Contribución de sistemas productivos en la generación de ingresos en familias Cacaoteros, departamento del Caquetá. *Revista de Ciencias Agrícolas* 32 (1); 37-54.
- Somarriba, E. (2004). ¿Cómo evaluar y mejorar el dosel de sombra en cacaotales? *Agroforestería en las Américas*, (41-42), 120-128.

Somarriba, E., Quesada, F., Orozco, L., Cerda, E., Villalobos, M., Orozco, S., Villegas, R.

(2011). *La Sombra del Cacao*. Serie Técnica, Materiales de Extensión,

Turrialba, C.R.: CATIE.

Sterling A., Hermida, M, A, Rodríguez, C.A., Salas, Y. M., Nieto, M.N. y Caicedo, D. F.

(2015). Reacción a *Moniliophthora roreri* en *Theobroma* spp. en Caquetá,

Colombia. Recuperado de

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052015000300183)

[54052015000300183](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-54052015000300183)

Suárez, J. C., Ngo Bieng, M. A., Melgarejo, L. M., Di Rienzo, J. A., & Casanoves, F.

(2018). First typology of cacao (*Theobroma cacao* L.) systems in Colombian

Amazonia, based on tree species richness, canopy structure and light availability.

PLoS One, 13(2), e0191003. doi:10.1371/journal.pone.0191003

Suarez, J., y Hernández, F. (2010). Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma*

cacao L.) en Colombia, con énfasis en monilia (*Moniliophthora roreri*).

Documento técnico de fedecacao.

USAID, & USDA. (2016). *Cacao for peace*. USDA Foreign Agricultural Service. Global

Agricultural Information Network (GAIN) Report. Retrieved from

Vaast, P., and E. Somarriba. 2014. "Trade-offs between crop intensification and ecosystem

services: the role of agroforestry in cocoa cultivation." *Agroforestry Systems* 88

(6):947-56. doi: 10.1007/s10457-014-9762-x.

Valarezo, O., Cañarte, E., y Navarrete, B. (2012). Artrópodos asociados al cultivo de cacao

en Manabí. *La Técnica*, 7, 34-42.

- Vargas, A., Somarriba, E., & Carballo, M. (2005). Dinámica poblacional del chinche (*Monalonion dissimulatum* Dist.) y daño de mazorcas en plantaciones orgánicas de cacao del Alto Beni, Bolivia
- Vargas, R. 2018. Aplicación de Microorganismos Eficientes de EM en la producción de plantones de *Theobroma cacao* L. en condiciones de vivero. Universidad Nacional de Huamanga. Perú.
- Vargas, V. (2005). Evaluación del impacto del chinche (*Monalonion dissimulatum* Dist) en la producción de cacao orgánico (*Theobroma cacao* L.) en Alto Beni, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.
- Vásquez, E. F., García, N. E., Bastos, L. M., & Lázaro, J. M. (2018). Análisis económico del sector cacaotero en Norte de Santander, Colombia y a nivel internacional. *Revista De Investigación, Desarrollo E Innovación*, 8(2).
doi:10.19053/20278306.v8.n2.2018.7963

Anexos

Figura 6. Muestreo en Clon de Cacao.



Figura 7. Muestreo de Phitophthora en híbrido de Cacao.



Figura 8. Severidad de Phitophthora



Figura 9. Hibrido amarillo de Cacao