



**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

**DIVISIÓN DE EDUCACIÓN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**“Caracterización de las condiciones ambientales y de manejo que favorecen la  
reducción de los daños causados por la Broca del Café (*Hypothenemus hampei*) y la  
Roya (*Hemileia vastatrix*) en República Dominicana”**

**Tesis sometida a consideración de la División de Educación y la Escuela de Posgrado  
como requisito para optar al grado de MAGISTER SCIENTIAE en Agroforestería  
y Agricultura Sostenible**

**ANTONY BIENVENIDO MATEO TEJEDA**

**Turrialba, Costa Rica**

**2020**


Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN AGROFORESTERÍA Y  
AGRICULTURA SOSTENIBLE**

**FIRMANTES:**



Leïla Bagny Beilhe, Ph.D.  
**Directora de tesis**



Alejandra Martínez-Salinas, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



Clémentine Allinne, Ph.D.  
**Miembro Comité Consejero**



Rosina Taveras Macarrulla, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



Roberto Quiroz Guerra, Ph.D.  
**Decano, Escuela de Posgrado**



Antony Bienvenido Mateo Tejeda  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por brindarme la vida y la oportunidad de seguir superándome como profesional y también por permitirme conocer a tantas personas valiosas que hicieron de mí una mejor persona.

A mis padres, María Altagracia Tejeda y Manuel Lico Mateo, por su apoyo incondicional, por los buenos valores, su integridad y por depositar su confianza en mí, para que yo pueda ser una mejor persona, decidido a ir superando cualquier obstáculo.

Al Ministerio de Agricultura y el Instituto Dominicano del Café (INDOCAFÉ) por brindarme la oportunidad de seguir preparándome como profesional y por la confianza depositada en mí, para que yo pueda escalar un nuevo peldaño, además por ofrecerme las herramientas y la logística necesaria para hacer de este trabajo más cómodo de ejecutar.

A mi familia, por todo su apoyo durante todo este proceso estando tan lejos de ellos y por estar al pendiente del transcurso de mi trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por brindarme la sabiduría, la paciencia y toda la fuerza para culminar este trabajo, sin Él nada de esto fuese posible.

A todos mis colegas del Instituto Dominicano del Café, en especial, a mis compañeros de trabajo más cercanos, Jeige Sajiun, Luis José Sánchez, Gil Sánchez, Daneris Méndez, Marcos González, por sus consejos y por ser los primeros en encaminarme y enseñarme todo lo relacionado al cultivo del café, así como también a Jinder Sánchez y a Andrés Gómez por su inmensurable apoyo, a todas esas personas de todas las oficinas provinciales que se entregaron en cuerpo y alma durante la ejecución de la fase de campo de esta investigación.

A Quisqueya Pérez, por creer en mí y ser esa persona que vio en mí la capacidad de aprovechar esta hermosa experiencia y seguir preparándome.

A todos mis compañeros del CATIE, en especial, a Luis Ezequiel González y Jean Carlos Polanco, quienes fueron de soporte durante toda mi estadía, excelentes seres humanos que hicieron de este trabajo algo más fácil de realizar.

A mis compañeros, Yisneiry Tapia y Juan Luis García, por el esfuerzo que aplicamos en este trabajo de investigación, nuestro lema fue: “ en conjunto las cosas se hacen más fáciles”.

Al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), en especial, al Dr. Pedro Núñez y José Miguel Romero por acercarnos a nosotros y mostrar interés en ayudarnos con la logística del trabajo de investigación.

A los miembros de mi Comité Consejero, Leïla Bagny, Ph.D., Alejandra Martínez-Salinas, Ph.D. Allinne Clementine Ph.D., Rosina Taveras M.Sc., por todas sus valiosas contribuciones en todo este proceso, sus exigencias y la disposición para lograr que este trabajo culmine con éxitos.

## Tabla de contenido

|  |      |
|--|------|
| DEDICATORIA.....   | iii  |
| AGRADECIMIENTOS.....   | iv   |
| CONTENIDO.....   | v    |
| LISTA DE CUADROS .....   | vi   |
| ÍNDICES DE FIGURAS .....   | vii  |
| LISTA DE ABREVIATURAS.....   | viii |
| RESUMEN .....  | ix   |
| ABSTRACT .....   | x    |
| 1. INTRODUCCIÓN.....   | 1    |
| 2. METODOLOGÍA.....  | 2    |
| 2.1 Área de estudio .....  | 2    |
| 2.2 Procedimiento metodológico .....   | 2    |
| 2.2.1 Selección de fincas .....  | 2    |
| 2.2.2 Establecimiento de parcelas .....  | 4    |
| 2.2.4 Inventario de especies arbóreas.....   | 4    |
| 2.2.5 Medición de sombra.....  | 5    |
| 2.2.6 Medición de temperatura.....   | 4    |
| 2.2.7 Caracterización del tipo de manejo agronómico.....   | 4    |
| 2.2.8 Incidencia de la Broca y Roya del Café .....   | 5    |
| 2.3 Análisis estadísticos.....   | 6    |
| 3. RESULTADOS .....  | 7    |
| 3.1 Efecto de la altitud y de las variedades de cafés sobre la incidencia de las plagas y la Roya .....                  | 7    |
| 3.1.2 Edades de los cafetales de variedades resistentes y susceptibles bajo los diferentes zonas altitudinales .....     | 7    |
| 3.1.3 Porcentaje de frutos totales de variedades resistentes y susceptibles bajo diferentes zonas altitudinales .....    | 7    |
| 3.1.4 Porcentaje de nudos fructíferos de variedades resistentes y susceptibles bajo diferentes zonas altitudinales ..... | 7    |
| 3.2 Niveles de resistencia por conglomerado .....  | 9    |
| 3.3 Efecto de la sombra y de la riqueza en arboles asociados sobre la incidencia de la Broca y la Roya del Café .....    | 11   |
| 3.4 Efecto de los daños bajo la incidencia de la Broca del Café .....  | 14   |
| 3.5 Correlación entre incidencia de frutos brocados, de frutos remanentes y la sombra .....                              | 15   |

|  |    |
|--|----|
| 4. Discusión .....   | 16 |
| 4.1 Efecto de la zona geográfica y de las variedades sobre la incidencia de frutos brocados y la Roya del Café ..... | 16 |
| 4.1.2 Edades de las variedades cafetales resistentes y susceptibles bajo las diferentes zonas altitudinales .....    | 16 |
| 4.1.3 Incidencia de frutos brocados bajo diferentes zonas altitudinales .....  | 16 |
| 4.1.4 Efecto de la altitud sobre la incidencia de la Roya del Café.....  | 17 |
| 4.2 Incidencia de ramas muertas bajo diferentes zonas altitudinales.....   | 17 |
| 4.3 Porcentaje frutos totales y nudos fructíferos bajo diferentes zonas altitudinales ..                             | 17 |
| 4.4 Efecto de la sombra sobre la incidencia de los frutos brocados, insectos vivos y Roya del Café.....              | 18 |
| 4.5 Efecto de las prácticas sobre los daños .....  | 18 |
| 4.6 Incidencia de la broca en frutos remanentes bajo el número de insectos vivos.....                                | 18 |
| 5. Conclusiones.....   | 19 |
| 6. Recomendaciones .....   | 20 |
| 7. Referencia Bibliográfica.....   | 21 |
| 8. Anexos.....   | 23 |
| Anexo 1. Formulario 3. Encuesta de prácticas de manejo y control de broca del Café ..                                | 23 |
| Anexo 2. Temperatura promedio.....   | 25 |
| Anexo 3. Formulario 1. Registro de la cobertura de sombra .....  | 25 |
| Anexo 4. Formulario 2. Localización y georeferenciación .....  | 26 |
| Anexo 5. Formulario 3. Registro de frutos con broca en tres ramas de las plantas de Café seleccionadas .....         | 27 |
| Anexo 6. Formulario 4. Registro de enfermedades y plagas en hojas de plantas de Café seleccionadas .....             | 28 |
| Anexo 7. Densiómetro esférico concavo .....  | 29 |

## LISTA DE CUADROS

|   |   |
|---|---|
| Cuadro 1. Análisis de conglomerado diversidad de especies arbóreas..... | 4 |
|---|---|

## ÍNDICES DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de muestreo con relación a las principales regiones cafetaleras de República Dominicana .....   | 3  |
| Figura 2. Edad promedio de los cafetales y niveles de resistencia bajo diferentes zonas altitudinal.....  | 7  |
| Figura 3. A) Promedio de frutos totales por árbol y niveles de resistencia en los cafetales bajo diferentes zonas altitudinales; B) Promedio de nudos fructíferos por árbol y niveles de resistencia bajo diferentes zonas altitudinales..... | 8  |
| Figura 4A) Incidencia de frutos brocados, B) Incidencia de Roya, C) Incidencia de ramas muertas en los árboles según los niveles de resistencia bajo diferentes zonas altitudinal.....  | 9  |
| Figura 5. Números de plantas de Café resistente en las fincas bajo diferentes conglomerados.....  | 10 |
| Figura 6A) Incidencia de frutos brocados, B) Incidencia de Roya, C) Incidencia de ramas muertas bajo diferentes conglomerados.....  | 11 |
| Figura 7. Incidencia de frutos brocados en altitudes Baja y Alta bajo diferentes niveles de sombra.....   | 12 |
| Figura 8. Incidencia de frutos brocados bajo diferentes números de árboles asociados.....   | 12 |
| Figura 9. Incidencia de roya (Variedades susceptibles) en zona baja y alta bajo diferentes niveles de sombra.....   | 13 |
| Figura 10. Incidencia de Roya (variedades susceptibles) en zona baja y alta bajo diferentes números de árboles asociados.....   | 13 |
| Figura 11. Niveles de daños de los frutos bajo la incidencia de broca.....  | 14 |
| Figura 12. Daños causados por la Broca bajo diferentes tipos de manejos. ....   | 14 |
| Figura 13. Incidencia de frutos remanente brocados bajo la incidencia de frutos brocados.....   | 15 |
| Figura 14. Incidencia de broca en frutos remanentes bajo los números de insectos vivos.....   | 15 |
| Figura 15. Incidencia de insectos vivos en frutos remanentes bajo los diferentes niveles de sombra.....   | 16 |

## LISTA DE ABREVIATURAS

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>CATIE</b>    | Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza                   |
| <b>CODOCAFE</b> | Consejo Dominicano del Café   |
| <b>FAO</b>      | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura |
| <b>Ha.</b>      | Hectárea  |
| <b>IEF</b>      | Incidencia de Enfermedades Foliare  |
| <b>IFB</b>      | Incidencia de Frutos Brocados   |
| <b>INDOCAFE</b> | Instituto Dominicano del Café   |
| <b>IRM</b>      | Incidencia de Ramas Muertas   |
| <b>MESCyT</b>   | Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología                     |
| <b>MSNM</b>     | Metros Sobre el Nivel del Mar   |
| <b>SAFC</b>     | Sistemas Agroforestales de Café   |



## RESUMEN

La Broca (*Hypothenemus hampei*) y la Roya (*Hemileia vastatrix*) son las plagas más dañinas del Café a nivel mundial, estas son causantes de grandes pérdidas económicas e inclusive, son capaces de provocar la pérdida total de la producción. La sombra proporcionada por los sistemas agroforestales en Café y los diferentes niveles altitudinales influyen en la modificación de un microclima, el cual aporta ciertos efectos que pueden favorecer la reducción de los daños causados por las plagas y enfermedades.

Para el análisis de esta investigación, se tomaron en cuenta 40 fincas de Café seleccionadas al azar en las provincias más productivas de Café de República Dominicana, ubicadas en dos rangos altitudinales, por debajo de los 800 m.s.n.m. categorizado como zona baja y por encima de los 800 m.s.n.m. como zona alta y clasificadas por conglomerados, en donde algunas fincas se caracterizaban por tener un mayor número de árboles maderables, bananos, árboles frutales o de servicio.

Los factores de estudios evaluados en la investigación fueron los niveles de sombra, tipo de control a través de entrevistas, temperatura y el número de árboles asociados, mientras que las variables evaluadas fueron las incidencias de frutos brocados, porcentajes de insectos vivos dentro de los frutos, porcentaje de insectos vivos dentro frutos remanentes, la incidencia de Roya, porcentaje de ramas muertas y porcentaje de nudos fructíferos.

La Broca mostró resultados alarmantes con niveles de sombra alrededor del 60%, llegando a obtener una incidencia de broca promedio de 80% en la zona baja ( $P$  valor  $< 0.001$ ; coeficiente de correlación:  $-51.5\%$ ), y reduciendo su población a medida que los niveles de sombra aumentaban por encima del 65%.

Los resultados de esta investigación demostraron que algunos niveles de sombra y en interacción con los diferentes gradientes altitudinales juegan un papel de complejidad en la reducción de los daños causados por la Broca del Café, ya que modifican las condiciones microclimáticas de lugar no aptas para su desarrollo.

Palabras claves: sombra, broca, frutos brocados remanentes, roya, altitud, manejo, arboles asociados.

## ABSTRACT

The Coffee Berry Borer (*Hypothenemus hampei*) and the coffee Left Rust (*Hemileia vastatrix*) are the most devastating pests and disease of Coffee worldwide, these are the cause of great economic losses and are even capable of causing the total loss of production. The shade provided by agroforestry systems in Coffee and the different altitudinal levels influence the modification of a microclimate, which provides certain effects that can favor the reduction of damage caused by pests and disease.

For the analysis of this research, 40 randomly selected coffee farms were taken into account in the most productive coffee provinces of the Dominican Republic, located in two altitudinal ranges, below 800 m.a.s.l. categorized as a low zone and above 800 m.a.s.l. as high zone and classified by conglomerates, where some farms were characterized by having a greater number of timber trees, bananas, fruit trees or service trees.

The study factors evaluated in the research were the levels of shade, type of control through interviews, temperature and the number of associated trees, while the variables evaluated were the incidences of brocaded fruits, percentages of live insects within the fruits, percentage of living insects inside remaining fruits, incidence of Coffee leaf rust, percentage of dead branches and percentage of fruiting nodes.

The Coffee Berry Borer showed alarming results with shade levels around 60%, reaching an average incidence of CBB of 80% in the lower zone (P value <0.001; correlation coefficient: -51.5%), and reducing its population as that shade levels increased above 65%.

The results of our research showed that some levels of shade and in interaction with the different altitudinal gradients play a role of complexity in reducing the damage caused by the Coffee Broca, since these modify the microclimatic conditions of a place not suitable for its developing.

Key words: Shade, CBB, brocaded remaining fruits, coffee leaf rust, altitude, coffee managment, associated trees.

## 1. INTRODUCCIÓN

El Café es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial. La producción de Café juega un papel crucial en la economía de más de 60 países, en donde más de 25 millones de personas se dedican a las labores de producción (O'Brien y Kinnaird 2003), ocupando para el año 2008 más de 9.7 millones de hectáreas a nivel mundial y con una producción de 8,2 millones de toneladas métricas (FAO 2008; FAO 2010) Citado por (Jha *et al.* 2011). Las especies de mayor importancia son el Café Arábica (*Coffea arabica*) y el Café Robusta (*Coffea canephora*) que pertenecen a la familia Rubiaceae (ICO, 2007). La especie (*Coffea arabica*) es oriunda del sotobosque de las mesetas de Etiopía y del sur de Sudán, lo cual hace que se adapte a condiciones bajo sombra, ambientes frescos y secos (Montagnini *et al.* 2015).

A pesar de la gran importancia de la producción de Café, existen plagas y enfermedades que limitan su rendimiento (Soto-Pinto *et al.* 2002). Dentro de las principales plagas se encuentra la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari), un coleóptero curculiónido que afecta a los frutos, provocando daño a la semilla y afectando la calidad de la bebida (Castaño-Sanint *et al.* 2005). Según Vega (2017), las pérdidas provocadas por la Broca, a nivel mundial, superarían los US\$500 millones anuales. Por otro lado, entre las enfermedades foliares frecuentes más perjudiciales para la producción de Café se encuentra la Roya, causada por el hongo *Hemileia vastatrix* y reconocida a nivel mundial como la principal enfermedad del Café (Porto *et al.* 2019), Esta puede causar entre un 20 a 25% de la cosecha en años malos y una pérdida económica a nivel mundial entre US\$1–2 billones (McCook, 2006).

La sombra proporcionada por los sistemas agroforestales y la intensidad de manejo son factores de importancia que afectan la incidencia de las plagas y enfermedades (Beer *et al.* 1998). El efecto de las interacciones dadas entre los niveles de sombra y demás características ambientales como la altitud juegan un papel muy importante en la calidad del Café (Montagnini *et al.* 2015). La selección del tipo de sombra (p.ej., especies de árboles, intensidad de luz, etc.) y del tipo de manejo agronómico que se implementan son componentes importantes en el manejo integrado de plagas y enfermedades en los sistemas agroforestales.

El cultivo de Café es la principal actividad productiva de la República Dominicana en zonas que oscilan desde los 300 hasta los 1,500 m.s.n.m. El área cultivada es de 132,500 ha. (equivalente a 2,120,131 tareas), con una producción promedio anual alrededor de 800,000 quintales de Café oro en el período 2000-2010 (CODOCAFE 2012).

El cultivo de Café es manejado principalmente por pequeños y medianos productores, el 80% con fincas menores a 5 ha. (80 tareas). Alrededor de 50,000 productores y productoras están vinculados directamente a la producción de Café y más de 500,000 personas participan directa e indirectamente en la cadena comercial (Galtier *et al.* 2007). Esta actividad productiva constituye una importante fuente de empleo en las zonas productoras, donde el 75% del costo de producción corresponde al componente de mano de obra (Galtier *et al.* 2007).

La baja productividad sigue siendo el principal problema técnico productivo de la caficultura dominicana. El promedio nacional es de 269 kg/ha (37 lb/tarea) con un rango entre 25 a 150 lb/tarea. Este problema está ligado a diversos factores de orden técnico y económico. Entre los factores de mayor influencia están la vejez de las plantaciones, la escasa implementación de prácticas como la poda, tanto para las plantas de Café como para los árboles de sombra, la poca fertilización, la alta incidencia de la Broca del Café y el uso de prácticas inadecuadas de cosecha y despulpado de Café (CODOCAFE 2006). Adicionalmente, otro factor relevante ha sido la alta incidencia de la Roya del Café en la última década, particularmente, durante los años 2010-2012 (CODOCAFE 2013), de 131,250 ha. de Café a nivel nacional, la Roya estaba presente en 105,000 ha., ocupando el 80% del área cafetalera (ICO, 2013).

La presente investigación se enfoca en entender como las condiciones ambientales (sombra y variables de manejo agronómico) favorecen la reducción de los daños causados por la Broca (*Hypothenemus hampei*) y la Roya del Café (*Hemileia vastatrix*). Esta contribución permitirá explorar el comportamiento de plagas y enfermedades de importancia para la producción del Café en República Dominicana, además, facilitará el poder entender las relaciones entre estos factores considerando diferentes escenarios presente en los diferentes sistemas agroforestales con Café. Además, la investigación aporta recomendaciones para propiciar un mejor manejo agronómico del cultivo del Café.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1 Área de estudio**

El estudio se realizó en la República Dominicana, entre los meses de octubre del 2019 a marzo del 2020, englobando las principales regiones productivas de Café a nivel nacional, abarcando las provincias de Barahona, San Juan, Azua, Monseñor Nouel, La Vega, San José de Ocoa, Santiago Rodríguez, Santiago de los Caballeros, Dajabón, Peravia, Espaillat, Bahoruco e Independencia. El país se ubica entre los paralelos 17°36' y 19°58' latitud norte y 68°17' y 72°00' longitud oeste (CEPAL 2018). El clima de República Dominicana es húmedo tropical, no obstante, debido a la topografía heterogénea del país se presentan variaciones a nivel local, yendo desde climas áridos hasta lluviosos. Las temperaturas en las zonas bajas oscilan entre 23 a 33°C a lo largo del año, mientras que en las zonas altas del país se pueden presenciar frecuentes heladas (FAO 2015).

### **2.2 Procedimiento metodológico**

#### **2.2.1 Selección de fincas**

Se realizó una selección a priori con base en información proveniente de una base de datos, de 400 fincas cafetaleras a nivel nacional, del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCYT), del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCyT), y CATIE e INDOCAFÉ. Por medio de un análisis de conglomerado multivariado, se identificaron cuatro tipologías con base en variables de la estructura y la composición botánica, la estructura-diversidad, la cobertura de sombra, las variedades de Café sembradas, edad de la

plantación, la intensidad de manejo agronómico, aplicación de químicos o uso de manejo integrado de plagas.

Las 40 fincas seleccionadas fueron tomadas al azar, tomando en cuenta las cuatro tipologías (10 parcelas por cada una de las tipologías) distribuidas en dos gradientes altitudinales por debajo de los 800 m.s.n.m. categorizado como zona baja y por encima de los 800 m.s.n.m. como zona alta.

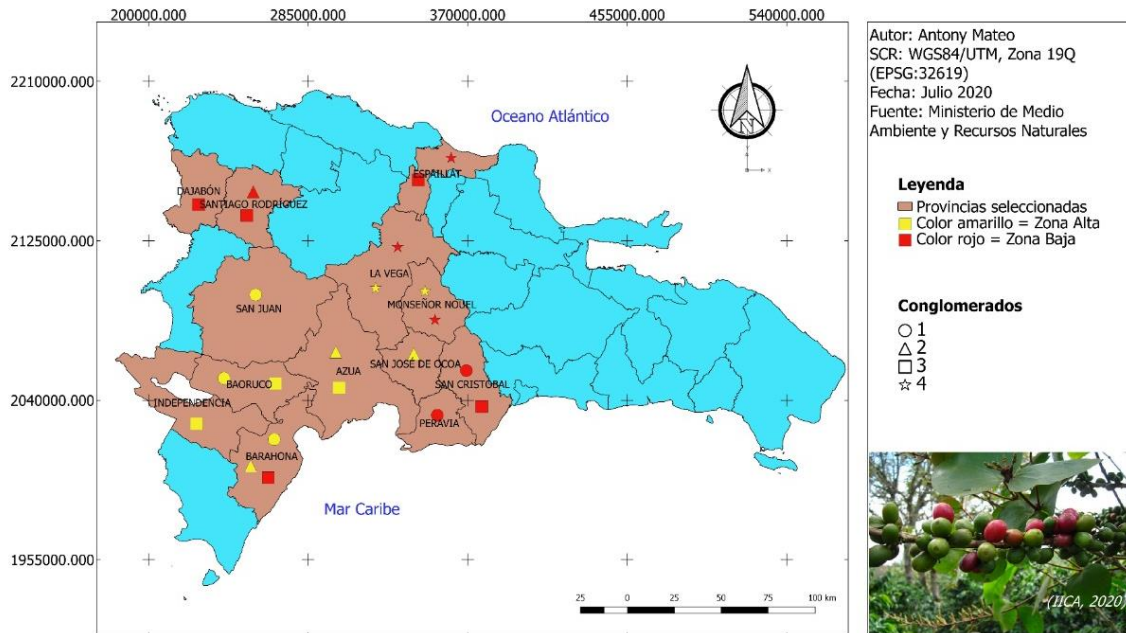


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de muestreo con relación a las principales regiones cafetaleras de República Dominicana. Los símbolos indican el conglomerado al que pertenecen las fincas y el color amarillo corresponde a fincas ubicadas en las zonas altas (852- 1417 msnm), mientras que el color rojo corresponde a fincas ubicadas en las zonas bajas (350-790 msnm).

Cuadro 1. Análisis de conglomerado diversidad de especies arbóreas

Prueba Hotelling

Alfa=0.05

Error: Matriz de covarianzas común

gl: 403

| Conglomerado | b     | f     | m    | s     | ab   | af   | am   | as   | n   |   |
|--------------|-------|-------|------|-------|------|------|------|------|-----|---|
| 4            | 11.34 | 3.88  | 0.64 | 7.85  | 0.34 | 0.12 | 0.05 | 0.67 | 136 | A |
| 3            | 32.05 | 5.97  | 0.73 | 15.47 | 0.85 | 0.15 | 0.07 | 1.10 | 78  | B |
| 2            | 8.95  | 7.97  | 5.47 | 19.13 | 0.21 | 0.21 | 0.24 | 1.26 | 112 | C |
| 1            | 10.40 | 20.10 | 1.48 | 9.79  | 0.26 | 0.42 | 0.08 | 1.11 | 81  | D |

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ). b: bananos; f: frutales; m: maderables; s: servicio. Las letras b; f; m; s: son abundancias (densidades) y los que tienen la "a" por delante son áreas basales en  $m^2$  ... La n es el número de cafetales por cada conglomerado (tipo).

El análisis de conglomerado demostró qué tan diversificados están los cafetales con base en las especies. En el conglomerado 1 existe mayor número de especies frutales; el conglomerado 2 se destaca por la alta diversidad de especies de árboles de servicio y maderables, en el conglomerado 3 es rico en banano, mientras que el conglomerado 4 es el menos diversificado de todos.

### **2.2.2 Establecimiento de parcelas**

En el territorio nacional, 40 fincas fueron seleccionadas, en cada una de ellas se estableció una parcela de 20×50 m (1000 m<sup>2</sup>). Para delimitar el área se utilizaron cintas métricas y estacas. Cada parcela se ubicó en un lugar representativo de las condiciones que predominan en la finca con base en los datos obtenidos de los conglomerados identificados a priori. En cada parcela delimitada se seleccionaron ocho plantas, estas fueron utilizadas para las evaluaciones de incidencia de plagas y enfermedades, mediciones dasométricas, conteo de la diversidad vegetal, así como también para las mediciones de las características del dosel de sombra de los árboles. Los datos de la ubicación geográfica (altitud y longitud) de cada parcela fueron obtenidos mediante la aplicación móvil Android (GPS Test Plus).

### **2.2.4 Inventario de especies arbóreas**

Se realizó un conteo de toda la comunidad arbórea de la parcela establecida y se procedió a identificar las diferentes especies de plantas existentes (árboles maderables, frutales, servicios y de banano).

### **2.2.5 Medición de sombra**

Se utilizó un densiómetro esférico cóncavo para estimar el porcentaje de sombra proporcionado por los árboles dentro de los 1000 m<sup>2</sup>. Se midió un total de cinco estaciones, en donde se tomaron cuatro lecturas correspondientes a los puntos cardinales por cada estación. Las cinco estaciones se tomaron en cada esquina de la parcela y una quinta medición en el centro de la parcela. Para el cálculo del porcentaje de la cobertura de sombra, se tomó el promedio de las cinco estaciones seleccionadas, se dividió entre el número de cuadrados contados y se multiplicó por 100.

### **2.2.6 Medición de temperatura**

La medición de la temperatura se realizó utilizando sensores (Ibutton), los cuales se caracterizan por registrar las temperaturas en diferentes intervalos de tiempo. Se escogió una planta de Café alazar dentro de cada parcela (1000 m<sup>2</sup>), en la planta seleccionada se fijaron dos Ibuttons. Se colocó un sensor en la parte aérea (foliar) de la planta y otro sujeto al tallo a nivel del suelo. El tiempo promedio de estimación de la temperatura para cada parcela fue de 20 días, el cual iba registrando los datos cada 60 minutos. Solo se instalaron unos 16 Ibuttons, correspondientes a 8 parcelas distribuidas en ambas zonas altitudinales.

### **2.2.7 Caracterización del tipo de manejo agronómico**

El tipo de manejo agronómico implementado para el control de la Broca y de la Roya del Café fue determinado por medio de entrevistas semi estructuradas, las cuales incluyeron preguntas relacionadas con actividades de control (Anexo 1) implementadas en la parcela. Las principales actividades de manejo de la Broca del Café estipuladas en la entrevista son: aplicación de insecticidas, uso de trampas, implementación de cosechas sanitarias, repela, podas fitosanitarias, o el uso de control biológico como es el

caso del hongo *Beauveria bassiana* o conservación de hormigas, las cuales son controladores naturales de la Broca del Café.

En el caso del control de las enfermedades se tomó en consideración la aplicación o no de fungicidas.

## 2.2.8 Incidencia de la Broca y Roya del Café

### - Incidencia de Roya del Café

En cada una de las parcelas establecidas de (1000 m<sup>2</sup>), se tomó una muestra de ocho plantas en forma de zig-zag. Por cada una de las ocho plantas escogidas se seleccionaron 3 bandolas diferentes, una bandola en la parte superior del arbusto, una en la parte media y una última bandola en la parte inferior. En cada una de las bandolas se contó el número total de hojas y el número de hojas infectadas por la Roya del Café, identificadas con base en la sintomatología (p. ej., evidencia de esporas del hongo). Posteriormente, se determinó el porcentaje de hojas infectadas por la Roya por arbusto por finca, calculando la proporción de hojas infestadas y multiplicando esta proporción por 100.

$$\text{IEF} = \frac{\text{Total de hojas infectadas}}{\text{Total de hojas evaluadas}} \times 100 \quad (\text{Ec.1})$$

IEF: Incidencia de enfermedades foliares por árbol por finca

### - Incidencia de ramas muertas

Se contó el total de ramas en cada una de las ocho plantas ya evaluadas y se contabilizó el número de ramas muertas. Posteriormente se calculó el porcentaje de ramas muertas por planta por finca, calculando la proporción de ramas muertas y multiplicando esta proporción por 100.

$$\text{IRM} = \frac{\text{Total de ramas muertas por planta}}{\text{Total de ramas muertas por planta}} \times 100 \quad (\text{Ec.2})$$

### - Incidencia de frutos brocados

La evaluación de la incidencia de frutos brocados se realizó en cada uno de los ocho arbustos previamente seleccionados, en donde se escogieron 3 bandolas productivas distribuidas en la parte inferior, media y superior del arbusto. En cada una de las bandolas se contó el total de frutos y el total de frutos brocados. Después se determinó el número de frutos brocados por arbusto por finca, calculando la proporción de frutos brocados y multiplicando esta proporción por 100.

$$\text{IFB} = \frac{\text{Total de frutos brocados}}{\text{Total de frutos evaluados}} \times 100 \quad (\text{Ec.3})$$

IFB: Incidencia de frutos brocados

El promedio de incidencia de plagas y enfermedades para las ocho plantas fue considerado como la incidencia dentro de los 1000 m<sup>2</sup>.

## **Grado de daño**

Se colectó un total de 100 frutos brocados de los arbustos de Café en cada una de las fincas. En cada uno de los frutos se realizó un corte longitudinal para observar el grado de daño que posee cada semilla consecuencia de la infestación de la Broca.

El tipo de daño causado por la Broca a la semilla fue clasificado desde cero hasta dos, en donde el grado cero significa que no hubo daño en ninguna de las dos semillas, el grado uno indica que al menos una de las dos semillas presentó daños en su área, mientras que el grado dos significa que ambas semillas tuvieron daños, calificándose como un daño total de la semilla.

Se calculó un índice de daño por finca con base en la evidencia encontrada en los 100 frutos evaluados. El índice se construyó con base en la suma de todos los daños de los 100 frutos evaluados. Este índice varía entre 0 y 200.

### **2.2.9 Incidencia de frutos brocados remanentes**

Se efectuó una recolección de 100 frutos remanentes (posterior a la cosecha tanto en el arbusto como en el suelo). Cada fruto fue evaluado para identificar si había sido brocado o no. En cada uno de los frutos brocados se realizó un corte longitudinal con el objetivo de evaluar la presencia de individuos de Broca y a su vez, verificar si el o los individuos encontrados estaban vivos o muertos.

La incidencia de frutos brocados remanentes se calculó como: número de frutos brocados remanentes / 100. Los números de insectos vivos corresponden a la cantidad de insectos (adultos y larvas) vivos encontrados dentro los frutos.

### **2.3 Análisis estadísticos**

Para analizar los efectos de las variables “clase de altitud de la finca (>800msm, <800msm)” y “números de plantas resistentes dentro la finca” sobre las edades de los Cafés, se construyó un modelo lineal generalizado (GLM). Se realizó un análisis de varianza para comparar paso por paso, el conjunto de variables y de las interacciones. Finalmente, se eligió el modelo con las variables más explicativas. Para comparar las diferencias entre los niveles de los factores explicativos, hicimos un post hoc Wilcoxon test (Ajuste de Bonferroni). Se procede de la misma manera a analizar los efectos de las variables mencionadas sobre los números de nudos fructíferos, los números de frutos totales, la incidencia de Broca, la incidencia de Roya y la incidencia de ramas muertas. Se sigue el procedimiento para analizar el efecto de los conglomerados en interacción con los números de variedades resistentes sobre la incidencia de Broca, de Roya y de ramas muertas.

Adicionalmente, se realizaron análisis de correlación de Pearson para evaluar la relación entre diferentes variables, entre ellas el “% de sombra” y “Riqueza árboles” (variables continuas) sobre la incidencia de la Broca, de la Roya y de las ramas muertas tanto en zonas bajas como en zonas altas. Similarmente, se evaluó el efecto de la incidencia de Broca sobre los daños y sobre la incidencia de frutos brocados remanentes.



Finalmente, se comparó el efecto de las prácticas (“control de broca”, “poda”, “trampeo” y “repela”) sobre el índice de daños y la incidencia de frutos brocados remanentes por medio de una prueba de Wilcoxon (Ajuste de Bonferroni).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Efecto de la Altitud y de las variedades de Cafés sobre la incidencia de las plagas y la Roya

##### 3.1.2 Edades de los cafetales de variedades resistentes y susceptibles bajo las diferentes zonas altitudinales

Las variedades susceptibles de la zona alta y la zona baja son más viejas que las variedades resistentes (Figura 2). La diferencia es más significativa en la zona Baja, en donde renovación con variedades resistentes es más recién, ya que tienen en promedio 4.7 años. Este resultado está reforzado con el hecho de que las variedades susceptibles en zonas bajas son más viejas, con una edad promedio de edad de 31 años.

##### 3.1.3 Porcentaje de frutos totales de variedades resistentes y susceptibles bajo diferentes zonas altitudinales

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre el número de frutos totales con relación a la altitud (Figura 3A), observándose una menor proporción de frutos totales en zonas bajas, que puede ser consecuencia de la época de muestreo, la cual coincidió con la temporada de cosecha.

##### 3.1.4 Porcentaje de nudos fructíferos de variedades resistentes y susceptibles bajo diferentes zonas altitudinales

Existe evidencia significativa en el número de nudos fructíferos en la zona baja, observándose una menor proporción de nudos fructíferos en las variedades resistentes (Figura 3B), mientras que en la zona alta no se evidenciaron diferencias de las plantas susceptibles y resistentes con base en los nudos fructíferos.

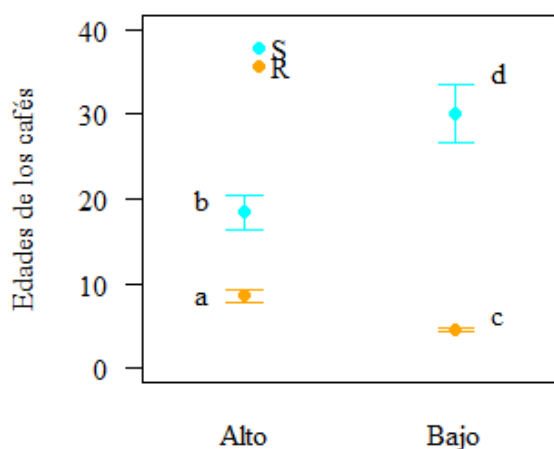


Figura 2. Edad promedio de los cafetales y niveles de resistencia a la Roya bajo diferentes zonas altitudinales. Letras distintas indican diferencias significativas entre los valores según el Test de Wilcoxon,  $p < 0.05$ .

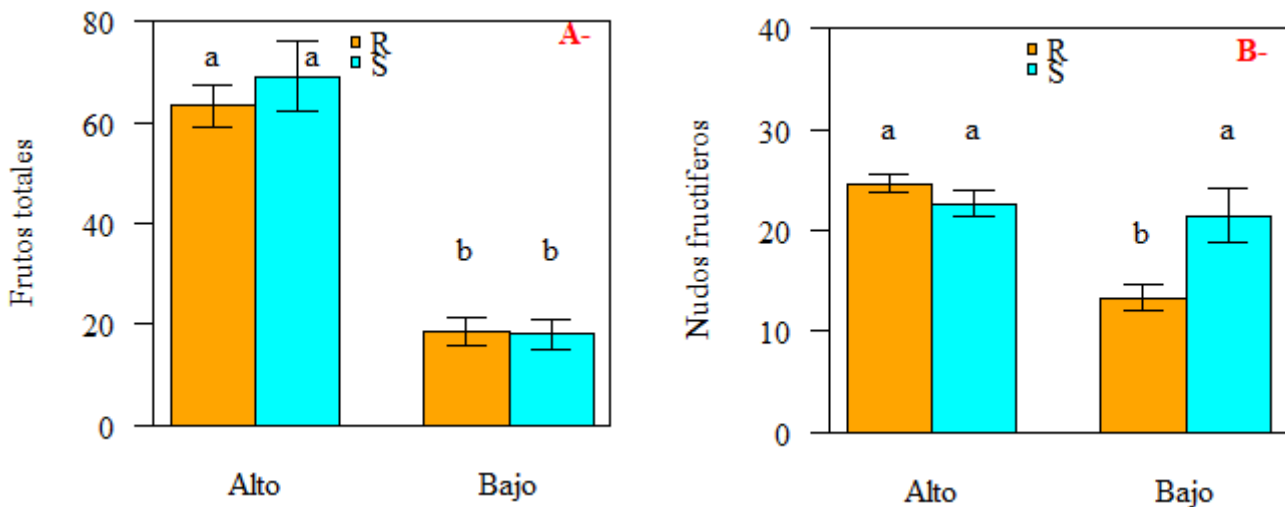


Figura 3A) Promedio de frutos totales por planta y niveles de resistencia a la Roya en los cafetales bajo diferentes zonas altitudinales; 3B) Promedio de nudos fructíferos por arbusto y niveles de resistencia bajo diferentes zonas altitudinales. Letras diferentes indican diferencias significativas entre los valores según el Test de Wilcoxon,  $p < 0.05$ .

Existe diferencia significativa entre la incidencia de frutos brocados de cafetales de variedades resistentes y susceptibles con relación a la altitud (Figura 4A). Los resultados mostraron una mayor incidencia de frutos brocados en variedades susceptibles y resistentes a la Roya de la zona baja, debido a que la evaluación se llevó a cabo casi o finalizando la temporada de cosecha en la zona baja, existía menores proporciones de frutos, había una mayor proporción de frutos brocados, porque las plantaciones son más viejas y coincidía con la época de cosecha.

La incidencia de Roya de variedades resistentes y susceptibles mostraron diferencias significativas bajo las diferentes zonas altitudinales (Figura 4B). Las variedades susceptibles a la Roya presentan mayores porcentajes de incidencia de la enfermedad en ambas zonas con respecto a las variedades resistentes. Las variedades susceptibles a la Roya alcanzaron alrededor de un 30% de infestación en la zona alta, mientras que en la zona baja alcanzó el 21%.

La incidencia de ramas muertas bajo las diferentes zonas altitudinales (Figura 4C) mostraron evidencias significativas. Las variedades susceptibles de la zona baja mostraron un porcentaje de 13 ramas muertas, mientras que las variedades susceptibles de la zona alta apenas alcanzaron las 7 ramas no productivas.

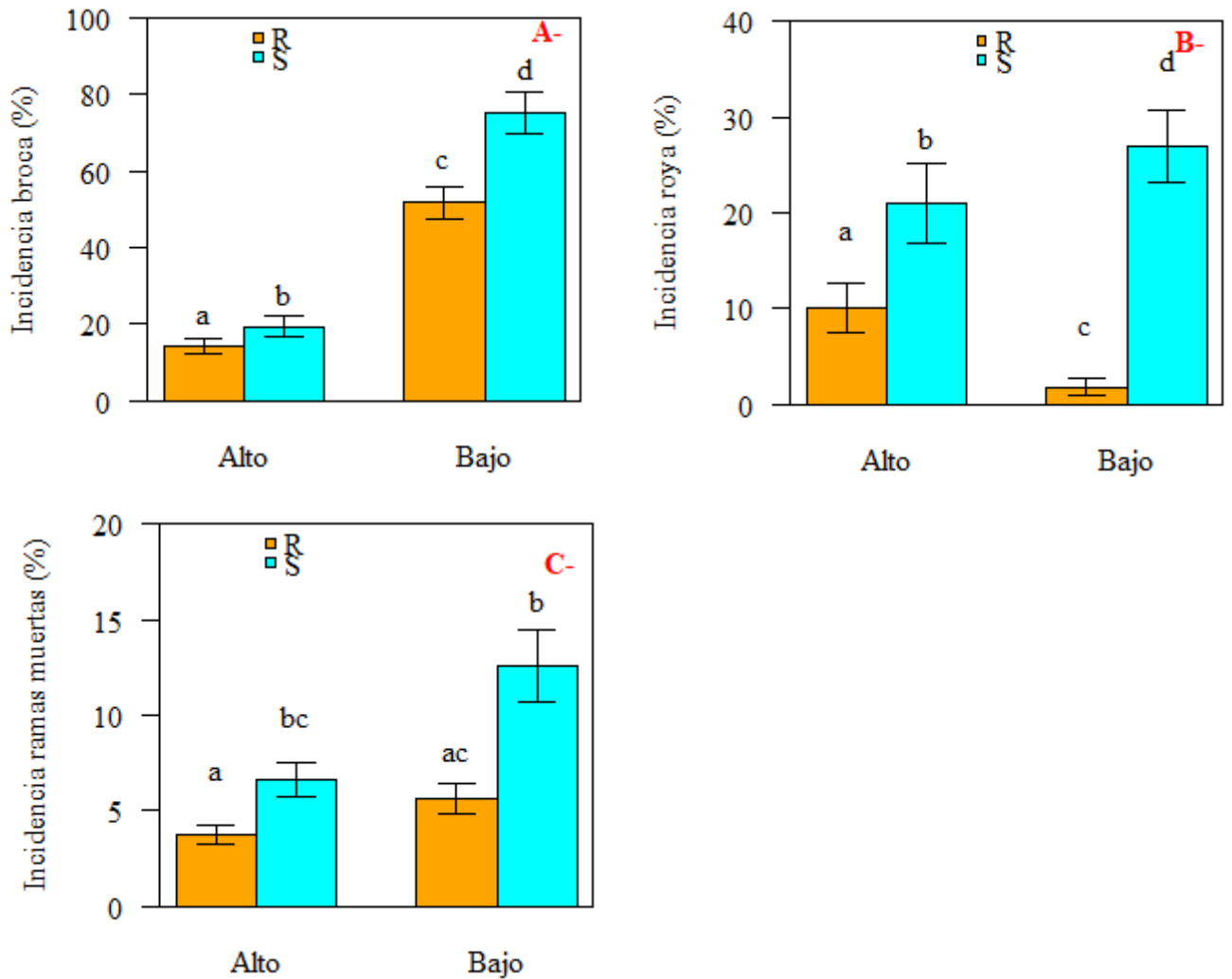
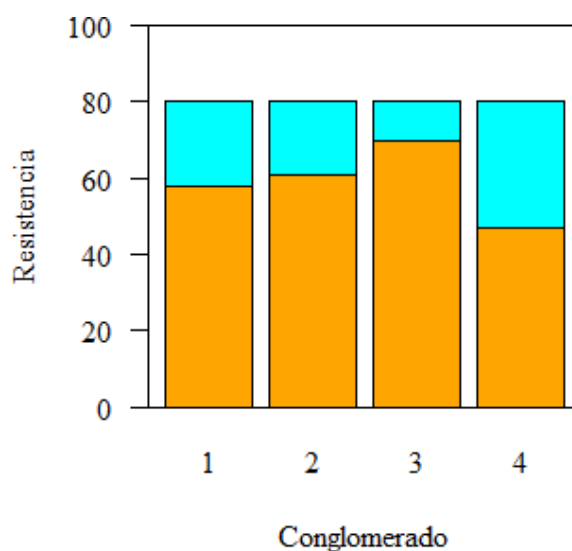


Figura 4A) Incidencia de frutos brocados, 4B) Incidencia de Roya, 4C) Incidencia de ramas muertas en los árboles según los niveles de resistencia bajo diferentes zonas altitudinales; Las letras diferentes reflejan diferencias significativas.

### 3.2 Niveles de resistencia por conglomerado

El conglomerado tres presentó niveles de resistencias superiores con relación a los demás (Figura 5), este conglomerado se caracteriza por contener las plantas de Café más jóvenes y también por abundantes plantas de banano, las cuales sirven de sombra para las pequeñas plantas de Café.



*Figura 5. Números de plantas de Café resistente en las fincas bajo diferentes conglomerados.*

Hay diferencia significativa en la incidencia de frutos brocados bajo los diferentes conglomerados (Figura 6A). Las variedades susceptibles de los conglomerados 1 y 3 presentaron mayores incidencias de frutos brocados. Las variedades susceptibles de los conglomerados 1 y 3 poseían menos números de árboles asociados en comparación con los resistentes 1 y 3, con excepción del conglomerado 1 en la zona baja, en el cual las fincas, que tenían variedades resistentes obtuvieron 19 árboles asociados y las variedades susceptibles 21 árboles.

Existe evidencia significativa entre los conglomerados de variedades resistentes y susceptibles a la Roya del Café. La incidencia de Roya fue mayor en todos los conglomerados de las variedades susceptibles con relación a los resistentes (Figura 6B).

Como se aprecia en la Figura 6C, las plantas susceptibles del conglomerado 3 muestran una diferencia significativa, presentando un mayor número de ramas muertas en comparación con las plantas resistente del conglomerado 3, las plantas susceptibles del conglomerado 3 alto y bajo poseían desde cero a 10 árboles, mientras que las plantas resistentes de ese mismo conglomerado poseían 40 y 30 árboles asociado. Las edades de las plantas susceptibles del conglomerado 3 eran de 40 años, por lo que también se le atribuye estas grandes proporciones de ramas muertas a la vejez y a la acumulación de enfermedades durante los años.

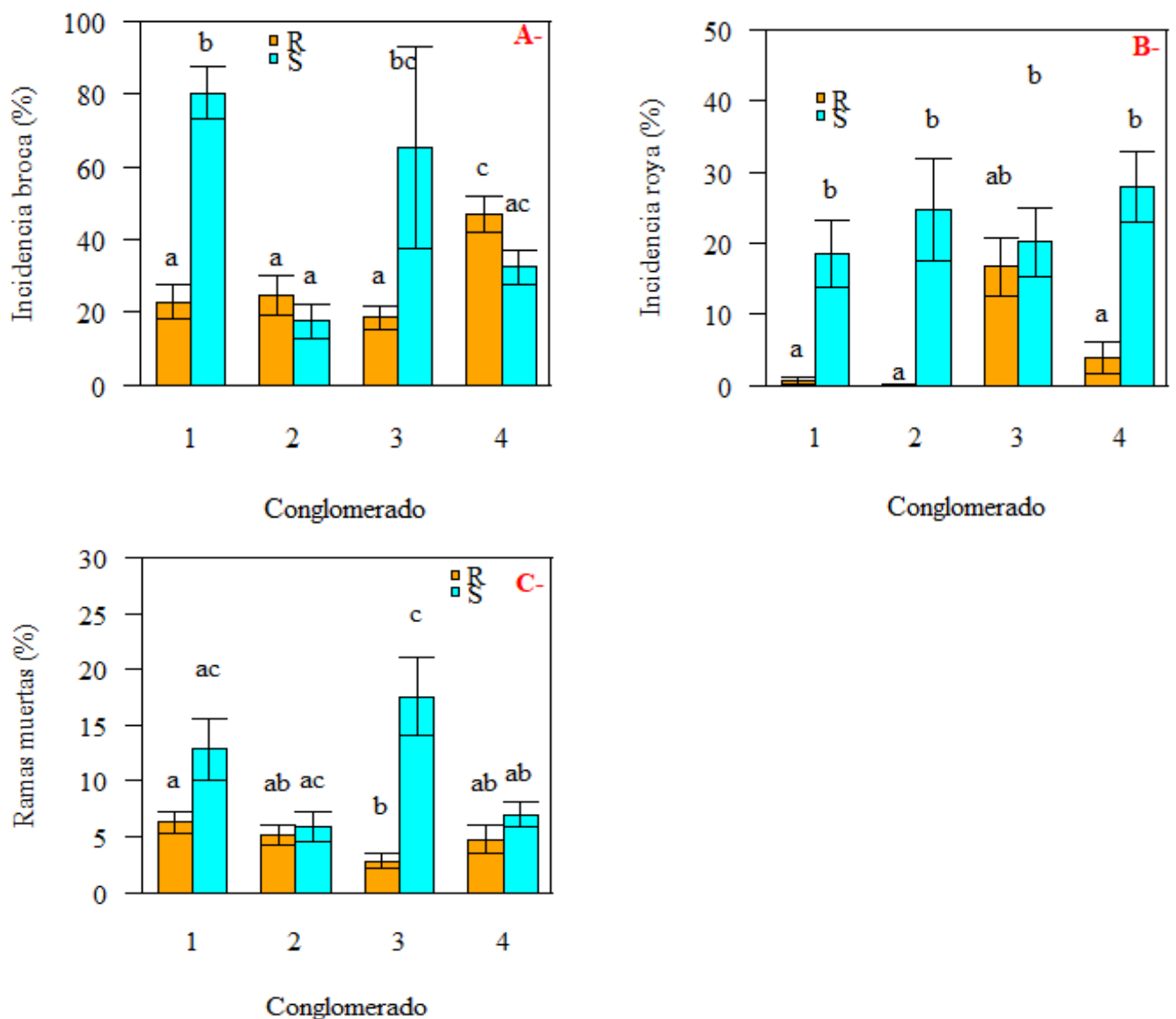


Figura 6A) Incidencia de frutos brocados, 5B) Incidencia de Roya, 5C) Incidencia de ramas muertas bajo diferentes conglomerados; Las letras diferentes reflejan diferencias significativas.

### 3.3 Efecto de la sombra y de la riqueza en arboles asociados sobre la incidencia de la Broca y la Roya del Café

#### a. Incidencia de frutos brocados

Hay evidencia significativa ( $P$  valor  $< 0.001$ ; coeficiente de correlación:  $-51.5\%$ ), en donde la población de broca tuvo una mayor incidencia en cafetales de zona baja con más del 80% de infestación cuando los porcentajes de sombra oscilaban entre un 58 a 60 % (Figura 7). Se observa una reducción paulatina de la Broca a medida que aumentaba el sombrío, mientras que en la zona alta no existe evidencia significativa ( $P$  valor  $= 0.94$ ; coeficiente de correlación:  $-0.55\%$ ),

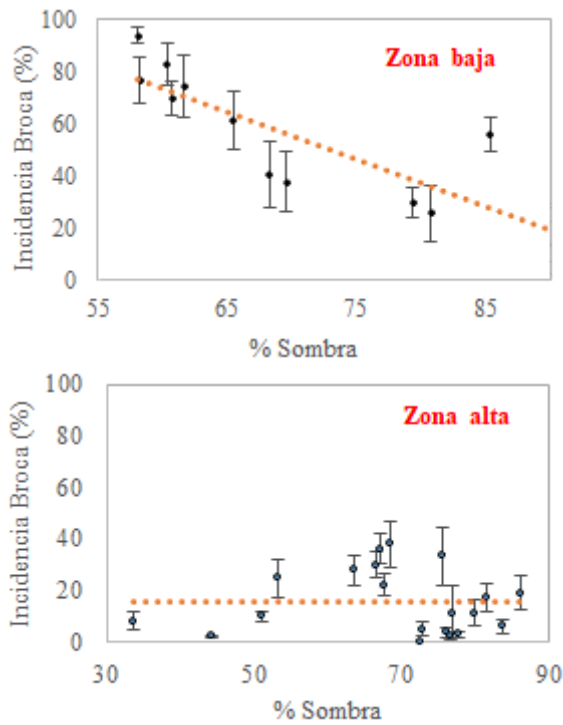


Figura 7. Incidencia de frutos brocados en altitudes baja y alta bajo diferentes niveles de sombra.

Existe evidencia significativa en la incidencia de frutos brocados bajo el número de árboles asociados ( $P$  valor=0.009; coeficiente de correlación: -16.4%) existe una tendencia de disminución de frutos brocados cuando los árboles asociados son más de 10 (Figura 8).

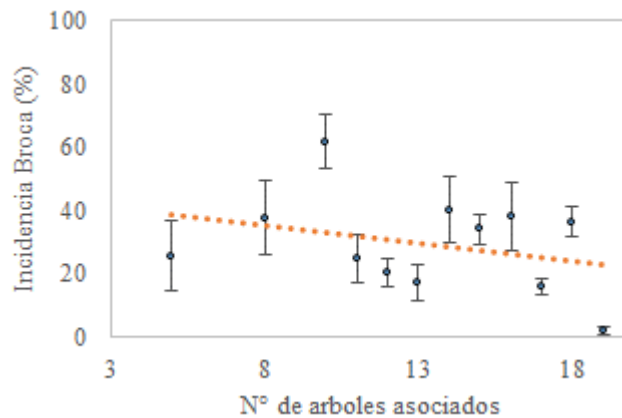


Figura 8. Incidencia de frutos brocados bajo diferentes números de árboles asociados.

## b. Incidencia de la Roya

Para el efecto de la sombra sobre la incidencia de la Roya, se trabajó con las variedades susceptibles. Hay una tendencia en la disminución de la Roya del Café no muy significativa a medida que aumentan los niveles de sombra para las variedades susceptibles en la zona baja ( $P$  valor=0.23; coeficiente de correlación: -19.1%) (Figura 9A), no obstante, se encuentran evidencias significativas, a medida que aumentan los niveles de sombra, también aumenta la infestación de la Roya obteniendo niveles de incidencia mayores con porcentaje de sombra sobre 68% ( $P$  valor=0.001; coeficiente de correlación: 46.7%), en la zona alta (Figura 9B).

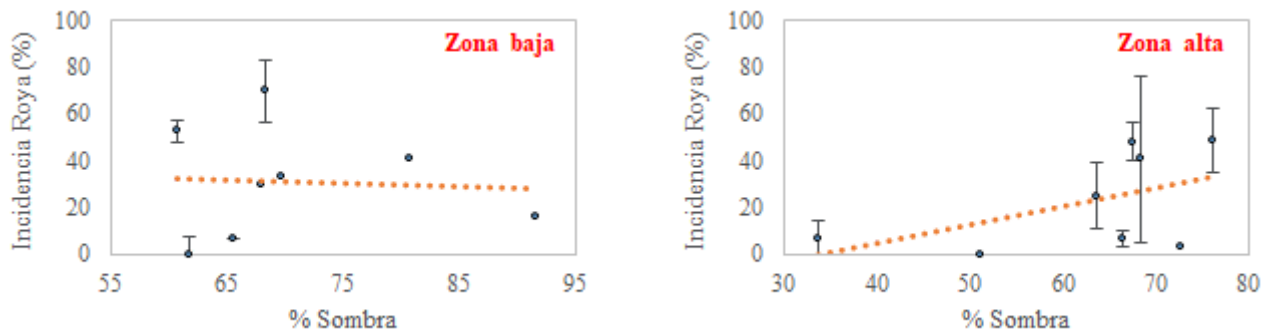


Figura 9. Incidencia de Roya (variedades susceptibles) en zona baja y alta bajo diferentes niveles de sombra.

No existe diferencia significativa ( $P$  valor=0.70 coeficiente de correlación: 4.2%) en los números de árboles asociados con relación a la incidencia de roya en ambas zonas (Figura 10A), pero se puede apreciar que en la zona baja ( $P$  valor=0.91; coeficiente de correlación= -1.7%) existe una tendencia en la disminución de la Roya a medida que aumentan los árboles asociados, a diferencia de la zona alta (Figura 10B) se refleja una tendencia del aumento de la incidencia de roya cuando se aumentan los árboles asociados.

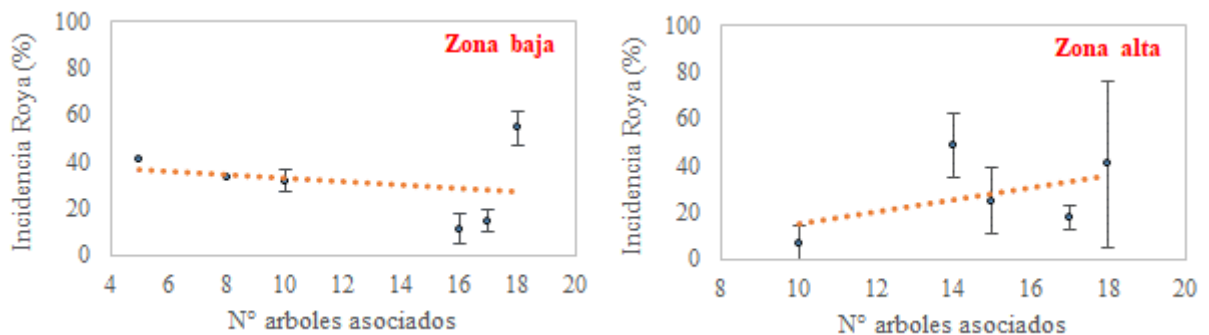


Figura 10. Incidencia de Roya (Variedades susceptibles) en zona baja y alta bajo diferentes números de árboles asociados

### c. Incidencia ramas muertas

No hay ningún efecto significativo de la sombra ( $p > 0.05$ ) o de la riqueza en árboles asociados sobre la incidencia de las ramas muertas.

### 3.4 Efecto de los daños bajo la incidencia de la Broca del Café

Existe evidencia significativa ( $P$  valor= 0.003, coeficiente de correlación= 51%) en el aumento en los niveles de daños de los granos con la incidencia de Broca, habiendo una relación lineal positiva, en donde los daños de los frutos están influenciados notablemente por las poblaciones de Broca (Figura 11).

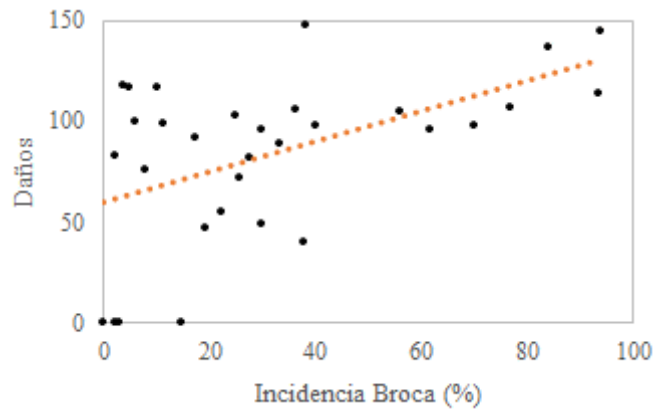


Figura 11. Niveles de daños de los frutos bajo la incidencia de Broca.

No hay evidencia significativa de la reducción de los frutos brocados bajo los diferentes tipos de manejo ( $P > 0.05$ ), pero todas las prácticas muestran una tendencia en la disminución de los daños cuando se aplica cualquier tipo de manejo (Figura 12).

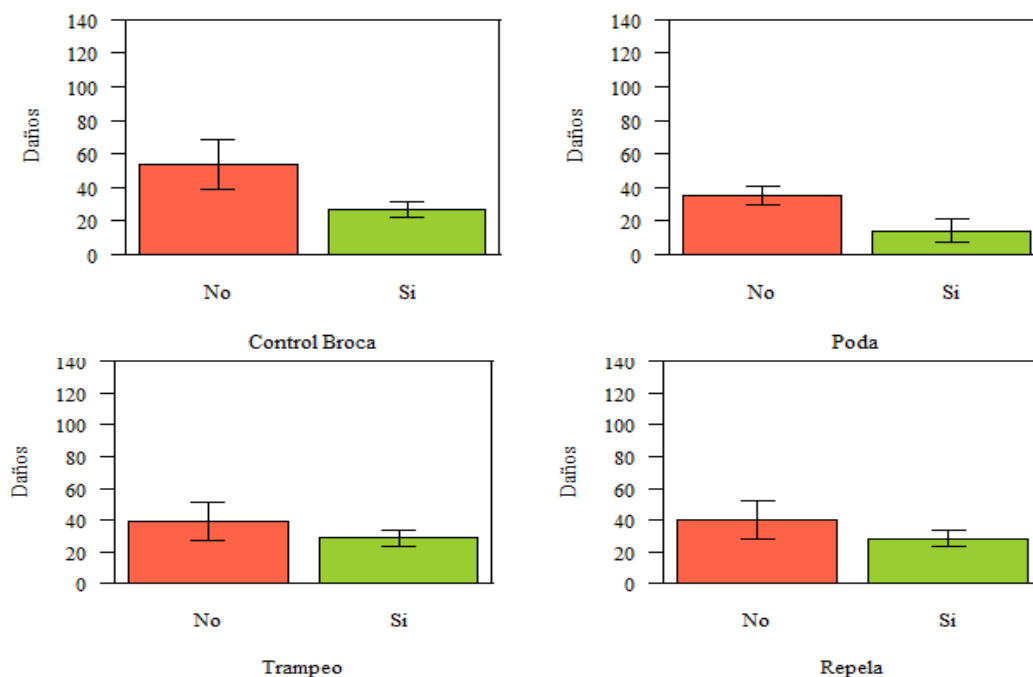


Figura 12. Daños causados por la Broca bajo diferentes tipos de manejos.



### 3.5 Correlación entre incidencia de frutos brocados, de frutos remanentes y la sombra

Existe evidencia significativa ( $P=0.04$  y coeficiente de correlación = 48%) entre la incidencia de frutos brocados dentro de los frutos remanentes y la incidencia de la broca dentro los frutos antes de la cosecha. Según la Figura 13, el porcentaje de broca antes de la cosecha tiene un efecto positivo en el aumento de la broca dentro los frutos remanentes postcosecha.

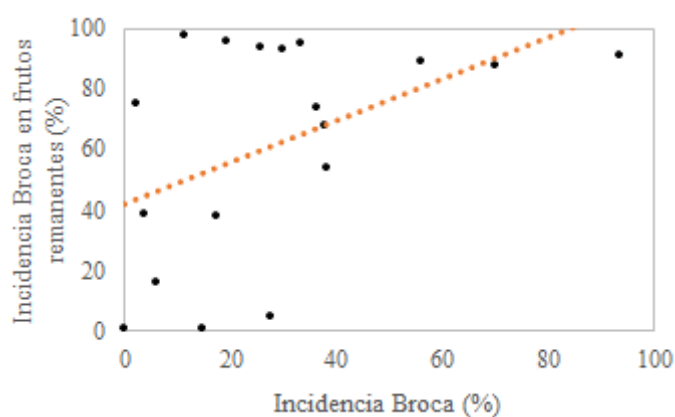


Figura 13. Incidencia de frutos remanente brocados bajo la incidencia de frutos brocados

Según la Figura 14, existe una relación positiva ( $P=0.002$ ; coeficiente de correlación= 57%) entre los números de insectos vivos dentro los frutos colectados y la incidencia de los frutos remanentes brocados, en donde se aprecia que, a mayor incidencia de frutos remanentes brocados, mayor es el número de insectos vivos dentro de los frutos en postcosecha.

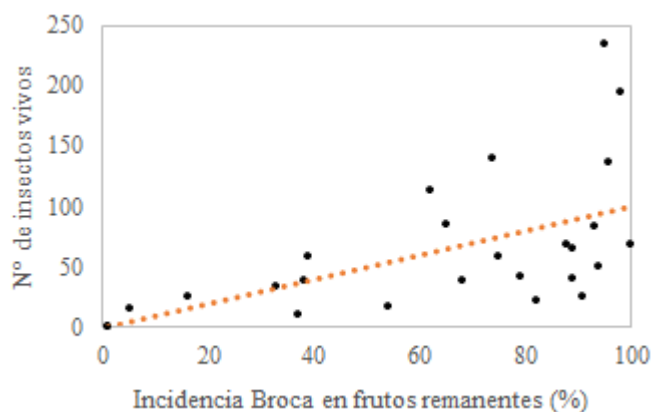


Figura 14. Incidencia de broca en frutos remanentes bajo los números de insectos vivos.

Para evaluar el efecto de la sombra sobre la incidencia de los frutos brocados remanentes, trabajamos con las fincas donde había más de 50% de frutos brocados dentro los frutos remanentes. Se puede ver una relación positiva ( $p=0.04$ ) y coeficiente de correlación: 48.6%, observándose una mayor incidencia de frutos brocados remanentes cuando los porcentajes de sombra excede el 68%, observándose porcentajes de frutos brocados remanentes hasta un 95%. No hay evidencia significativa bajo los diferentes niveles de sombra ( $p=0.97$ ) para las parcelas con menos de 50% de frutos brocados remanentes (Figura 15).

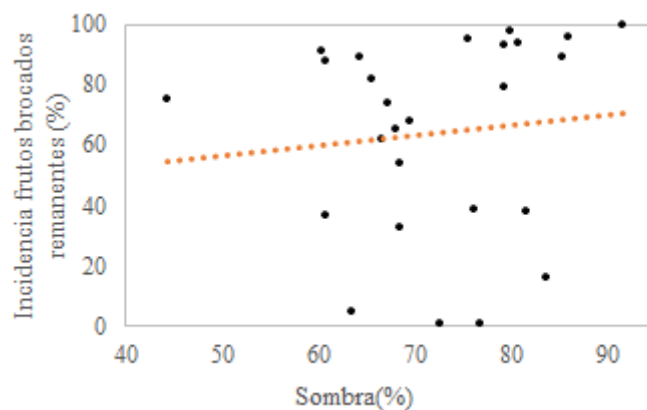


Figura 15. Incidencia de frutos brocados remanentes bajo los diferentes niveles de sombra.

## 4. DISCUSIÓN

### 4.1 Efecto de la zona geográfica y de las variedades sobre la incidencia de frutos brocados y la Roya del Café

#### 4.1.2 Edades de las variedades cafetales resistentes y susceptibles bajo las diferentes zonas altitudinales

Los resultados demuestran que gran parte de la caficultura dominicana mantiene la producción variedades de Café como el Típica y el Caturra, estos materiales sembrados en el país son muy viejos y susceptibles a la Roya del Café. La edad de estos materiales susceptibles supera los 22 años de plantación, las cuales están distribuidas en gran escala en la zona Baja. El país se encuentra en un proceso de renovación de variedades resistentes a la Roya como la Costa Rica 95 y la T-8667, las cuales son las más sembradas por los pequeños productores en todo el territorio nacional.

#### 4.1.3 Incidencia de frutos brocados bajo diferentes zonas altitudinales

Nuestro estudio evidencia que la altitud/temperatura tiene un efecto significativo sobre la población de la Broca y la incidencia de la Roya. La incidencia de frutos brocados es mayor en la zona baja en comparación con la zona alta, esto coincidió con los hallazgos de Constantino *et al.* (2011), en donde sus resultados demostraron que

hubo una mayor incidencia de frutos brocados en altitudes por debajo de los 1,200 m.s.n.m. En un rango de altitud de 600 a 1,100 m.s.n.m. (Soto-Pinto 2002) tuvo temperaturas promedio de 22-24 °C, resultados similares a los nuestros, teniendo mayor número de frutos brocados en altitudes bajas con respecto a la zona alta.

#### **4.1.4 Efecto de la altitud sobre la incidencia de la Roya del Café**

Avelino *et al.* (2004) reportan que la alta altitud tiene un efecto desfavorable para el desarrollo de la enfermedad de la Roya del Café, ya que a mayores altitudes la temperatura tiende a disminuir, por lo que se crean condiciones no favorables para el desarrollo de la enfermedad. El mismo autor reporta que en rangos (entre 18.8 y 27.7°C) fueron favorables para su desarrollo, nuestros resultados sustentan estos efectos, ya que la temperatura promedio de las zonas altas fue de 19.5°C (Anexo 2), la cual no eran convenientes para el desarrollo de la enfermedad. Cabe mencionar que la altitud y el microclima tienen un efecto sobre esta enfermedad, como también es el caso de la humedad relativa que favorece su avance, la cual no fue evaluada en esta investigación.

#### **4.2 Incidencia de ramas muertas bajo diferentes zonas altitudinales**

El gran porcentaje de ramas muertas de la zona baja en variedades susceptibles está relacionado a la vejez de las plantaciones de Café. Las variedades susceptibles a la Roya son más viejas que las plantas resistentes a la enfermedad. Las variedades susceptibles de la zona baja promedian una edad de 31 años, mientras que en la zona alta alcanzaban los 22.8 años con un promedio de 7 ramas muertas, en cambio las variedades resistentes en ambas zonas tienen entre 8 y 4 años con un promedio de ramas no productivas de 4 y 6 unidades respectivamente, (Avelino *et al.* 2018) hace referencia a que el número de ramas muertas (ramas no productivas) es causada por la acumulación de los daños causados por las enfermedades fúngicas a lo largo de los años, entre ellas la Roya del Café (*Hemileia vastatrix*).

#### **4.3 Porcentaje frutos totales y nudos fructíferos bajo diferentes zonas altitudinales**

Los resultados obtenidos en ambas zonas mostraron diferencias en el porcentaje de frutos totales. Estos bajos porcentajes de frutos totales en la zona baja, se debe a que al momento de realizar la evaluación de los indicadores de producción coincidió en la mayoría de los casos con la época de cosecha. Las zonas altitudinales no mostraron diferencias importantes sobre los nudos fructíferos en plantas susceptibles y resistentes entre las dos zonas. La pequeña diferencia en la zona baja está relacionado a la vejez de la plantación y por la época de cosecha, por lo cual las variedades resistentes aun no estaban en su pico de producción debido a su corta edad, que apenas alcanzan los 4 años, por lo que se espera un menor número de nudos fructíferos, mientras que en las variedades susceptibles existe un mayor número de nudos fructíferos, ya que las plantaciones tienen en promedio una edad de 31 años.

## **4.4 Efecto de la sombra sobre la incidencia de los frutos brocados, insectos vivos y Roya del Café**

### **4.4.1 Efecto de la sombra sobre la Broca del Café**

Los resultados demuestran que hay un promedio óptimo de niveles de sombra que favorece el aumento de las poblaciones de la Broca. La incidencia de los frutos brocados disminuía cuando los niveles de sombra aumentan a más del 60%, no obstante, Mariño (2016) afirma que la sombra favorece la infestación de frutos brocados y que ésta influye directamente sobre la broca, ya que cambia las condiciones de la humedad, viento y temperatura, en cambio, otros de nuestros resultados indican que la incidencia de frutos brocados remanentes es favorecida por el aumento de la sombra. Baker *et al* (1992) demostraron que la Broca se desarrolló más rápido en el suelo, por lo que hubo una mayor proporción de insectos en los frutos en el suelo en comparación con los frutos que se encontraban en la planta.

### **4.4.2 Efecto de la sombra sobre la Roya**

Para el caso de la Roya del Café en la zona alta con promedios de 30 a 60% de sombra, se obtuvieron porcentajes de Roya mínimos, sin embargo, cuando la sombra sobrepasaba el 68%, la Roya del Café mostró un aumento en la infestación. Es difícil de concluir sobre el efecto de la sombra sobre la Roya. Eso se verifica con los resultados adversos también obtenidos en la literatura. Avelino (2014) muestra de que el efecto de la sombra es cuestionable sobre el incremento de la enfermedad. Beer *et al.* (1998) manifiestan que la enfermedad causa daños tanto a pleno sol como en plantaciones bajo sombra.

## **4.5 Efecto de las prácticas sobre los daños**

Los resultados de las prácticas de manejo utilizadas para reducir las poblaciones de la Broca (Figura 11) no fueron significativos, a pesar de que cada tipo de manejo muestra una tendencia en la disminución de la plaga, no es suficientemente eficaz para evitar la reducción de los daños, ya que casi la mitad de los entrevistados apenas utilizaba trampas, y menos de un tercio de la población de los productores hacia prácticas de poda postcosecha y no todos hacían repela, por lo tanto, determinamos que los productores no tienen plan de manejo bien definido para reducir las poblaciones de Broca según los resultados obtenidos. De acuerdo con Duque y Cháves (2000) citados por Bustillo (2006), explican que el manejo integrado de la Broca es una práctica difícil para ser asimilada y llevada a cabo por los productores. También Damon (2000) ratifica que el manejo de la Broca es muy difícil de controlar, debido a que el insecto se aísla dentro del fruto.

## **4.6 Incidencia de la broca en frutos remanentes bajo el número de insectos vivos**

Los resultados de esta investigación indican que el aumento de la incidencia de broca en los frutos remanentes favoreció el aumento de los insectos vivos dentro la parcela, lo cual implicaría un aumento en las poblaciones del insecto para el siguiente ciclo de producción (Baker 1984). Castaño-Sanint *et al.* (2005), encontraron brocas vivas en frutos infestados después de tres meses, detectando casi en promedio un insecto por fruto, aunque evidenciaron pocos estados de brocas muertas en comparación con los estados vivos, indican que los insectos vivos emergieron para seguir invadiendo nuevas zonas de Café hasta 30 metros de distancia.

## 5. CONCLUSIONES

- La mayoría de los sistemas agroforestales dominicanos tienen un alto porcentaje de sombra, lo cual representa un efecto adverso en el rendimiento de las plantas más viejas.
- Los SAFC Dominicanos de la baja y alta altitud (<800 y >800 m.s.n.m.), de variedades susceptibles, sobrepasan los 20 años, lo que representa materiales muy viejos y poco productivos, así como una reducción en los indicadores de producción; menos nudos fructíferos, frutos totales y mayores porcentajes de ramas muertas.
- Los productores dominicanos no tienen un plan de manejo bien definido para el control de la Broca y la Roya del Café.
- La sombra influye sobre la incidencia de frutos brocados en la zona baja (<800 m.s.n.m.), se encuentran mayores porcentajes de frutos brocados cuando el porcentaje de sombra oscila entre un 55 y 60%. En niveles de sombra por encima del 65%, las poblaciones de frutos brocados van disminuyendo paulatinamente.
- Las poblaciones de Broca en frutos remanentes favorecieron la incidencia de los insectos vivos después de la cosecha, lo cual representa un problema para las siguientes producciones de Café y también para las fincas cercanas, ya que pueden seguir cumpliendo su ciclo de reproducción.

## 6. RECOMENDACIONES

- Para reducir los daños causados por la Broca del Café en la zona baja, se recomienda hacer prácticas de poda de los árboles para garantizar un porcentaje de sombra, que exceda el 65% en la zona baja (<800 m.s.n.m.).
- A fin de reducir los daños causados por la Roya del Café, se sugiere mantener porcentajes de sombra entre 35 y 50% para las zonas altas (>800 m.s.n.m.).
- Se recomienda la eliminación exhaustiva de frutos remanentes postcosecha tanto de las plantas como del suelo en cualquiera de sus etapas fisiológicas, ya que estos sirven como una fuente de sobrevivencia para la Broca y pueden completar su ciclo de reproducción para la siguiente producción de Café y como también la aplicación de prácticas de manejo como la poda de los árboles de sombra y la repela.
- Dado que los resultados del manejo sobre el control de la Broca no fueron significativos y debido al poco conocimiento de los pequeños productores sobre el manejo del insecto, se recomienda hacer capacitaciones sobre un plan manejo integrado, además de las instalaciones de trampas al momento de finalizar la cosecha, para que tenga un efecto positivo en la reducción de la población de la Broca del Café.
- Debido a que la gran mayoría de las plantas susceptibles a la Roya del Café sobrepasan la edad de 20 años, se recomienda promover a través de las instituciones gestoras del cultivo, un programa de renovación de plantas resistentes, ya que son plantaciones que con la edad han perdido productividad.

## 7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aguilar, A; Calderón, M; Gómez, D; Guharay, F; Mendoza, R; Monterrey, J; Monterroso, D; Staver, C. 2004. Conceptos Basicos Mip.
- Avelino 1, Gr. 2014. La Roya Anaranjada Del Cafeto:1-47. Disponible En [Https://Hal.Archives-Ouvertes.Fr/Hal-01071036/Document](https://Hal.Archives-Ouvertes.Fr/Hal-01071036/Document)
- Avelino; J; Allinne; C; Cerda; R; Willocquet; L; Savary, S. Multiple-Disease System in Coffee: From Crop Loss Assessment to Sustainable Management Annual Review of Phytopathology: doi 10.1146/annurev-phyto-080417050117
- Baker, P. S. (1984). "Some Aspects Of The Behavior Of The Coffee Berry Borer In Relation To Its Control In Southern Mexico (Coleoptera, Scolytidae)." Folia Entomológica Mexicana: 9-24.
- Baker Ps; Barrera Jf; A., R. 1992. Life-History Studies Of The Coffee Berry Borer (Hypothenemus Hampei, Scolytidae) On Coffee Trees In Southern Mexico Journal Of Applied Ecology:656-662.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1997. Shade Management In Coffee And Cacao Plantations Agroforestry Systems 38(1/3):139-164. Doi 10.1023/A:1005956528316
- Bustillo, AEP. 2006. Una Revisión Sobre La Broca Del Café, Hypothenemus Hampei (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), En Colombia Revista Colombiana De Entomología:101-116.
- Castaño-Sanint, A; Benavides-Machado, P; Baker, Ps. 2005. Dispersión De Hypothenemus Hampei En Cafetales Zoqueados Cenicafé:142-150.
- Codocafe (Consejo Dominicano Del Café) 2012. Serie Histórica De La Producción, Exportación Y Divisas Del Café Dominicano Años Cafeteros Del 1939-1940 Al 2009-2010. Santo Domingo. Do.
- Constantino, Lm; Gil, Zn; Jaramillo, A; Benavides, P. 2011. Efecto Del Cambio Y La Variabilidad Climática En La Dinámica De Infestación De La Broca Del Café, Hypothenemus Hampei, En La Zona Central Cafetera De Colombia: Doi 10.13140/Rg.2.1.4683.9205
- Damon, A. 2000. A Review Of The Biology And Control Of The Cbb.Pdf> Bulletin Of Entomological Research:453-465.
- David-Rueda, G; C., Lmc; Montoya., Ec; M., Oeo; Gil, Zn; Benavides-Machado, P. 2016. Diagnóstico De Leucoptera Coffeella (Lepidoptera: Lyonetiidae) Y Sus Parasitoides En El Departamento De Antioquia, Colombia. 4 P. (Revista Colombiana De Entomología). Disponible En [Http://Www.Scielo.Org.Co/Pdf/Rcen/V42n1/V42n1a02.Pdf](http://Www.Scielo.Org.Co/Pdf/Rcen/V42n1/V42n1a02.Pdf)

- Fao. 2015. Perfil De País – República Dominicana. Aquastat (Ed.) 1 P. Disponible En [Http://Www.Fao.Org/3/Ca0414es/Ca0414es.Pdf](http://Www.Fao.Org/3/Ca0414es/Ca0414es.Pdf)
- Galtier F; Del Rosario, P; Camilo, J.; Santos, U.; Romero, J. 2007. Caracterización De Las Empresas Cafetaleras. Instituto Dominicano De Investigaciones Agropecuarias Y Forestales (Idiaf). Santo Domingo. Do.
- ICO. 2013. Informe sobre el brote de la roya del café en Centroamérica y plan de acción para combatir la plaga. Organización Internacional del Café. 1-7 p.
- ICO (International Coffee Organization). 2007. ICO: Aspectos botánicos (en línea, sitio web). Consultado 17 Jun. 2019. Disponible en [http://www.ico.org/es/botanical\\_c.asp](http://www.ico.org/es/botanical_c.asp).
- Jha, S; Bacon, CM; Philpott, SM; Rice, RA; Méndez, VE; Läderach, P. 2011. A Review of Ecosystem Services, Farmer Livelihoods, and Value Chains in Shade Coffee Agroecosystems 1:141-208. doi 10.1007/978-94-007-1309-3\_4
- McCook, S. 2006. Global rust belt: *Hemileia vastatrix* and the ecological integration of world coffee production since 1850 *Journal of Global History* 1(2):177-195. doi 10.1017/s174002280600012x
- Mariño, Y. A., Et Al. (2016). "Sun Vs. Shade Affects Infestation, Total Population And Sex Ratio Of The Coffee Berry Borer (*Hypothenemus Hampei*) In Puerto Rico." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 222: 258-266.
- Montagnini, F; Somarriba, E; Murgueitio, E; Fassola, H; Eibl, B. 2015. Sistemas Agroforestales : Funciones Productivas, Socioeconómicas Y Ambientales (Online). S.L., S.E. 461 P. Disponible En [Http://Repositorio.Bibliotecaorton.Catie.Ac.Cr/Bitstream/Handle/11554/7124/Sistemasagroforestales.Pdf?Sequence=1#Page=276](http://Repositorio.Bibliotecaorton.Catie.Ac.Cr/Bitstream/Handle/11554/7124/Sistemasagroforestales.Pdf?Sequence=1#Page=276).
- Porto, Bn; Caixeta, Et; Mathioni, Sm; Vidigal, Pmp; Zambolim, Lr; Zambolim5, Em; Donofrio, N; Polson, Sw; Maia, Ta; Chen, C; Adetunji, M; Kingham, B; Dalio, Rjd; Vilela, Mrlc; Resende, D. 2019. Genome Sequencing And Transcript Analysis
- Soto-Pinto, L; Perfecto, I; Caballero-Nieto, J. 2002. Shade Over Coffee: Its Effects On Berry Borer, Leaf Rust And Spontaneous Herbs In Chiapas, Mexico *Agroforestry Systems* 55(1):37-45.
- Souza, Agc; Rodrigues, Fá; Maffia, La; Mizubuti, Esg. 2011. Infection Process Of *Cercospora Coffeicola* On Coffee Leaf *Journal Of Phytopathology* 159(1):6-11. Doi 10.1111/J.1439-0434.2010.01710.X
- O'Brien, Tg; Kinnaird, Mf. 2003. Caffeine And Conservation 300:587.



## 8. Anexos

### Anexo 1. Formulario 3. Encuesta de prácticas de manejo y control de broca del Café



#### Encuesta de prácticas de manejo y control de broca del Café Dirigido a productores de Café en República Dominicana.

Aviso. Los resultados de esta encuesta contribuirán a reunir información sobre la situación actual del control de la broca del Café en República Dominicana, así como la evaluación de problemas que frenan el desarrollo de alternativas para el mejoramiento de prácticas y tecnologías en el sector cafetalero.

Instrucciones de llenado. Marque con una X las casillas que consideres te permitan describir tu actividad como caficultor en la región a la que pertenece.

#### Parte 1. Usted y su cafetal

Regional: \_\_\_\_\_ Tipo de productor: Pequeño:  Mediano:  Grande:   
Provincia: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_ Superficie de la finca: \_\_\_\_\_  
Variedad de Café: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

#### Parte 2. Control de broca y otras plagas

¿Usted considera que la broca ocasiona pérdidas en su cafetal?

Si:  ¿Cuánto? \_\_\_\_\_ No:

¿Qué otras plagas le ocasionan daños?: \_\_\_\_\_

¿Usted realiza el control de broca y otras plagas (y enfermedades)?

No:  Si:  ¿Cómo? Insecticidas:  fungicidas:

Control biológico: Beauveria bassiana:  Trampeo:

Poda del cafetal:  Repela estricta:  Poda fitosanitaria

Conserva hormigas para el control:  Utiliza la biodiversidad para el control:

¿Realiza cosecha sanitaria en las ramas?

No:  Si:  ¿Cuándo? \_\_\_\_\_

¿Qué tanto le funciona el tipo de control de la broca en su cafetal?

Mucho Poco Muy Poco No uso

|                    |                          |                          |                          |                          |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Control biológico: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Trampeo:           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cosecha sanitaria: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Poda del cafetal:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Repela estricta:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Insecticidas:      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**¿Qué limitaciones tiene usted en sus prácticas de control de la broca en el cafetal?**

|                    | Precio                   | Efectividad              | Conocimiento             | Daños al ambiente        |
|--------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Control biológico: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Trampeo:           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Cosecha sanitaria: | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Poda del cafetal:  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Repela estricta:   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Insecticidas:      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

**¿Qué beneficios observa usted que da la sombra a su cafetal?**

Mejora el suelo:  Incrementa productividad:  Menos broca

Otro: \_\_\_\_\_ Ninguno

Nota. Si usted quisiera compartirnos su experiencia y mostrarnos como realiza sus actividades de manejo para el control de broca y otras plagas en su cafetal, puede proporcionarnos su nombre y teléfono de contacto. Nosotros te contactamos.

Nombre:

Teléfono o correo electrónico:

**Muchas gracias por su colaboración**

## Anexo 2. Temperatura promedio

| No. Finca | Conglomerado | Promedio Temperatura |        |
|-----------|--------------|----------------------|--------|
|           |              | Suelo                | Foliar |
| 1         | 1 Alto       | 21.4                 | 21.6   |
| 11        | 2 Alto       | 18.6                 | 18.4   |
| 12        | 2 Alto       | 19.4                 | 19.1   |
| 22        | 3 Alto       | 20.5                 | 20.5   |
| 25        | 3 Alto       | 17.2                 | 17.6   |
| 29        | 3 Bajo       | 21.3                 | 20.9   |
| 31        | 4 Alto       | 19.7                 | 20.4   |
| 36        | 4 Bajo       | 21.8                 | 21.8   |

## Anexo 1. Formulario 1. Registro de la cobertura de sombra

Parcela: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

| Estación                       | Puntos por estación |   |   |   | Promedio |
|--------------------------------|---------------------|---|---|---|----------|
|                                | 1                   | 2 | 3 | 4 |          |
| 1                              |                     |   |   |   |          |
| 2                              |                     |   |   |   |          |
| 3                              |                     |   |   |   |          |
| 4                              |                     |   |   |   |          |
| 5                              |                     |   |   |   |          |
| <b>Promedio general (PG) =</b> |                     |   |   |   |          |

$$\% \text{ COBERTURA} = \frac{\text{PG}}{\text{Número cuadros contados}} \times 100$$

Número cuadros contados

$$\% \text{ COBERTURA} = \frac{\text{PG}}{\text{Número cuadros contados}} \times 100$$

$$\% \text{ COBERTURA} = \frac{\text{PG}}{\text{Número cuadros contados}} \times 100$$

## Anexo 2. Formulario 2. Localización y georeferenciación

| LOCALIZACIÓN DE LA FINCA                           |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| NÚMERO DE PARCELA                                  |   | Fecha:                |
| Regional   |   | PORCENTAJE DE SOMBRA: |
| PROVINCIA;   |   |                       |
| COMUNIDAD  |   |                       |
| NOMBRE DE LA FINCA                                 |   |                       |
| NOMBRE DEL PROPIETARIO<br>Y/O ENCARGADO            |   |                       |
| TOPOGRAFÍA - DATOS TOMADOS PARA LA PARCELA DE CAFÉ |   |                       |
| ALTITUD  |   |                       |
| COORDENADAS<br>GEOGRAFICAS                         | N | W                     |

**Anexo 5. Formulario 3. Registro de frutos con broca en tres ramas de las plantas de Café seleccionadas**

| <b>Parcela:</b>     | <b>Planta 1</b>   |                   |                   | <b>Planta 2</b>   |                   |                   | <b>Planta 3</b>   |                   |                   | <b>Planta 4</b>   |                   |                   |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Fecha:</b>       | <b>Rama<br/>1</b> | <b>Rama<br/>2</b> | <b>Rama<br/>3</b> | <b>Rama<br/>1</b> | <b>Rama<br/>2</b> | <b>Rama<br/>3</b> | <b>Rama<br/>1</b> | <b>Rama<br/>2</b> | <b>Rama<br/>3</b> | <b>Rama<br/>1</b> | <b>Rama<br/>2</b> | <b>Rama<br/>3</b> |
| Nº total de frutos  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Nº frutos con Broca |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |

| <b>Parcela</b>      | <b>Planta 5</b>   |                   |                   | <b>Planta 6</b>   |                   |                   | <b>Planta 7</b>   |                   |                   | <b>Planta 8</b>   |                   |                   |
|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Fecha:</b>       | <b>Rama<br/>1</b> | <b>Rama<br/>2</b> | <b>Rama<br/>3</b> | <b>Rama<br/>1</b> | <b>Rama<br/>2</b> | <b>Rama<br/>3</b> | <b>Rama<br/>1</b> | <b>Rama<br/>2</b> | <b>Rama<br/>3</b> | <b>Rama<br/>1</b> | <b>Rama<br/>2</b> | <b>Rama<br/>3</b> |
| Nº total de frutos  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
| Nº frutos con Broca |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |

**Anexo 6. Formulario 4. Registro de enfermedades y plagas en hojas de plantas de Café seleccionadas**

| <b>Parcela:</b>  | <b>Planta 1</b> |        |        | <b>Planta 2</b> |        |        | <b>Planta 3</b> |        |        | <b>Planta 4</b> |        |        |
|------------------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
| <b>Fecha:</b>    | Rama 1          | Rama 2 | Rama 3 | Rama 1          | Rama 2 | Rama 3 | Rama 1          | Rama 2 | Rama 3 | Rama 1          | Rama 2 | Rama 3 |
| N° hojas         |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |
| Roya             |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |
| Mancha de hierro |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |
| Ojo de gallo     |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |
| Minador          |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |

| <b>Parcela:</b>  | <b>Planta 5</b> |        |        | <b>Planta 6</b> |        |        | <b>Planta 7</b> |        |        | <b>Planta 8</b> |        |        |
|------------------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
| <b>Fecha:</b>    | Rama 1          | Rama 2 | Rama 3 | Rama 1          | Rama 2 | Rama 3 | Rama 1          | Rama 2 | Rama 3 | Rama 1          | Rama 2 | Rama 3 |
| N° hojas         |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |
| Roya             |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |
| Mancha de hierro |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |
| Ojo de gallo     |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |
| Minador          |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |                 |        |        |

## Anexo 7. Densiómetro esférico cóncavo



Figure 16. Densiómetro esférico cóncavo