

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SEDE DEL ATLÁNTICO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

Práctica Dirigida sometida a consideración de la Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agroalimentarias como requisito parcial para optar al grado: Título Profesional de Ingeniero con el grado académico de Licenciado en Agronomía

PLAN DE MANEJO DE LAS FINCAS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) DELA COOPERATIVA AGRÍCOLA INDUSTRIAL VICTORIA R.L., GRECIA, COSTA RICA, 2020.

Evelyn Cedeño Álvarez

Turrialba, 2020

Plan de manejo de las fincas de café (*Coffea arabica*) de la Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R.L., Grecia, Costa Rica, 2020.

Práctica Dirigida sometida a consideración de la Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agroalimentarias como requisito parcial para optar al grado: Título Profesional de Ingeniero con el Grado Académico de Licenciado en Agronomía.

TRIBUNAL EVALUADOR

 Dra. Rosibel Orozco Vargas	Presidente del Tribunal
 Lic. Kenneth Largaespada Zelaya	Director del Trabajo Final de Graduación
 Dr. Carlos Henríquez Henríquez	Miembro del tribunal
 Lic. Gerardo Fonseca Brenes	Miembro del tribunal
 Dr. Werner Rodríguez Montero	Miembro del tribunal
 Bach. Evelyn Dayana Cedeño Álvarez	Sustentante

CONTENIDO

CONTENIDO	3
DEDICATORIA	9
AGRADECIMIENTOS	10
1. RESUMEN	11
2. INTRODUCCIÓN	13
3. JUSTIFICACIÓN:	15
4. OBJETIVOS	16
4.1. OBJETIVO GENERAL:	16
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	16
5. CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	17
5.1. ASPECTOS HISTÓRICOS DEL CAFÉ EN COSTA RICA:	17
5.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS:	17
5.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA:	18
5.4. REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS DEL CAFÉ:	18
5.4.1. ALTITUD Y TEMPERATURA:	18
5.5. VARIEDADES TRADICIONALES EN COSTA RICA:	19
5.6. ENFERMEDADES:	20
5.6.1. ROYA DEL CAFETO:	20
5.6.2. OJO DE GALLO:	21
5.6.3. OTRAS ENFERMERDADES:	21
5.7. PLAGAS:	21
5.8. ARVENSES:	22
5.9. MANEJO DEL CULTIVO:	22
5.9.1. SOMBRA:	22
5.9.2. SUELOS Y FERTILIZACIÓN:	22
5.9.3. PODA Y RENOVACIÓN:	23
5.9.4. DESHIJE:	23
5.9.5. COSECHA:	23
5.9.6. MERCADO:	24
5.10. AGRICULTURA DE PRECISIÓN:	24
ENFERMEDADES:	25
5.10.2. USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG):	25
5.10.3. MAPEO DEL INDICE DE AREA FOLIAR:	26
5.10.4. MODELACIÓN DE LOS CULTIVOS:	26

6. CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO:	28
6.2. MATERIAL VEGETAL:	28
6.3. UNIDAD MUESTRAL:	28
6.4. CONSULTA DOCUMENTAL:	29
6.5. RECOPIACIÓN DEL MATERIAL CARTOGRÁFICO	29
6.6. EVALUACIÓN DE VARIABLES:	30
6.6.1. DETERMINACIÓN DE FERTILIZACIÓN:	30
6.6.2. EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES:	31
6.6.2.1. EVALUACIÓN DE ROYA	31
6.6.2.2. OJO DE GALLO	33
6.6.2.3. DERRITE:	34
6.6.3. ARVENSES:	36
6.6.4. SOMBRA	38
7. CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN:	38
7.2. CARACTERIZACIÓN DE SOMBRA DE LAS FINCAS	39
7.4. ENFERMEDADES DEL CAFÉ:	58
7.4.5. CARACTERIZACIÓN DE ARVENSES:	76
8. ANÁLISIS DE COSTOS:	87
8.1. FINCA INÉS:	88
9. ASPECTOS A DESTACAR:	101
10. RECOMENDACIONES:	102
11. BIBLIOGRAFÍA:	104
12. ANEXOS	117

Índice de cuadros:

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica del Café.....	18
Cuadro 2. Escala de evaluación de severidad por <i>Hemileia vastatrix</i> en las hojas de café, utilizada en las fincas de R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	32
Cuadro 3. Escala de evaluación de la severidad por daño de <i>Mycena citricolor</i> utilizada en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	34

Cuadro 4. Escala de evaluación de la severidad por daño en las hojas de café de <i>Phoma costarricense</i> en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	35
Cuadro 5. Escala de evaluación del grado de abundancia de arvenses, empleado en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	36
Cuadro 6. Nivel de IPA: Indicador Poblacional de Abundancia de Arvenses utilizada en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	37
Cuadro 7. Niveles de IPEF: Indicador Poblacional de Estado Fenológico de Arvenses empleada en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	37
Cuadro 8. Nivel de cobertura de las arvenses utilizada en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	37
Cuadro 9. Resultados de análisis de suelos de las fincas donde se encuentran las parcelas de evaluación, en dos pisos altitudinales de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	43
Cuadro 10. Relación de bases (Ca, Mg y K) según el análisis de suelos de las fincas donde se encuentran las parcelas de evaluación, en dos pisos altitudinales de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	43
Cuadro 11. Resultados de los análisis foliares de las fincas donde se encuentran las parcelas de evaluación en dos pisos altitudinales CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	44
Cuadro 12. Dosis y aporte nutricional de las fórmulas utilizadas en las tres aplicaciones de fertilizante en variedad Geisha ubicada en la Finca La Inés, de CoopeVictoria R.L., Grecia, Costa Rica. 2019.....	46
Cuadro 13. Requerimientos nutricionales para un estimado de producción de 25 y 30 fanegas/hectárea para la variedad Geisha, en la Finca La Inés, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019. Fuente: Generada en SISAF.....	47
Cuadro 14. Materias primas utilizadas en la fórmula prefloración para las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019.....	49
Cuadro 15. Dosis y aporte nutricional de las fórmulas utilizadas en las tres aplicaciones de fertilizante en variedad Vic14 ubicada en la Finca Pinto, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019.....	51
Cuadro 16. Requerimientos nutricionales para un estimado de producción de 30 y 35 fanegas/hectárea para la variedad Pinto, en la Finca Pinto, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019. Fuente: Generada en SISAF.....	52
Cuadro 17. Dosis y aporte nutricional de las fórmulas utilizadas en las tres aplicaciones de fertilizante en variedad Obatá ubicada en la Finca Clotilde, de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica 2019.....	54
Cuadro 18. Requerimientos nutricionales para un estimado de producción de 30 y 35 fanegas/hectárea para la variedad Obatá, con 6 años después de la siembra en la Finca Clotilde, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	55
Cuadro 19. Dosis y aporte nutricional de las fórmulas utilizadas en las tres aplicaciones de fertilizante en variedad Obatá ubicada en la Finca Rojas, de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	57

Cuadro 20. Promedio de las evaluaciones de incidencia de la enfermedad Roya (<i>Hemileia vastatrix</i>) en las variedades Obatá, Vic-14 y Geisha de las fincas propias de CoopeVictoria R.L., Grecia, Costa Rica 2019.....	58
Cuadro 21. Productos y dosis aplicada en el primer control químico de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Alajuela, Costa Rica.2019.....	66
Cuadro 22. Porcentaje de cobertura de la aplicación de fungicidas para el control de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	66
Cuadro 23. Productos y dosis aplicada en el segundo control químico de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	69
Cuadro 24. Porcentaje de cobertura de la aplicación de fungicidas para el control de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	70
Cuadro 25. Productos y dosis aplicada en el tercer control químico de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	72
Cuadro 26. Productos y dosis aplicada en el cuarto control químico de enfermedades en las fincas propias de la CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	75
Cuadro 27. Determinación de la condición de las arvenses tomando en cuenta parámetros como grado de abundancia, índice de población, estado fenológico y nivel de cobertura antes del control de arvenses de las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	77
Cuadro 28. Productos y dosis aplicada en el control químico arvenses de las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	80
Cuadro 29. Determinación de la condición de las arvenses tomando en cuenta parámetros como grado de abundancia, índice de población, estado fenológico y nivel de cobertura después del control de arvenses de las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	81
Cuadro 30. Productos y dosis aplicada en el segundo control químico arvenses de las fincas propias de CoopeVictoria R.L., en Grecia, Costa Rica 2019.....	83
Cuadro 31. Productos y dosis aplicada en el tercer control químico arvenses de las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	84
Cuadro 32. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L en la finca Inés variedad Geisha, edad 3 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.2019.....	89
Cuadro 33. Proyección de costos directos por hectárea para el manejo de la finca Inés variedad Geisha, edad 3 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, Coopevictoria R.L en Grecia, Costa Rica.2019.....	90
Cuadro 34. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L. en la finca Inés variedad Geisha, edad 5 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.....	91
Cuadro 35. Proyección de costos directos por hectárea para el manejo de la finca Inés variedad Geisha, edad 5 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, Coopevictoria	

R.L. en Grecia, Costa Rica.....	92
---------------------------------	----

Cuadro 36. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L. en la finca Rojas variedad Obatá, edad 3 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.....	93
--	----

Cuadro 37. Proyección de costos directos por hectárea para el manejo de la finca Rojas variedad Obatá, edad 3 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.....	94
--	----

Cuadro 38. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L. en la finca Clotilde variedad Obatá, edad 5 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.....	95
---	----

Cuadro 39. Proyección de costos directos por hectárea para el manejo de la finca Clotilde variedad Obatá, edad 5 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.....	96
---	----

Cuadro 40. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L. en la finca Pinto variedad Vic-14, edad 3 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.....	97
---	----

Cuadro 41. Costos directos por hectárea del manejo recomendado para la finca Pinto variedad Vic-14, edad 3 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.....	98
---	----

Cuadro 42. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L. en la finca Pinto variedad Vic-14, edad 5 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.....	99
---	----

Cuadro 43. Costos directos por hectárea del manejo recomendado para la finca Pinto variedad Vic-14, edad 5 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.....	100
---	-----

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de selección de plantas para la evaluación de las variables utilizado en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	29
---	----

Figura 2. Diagrama de la escala de severidad del daño ocasionado por <i>Hemileia vastatrix</i> (Fuente: García 2013).....	32
--	----

Figura 3. Distribución espacial de las parcelas de evaluación en las Fincas de la CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019. (A) Finca Rojas, (B) Finca Clotilde, (C) Finca Pinto y (D) Finca Inés. Fuente: Propia 2019.....	39
---	----

Figura 4. Manejo de sombra en las fincas: A) Finca Pinto con sombra de Poró (<i>Erythrina sp.</i>) y Guaba (<i>Inga edulis</i>), B) Finca Inés con el cultivo de café a pleno sol. CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019. Fuente: Propia 2019.....	40
---	----

Figura 5. Porcentaje de disposición de luz en las plantas de café según la edad y la variedad en las parcelas de evaluación de las fincas propias de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.....	41
Figura 6. Porcentaje de intercepción de luz en las plantas de café según la edad y la variedad en las parcelas de evaluación de las fincas propias de CoopeVictoria R.L. Grecia. Alajuela. 2019.....	42
Figura 7. Promedio mensual de precipitación del año 2019 de las estaciones meteorológicas de Grecia, Bolívar y Poás y su relación con los meses de aplicación de fertilizante, en CoopeVictoria R.L. Grecia, Costa Rica. 2019. Fuente: ICAFE 2019.....	47
Figura 8. Aplicación de fertilizante sobre mantillo de hojarasca de Poró (<i>Erythrina</i> sp) y café (<i>Coffea arabica</i>) en la finca Pinto, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019. Fuente: Propia 2019.....	53
Figura 9. Lesiones de inóculo residual Ojo de Gallo (<i>Mycena citricolor</i>) en hojas de la variedad Geisha de 3 años. CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.	61
Figura 10. Relación de los factores agroclimáticos (Precipitación, Humedad Relativa, Temperatura y Disposición de luz) y el porcentaje de incidencia de Ojo de Gallo (<i>Mycena citricolor</i>) en las parcelas de la variedad Geisha de las fincas propias de la CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019. Fuente: *Los datos climatológicos fueron tomados de y el % de disposición de luz fue generada por el autor.....	62
Figura 11. Relación de los factores agroclimáticos (Precipitación, Humedad Relativa, Temperatura y Disposición de luz) y el porcentaje de incidencia de Derrite (<i>Phoma costarricensis</i> Ech.) en las parcelas de la variedad Geisha de las fincas propias de la CoopeVictoria R.L en Grecia, Costa Rica.2019. Fuente: *Los datos climatológicos fueron tomados de ICAFE y el % de disposición de luz fue generada por el autor.....	64
Figura 12. Diferencias en la cobertura de fungicida en los diferentes estratos de la planta, en el primer control de enfermedades en la finca Pinto, finca propia CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019 1) Sub dosificación de producto (parte baja), 2) sobre dosificación (parte alta) y 3) cobertura ideal (parte media). Fuente: Propia 2019.....	67
Figura. 13. Grado de Severidad de Derrite (<i>Phoma costarricensis</i>) en las plantas de la finca Inés, la CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019. Fuente: Propia 2019.....	73
Figura 14. Daño causado por el Derrite (<i>Phoma costarricensis</i>) en las plantas de la variedad Geisha en la Finca Inés, la CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019: A) Daño en el crecimiento apical de la planta, B) Daño foliar y de fruto.....	75
Figura 15. A) Estado fenológico 1 (plántulas de 1-2 hojas para monocotiledóneas y cotiledones de 1-2 hojas para dicotiledóneas; B) Estado fenológico 3 plantas adultas con más de 12 hojas en dicotiledóneas; C) Estado fenológico 3 “macollaje” pleno en monocotiledóneas de las fincas propias de la CoopeVictoria R. L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	78
Figura 16. Representación teórica del concepto de tiempo óptimo de aplicación de tratamientos de postemergencia. Fuente Sattin y Berti 2004; Dunan <i>et al.</i> 1995.....	79
Figura 17. A) Nivel de cobertura 2 (De 5 a 25% del área total); B) Nivel de cobertura 3 (De 25 a 50% del área total) de arvenses, tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas de las fincas propias de la CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.....	79

DEDICATORIA

A mi familia por el apoyo incondicional en todo momento durante este proceso de preparación académica.

A mi abuelito Enrique, primer agrónomo de la familia, por su apoyo en todo momento especialmente ahora que lo hace desde el cielo.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo incondicional en cada etapa del proceso.

A la Universidad de Costa Rica, por darme una formación académica de alta calidad.

A la COOPERATIVA AGRÍCOLA INDUSTRIAL VICTORIA R.L, por abrirme las puertas y apoyarme, durante la elaboración de este trabajo.

Al Lic. Kenneth Largaespada Zelaya, por el apoyo brindado en todo momento, su tiempo y el valioso aporte durante la elaboración de este trabajo.

Al Dr. Carlos Henríquez Henríquez, por el conocimiento y aporte brindado durante el desarrollo del presente trabajo.

Al Lic. Gerardo Fonseca Brenes, por el tiempo y apoyo brindado durante la elaboración de este documento.

Al Ing. Henry Castillo por el impulso, el apoyo y acompañamiento para desarrollar este trabajo.

Al Ing. Geovanny Romero y al Ing. Tyrón Quirós por sus aportes durante la elaboración de este documento.

A todos los compañeros de Universidad que me apoyaron y acompañaron, durante este proceso.

Muchas gracias.

1. RESUMEN

El estudio se realizó en las fincas propias de la Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R.L del Cantón de Grecia, Provincia de Alajuela, a saber, La Finca Pinto, Clotilde y Rojas ubicadas a 1100 m.s.n.m. y la Finca Inés ubicada a 1400 m.s.n.m. Las variedades que se consideraron fueron Obatá, Geisha y Vic-14 con edades de 2-3 años y 5-6 años donde se establecieron 3 parcelas constituidas por 3 hileras con 10 plantas cada una, de las cuales se evaluaron 5 plantas de la hilera central. Las parcelas se establecieron por variedad y edad.

Se evaluó el manejo de la sombra (disposición e intercepción de luz del cultivo), la fertilización, incidencia y severidad de Roya (*Hemileia vastatrix*), Derrite (*Phoma costarricensis*) y Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*), control fitosanitario, se determinaron las arvenses presentes en las fincas y el manejo que les brinda la finca, tipo de insumos utilizados y metodología de aplicación. Finalmente se realizaron recomendaciones acordes a las necesidades de cada una y se efectuó un balance económico de los costos directos del manejo realizado por la cooperativa y de las recomendaciones brindadas.

Se determinó una pérdida de fertilizantes debido a la aplicación inadecuada en todas fincas durante el ciclo evaluado pues los colaboradores no contaban con un equipo de aplicación homogéneo y las mismas se realizaban sobre un mantillo creado por restos vegetales del sistema productivo. Las épocas de aplicación y la materia prima de los insumos utilizados contribuyeron al poco aprovechamiento de las plantas como el uso de urea en época seca. En el caso de la fertilización se recomendó la aplicación de una nueva fórmula (21,14-8,78-16,93-2,04 (MgO)-1,64 (S)) a base de urea recubierta para contrarrestar la volatilización del nitrógeno. Además, la aplicación de 20-3-10-0.2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO) y 17-3-18-5-0.03-3(CaO)-2.6 (S)-5 (SiO) según los requerimientos de cada variedad y edad.

Respecto a las enfermedades se comprobó la resistencia de las tres variedades evaluadas a la Roya (*Hemileia vastatrix*). En la variedad Geisha si se desarrollaron las enfermedades Derrite y Ojo de Gallo con una incidencia de 25 y 30% respectivamente en el mes de octubre. Los factores climáticos como precipitación, humedad relativa, temperatura y porcentaje de radiación fotosintéticamente activa influyeron en el desarrollo de estas. Para el control de dichas enfermedades se recomendó el uso de ingredientes activos como el Ciproconazol, Epoxiconazol en mezcla con Estrobirulinas y Validamicina con las dosis que recomiendan

los comerciantes. Para las variedades Obatá y Vic-14 se recomendó la aplicación de cobre y vigilancia en las enfermedades de mayor susceptibilidad en cada caso.

Se evidenció una aplicación deficiente de fungicidas pues el porcentaje de cobertura fue de un promedio de 18.25% cuando el mínimo según la literatura es de 20%. Además, se presentó una sobredosificación de productos como Soprano® 25 SC, Esfera® 26.75 EC y subdosificación de Opera® 18.3 SE y Antracol® 70 WP debido a la falta de calibración del personal y equipo de aplicación. Esta práctica es común en la cooperativa lo que puede representar hasta el 50% de los costos operativos por el aumento en el costo de la mano de obra.

En el caso de las arvenses las que se encontraron en mayor cantidad dentro de las fincas fueron *Commelina diffusa* Burm F., *Eleusine indica*, *Cynodon nlemfuensis*, *Ipomoea purpurea*, *Commelina erecta*, *Biden pilosa* y *Amaranthus* sp, clasificadas como de alta interferencia dentro de un cafetal. Su manejo en el periodo evaluado fue químico con excepción en la finca Inés donde el control fue mecánico, manual y sin control. Dentro de los ingredientes activos utilizados se encuentran Triclopyr, Diquat, Oxifluorfen, Glifosato, Metsulfuron metil y Paraquat aplicados en su mayoría por debajo de las dosis recomendadas. En la finca Inés se recomendó la implementación de una cobertura viva de *Arachis* sp. o *Brachiaria ruziziensis* con mantenimiento mecánico y en las fincas Rojas, Pinto y Clotilde, un control químico basado en un Sistema de Alerta Temprano (SAT) con una reducción de la carga química y cambio de productos de banda amarilla a banda verde.

Finalmente, se determinaron los costos directos por año de las actividades antes mencionadas por la cooperativa y se compararon con el costo operativo recomendado. La variedad Pinto de 5 años representa el costo más alto (C\$ 2.873.032) y la variedad Geisha de 5 años con el más bajo (C\$ 1.690.029). Todos los montos superaron a los proyectados por estudios realizados en el país hasta en un 50%. El costo de mano de obra es el que representa el mayor gasto en las actividades en todas las fincas debido a que superaron hasta 49.1 horas/ha según lo establecido para mantenimiento del cultivo durante un ciclo productivo. El costo de las prácticas recomendadas puede representar una reducción de costos operativos de hasta un 50% considerando los métodos de aplicación adecuados.

2. INTRODUCCIÓN

En Costa Rica el cultivo de café ha sido uno de los más importantes después del banano; genera un impacto económico significativo al Producto Interno Bruto del país de aproximadamente 0,34% (ICAFFE 2016). El cultivo de café es sembrado y comercializado a finales del siglo XVIII, después de que fue introducido al país proveniente de Etiopía y Sudán. Actualmente el sector cafetalero se divide en ocho regiones en todo el país, distribuidas desde menos de 1000 msnm hasta los 1400 msnm. En la región de Valle Occidental, se encuentra al Cantón de Grecia, sitio donde se desarrolló la investigación. Entre algunas características de la región son humedad relativa promedio de 81%, las horas de luz solar oscila por año entre un 48 y 52%. La altitud varía desde los 800 a 1400 msnm, favoreciendo la producción de variedades como Catuaí y Caturra, que predominan en la zona con 25476 hectáreas sembradas (ICAFFE 2010).

La productividad de una finca depende de la comprensión de su sistema de trabajo. Para ello es útil considerar la Teoría General de los Sistemas, la cual toma en cuenta cada uno de los factores que componen el sistema y su correlación de forma general. Determina que cada uno de los subsistemas se compone de una estructura y función con entradas y salidas, que interrelacionadas cumplen un objetivo específico. En la producción agrícola, el sistema de producción de café contempla y analiza todos sus elementos (componentes, interacción de los componentes, entradas y salidas) para lograr decisiones técnicas y administrativas acertadas (Arcila *et al.* 2007)

Con el fin de incrementar la productividad de los cafetales es conveniente la implementación de la agricultura de precisión, la cual estudia la variabilidad espacial de las propiedades de los lotes, condiciones agroclimáticas, bióticas y abióticas, reconociéndolas para abordarlas apropiadamente mediante manejos diferenciados de las prácticas agrícolas. Esto con el fin de mejorar la eficiencia en la producción, por ejemplo, el cambio de aplicaciones generalizadas de los insumos por aplicaciones diferenciales en los lotes, tomando en cuenta sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Jaramillo *et al.* 2012).

Esta modalidad puede integrar diferentes tecnologías los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Con capacidad para reconocer, localizar, cuantificar y registrar la variabilidad en las plantaciones, espacial y temporalmente (Lizarazo y Alfonso 2011). La

tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite levantar capas de datos georreferenciados, para obtener mapas del campo y las interacciones con el mismo (fertilidad, muestreos de suelos, condición del cultivo) (Uva y Campanella 2005).

Para ello se utilizan métodos de medición con indicadores que analizan procesos, estructuras, funciones e interacciones en sistema productivo. “Los indicadores deben ser apropiados, pertinentes, verificables y cuantificables; que evidencien una jerarquía y reflejan perspectivas, experiencias, procesos y acciones en los diferentes niveles de los agro ecosistemas” (Cardona y Granobles 2015). La generación de indicadores va a permitir establecer parámetros que evalúen la condición de las fincas de café y poder generar propuestas reales que se puedan implementar en un sistema convencional y aumentar el rendimiento del cultivo.

Esta investigación tiene como objetivo diseñar un plan técnico basado en los resultados de la evaluación generada por indicadores de productividad y su relación con los conceptos básicos de agricultura de precisión, para aumentar el rendimiento en las fincas de café de la Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R.L.

3. JUSTIFICACIÓN:

La ejecución de cualquier tipo de proyecto en una empresa requiere tanto la planificación como el presupuesto de cada una de las actividades. La falta de un plan operativo puede provocar un desconocimiento de los posibles escenarios que influyan en el buen desarrollo de las actividades y desbalancear la coordinación del presupuesto y lo que se debe hacer (Meléndez 2000). La necesidad de un plan estratégico formal de la cooperativa CoopeVictoria R.L., ha sido reconocida para que la toma de decisiones esté con base en las necesidades específicas de cada una de las fincas y reduzca las pérdidas económicas.

En Costa Rica el café juega un papel muy importante en la economía, debido a que el 87,6% de la producción de café es de exportación. Es necesario la maximización del uso de los recursos para producir café de alta calidad. La cosecha a nivel nacional 2015-2016 fue de 2 233453,07 fanegas, casi un 13% más de la cosecha 2014-2015 (1 946 641 fanegas). La región cafetalera se divide en varias zonas (Coto Brus, Pérez Zeledón, Turrialba, Valle Central, Valle Occidental y Zona Norte), de las que el Valle Occidental representa el 25,5% de la producción nacional. A pesar del incremento de la cosecha nacional en Grecia, la productividad disminuyó de 106979 fanegas obtenidas en el 2013 a 69413 fanegas en el 2016 (ICAFÉ 2016). Las fincas de CoopeVictoria R.L. en el 2013 alcanzaron una producción de 2600 fanegas siendo esta uno de los mayores rendimientos obtenidos en su historia, mientras que en el 2017 la cosecha cayó a 1600 fanegas, una pérdida de 1 000 fanegas, en la misma área de producción. Esto podría sugerir que el manejo agronómico en las fincas no ha sido el adecuado y que las posibles causas de la caída reciente de los rendimientos son: falta de presupuesto, pobre planificación, atención inoportuna de las necesidades del cultivo. Todo ello hace pertinente la elaboración de una propuesta técnica acorde al alcance económico de la empresa y la condición de la plantación. Igualmente es necesario que el agro ecosistema café de la cooperativa sea un sistema sostenible.

Dentro de los beneficios que generará la práctica dirigida, son la adquisición de conocimiento sobre el manejo agronómico, basado en la agricultura de precisión, mediante la evaluación de la finca con parámetros e indicadores acordes a las necesidades de la cooperativa. Consecuentemente, esta investigación pretende proponer un plan de manejo técnico que contribuya con el aumento en el rendimiento de las fincas.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL:

Diseñar un plan de manejo técnico considerando las variables agronómicas (fertilización, enfermedades, poda, deshija, manejo de sombra, manejo de arvenses) y su relación con los criterios básicos de agricultura de precisión en dos zonas altitudinales en el cantón de Grecia, para aumentar el rendimiento en las fincas de café de la Cooperativa Agrícola Industrial Victorial R.L.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Caracterizar las prácticas de manejo agronómico utilizadas actualmente en las fincas de café.
2. Generar los indicadores para el manejo agronómico ideal bajo el esquema de agricultura de precisión de las fincas de café.
3. Diseñar una propuesta de un plan de manejo técnico de las fincas de café que considere los cambios y los ajustes necesarios de los indicadores establecidos.
4. Determinar el costo de producción del manejo actual de las fincas de café.

5. CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

5.1. ASPECTOS HISTÓRICOS DEL CAFÉ EN COSTA RICA:

En Costa Rica se introduce la semilla de *Coffea arabica*, en 1720 a Martinica, en Antillas. Los primeros cafetales se establecieron al norte de la Catedral Metropolitana, caracterizado por tener suelo volcánico, fértiles y dos estaciones bien establecidas (seca y lluviosa). Para 1820 se contaba con 17 mil hectáreas de cultivo en producción. Esto impulsó la creación de una ruta directa hacia los puertos para dirigirlo a mercado británico. Además, el gobierno concedió privilegio a los productores de café con el fin de impulsar la industria como, eximir el café del diezmo, cualquier terreno baldío con una siembra de 5 años podía ser reclamado por el dueño del cafetal. El comercio con Europa se consolidó en 1840, dando origen a la ruta hacia el Atlántico para una mejor salida del producto hacia el extranjero, además se implementó la industrialización del café en el país con los Beneficios de Café. Dicha práctica se consolidó en siglo XX, expandiéndose a lo largo del territorio nacional (ICAFÉ 2017).

5.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS:

Es una especie que presenta plantas autógamas y alógamas (autoalogama) que constan de un solo eje. Tiene un crecimiento cónico, arbustivo leñoso, que en su parte extrema se da la formación de nudos y entre nudos, además de las ramas laterales. Los nudos se caracterizan por tener seis yemas en cada lado, una es la cabeza de serie (da origen a las ramas laterales) y cinco seriadas (forma los nuevos tallos). Posee dos tipos de brotes, los orto trópicos (crece verticalmente, se conforma por el tallo principal y los chupones) y plagio trópicos, (crecen horizontalmente comprende las ramas primarias, secundarias y terciarias). Los frutos se desarrollan en las ramas nuevas, mayor cantidad de estas, mayor cosecha futura. La raíz se encuentra en los primeros 30 cm y se extienden en un radio alrededor del tronco 2.5 metros. Tiene además una raíz principal que penetra el suelo hasta los 50 cm de profundidad (López 2012).

5.3. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA:

Según Mora (2011), el café pertenece al género *Coffea* y la Clasificación Taxonomía del cultivo es:

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica del Café.

Taxonomía	Nombre
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Sub-División	Angiospermae
Clase	Magnoliata
Sub-Clase	Asteridae
Orden	Rubiales
Género	Rubiaceae
Especie(s)	Arabica, canephora, liberica

5.4. REQUERIMIENTOS BIOFÍSICOS DEL CAFÉ:

5.4.1. ALTITUD Y TEMPERATURA:

La altitud óptima depende de la variedad cultivada, sin embargo, se ha demostrado que en la mayoría de los casos aquellas que se siembra a una mayor altura desarrollan atributos positivos, como acidez y aroma aumentando la calidad de taza. La altitud y la temperatura se correlacionan negativamente, donde por cada 100 metros que se ascienda la temperatura disminuye entre 0,5 a 0,6 grados centígrados. Se estima que la temperatura óptima para *C. arabica* oscila entre 18 y 22 °C, si esta sobre pasa los 25 °C la capacidad fotosintética se ve comprometida (Banegas 2009).

5.5.VARIEDADES TRADICIONALES EN COSTA RICA:

Según World Coffee Research (2016), las variedades más comunes cultivadas en el país se originan de las variedades Borbón y Típica, también las derivadas de la Etíope, de introgresión (tiene rasgos de *C.canephora* o Robusta). Entre ellos se encuentra el Híbrido de Timor (posee genes de *C.canephora*), variedad que cruzaron con variedades como Caturra y Villa Sarchí, dando origen a los Catimores y Sarchimores. También se encuentran los Híbridos F1, las cuales se originan de dos variedades Arábica, los cuales tienen un rasgo característico, se reproducen únicamente por micropropagación. Cada variedad presenta las siguientes características:

5.5.1. CATURRA:

La altitud óptima para el desarrollo de esta variedad es mayor a 1300 msnm, es de porte bajo, con altura de 1.80 a 2.10 metros con un largo de bandola de 1,10 metros. La calidad de taza es buena, con buen rendimiento, tamaño del fruto promedio, con entre nudos cortos y el color del brote es verde. La densidad de siembra recomendada es de 5000 a 6000 plantas/ hectárea. Es altamente susceptible a Roya, Nematodos y Antracnosis de la Cereza. Es una mutación natural del Borbón.

5.5.2. CATUAÍ:

Esta variedad se desarrolla desde los 1300 msnm, es de porte intermedio, compacta, con crecimiento vertical de 1,90 a 2,25 metros, con un largo de bandola de 0,90 a 1,20 metros. El tamaño del grano es promedio y el color del brote es de color verde. La calidad de taza es buena, igualmente, lo es su rendimiento. La densidad de siembra remendada es similar a la del Caturra con 5000 a 6000 plantas/Hectáreas. Es altamente susceptible a la Roya.

5.5.3. COSTA RICA 95

La altitud óptima para su buen desarrollo oscila entre 600 a 1200 msnm. Es de porte intermedio con una altura entre 1,90 a 2,30 metros, compacta, con un largo de bandola de 0,90 a 1,20 metros. El tamaño del grano es promedio y el color del brote las hojas es de color bronce. Se caracteriza por tener un rendimiento muy alto, adaptada a zonas altas y cálidas, sin embargo, la calidad de taza es baja. Es resistente a la Roya, pero muy susceptible a Ojo de Gallo. La densidad de siembra recomendado es similar a la del Caturra (5000 a 6000 plantas/Hectárea).

5.5.4. OBATÁ ROJO:

Se desarrolla entre los 600 y 1200 msnm, es compacta, con un porte intermedio similar al Catuaí, con un tamaño de grano grande y el color del brote de las hojas es de color verde. Se caracteriza por su alta producción y una excelente calidad de taza. Presenta resistencia a la Roya y se recomienda una densidad de siembra de entre 5000 a 6000 plantas por hectárea, a una distancia de 2 a 3 x 0,5 a 1 m.

5.5.5. GEISHA:

Se caracteriza por tener un porte alto, el color de los brotes es de verde y bronce. A una altura superior a los 1600 msnm tiene el potencial de obtener una tasa excepcional. Su rendimiento es medio, es tolerante a la Roya y susceptible a Antracnosis. Su densidad de siembra es de 3000 a 4000 plantas/ha.

5.6.ENFERMEDADES:

5.6.1. ROYA DEL CAFETO:

La Roya es causada por el hongo *Hemileia vastatrix* (Berk et Br.), ataca principalmente a las hojas, la cual presenta manchas redondas, amarillo pálido en el haz de la hoja, donde la

esporulación del hongo muestra un color naranja en el envés de la hoja. Cuando la severidad de la enfermedad es alta, provoca una unión de las lesiones cubriendo la hoja, lo que causa la caída de esta (Barquero 2013).

5.6.2. OJO DE GALLO:

Es provocado por el hongo *Mycena citricolor*, esta forma una fructificación asexual (gemas), son estructuras de color amarillo, forma una lesión ovalada distribuida de manera irregular en la hoja. Puede afectar hojas jóvenes, viejas y el fruto (Pacheco 2015).

5.6.3. OTRAS ENFERMERDADES:

Entre otras enfermedades que atacan al cultivo de café se puede mencionar la Llaga Macana (*Ceratocystis fimbriata*), Mal de Hilachas (*Pellicularia koleroga* Cook.) y Chasparria (*Cercospora coffeicola*) (Macías 2001).

5.7.PLAGAS:

5.7.1. BROCA DEL CAFÉ:

La principal plaga reportada para el cultivo es *Hypothenemus hampei*, es un escarabajo de color café oscuro originario de África. Su ciclo biológico tiene una duración entre 25 a 35 días y pasa por cuatro estados de desarrollo (huevo, larva, pupa y adulto). Generalmente las hembras depositan los huevos en los granos de café provocando galerías en los mismos (Cárdenas 2007).

5.7.2. OTRAS PLAGAS:

Entre otras plagas se puede mencionar las cochinillas (*Rhyzoecus brevipes*, *Neorhizoecus coffeae*, *Dysmicoccus brevipes* y *Geococcus coffea*), Jobotos (*Phillophaga menetriesi*, *P. obsoleta*, *P. aequata* y *p. setifera*), Nematodos (*Meloidogyne* y *Pratylenchus*) (ICAFÉ 2011).

5.8.ARVENSES:

Entre las arvenses principales dentro de un cafetal se encuentra: *Cyperus rotundus* L., *Cynodon dactylon* (L.), *Eleusine indica* (L.), y *Rottboellia cochinchinensis*, *Commelina diffusa* (Salazar e Hincapié 2011). Existen tres tipos de control para las malezas: Cultural (alta densidad del cultivo, uso de hojarasca o ramas producidas por la poda), Mecánico (Uso del machete, pala o moto guadañas) y Químico (Aplicación de herbicidas) (ICAFE 2011).

5.9.MANEJO DEL CULTIVO:

5.9.1. SOMBRA:

El manejo de sombra dentro de los cafetales depende del comportamiento ecológico del cultivo, la condición nutricional del suelo y la humedad del aire. El efecto de la sombra es indirecto, sin embargo, contribuye a proteger a la planta de la radiación directa, disminuye la pérdida de agua tanto en la planta como en el suelo. Además, regula la temperatura de la plantación, reduce la erosión e influye en el control de arvenses. Incrementa el contenido de materia orgánica en el suelo, mejorando su fertilidad. Existen 3 tipos de árboles de sombra dentro de un cafetal: los provisionales (Se siembran en el primer año de establecimiento), semi-permanentes (Son de crecimiento rápido y brindan sombra durante los primeros 4 años de la plantación) y sombra permanente (proporcionan sombra durante todo el ciclo del cultivo). La densidad de sombra va a depender de la temperatura, humedad relativa y exposición solar. A mayor temperatura, menor humedad relativa, mayor densidad de siembra y menor cantidad de luz y viceversa (Leal 2011).

5.9.2. SUELOS Y FERTILIZACIÓN:

El suelo desde el punto de vista físico, químico y biológico presenta una alta variabilidad natural en áreas de las distintas regiones cafetaleras. Se considera un suelo ideal aquel que presente textura franco arcillosa debido a la capacidad de retención de nutrientes en

comparación a la textura arenosa. Para una buena fertilización se debe tomar en cuenta aspectos como la edad del cultivo, la fenología y el clima (González *et al.* 2014).

5.9.3. PODA Y RENOVACIÓN:

Según Arcila (2011), la poda consiste en eliminar parcialmente, en distintos grados de intensidad o totalmente el tallo o las ramas poco productivas. Las prácticas más comunes de poda se describen a continuación:

- *Poda baja del tallo o zoca:* consiste en realizar un corte del tallo principal a los 30 cm del suelo, donde posteriormente se seleccionan de dos a tres brotes, para aumentar la densidad de siembra.
- *Zoca pulmón:* La poda se realiza a 60 cm de alto, dejando las ramas bajas.
- *Poda rock and roll:* Consiste en eliminar la parte aérea, la altura varía según la condición de planta, aprovechando la capacidad productiva de las ramas restantes.
- *Poda calavera:* Se elimina parcial o totalmente las ramas primarias del tallo principal, puede eliminarse el brote terminal del tallo y dejar, o no, una pequeña porción de estas ramas.

5.9.4. DESHIJE:

Se seleccionan de dos a tres brotes, más vigorosos, preferiblemente con la mayor separación entre ellos, preferiblemente cuando tenga una edad de tres a cuatro meses, la primera vez. El segundo deshije se realizará tres meses después del primero, lo que permite establecer la cantidad de hijos productivos definitivos, si la plantación original está sembrada a un solo eje, se seleccionan de dos a tres a hijos, preferiblemente opuestos entre sí (Álvarez 2012).

5.9.5. COSECHA:

La cosecha depende de la disponibilidad económica, mano de obra y exigencia de beneficiado. El fruto debe estar en el punto óptimo de maduración (Cerezo de color rojo

brillante, lustre y firme al tacto). El momento de cosecha va a depender de la zona geográfica, en promedio la época va de setiembre a marzo (ICAFÉ 2016).

5.9.6. MERCADO:

El café es uno de los productos más comercializados internacionalmente, después del petróleo, en el caso de los países de primer mundo, las exportaciones pueden representar hasta el 50% de sus ingresos. El aporte de países como Brasil, Vietnam, Indonesia equivale al 68%, siendo estos los mayores productores. El precio internacional entre el 2012 y el 2014 ha oscilado entre 200 y 180 USD/45.36 kg. Para la cosecha 2013-2014, la producción fue de 147 674 mil de sacos de 60 kg en promedio, para el caso de Costa Rica esta fue de 1 437 mil sacos de 60 kg (0.99% de la producción mundial), esta ha disminuido un 20% los últimos 4 años, atribuido a la alta incidencia de Roya. De las regiones cafetaleras a nivel nacional la Zona de Los Santos, es considerada la mayor productora. Para el 2013-2014 se exportó 1 600 632 sacos de 46 kg de grano oro y 282 456 sacos en mercado nacional, esto generó 246.20 millones de dólares en divisas para el país (ICAFÉ 2014).

5.10. AGRICULTURA DE PRECISIÓN:

La necesidad de comprender la variabilidad de los campos agrícolas ha provocado la implementación de nuevas tecnologías como la agricultura de precisión. Esta provee información detallada espacial y temporalmente. Específicamente, las relaciones espaciales como elemento para la distribución de los materiales y especies con tamaños, número y tipos de ecosistemas. El objetivo principal de la agricultura de precisión es la homogenización de las actividades para el manejo del suelo, plagas, arvenses y clima por sitio específico o zonas de manejo homogéneo para la optimización de recursos a través del tiempo (Corry y Nassauer 1999).

5.10.1. USO DE VARIEDADES DE CAFÉ RESISTENTES A ENFERMEDADES:

Dentro del objetivo del fitomejoramiento del cultivo del café está en manejar variedades capaces de adaptarse a las condiciones actuales y futuras y que posea características deseables (Alta cosecha, Resistencia a enfermedades como Roya, alta calidad). Alrededor del mundo se están realizando ensayos para verificar la viabilidad de los Híbridos F1. World Coffee Research (2006), estudia 46 híbridos durante 4-5 años, donde se seleccionarán de 2 a 3, los cuales serán liberados a productores en América Central a gran escala para el 2023. La investigación del comportamiento de los híbridos hasta el momento, han presentado una mayor producción, alta taza y resistencia a algunas enfermedades, sin embargo, la reproducción de estos es únicamente por micropropagación en laboratorio, por lo que el costo de adquisición es elevado. La expectativa futura con estos materiales es la reproducción de forma sexual. (WCR 2016).

5.10.2. USO DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG):

Según Lago *et al.* (2011), la agricultura de precisión evalúa y entiende las variaciones en las parcelas en el campo, mediante el uso de tecnologías. Entre ellas se puede mencionar, Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), sensores, satélites e imágenes aéreas en conjunto con Sistemas de Información Geográfica (SIG). La información generada es utilizada para estimar con precisión la densidad de siembra, la dosis de fertilizante, así como la predicción de la producción de los cultivos. Otras aplicaciones en el área de la agricultura son el uso de sembradoras de precisión, modificación de las dosis de nitrógeno, de manera visual en conjunto con conocimiento técnico previo, dosis de semilla en función del tipo de suelo. También variación en la dosis de productos para manejo fitosanitario basados en necesidades puntuales.

En la Hacienda Juan Viñas, en Cartago, dedicada a la producción de caña y café, por medio del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), estudiaron el efecto del uso agrícola del cultivo de café sobre las características químicas del suelo en el tiempo. Esto permitió establecer un plan de fertilización basado en la extracción del cultivo y las curvas de absorción, así como las necesidades específicas de los lotes. Tomando en cuenta la acidez

del suelo, se determinó realizar ajuste en las dosis de enmiendas a utilizar para minimizar su efecto. Estas prácticas aumentaron la rentabilidad de la actividad ya que optimizaron los recursos (Bertsh *et al.* 2002).

5.10.3. MAPEO DEL INDICE DE AREA FOLIAR:

El conocimiento del área foliar permite establecer parámetros cuantificables que se relacionan con la capacidad fotosintética, tasa de crecimiento del cultivo, número de plantas, peso y cantidad de biomasa. El uso de instrumentos que estiman el área foliar con imágenes satelitales y el escaneo de plantaciones permite optimizar las prácticas agrícolas como la aplicación de sitios por aplicación de fertilizantes nitrogenados, reguladores de crecimiento y fungicidas. Por ejemplo, la aplicación de fungicidas de acuerdo con el índice foliar permite garantizar una cobertura óptima en las hojas, para que esta sea suficientemente efectiva y con la menor contaminación en el suelo. En este caso el mapeo del área foliar de la plantación se puede realizar mediante la implementación de sensores que miden la capacidad de la luz de atravesar el haz y envés de la hoja generando datos en tiempo real (Gebbers *et al.* 2011).

5.10.4. MODELACIÓN DE LOS CULTIVOS:

La modelación de la productividad en función de la variabilidad del clima es cada vez más común, ya que permite predecir el comportamiento de los cultivos ante un cambio en factores como la temperatura, escasez o exceso de agua y elevado contenido de CO₂. Por ejemplo, se correlaciona el cambio de la temperatura ambiental con la respuesta bioquímica de los órganos de la planta. Generalmente, se toman en consideración híbridos adaptados a zonas geográficas y rangos de temperatura específicos para cuantificar el desarrollo fenológico (Kumudini 2014).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten que el análisis y la manipulación de las simulaciones sean visualizadas de forma espacial. Debido a que se toman puntos específicos y sus variaciones en el tiempo, generando información de la relación del cultivo con el ambiente. “La modelación ambiental es el conjunto de técnicas que van desde la

interpolación de datos climáticos hasta el uso de datos y sensores remotos”, por lo que se precisa más la información (Hartkamp *et al.* 1999).

6. CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO:

6.1. LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO:

La Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R.L., cuenta con un total 16 fincas de café propias, con una extensión total de 107 hectáreas, distribuidas en el Distrito de San Isidro, Cantón de Grecia, Provincia de Alajuela. Se seleccionaron 4 fincas en Santa Gertrudis Norte y San Isidro donde se demarcó un área de 5000 m² en cada una. En esa área se establecieron 3 parcelas de evaluación de 40 m² cada una, para un total de 3 parcelas por finca. El cantón de Grecia se encuentra en un piso altitudinal que oscila desde los 480 hasta 2427 msnm, la temperatura media durante el año es de 23,8 °C. En el Sector Occidental, se presentan distintos tipos de suelos (Ultisoles, Inceptisoles, Andisoles), donde los Inceptisoles son los que cubren un mayor territorio, predominando los suelos Typic Dystropept (Arroyo 2003). La Cooperativa fue fundada en 1943, por el Poder Ejecutivo mediante la ley N. 49 en respuesta a la problemática socioeconómica que vivía la población como consecuencia de la Segunda Guerra Mundial para apoyar a los productores de café y caña. Actualmente cuenta con 2124 asociados (1424 de café y 700 de caña), de los cuales el 17% se dedica a ambos cultivos.

6.2.MATERIAL VEGETAL:

Las variedades del cultivo del café establecidas en la zona de interés son Victoria 14, Obatá y Geisha, debido a que son las que más se siembran en las fincas. La edad de estas es variada va desde los 2- 3 años (café joven) y de 5-6 años (café adulto) después de la siembra.

6.3.UNIDAD MUESTRAL:

Como se indicó anteriormente, el área total de café es de 107 hectáreas, para la investigación se trabajó únicamente 3,6 hectáreas (0,5 hectáreas por finca), localizadas en dos pisos altitudinales que presentaron características similares respecto a edad, variedad y manejo agronómico. Se establecieron 3 parcelas de evaluación según la edad y variedad del cultivo

en cada finca. Como se muestra en la figura 1, cada parcela estaba conformada por tres líneas de 10 plantas para un total de 30 plantas por parcela, donde se tomaron 5 plantas de la línea central para muestrear, para un total de 15 plantas por finca. Posteriormente, se establecieron puntos de GPS y se ubicaron en los mapas creados en el Software Quantum Gis 3.10, anteriormente, esto con el fin de tener ubicadas las parcelas en el espacio.

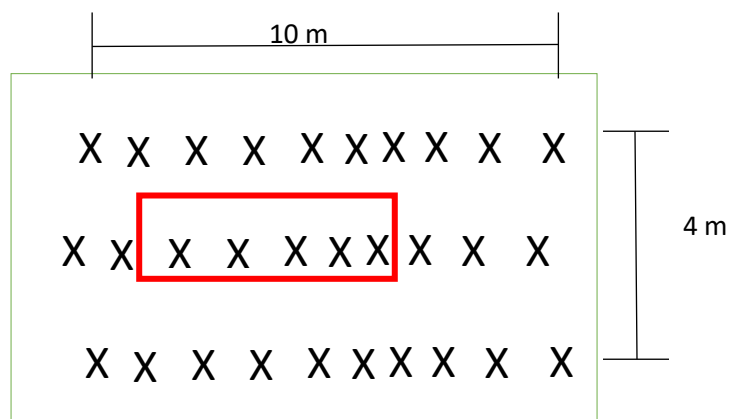


Figura 1. Diagrama de selección de plantas para la evaluación de las variables utilizado en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

6.4. CONSULTA DOCUMENTAL:

Dado que la Cooperativa cuenta con un sistema de base de datos con el manejo técnico de las fincas y el costo económico de las mismas, se realizó una revisión de esta, además de una entrevista con el ingeniero a cargo, con el fin corroborar la información. También se tomaron en cuenta estudios y ensayos realizados en las fincas de diferentes temáticas. Mediante las visitas de campo se corroboró la información proporcionada y se clasificó la información para su análisis.

6.5. RECOPIACIÓN DEL MATERIAL CARTOGRÁFICO

Se recopiló todo el material cartográfico generado en la Cooperativa, así como fotografías aéreas e imágenes satelitales del área de estudio. Además, se realizó un levantamiento de las áreas productivas con GPS para delimitar características específicas del cultivo.

6.6.EVALUACIÓN DE VARIABLES:

La evaluación de variables permitió la elaboración de indicadores acorde a las necesidades de la empresa, basados en agricultura de precisión para la elaboración de una estrategia de manejo eficiente de las fincas. La evaluación de las variables se describe a continuación:

6.6.1. DETERMINACIÓN DE FERTILIZACIÓN:

Para determinar este factor se procedió a realizar un muestreo de suelo y foliar de las fincas donde se encuentran las parcelas de evaluación utilizando la metodología de Henríquez y Cabalceta (2012), donde se tomó una muestra por finca, la cual está compuesta por 15 submuestras de toda el área de cultivo. A una profundidad de 20 cm, con ayuda de un barreno, en la banda de fertilización de las plantas. Esto con el fin de conocer el estado nutricional del suelo.

El muestreo foliar se realizó 20 días después de la siguiente aplicación de fertilizantes, con el fin de determinar la movilidad de los nutrientes en la planta. Se tomaron 15 submuestras, de la misma planta donde se realizó el muestreo de suelo. Escogiendo dos bandolas productivas en sentidos opuesto de la parte media de la planta, donde se seleccionaron el tercer par de hojas, tomando como primeras aquellas que presentan un tamaño mayor a 5 cm de longitud.

Las muestras de suelo fueron analizadas en el laboratorio de Suelos y Foliar del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA). Se analizaron según la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978), donde se determinó: el pH en agua (relación 1:2,5), acidez intercambiable con KCl 1M (relación 1:10), Ca, Mg, K, B, Zn, P, Fe, Mn, Cu y S, se extrajeron con Olsen modificada y se determinó con espectrómetro de emisión atómica de plasma (ICP) y el P se determinó con colorimetría.

Para el caso de las muestras foliares también se analizaron en el laboratorio de Suelos y Foliar del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), donde se determinó el N por combustión seca (Dumas) en un auto analizador por incineración a 500 °C; el P, Ca, Mg, K, S, Fe, Cu, Zn, Mn, B y Al por digestión húmeda con HNO₃ y se determinó por espectrofotometría de emisión atómica con plasma (ICP) (Kalra 1998).

Se evaluó además los fertilizantes y enmiendas utilizados hasta la actualidad, así como la frecuencia de uso y modo de aplicación.

6.6.2. EVALUACIÓN DE ENFERMEDADES:

En el caso de las enfermedades se evaluaron tres importantes del cultivo de café: *Hemileia vastatrix* (Roya), *Phoma costarricensis* (Derrite) y *Mycena citricolor* (Ojo de gallo). Se midió incidencia y severidad, así como los productos que utilizaron para su control, la frecuencia de uso y el modo de empleo.

6.6.2.1.EVALUACIÓN DE ROYA:

6.6.2.1.1. DETERMINACIÓN DE INCIDENCIA:

El mecanismo de evaluación de incidencia de esta enfermedad se realizó bajo la metodología de Vargas (2017), donde se tomaron 15 plantas por finca, 5 plantas de la calle central de las parcelas establecidas en las fincas y se realizaron 12 evaluaciones cada 15 días, la primera se realizó antes de la primera aplicación de los productos y las demás evaluaciones después de cada aplicación. Se procedió a realizar muestreos en las dos bandolas opuestas de la planta ubicadas en el tercio medio. Se contabilizó el número total de hojas por bandola y la cantidad de hojas afectadas por la enfermedad; solo las esporuladas se tomaron en cuenta. Finalmente, se aplicó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje de incidencia:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Hojas enfermas en bandola}}{\text{Total hojas en bandola}} \times 100.$$

6.6.2.1.2. DETERMINACIÓN DE SEVERIDAD:

En las plantas seleccionadas para el muestreo, se eligieron 9 hojas por planta, de la zona baja, media y alta. Posteriormente, se determinaron el porcentaje de daño causado en la hoja considerando los síntomas observados y la siguiente escala de daño:

Cuadro 2. Escala de evaluación de severidad por *Hemileia vastatrix* en las hojas de café, utilizada en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

Grado o Calificación	Descripción
0	Sano o sin síntomas
1	Síntomas visibles llegando de 1 a 5% del área total sana
2	Las lesiones comienzan a unirse, llegando a ocupar del 6 al 20% del área sana
3	Hojas necrosadas, nivel de afectación del 21 al 50% del área sana
4	Mayor al 50% del área foliar se encuentra afectada

(García 2013)

Finalmente se determinó la severidad mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de severidad} = \frac{(N0*0)+(N1*1)+(N2*2)+(N3*3)+(N4*4)}{N*4} \times 100$$

Dónde:

N0: Número de hojas con valor 0 de la escala

N1: Número de hojas con valor 1 de la escala

N2: Número de hojas con valor 2 de la escala

N3: Número de hojas con valor 3 de la escala

N4: Número de hoja con valor 4 de la escala

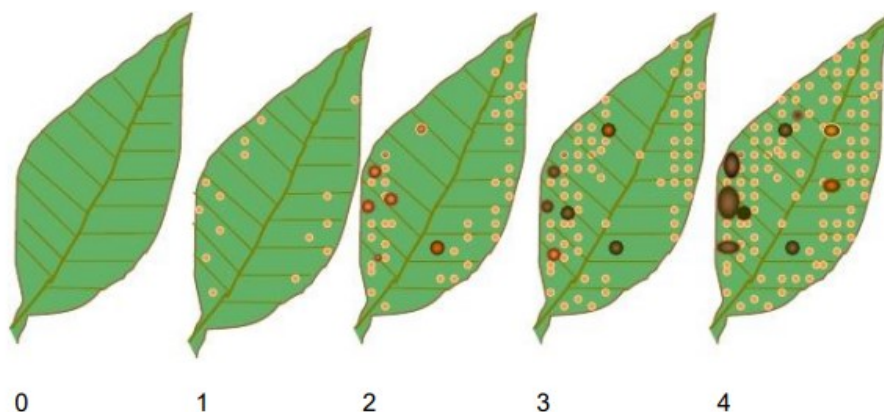


Figura 2. Diagrama de la escala de severidad del daño ocasionado por *Hemileia vastatrix* (Fuente: García 2013)

6.6.2.2.OJO DE GALLO:

6.6.2.2.1. DETERMINACIÓN DE INCIDENCIA:

La evaluación de esta enfermedad se realizó en la finca que presenta características distintas a las otras fincas de estudio como su ubicación, a 1600 msnm, donde se siembra la variedad Geisha la cual es susceptible a esta enfermedad. Se determinó la severidad de la enfermedad de la siguiente manera:

La evaluación de incidencia se realizó con la referencia de la metodología según Leal (2011), donde se tomaron 15 plantas por finca, 5 plantas de la calle central de las parcelas establecidas en las fincas. Se marcaron dos bandolas, en la parte media y en la parte inferior de la planta. Se cuantificó el total de hojas por bandola, el total de hojas con síntomas de la enfermedad. Igualmente se realizaron 12 evaluaciones cada 15 días, la primera se realizó antes de la primera evaluación en el ciclo aplicación de los productos y tres evaluaciones después de la aplicación y se aplicará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Hojas enfermas en bandola}}{\text{Total hojas en bandola}} \times 100$$

6.6.2.2.2. DETERMINACIÓN DE SEVERIDAD:

La severidad de la enfermedad se tomaron las 15 plantas seleccionadas y se evaluó el nivel de daño en la hoja escogiendo 9 hojas por planta, 3 de zona baja, 3 zona media y 3 zona alta en toda la planta utilizando la sintomatología de la hoja. Además, se cuantificó el número de lesiones con presencia o ausencia de gemas del hongo. Esta evaluación se realizó mediante la siguiente escala:

Cuadro 3. Escala de evaluación de la severidad por daño de *Mycena citricolor* utilizada en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

Grado de severidad (%)	Calificación	Daño en la hoja (%)
0	0	0
10	1	De 0-10
20	2	De 10-20
30	3	De 20-30
40	4	De 30-40
50	5	De 40-55





(Leal 2011)

6.6.2.3.DERRITE:

La evaluación de esta enfermedad se realizó en la misma finca donde se evaluó la enfermedad Ojo de Gallo, debido a que la variedad Geisha es la única susceptible a esta enfermedad. Se determinó la severidad de la enfermedad antes y después de la aplicación de fungicidas y la evaluación se realizó de la siguiente manera:

Se tomaron 10 plantas de la calle central de las parcelas establecidas, se muestrearon 2 brotes de la parte superior y se marcaron dos bandolas opuestas en la parte media, con el fin de evaluar los brotes en tejidos más desarrollados. Se cuantificó el número total de hojas muestreadas y el número total de hojas que presentan daño. El nivel de daño en las hojas se determinó con la siguiente escala:

Cuadro 4. Escala de evaluación de la severidad por daño en las hojas de café de *Phoma costarricensis* en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

	<p style="text-align: center;">GRADO 1</p> <p>Síntomas visibles llegando de 1 a 5% del área total sana, color amarillento</p>
	<p style="text-align: center;">GRADO 2</p> <p>Las lesiones abarcan del 6 al 30% del área sana de color café claro</p>
	<p style="text-align: center;">GRADO 3</p> <p>Hojas necrosadas, nivel de afectación del 30 al 70% del área sana</p>
	<p style="text-align: center;">GRADO 4</p> <p>Mayor al 70% del área foliar se encuentra afectada, con defoliación de la planta</p>

*Escala creada por el autor.

6.6.3. ARVENSES:

Para la evaluación se realizó el criterio basado en la metodología según Andreis *et al.* (2016), donde en primera instancia se realizó una identificación de las arvenses más problemáticas, por medio del monitoreo en las parcelas establecidas en cada finca.

Se realizaron 6 submuestras en tres sectores de la plantación (cerca de los bordes y entre calles), estas componen 3 muestras por finca, una en cada parcela establecida. Esto se hizo antes y 15 días después de cada aplicación de herbicidas, control manual o mecánico durante el ciclo del cultivo. El muestreo se realizó de la siguiente manera:

Se tomó un cuadrado de 0.25 m², el cual se colocó de manera al azar en cada parcela de muestreo. Posteriormente, se identificó cada especie presente (Abundancia, ver cuadro 4) dentro de esa área, densidad (Indicador Poblacional de Abundancia=IPA), ver cuadro 5, tamaño (Indicador Poblacional de Estado Fenológico= IPEF), ver cuadro 6 y cobertura (ver cuadro 7). También se evaluaron las fallas de las aplicaciones anteriores (nuevos nacimientos):

Cuadro 5. Escala de evaluación del grado de abundancia de arvenses, empleado en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

Grado	Abundancia	Plantas/m²
0	Ausente	0
1	Baja	<5
2	Mediana	06 a 19
3	Elevada	>20

Cuadro 6. Nivel de IPA: Indicador Poblacional de Abundancia de Arvenses utilizada en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

Arvense por ciclo de vida	Número de plántulas en 10 m ²			
	Nivel de IPA			
	1	2	3	4
Monocotiledóneas anuales (gramíneas)	Abundancias muy bajas, esporádicas y difíciles de estimar	<1	1 a 10	>10 (50)
Dicotiledóneas anuales (Latifoliadas)		<0.5	0.5-3	>3 (30)
Monocotiledóneas perennes		<0.5	0.5-3	>3 (30)
Dicotiledóneas perennes		<0.4	0.4-2	>2 (15)

Cuadro 7. Niveles de IPEF: Indicador Poblacional de Estado Fenológico de Arvenses empleada en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

Arvense por ciclo de vida	Fenología				
	Nivel de IPEF				
	1	2	3	4	5
Monocotiledóneas anuales (gramíneas)	Plántula 1-2 hojas	Plántula 4-6 hojas	Macollaje pleno	Reproductivo	Semillado
Dicotiledóneas anuales (Latifoliadas)	Cotiledones 1-2 hojas	Plántula 4-6 hojas	Adulto >12 hojas	Reproductivo	Semillado
Monocotiledóneas perennes	Plántulas 1-2 hojas	Inicio de macollaje o tallos <30 cm	Macollaje pleno	Reproductivo	Semillado
Dicotiledóneas perennes	Cotiledones 1-2 hojas	Rebrote 4-6 hojas	Adulto >12 hojas	Reproductivo	Semillado

Cuadro 8. Nivel de cobertura de las arvenses utilizada en las fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

Grado	Cobertura (%)
1	0 a 5
2	5 a 25
3	25 a 50
4	50 a 75
5	75 a 100

6.6.4. SOMBRA

Se clasificaron los cafetales según el sistema de siembra, a pleno sol o bajo sombra. Además, se analizó el nivel de sombra en las plantaciones con el instrumento Sensor Cuántico Lineal LI-191R el cual determina la eficiencia fotosintética de las plantas midiendo la longitud de onda dentro del rango donde las plantas realizan la fotosíntesis de manera efectiva (400 a 700 nm). Se tomaron de 20 mediciones por hectárea en cada finca, en dos estratos de la plantación, sobre el dosel de las plantas de café y debajo del dosel del café. Esto con el fin de determinar la penetración de la luz en el cultivo mediante la relación generada por el instrumento. También se realizó un muestreo antes y después de la poda de los árboles. Los muestreos se realizaron en 2 épocas del año, 1 en época seca y otra en época lluviosa, esto con el fin de determinar la relación de las variables con el porcentaje de sombra en esas épocas del año.

7. CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

7.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la figura 3 se muestra la distribución espacial de los lotes donde se colocaron 18 parcelas de evaluación, distribuidas en las 4 fincas. Cada lote tiene una extensión en promedio de 1,5 hectáreas. Se distribuyeron 3 parcelas por lote de la siguiente manera: Las parcelas con la variedad Obatá (edad de 3 años) se ubicó en la Finca Rojas (A), las parcelas con la variedad Obatá (edad de 5 años) en la Finca Clotilde (B), las parcelas con línea genética Victoria 14 (edad de 3 y 5 años de izquierda a derecha) en la Finca Pinto (C), localizadas en San Roque con una altitud de 1100 m.s.n.m. y las parcelas con la variedad Geisha (D) (edad 3 y 5 años de izquierda a derecha) localizadas en San Isidro a 1400 m.s.n.m.

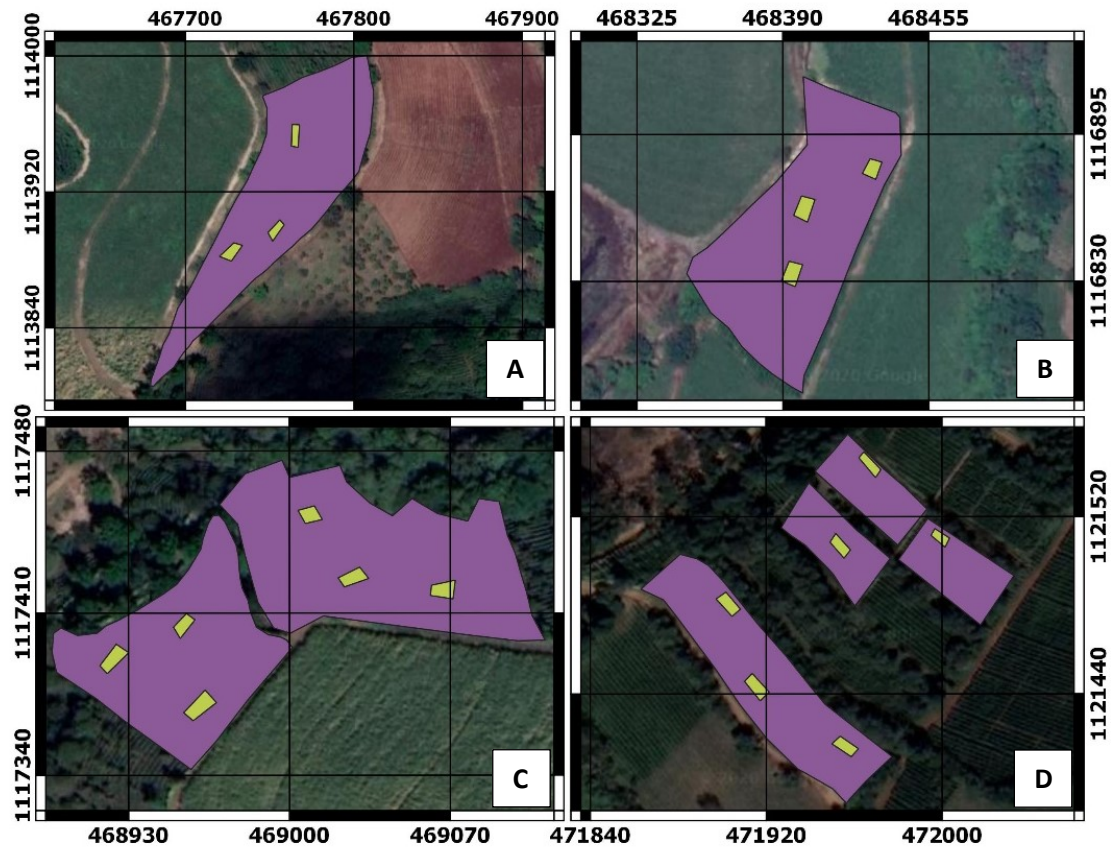


Figura 3. Distribución espacial de las parcelas de evaluación en las Fincas de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019. (A) Finca Rojas, (B) Finca Clotilde, (C) Finca Pinto y (D) Finca Inés. Fuente: Propia 2019.

Con la información recolectada se realizó un análisis con el fin de determinar las labores agronómicas realizadas por la Cooperativa durante el ciclo de producción del 2019.

7.2. CARACTERIZACIÓN DE SOMBRA DE LAS FINCAS

La Cooperativa utiliza dos tipos de manejo de la sombra en los cafetales; bajo sombra y descubierto (pleno sol). La finca Inés y Clotilde a pleno sol y las fincas Rojas y Pinto bajo sombra (Figura 4). Para la sombra utilizan especies como la Guaba (*Inga edulis*) y el Poró (*Erythrina* sp.).



Figura 4. Manejo de sombra en las fincas: A) Finca Pinto con sombra de Poró (*Erythrina* sp.) y Guaba (*Inga edulis*), B) Finca Inés con el cultivo de café a pleno sol. CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019. Fuente: Propia 2019.

La cantidad de luz que entra al sistema depende del tamaño de la plantación y la cantidad de follaje que poseen las especies utilizadas para sombra. Esta incide en la capacidad fotosintética de las plantas del café, tanto para aumentar su producción como para el desarrollo de plagas y enfermedades (Villareyna 2016). Esta incidencia se ve reflejada en la figura 4 donde el mayor porcentaje de radiación fotosintéticamente activa se encuentra en las fincas que están a pleno sol (Finca Clotilde: Obatá 5 años y Finca Inés: 3 años) especialmente en época seca.

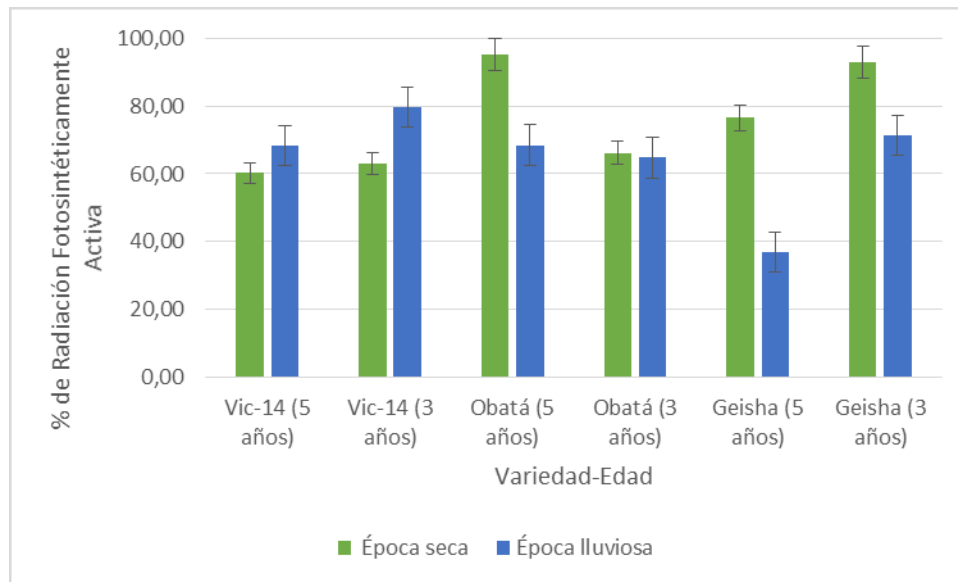


Figura 5. Porcentaje de radiación fotosintéticamente activa en las plantas de café según la edad y la variedad en las parcelas de evaluación de las fincas propias de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

A pesar de que presentó un menor porcentaje de radiación fotosintéticamente activa en la época lluviosa, la interceptación de lumínica aumentó por parte del cultivo de manera significativa (Figura 6), mostrando el efecto positivo de la poda en los lotes que presentaban sombra. Las incidencias y repercusiones de esta práctica se reflejarán en apartados más adelante, pues tiene relación con las variables en estudio.

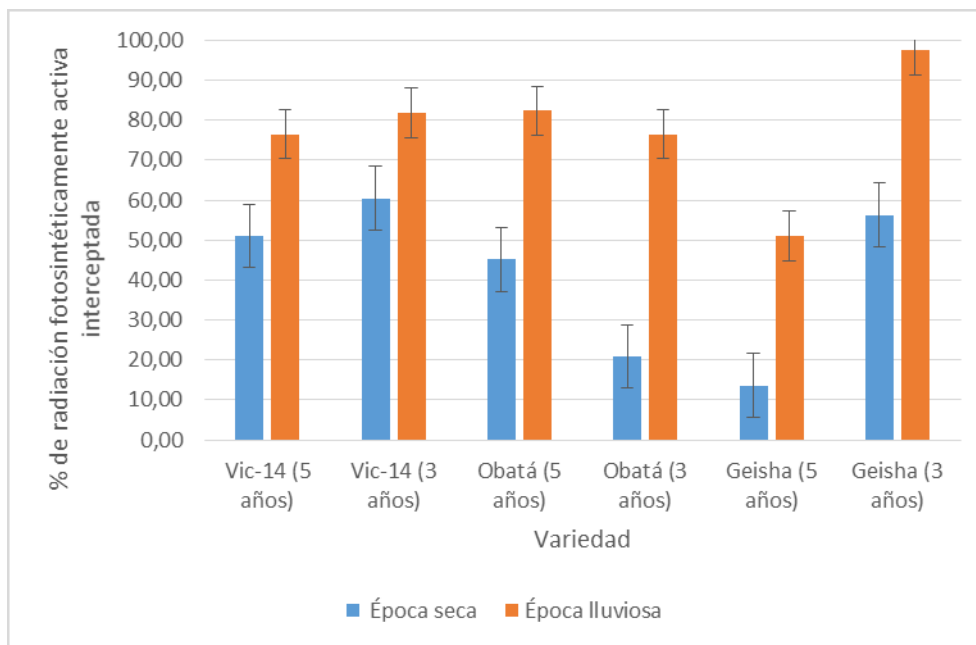


Figura 6. Porcentaje de intercepción de luz en las plantas de café según la edad y la variedad en las parcelas de evaluación de las fincas propias de CoopeVictoria R.L. Grecia. Alajuela. 2019.

7.3.NUTRICIÓN:

7.3.1. MUESTREO DE SUELO Y FOLIAR

Se realizó un muestreo de suelo en las fincas donde se encuentran las parcelas de evaluación con la finalidad de determinar la condición nutricional del cultivo y corroborar que las fórmulas utilizadas suplan las necesidades del cultivo y de la producción esperada (Schweizer 2011). En el cuadro 9 se muestran los análisis de suelo de las fincas Pinto y La Inés sembradas de las variedades Victoria y Geisha respectivamente, la síntesis de los problemas encontrados es la siguiente: el pH fue bajo (<5.5), Acidez alta (>0.5 cmol (+)/L), suma de bases inferior a 5 cmol (+)/L (2.60 y 2.71 cmol (+)/L respectivamente) y el porcentaje de saturación fue mayor a 10 (24 y 11% respectivamente). En la literatura se habla que el porcentaje de SA deseado es $<25\%$ para el cultivo de café, si bien es cierto que el cultivo es en cierta forma tolerante a la acidez.

En relación con los demás elementos se presentó deficiencia de calcio (Ca), Fósforo (P) y Magnesio (Mg). Además, de un desbalance en la relación de magnesio y potasio (K). Este

desbalance es común en suelos clasificados como Andisoles, ya que existe una baja liberación de formas disponibles de Mg, debido a que forma parte de la estructura mineral en fracciones de limos y arena. La relación Mg/K en este sistema toma importancia dado al antagonismo presente con el potasio, donde se demostró que, a mayor contenido de K, disminuyó el contenido de Mg foliar, en síntesis, se ha demostrado que altas aplicaciones de K, no permiten percibir la absorción de Mg en la planta. (Henaó *et al.* 1995; Sadeghian 2003). En el caso de las fincas Rojas y Clotilde, donde se encuentra la variedad Obatá el pH, la acidez y el Mg son moderadamente bajos, así mismo presentaron un desbalance en la relación de bases especialmente Mg/K y (Ca+Mg)/K (cuadro 10). Este desbalance se debe a que en estas fincas la aplicación de fórmulas con alto contenido de potasio y bajo contenido de Magnesio es más frecuente, siendo el Mg imperceptible en la absorción de la planta (Bertsch *et al.* 1991).

Cuadro 9. Resultados de análisis de suelos de las fincas donde se encuentran las parcelas de evaluación, en dos pisos altitudinales de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

	pH	cmol(+)/L					%	mg/L				
	H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
N.C.	5,5	0,5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5
Pinto 5	4,8	0,81	1,82	0,46	0,32	3,41	24	9	2,4	12	121	12
La Inés	4,8	0,35	1,80	0,68	0,23	3,06	11	1	1,2	8	86	11
Rojas	5,3	0,18	5,63	1,36	0,78	7,95	2	15	4,9	40	126	17
Clotilde	5,1	0,57	5,32	1,47	0,82	8,18	7	25	4,4	22	286	16

*N.C.= Nivel Crítico.

Cuadro 10. Relación de bases (Ca, Mg y K) según el análisis de suelos de las fincas donde se encuentran las parcelas de evaluación, en dos pisos altitudinales de CoopeVictoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

Relación de bases (cmol(+)/L)				
	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K
N.C.	2-5	5-25	2,5-15	10-40
Pinto	3,96	5,69	1,44	12,36
Inés	2,65	7,83	2,96	11,51
Rojas	4,14	7,22	1,74	5,31
Obatá	6,49	6,49	1,79	4,41

Respecto a la absorción de nutrientes de la planta, el análisis foliar muestra que el fósforo es un elemento deficiente en todas las fincas exceptuando la finca Clotilde (cuadro 10). Esta

finca se encuentra dentro del orden de suelo Inceptisol que a diferencia de las otras tres fincas se clasifican como un Andisol por lo que la fijación de este elemento es menor (Monroig 2020). El Azufre es deficiente en todas las fincas, esto puede atribuirse a la poca movilidad de este elemento tanto en el suelo como en la planta, así como su capacidad de absorción, debido a que en suelos con pH bajos (cuadro 9), se forman compuestos insolubles para la planta (Sadeghian *et al.* 2013).

También se presentó el Magnesio como elemento deficiente en tres de las fincas (Pinto, Inés, Rojas) y como se mostró presenta poca disponibilidad en suelo, por ende, no se transloca a la planta, además de su antagonismo con el potasio. El Nitrógeno en todas las fincas presenta un exceso a nivel foliar debido a la aplicación excesiva de este elemento, pues según Pérez (2011), es uno de los elementos junto con el Potasio que más absorbe la planta y esto puede provocar succulencia y exceso de follaje a expensas de la floración, así como un aumento en la susceptibilidad de plagas y enfermedades. Finalmente, el Zinc en la finca Rojas es el elemento deficiente más común en el cultivo (West Analítica y Servicios S.A. 2018) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Resultados de los análisis foliares de las fincas donde se encuentran las parcelas de evaluación en dos pisos altitudinales Coope Victoria R.L. Grecia. Costa Rica. 2019.

	% masa						mg/kg				
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
N.C.	2,6-3,2	0,12-0,20	0,3-1,5	0,25-0,4	1,5-2,5	0.25-0.5	90-150	10,0-20,	15-200	100-200	50-90
Pinto	3,40	0,11	1,17	0,26	2,02	0,19	113	11	14	171	53
Inés	3,53	0,07	0,64	0,22	1,70	0,17	94	16	15	161	41
Rojas	3,57	0,10	1,21	0,21	2,11	0,19	87	11	13	286	54
Obatá	3,29	0,12	1,06	0,32	2,12	0,19	96	9	15	87	59

*N.C.= Nivel Crítico. Fuente Chaves 2007.

7.3.2. FERTILIZACIÓN Y ENMIENDAS:

En las 4 fincas se realizaron 3 aplicaciones de fertilizantes durante todo el ciclo de manera escalonada. En el caso de las fincas Rojas, Clotilde y Pinto en distintos meses que en la Finca Inés. En esta última se realizó una aplicación de enmienda con dolomita (30% de Ca y 20% de Mg) al inicio de la época lluviosa. En una dosis 0,55 Ton.ha⁻¹ (11 sacos. ha⁻¹) aportando

165 kg/ha de Calcio y 110 kg/ha lo que representaría una mejoría en la cantidad de Magnesio presente en el suelo. Esta finca, como se mostró anteriormente presentaba deficiencia de Mg tanto en el suelo como a nivel foliar. En un estudio realizada por Sadeghiam (2012), no se logró determinar la relación directa del Mg con la producción, sin embargo, es un elemento constituyente de la clorofila (15 a 20%), pigmento esencial para la fotosíntesis, lo que permite obtener vigor en la planta, además de mantener la cantidad de follaje necesario durante el periodo de producción de fruto. Según Chaves *et al.* (2011), la aplicación de la Dolomita es recomendable en áreas donde se pretende aumentar el nivel de Magnesio en suelo. Esta aplicación tiene la capacidad de incrementar el pH en el suelo y aumentar hasta 1,60 cmol (+)/L el Magnesio después de los 426 días después de la aplicación en horizontes superficiales, por lo que se indica que es un producto efectivo para la corrección de acidez y mejora en la disponibilidad de Mg en el suelo. En la finca Inés la dosis de la enmienda aplicada es de 60 kg (1.5 sacos/ha) que a pesar de ser una baja dosis, tiene un aporte de 0,08 cmol/L de Ca y 0,07 cmol/L de Mg en el suelo lo que le permitiría mantenerse dentro de los niveles críticos para estos elementos, pues aumentaría la cantidad de Mg suficiente.

En el caso de los elementos menores para todas las fincas se suplen en aplicaciones foliares como complemento a la fertilización al suelo, en conjunto con el control de enfermedades. La aplicación de Boro y Zinc se recomienda de 2 a 3 aplicaciones en el ciclo. El resto de los minerales puede suplirse mediante las aplicaciones de productos multiminerales, en el caso de la cooperativa, utilizan Bayfolan Forte® el cual puede continuar utilizándose pues se ha demostrado ser eficiente en el país (Chaves 1998), es importante recalcar que se debe seguir la especificación de dosis comercial (2 L/ha) ya que en todas las fincas se aplica hasta 2 Litros adicionales a lo recomendado y puede tener repercusiones, principalmente, económicas. En relación con la fertilización al suelo, las fórmulas y dosis aplicadas de fertilizantes en las fincas se muestran a continuación:

7.3.2.1.Finca Inés:

La primera aplicación se realizó en el mes de mayo, donde se utilizó la fórmula 9,5-47,4-0-0,3-7 en el material joven (3 años) y la fórmula 20-3-10-7-0,2 en material adulto (5 años). La segunda aplicación se realizó en el mes de agosto, donde utilizaron la fórmula 17-3-18-5-

0,03-2,6-5 en ambos materiales y para la tercera aplicación se utilizó la fórmula 27-13,5-0-6-4 en el mes de octubre (cuadro 12). El aporte anual de estas aplicaciones a esta variedad tuvo diferencias según la edad del cultivo, principalmente por el contenido nutricional en la primera aplicación.

Cuadro 12. Dosis y aporte nutricional de las fórmulas utilizadas en las tres aplicaciones de fertilizante en variedad Geisha ubicada en la Finca La Inés, de CoopeVictoria R.L., Grecia, Costa Rica.2019.

# Aplicación	# sacos/ hectárea	sacos (kg)	Materias Primas	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B	S	CaO	Zn	SiO ₂
1 (Geisha 3 años)	9	45	9,5-47,4-0-0,3-7	38,5	192	0	0	0	0	0	1,215	28,35
1 (Geisha 5 años)	15	45	20-3-10-7-0,2 Victoria	135	20,25	67,5	47,25	1,35	0	0	0	0
2	11	45	17-3-18-5-0,03-2,6-5 Victoria	84,15	14,85	89,10	24,75	0,00	12,87	0,15	0,00	24,75
3	14	45	27-13,5-0-6-4	170	85,1	0	25,2	0	0	37,8	0	0
Aporte Total Geisha 3 años dds kg/ha				293	292	89,1	49,95	0	12,9	37,95	1,215	53,1
Aporte Total Geisha 5 años dds kg/ha				389	120	157	97,2	1,35	12,9	37,95	0	24,75

El cuadro 12 muestra el aporte total de la fertilización realizada en el 2019 para la variedad Geisha según la edad. Esta finca tiene un promedio de rendimiento de 16,31 fanegas/ha en los últimos tres años, con mínimo de 10,8 fanegas/ha en la cosecha 2018-2019, la más reciente y un máximo 24,74 fanegas/ha en la cosecha 2016-2017 para la edad productiva (5 años). Según un estudio realizado por Chaves en el 2011, mostró que para una producción de 40 fanegas/ha el requerimiento anual es de 210 kg/ha de N, 25 kg/ha de P₂O₅, 100 kg/ha de K₂O, 47 kg/ha de MgO y 2,5 kg/ha de B para la región Occidental, donde se localiza la finca. De acuerdo con el contenido en el suelo, mediante el uso del programa SISAF, los requerimientos nutricionales para una producción de 25 y 30 fanegas/ha se muestra en el cuadro 13:

Cuadro 13. Requerimientos nutricionales para un estimado de producción de 25 y 30 fanegas/hectárea para la variedad Geisha, en la Finca La Inés, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019. Fuente: Generada en SISAF 2019.

Producción	Nutrientes requeridos kg/Ha				
	Fa/Ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
25	165	30,5	97,5	27,8	1,55
30	180	33	110	32,8	1,86

Tomando en cuenta estos tres parámetros, lo aplicado por la empresa para este ciclo, tuvo un aporte superior a 90 kg/ha de N y 250 kg/ha de P₂O₅, 60 kg/ha de MgO e inferior de 10 kg/ha menos de K₂O y 1,20 kg/ha de B, estando muy distante de los valores recomendados para rendimientos superiores a los que registra la finca. Según Montero (2017), los meses en los que se realizaron las aplicaciones (mayo, agosto, octubre) son los meses idóneos para la aplicación de fertilizantes debido a que concuerdan con el periodo lluvioso, como se muestra en la figura 7. Sin embargo, la cantidad y distribución de lluvia puede afectar la disponibilidad y humedad del suelo requerida para tener una disolución de fertilizantes óptima y para un alto rendimiento del cultivo (Jaramillo *et al.* 2011).

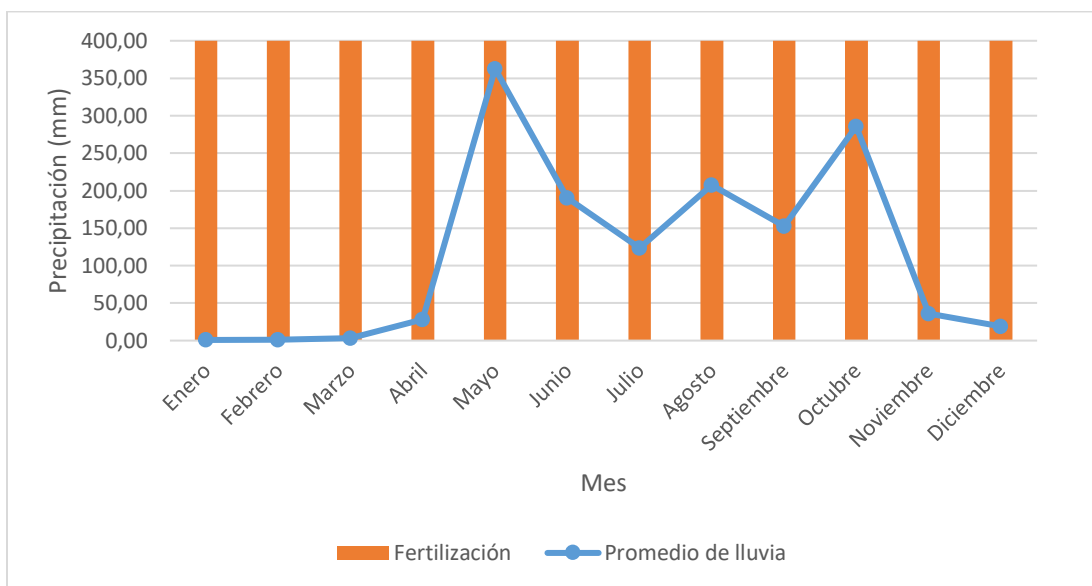


Figura 7. Promedio mensual de precipitación del año 2019 de las estaciones meteorológicas de Grecia, Bolívar y Poás y su relación con los meses de aplicación de fertilizante, en CoopeVictoria R.L. Grecia, Costa Rica. 2019. Fuente: ICAFE 2019.

El mes de mayo y octubre presentan precipitaciones de más de 285 mm, por lo que este fenómeno pudo provocar pérdidas significativas de fertilizante. Sumado al exceso de

humedad, la finca presenta una pendiente media y poca o inexistente cobertura vegetal en el suelo, por lo que pudo provocar una escorrentía laminar en estos periodos, pues Gomi *et al.*, (2008), indica que existe una correlación directa de la escorrentía, la pérdida de suelo y la intensidad de precipitación.

El suelo donde se encuentra esta variedad pertenece al orden Andisol y dentro de sus características físicas presenta Texturas medias (franco arenoso, franco y franco limosa), estructura débil y puede presentar drenaje excesivo (INTAa2015) Según González *et al.* (2014), en suelos con textura franco arenoso puede tener una pérdida de N de hasta 70% cuando la materia prima es Sulfato de amonio y 40% si es Nitrato de Amonio en condiciones de excesos de humedad. Además, este tipo de textura al facilitar el drenaje limita la capacidad de retención de cationes intercambiables como el K^+ (Sadeghian y Arias 2018).

Según Silva (2019) la variedad Geisha es un cultivar de bajo rendimiento, sin embargo, su rendimiento puede alcanzar hasta 30 fanegas/hectárea. En el caso de las plantas en desarrollo (2-3 años después de la siembra) puede aplicarse 121,18 N – 45,4 P_2O_5 – 94,72 K_2O – 35,63 MgO –81,54 CaO con la finalidad de proporcionarle la suficiente cantidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas y desarrollo de los frutos. En las plantas con la edad de mayor productividad (4 y 5 años después de la siembra) se puede aplicar la siguiente cantidad de nutrientes: 160,60 N – 43,51 P_2O_5 –108,80 K_2O –21,69 MgO -83,16 CaO, aunque es un aporte anual, menor al aplicado por la empresa, es suficiente para mantener un rendimiento de 30 fanegas/ha según las características nutricionales y físicas presentes en el suelo, además de los requerimientos de la variedad. Para su aplicación es importante tomar en cuenta como factor primario el clima, debido a que la mayor pérdida de fertilizante es debido a la aplicación en épocas de precipitación excesiva. Las épocas en las cuales se realizan las fertilizaciones presentan una precipitación superior a los 270 mm provocando los problemas de absorción mencionados. Se puede fraccionar en 3 aplicaciones a lo largo del ciclo productivo. Los meses recomendados según el promedio de precipitación presentado en la zona (Figura 7) serían la segunda semana de abril, tercera semana de julio o primera semana de agosto y la segunda semana de setiembre.

Un factor por considerar es la pérdida de Nitrógeno por volatilización en la aplicación prefloración en todas las fincas, la cual se mencionarán más adelante en este apartado, debido a que la fórmula que utiliza la empresa en esta época tiene como fuente de Nitrógeno la urea.

Es por lo que se recomienda obtener y aplicar una fórmula a base de urea recubierta con el fin de contrarrestar este efecto. La fórmula que se recomienda para esa época es la 21, 14-8,78-16,93-2,04 (MgO)-1,64 (S) basada en los requerimientos nutricionales y condiciones fisicoquímicas de todas las fincas (Anexo 1) de la cual se utilizó el valor de la mediana de todas las formulaciones. La fórmula contiene las siguientes materias primas:

Cuadro 14. Materias primas utilizadas en la fórmula prefloración para las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019.

Materia Prima	Grado de los materiales utilizados									Cantidad de materia prima aportado (g)
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B	S	CaO	Zn	SiO ₂	
Urea	34	0	0	0	0	0	0	0	0	423
DAP	18	46	0	0	0	0	0	0	0	93
KCl	0	0	60	0	0	0	0	0	0	402
Kieserita	0	0	0	25	0	20	0	0	0	82
Solmag	0	0	0	18	0	0	29	0	0	0

En el lote de café de 3 años se recomienda aplicar de esta fórmula 7 sacos de 45 kg por hectárea y 63 gramos por planta en la primera fertilización antes de la floración. En la segunda aplicación se recomienda utilizar la fórmula 20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO) con la misma dosis para proporcionar un buen cuaje del fruto y en la tercera aplicación utilizar la fórmula 17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6 (S)-5 (SiO) igualmente considerando la dosis anterior. Esta con un contenido mayor de potasio para garantizar el llenado del fruto. En caso del lote de café adulto, se recomiendan las mismas fórmulas en las mismas épocas.

Se debe considerar tanto en esta finca y en las demás en estudio, realizar una última aplicación de fertilizante en las plantas de 6 años, antes del “zoqueo”, la cual puede realizarse 10 meses antes de la cosecha con el fin de mantener esta cosecha. Posteriormente, se debe realizar una aplicación 6 meses después de cortar las plantas (Salazar y Sedeghian 2016).

Es importante homogenizar la aplicación calibrando a los trabajadores implementando un contenedor o recipiente con la misma cantidad de fertilizante para cada uno, este puede ser de un material resistente como PVC o plástico ya que en todas las aplicaciones los colaboradores consideraban como dosis la capacidad de fertilizante que cabía en palma de la mano, la cual es distinta en cada uno. Con este método se encontraron diferencias hasta de 60 gramos/planta entre empleados para una misma aplicación, provocando baja uniformidad

en la aplicación. En muchos casos se presentó desconocimiento por parte del trabajador la cantidad que estaba aplicando en el momento.

Otro factor que puede aumentar el rendimiento de los fertilizantes en los lotes menores o iguales a 3 años después de la siembra, así como lotes donde se ha realizado una poda de “zoqueo” por edad del cultivo (6 años), es contemplar la implementación de una cobertura con la finalidad de disminuir la erosión de suelo en la finca. Un estudio realizado por Vallejos (1993), demostró que *Arachis* (*Arachis* sp.) puede alcanzar una cobertura del 98% a los 210 días después de la siembra por lo que presenta un buen control de la erosión en el suelo en cultivos perennes (Marín *et al.* 1996). Tiene una efectividad supresora del 93% respecto a las malezas, por lo que también puede ser una práctica efectiva para el control de arvenses. Finalmente, Sanchol y Cervantes (1997) mencionan que el costo por el mantenimiento de la cobertura puede representar hasta un tercio del control de arvenses con herbicidas.

Dentro de las prácticas de mantenimiento de *Arachis* se encuentra la eliminación de la cobertura completamente cerca de planta y reducir la cobertura entre calles a inicios de la época seca (de noviembre a marzo) con la finalidad de incrementar el desarrollo de raíces de café y disminuir el estrés hídrico provocado por la competencia por agua de las especies en esta época. Además, la altura de la cobertura en los meses lluviosos debe mantenerse de 5 a 20 cm máximo de altura (Bradshaw y Rice 1998).

Otra opción que se puede utilizar como cobertura en este periodo de crecimiento del café es *Brachiaria ruziziensis*. Según García y Ramírez (2019), *B. ruziziensis* puede alcanzar hasta un 90% de cobertura en 270 días después de la siembra, además puede provocar una reducción en el porcentaje de arvenses presentes en el área de siembra, pues en ese mismo periodo fue de 0% en época seca, pues no ejerce un buen control durante la época lluviosa. Otra característica importante en una zona como Poás, es la acumulación de hasta 3 Ton/ha de biomasa seca, implicando un aporte de materia orgánica al terreno una vez incorporado al suelo. Según Ajpop (2018) el aporte de materia orgánica puede ser de hasta 3.30% en comparación a un lote que no tenga este tipo de asocio. Es una planta que tiene un buen comportamiento en terrenos de media fertilidad, tolera el frío y la humedad. Posee un buen sistema radical por lo que evita la erosión en lotes con pendiente, donde el autor obtuvo una retención de hasta 3.13 cm de suelo. Si bien es cierto el autor no determinó diferencias significativas entre sembrar *B. ruziziensis* al voleo y con hileras, con el fin de evitar

competencia entre esta especie y el cultivo además de tener un mayor control de la cobertura es recomendable sembrarlo en hileras.

7.3.2.2. Finca Pinto:

En esta finca también se realizaron 3 aplicaciones de fertilizantes, la primera se realizó en junio con la fórmula 20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO), la segunda se realizó en setiembre con la fórmula 17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6(S)-5(SiO) y la última en octubre con la fórmula 20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO) en la variedad Vic-14 para ambas edades la única variación fue la dosis (cuadro 15).

Cuadro 15. Dosis y aporte nutricional de las fórmulas utilizadas en las tres aplicaciones de fertilizante en variedad Vic14 ubicada en la Finca Pinto, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019.

					Kg de elementos aportados								
Edad	# Aplicación	# sacos/ hectárea	sacos (kg)	Materias Primas	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B	S	CaO	Zn	SiO ₂
3 años	1	8	45	20-3-10-7-0,2	72	10,8	36,0	25,2	0,72	0	0	0	0
	2	10	45	17-3-18-5-0,03-2,6-5	76,50	13,50	81,00	22,50	0,00	11,70	0,14	0,00	22,50
	3	10	45	20-3-10-7-0,2	90	13,5	45,0	31,5	0,9	0	0	0	0
5 años	1	13	45	20-3-10-7-0,2	117	17,55	58,5	40,95	1,17	0	0	0	0
	2	14	45	17-3-18-5-0,03-2,6-5	107,10	18,90	113,40	31,50	0,00	16,38	0,19	0,00	31,50
	3	13	45	20-3-10-7-0,2	117	17,55	58,5	40,95	1,17	0	0	0	0
Aporte Total Vic-14 3 años dds kg/ha					238,5	37,8	162	79,2	1,6	11,7	0,1	0	22,5
Aporte Total Vic-14 5 años dds kg/ha					341,1	54	230,4	113	2,3	16,4	0,2	0	31,5

En esta finca se presenta el mismo comportamiento que en la finca Inés, donde la cantidad de aporte de nutrientes anual (cuadro 15) es superior al recomendado para obtener una productividad de 30 y 35 fanegas/ha en la edad de mayor producción (5 años) (cuadro 16). Esto significa que también presenta pérdidas de fertilizante, pues el rango de productividad de esta finca los últimos tres años va de 13,81 fanegas/ha a 20,80 fanegas/ha, con un promedio de 16,23 fanegas/ha.

Según la recomendación del programa SISAF el aporte fue de más de 40-150 kg/ha de N y 20-30 kg/ha de P₂O₅, 60 kg/ha, 100-150 kg/ha de K₂O, 30-60 kg/ha MgO y el Boro sí estuvo dentro del rango. A diferencia de la finca Inés, esta finca tuvo un aporte positivo de Potasio, lo cual puede provocar una deficiencia de magnesio en las plantas, por alta concentración de este elemento.

Cuadro 16. Requerimientos nutricionales para un estimado de producción de 30 y 35 fanegas/hectárea para la variedad Pinto, en la Finca Pinto, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019. Fuente: Generada en SISAF.

Producción	Nutrientes requeridos kg/Ha				
	Fa/Ha	N	P₂O₅	K₂O	MgO
30	180	17	65	40,6	1,86
35	195	19,5	77,5	44,6	2,17

La finca por contar con una línea de selección de un H1 como lo es Victoria-14 (Vic-14), es considerada una variedad de alta demanda nutricional por ser altamente productiva. Considerando esto y su condición química y física el requerimiento nutricional comparado con el de la variedad Geisha es de 30% más, por lo que las plantas en desarrollo (2-3 años) necesitan 184,16 N -57,33 P₂O₅-139,78 K₂O -20,69 MgO -97,48 CaO y las plantas en edad de mayor producción (4-5 años) tiene un requerimiento nutricional de 261,20 N – 64,04 P₂O₅ – 219,66 K₂O – 35,63 MgO –71,70 CaO para una producción de 40 fanegas/ha. El programa SISAF no considera el factor varietal como referencia para generar los valores, por lo que son inferiores respecto a esta recomendación. A pesar de que los nutrientes recomendados tienen valores cercanos a los aplicados por la cooperativa, siguen siendo menores, a excepción del Fósforo lo que indica pérdidas de fertilizante, pues su productividad debería ser superior a la proyectada ya que su promedio presenta 15 fanegas/ha menos.

Esta finca presenta varios factores que pueden favorecer a la pérdida de fertilizantes, como su tipo de manejo, pues se encuentra dentro de un sistema agroforestal, donde predominan árboles de sombra como Poró (*Erythrina* sp.), especie que según Cabon (2015) y Thériez (2015) mencionados por Villarreyna (2016) “mantiene de manera significativa la hojarasca y ramas en el suelo”, puede mantener hasta 12 toneladas de hojarasca por año, tiene

beneficios como mantener la humedad en el suelo, sin embargo, crean un mantillo uniforme, el cual no permite la disposición inmediata del fertilizante.



Figura 8. Aplicación de fertilizante sobre mantillo de hojarasca de Poró (*Erythrina* sp) y café (*Coffea arabica*) en la finca Pinto, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019. Fuente: Propia 2019.

En la figura 8, se muestra la aplicación del fertilizante granulado sobre la hojarasca y restos vegetales en la finca Pinto, debido a que la fertilización se realizó después de la poda de la sombra. Además, las primeras dos aplicaciones coinciden con los meses que tiene un promedio de precipitación menor a excepción de octubre (junio 190,33 mm y setiembre 152,60 mm), haciendo que el fertilizante no quede disponible para la planta de inmediato pues no tiende a formar costra superficial o se diluye lentamente en medio del mantillo y queda como reserva de nutrientes del suelo (González *et al.* 2014).

Igual que en la finca Inés las épocas recomendadas para las aplicaciones serían la segunda semana de abril para la primera aplicación, tercera semana de julio o primera semana de agosto para la segunda y la segunda semana de setiembre para la tercera. En la finca se recomiendan las mismas fórmulas que en la finca Inés para las mismas épocas (21,14-8,78-16,93-2,04 (MgO)-1,64 (S) en la primera, 20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO) en la segunda y 17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2.6 (S)-5 (SiO) en la tercera), para el lote de 3 años es recomendable una dosis de 8 sacos/ha en cada caso (72 gramos/planta) y para el lote de plantas adultas la dosis sería de 11 sacos/ha (100 gramos/planta).

Es importante eliminar el mantillo de hojarasca de manera mecánica sobre la banda de aplicación para que el fertilizante quede disponible para las plantas (Valencia 1999). No es necesario eliminarla por completo del lote debido a que es materia orgánica que posteriormente se incorpora en el suelo y libera nutrientes que suelen ser absorbidos por la planta (Farfán y Byron 2007). Puede ser realizado por el colaborador en el momento de la aplicación retirando los residuos con el pie y posteriormente aplicar el fertilizante en la banda de fertilización.

7.3.2.3. Finca Clotilde:

En esta finca las aplicaciones se realizaron en los mismos meses que en la finca Pinto, incluso las fórmulas utilizadas en las primeras 2 coinciden, la única variación fue en la tercera aplicación donde se utilizó la fórmula 20-4-11-5,9 (MgO)-0,03 (S)-2.6 (CaO)-5 (SiO₂) para la variedad Obatá, con edad de 5 años (Cuadro 17). El promedio de rendimiento de los últimos 3 años es de 13,45 fanegas/ hectárea, con un mínimo de 10,92 fanegas/ha en la cosecha 2016-2017 y un máximo de 12,09 fanegas/hectárea en la cosecha 2018-2019.

Cuadro 17. Dosis y aporte nutricional de las fórmulas utilizadas en las tres aplicaciones de fertilizante en variedad Obatá ubicada en la Finca Clotilde, de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica 2019.

					Kg de elementos aportados								
Edad	# Aplicación	# sacos/ hectárea	sacos (kg)	Materias Primas	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B	S	CaO	Zn	SiO ₂
5 años	1	16	45	20-3-7-0,2	144	21,6	72,0	50,4	1,44	0	0	0	0
	2	11	45	17-3-18-5--0,03-2,6-5	84,15	14,85	89,10	24,75	0,00	12,87	0,15	0,00	24,75
	3	15	45	20-4-11-5,9-0,03-2,6-5	135	27,0	74,3	39,8	0,00	18	0	0	34
Total Aplicado kg/ha					363,15	63,45	235,35	114,975	1,44	30,42	0,351	0	58,5

En el cuadro 17, se muestra en aporte anual que debería aportar las dosis y fórmulas aplicadas, esto no concuerda con los requerimientos necesarios para productividades más altas como 25 o 30 fanegas/hectárea según el programa SISAF (Cuadro 18). Presenta la misma tendencia donde lo aportado durante el ciclo es superior a lo que se requiere para una mayor productividad, mostrando pérdidas de producto pues no es reflejado en su producción.

Cuadro 18. Requerimientos nutricionales para un estimado de producción de 30 y 35 fanegas/hectárea para la variedad Obatá, con 6 años después de la siembra en la Finca Clotilde, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.

Producción	Nutrientes requeridos kg/Ha				
	Fa/Ha	N	P₂O₅	K₂O	MgO
25	165	2,9	27,24	12,26	1,55
30	180	3,48	32,69	14,71	1,86

La variedad Obatá, es considerada de alta demanda nutricional, pues puede alcanzar hasta 100 fanegas/ha en condiciones ideales (Ramírez 2015). Esto implica que una plantación con la edad de mayor producción (4-5 años) como en este caso, los requerimientos nutricionales pueden ser 237,45 N – 42,70 P₂O₅ – 219,66 K₂O – 53,30 MgO –71,70 CaO para una producción de 40 fanegas/ha, considerando además las características químicas y físicas del terreno. Al igual que en la finca Pinto el programa SISAF no considera la variedad ni las condiciones físicas de la finca para realizar la recomendación nutricional, por lo que refleja valores inferiores a los recomendados, bajo las condiciones descritas anteriormente.

A pesar de ser que la recomendación generada tiene valores superiores a los generados por el programa, son inferiores a lo reportado por la finca (130 kg/ha menos de N, 100 kg/ha de K₂O y 45 kg/ha de MgO) con excepción del fósforo. Al igual que en la finca Pinto la productividad debería ser mayor a la proyectada pero su producción presenta 15 fanegas/ha menos. Esto indica pérdida de producto, pues se está aplicando una cantidad considerable de fertilizantes y no se está reflejando en la producción.

Esta finca se encuentra dentro del orden Inceptisol, con influencia de características ándicas, el cual presenta características como contenido de arcillas amorfas como alofanas (INTA 2015), según Arias *et al.* (2009), puede influir en la pérdida de nitrógeno y fósforo debido a que la alofana fija el fósforo y retiene el N-NH₄⁺, por lo que no es disponible para la planta. Los fertilizantes utilizados en todas las fincas como 20-4-11-5,9-0,03-3(CaO)-3,4(S)-5(SIO) y 17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6(S)-5(SIO) tienen como materia prima urea como fuente de nitrógeno. El 50% del nitrógeno aplicado no es utilizado por la planta y es susceptible a pérdidas por lixiviación de hasta 26% y por volatilización de hasta 50% especialmente cuando la materia prima es urea (Leal *et al.*2007).

En este caso las primeras dos aplicaciones se realizaron igualmente en los meses donde no alcanzaron los 200 mm mensuales por lo que se puede inferir que se dio una pérdida de N por volatilización, pues, según Lara *et al.* (1997), precipitaciones mayores a 200 mm puede disminuir la pérdida por volatilización porque diluye la concentración de hidróxidos (OH), además de incorporar el fertilizante en el suelo.

Según la cantidad de nutrientes aportados por los fertilizantes durante el ciclo, la variedad Obatá Rojo en Costa Rica debería tener una producción mínima 87 fanegas/hectárea (Chaves y Delgado 2019) por lo que no es necesario aplicar una mayor cantidad de fertilizante para obtener una productividad alta. De acuerdo a la condición nutricional del suelo se recomienda aplicar 11 sacos/ha (100 gramos/planta) de la fórmula 21,14-8,78-16,93-2,04 (MgO)-1,64 (S) en la primera aplicación, 20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO) en la segunda aplicación y 17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6 (S)-5 (SiO) en la tercera.

Dentro de los factores que se deben tomar en cuenta son el método y la época de aplicación, esto debido a que, por las condiciones ambientales de la finca, el fertilizante no se está aprovechando. Las épocas recomendadas para evitar pérdidas por volatilización son la segunda semana de abril para la primera aplicación, época donde se da una cantidad de precipitación adecuada y la temperatura oscila entre 20 y 21 °C. Además, la segunda semana de julio y la segunda semana de setiembre presenta características similares de precipitación y temperatura, por lo que consideran épocas ideales para la fertilización en este lote.

La calibración de la aplicación como se mencionó anteriormente es fundamental para obtener una mayor eficiencia. Pues, en este lote también se evidenció la heterogeneidad en la aplicación de las dosis de cada trabajador.

7.3.2.4.Finca Rojas:

En esta finca se encuentra sembrada la variedad Obatá con la edad de 3 años, en la cual se aplicaron las mismas fórmulas, en los mismos meses que en la finca Clotilde, con la misma variedad, pero la diferencia entre ellos fue la dosis (Cuadro 19).

Cuadro 19. Dosis y aporte nutricional de las fórmulas utilizadas en las tres aplicaciones de fertilizante en variedad Obatá ubicada en la Finca Rojas, de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.

Edad	# Aplicación	# sacos/ hectárea	sacos (kg)	Materias Primas	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	B	S	CaO	Zn	SiO ₂
3 años	1	7	45	20-3-7-0,2	63	9,45	31,5	22,05	0,63	0	0	0	0
	2	11	45	17-3-18-5-0,03-2,6-5	84,15	14,85	89,10	24,75	0,00	12,87	0,15	0,00	24,75
	3	11	45	20-4-11-5,9-0,03-2,6-5	99	19,80	54,5	29,21	0,00	13	0	0	25
Total Aplicado kg/ha					246,15	44,1	175,05	76	0,6	25,7	0,3	0	49,5

Al tener 3 años después de la siembra, el aprovechamiento de los nutrientes se concentra más en el crecimiento y desarrollo, ya que, no ha alcanzado su edad más productiva según la Zona Occidental, donde se encuentra esta finca (Vignola *et al.* 2018). Sin embargo, se encuentra dentro de una fase reproductiva, donde su promedio de producción es de 20 fanegas/hectárea. Según Garro *et al.* (s.f.), los requerimientos anuales para esta variedad a esta edad son de 168 kg/ha de N, 17,4 kg/ha P₂O₅, 153,9 kg/ha de K₂O, 84,4 de CaO y 21,0 de MgO para una producción ideal de 34 fanegas/hectárea y lo aportado anualmente por la cooperativa se muestra en el cuadro 18.

Esta, al igual que las demás fincas, el aporte es superior a lo reportado en la literatura para esta variedad, indicando un patrón de aplicación excesiva de fertilizantes a pesar de que como se mencionó anteriormente esta variedad es altamente demandante de nutrientes. Considerando la condición química del suelo los requerimientos pueden ser 167,42 N – 48,40 P₂O₅ – 139,78 K₂O – 35,59 MgO – 97,48 CaO para una producción de 35 fanegas/ha. Un factor que se puede tomar en cuenta para pérdida de nutrientes en esta finca es la pérdida por percolación y escorrentía especialmente en la tercera aplicación (octubre) pues cuenta con una pendiente alta y al realizarlo en el mes de más precipitaciones puede provocar estas condiciones.

Otro factor es la sensibilidad a la sequía que esta variedad presenta (Gómez 2017) pues se observó en los meses de enero y febrero una defoliación importante y daño por quema de sol en el follaje. Según Valencia (1982), la variación en el área foliar puede tener repercusiones posteriores en el rendimiento del cultivo, esto debido a que a mayor tiempo se mantenga el área foliar el cultivo tendrá un mayor potencial productivo. El desarrollo foliar es

influenciado por las variaciones climáticas especialmente al déficit hídrico. Después de periodos prolongados de sequía se puede presentar clorosis y pérdida de follaje como es el caso de esta variedad (Arcila 2007).

La recomendación de fertilización para esta finca es semejante a las anteriores pues para la primera aplicación se pueden utilizar 8 sacos/ha (72 gramos/planta) de la fórmula 20-4-6-5,53 (MgO)- 4,34 (S) en el mes de abril, 7 sacos (63 gramos/planta) de 20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO) en la segunda aplicación en la segunda semana de julio y 8 sacos (72 gramos/planta) de 17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6 (S)-5 (SiO) en la tercera aplicación en la segunda semana de setiembre. Igual que en las fincas anteriores se debe tomar en cuenta la calibración del personal como factor importante para una aplicación eficiente. Otra consideración que se debe tomar en cuenta el mantenimiento de la sombra con alto follaje en estos lotes hasta que termine la época seca y la planta recupere su follaje, pues estudios demuestran que la sombra mantiene humedad del suelo y protegen al cultivo de altas temperaturas y deshidratación del sistema radical (Cardona y Sadeghian 2005)

7.4.ENFERMEDADES DEL CAFÉ:

7.4.1. ROYA (*HEMILEIA VASTATRIX*):

Las enfermedades pueden provocar un impacto significativo en la productividad del cultivo si no se controlan a tiempo, en el caso de la Roya, provocada por el hongo *Hemileia vastatrix* para la cosecha 2012-2013 Costa Rica redujo un 5% de la producción con respecto a los estimados de cosecha del año 2012-2013, con una pérdida de 4 365 000 kg (De Melo y Astorga 2015). Las variedades que descienden del híbrido Timor son resistentes a esta enfermedad, sin embargo, en enero del 2019, se detectó una raza nueva de Roya que rompía con esta resistencia en la variedad Costa Rica (CR-95) Catimor descendiente de este híbrido (ICAFFE 2019), por lo que el monitoreo en variedades similares fue relevante este año. El control se llevó a cabo en la variedad Obatá Rojo, Vic-14 y Geisha, todas clasificadas como tolerantes a la enfermedad. En relación con los resultados obtenidos (Cuadro 20) se determinó 0 % de incidencia en las variedades evaluadas determinando que las fincas en estudio de la cooperativa mantienen resistencia a la enfermedad.

Cuadro 20. Promedio de las evaluaciones de incidencia de la enfermedad Roya (*Hemileia vastatrix*) en las variedades Obatá, Vic-14 y Geisha de las fincas propias de CoopeVictoria R.L., Grecia, Costa Rica 2019.

% de incidencia Obatá	% de Incidencia Vic-14	% de incidencia Geisha
0	0	0

Con un N° de 16 datos

Las variedades Obatá y Vic-14 pertenecen a una línea genética del híbrido de Timor T52-96 obtenida de una selección individual con prueba de progenie, la cual consiste en la selección de plantas con alta heredabilidad de resistencia o característica cualitativa por medio de la selección fenológica (Ortiz 2020). Esta selección tiene como desventaja “concentrar genes para su adaptación en ambientes específicos y por estar basada en una selección fenotípica en una localidad específica, no son garantía de las diferencias genotípicas” (Zavala 1981). Además, se ha mostrado que los genotipos derivados del Híbrido de Timor poseen resistencia incompleta, presentando variaciones en el grado de resistencia expresada en tipos de reacción, tiempo de desarrollo y magnitud de afectación (Álvarez y Alvarado 2001). Considerando lo anterior se debe continuar el monitoreo en estas variedades. El método de muestreo para el monitoreo de esta enfermedad consiste en seleccionar 20 plantas al azar de cada finca y tomar 5 hojas por planta donde se determinará la incidencia y la severidad (%). Este procedimiento se puede realizar de forma mensual en caso de no presentar ningún indicio y cada 15 días si el patógeno está presente (Morales *et al.* 2019).

7.4.2. OJO DE GALLO (*MYCENA CITRICOLOR*):

La enfermedad Ojo Gallo provocado por el hongo (*Mycena citricolor*) también puede representar un alto grado riesgo para la producción de café, en el año 2010 provocó una disminución del 12% de cosecha estimada del año 2010-2011, cerca de 71 400 000 kg (Granados *et al.* 2020). Las condiciones agroclimáticas como alta humedad relativa (80 y 95%), precipitaciones superiores a los 15 mm diarios, sombra excesiva, alta nubosidad, alta densidad de siembra y humedad foliar durante un largo periodo (18 a 25 horas) son factores

que permiten el desarrollo de la enfermedad y la infección del hongo (Chaves 2013). En la figura 10 se muestra que el porcentaje de incidencia de la enfermedad tiene un comportamiento simétrico respecto a los factores climáticos como la precipitación y la humedad relativa principalmente. En el mes de mayo inició el periodo de lluvia con más de 350 mm de agua acumulados y la humedad relativa alcanzó un 88% por lo que la enfermedad pasó de tener 0% de incidencia en el café de 3 años y 12.32% en el de 6 años, a 15% y 17.90% respectivamente en el mes de junio. Para el mes de julio a pesar de que la precipitación fue baja, la humedad relativa se mantenía en 86%, además de tener el precedente de la enfermedad alcanzó un nivel de incidencia casi de 25% en ambos materiales.

En agosto y setiembre el porcentaje de incidencia de la enfermedad coincidió con el comportamiento de la curva de precipitación de la zona. En el mes de setiembre se realizó una aplicación de control químico de la enfermedad lo que disminuyó el porcentaje de incidencia para el mes de octubre en plantas de 3 años, sin embargo, tuvo el efecto contrario en las plantas de 6 años, donde la disposición de luz fue menor a 40%, además de un aumento en la precipitación, propiciando un aumento de la enfermedad de hasta 27.13%. Lo que concuerda con la investigación de Arrieta (2014), la cual indica que la precipitación influye en la incidencia del Ojo de Gallo, donde en una zona de Poás, con una acumulación de 300 mm puede alcanzar hasta 25% de incidencia.

La temperatura se mantuvo dentro del rango de (19-21°C) durante todo el ciclo por lo que permitió el desarrollo óptimo de la enfermedad. La radiación fotosintéticamente activa en época lluviosa fue menor que en la época seca en la variedad Geisha para ambas edades, provocando el aumento en la incidencia de las enfermedades (Barquero 2012). En esta época del año hay una mayor nubosidad por el aumento en las precipitaciones y la altitud en la que se encuentra la finca (<1400 msnm). En las plantas de 6 años la disposición fue aún menor que en las de tres años por la cercanía que tienen estas a una barrera rompe viento, la distancia de siembra es corta (2 x 1 m), su altura (<2 m) y desarrollo foliar provoca auto sombra del cultivo por el traslape de las hojas.

Finalmente, en el mes de noviembre, por el comienzo de la época seca, con precipitación y humedad relativa baja (36% y 55% respectivamente) la incidencia fue menor a 10% concordando con lo descrito por Pacheco (2015), donde indica que en esa época por la

disminución de esas dos variables el inóculo descende y queda lo que se denomina inóculo residual (lesiones de color gris cenizo o blanquecino) (figura 9).



Figura 9. Lesiones de inóculo residual Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*) en hojas de la variedad Geisha de 3 años. CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.

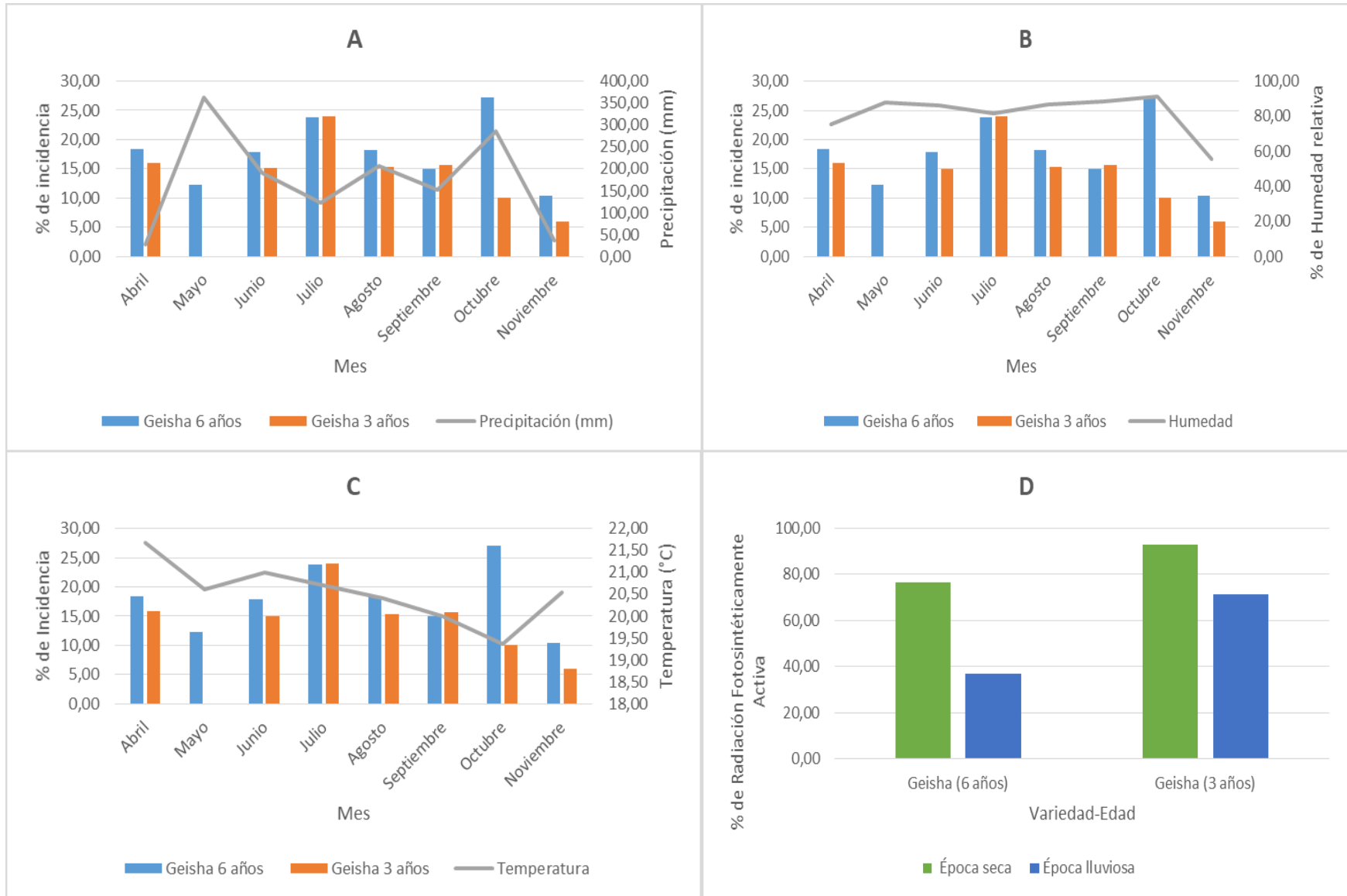


Figura 10. Relación de los factores agroclimáticos (A) Precipitación, (B) Humedad Relativa, (C) Temperatura y (D) Radiación Fotosintéticamente Activa y el porcentaje de incidencia de Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*) en las parcelas de la variedad Geisha de las fincas propias de la CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019. Fuente: *Los datos climatológicos fueron tomados de y el % de disposición de luz fue generada por el autor.

7.4.3. DERRITE (*PHOMA COSTARRICENSIS*):

Phoma costarricensis Ech. es un hongo que ataca a las plantas de café provocando la enfermedad denominada Derrite, el cual causa manchas necróticas en las hojas, arruga los bordes y finalmente provoca defoliación (López 2017). Según Menza y Peláez (2016), existe una relación directa entre los factores climáticos (precipitación, temperatura y nubosidad) con el desarrollo de la enfermedad. Indican que hay un mayor porcentaje de incidencia en épocas lluviosas, con bajas temperaturas y baja luminosidad.

7.4.3.1. Variedad Geisha

Según Campos- Almengor (2017), los meses de agosto a noviembre son los meses de mayor infección lo cual concuerda con los resultados obtenidos ver figura 11. Octubre fue el mes donde se presentó el mayor porcentaje de incidencia (37,36%), la temperatura fue la más baja (19,37 °C) y la precipitación más alta (285,93 mm) y la disposición de luz fue menor a 70%. Igualmente, en los otros meses estudiados el comportamiento de la enfermedad fue acorde a esta relación precipitación-temperatura. La humedad relativa fue de superior a 80% en estos meses a excepción de noviembre, la cual es ideal para el desarrollo de la enfermedad (Lima *et al.* 2010).

Las plantas de 3 años presentaron un porcentaje de incidencia y severidad mayor que las plantas adultas (6 años), debido a que el hongo ataca en los puntos de crecimiento, en plantas con emisión continua de brotes y en tejidos tiernos de las hojas en desarrollo (Gil y Leguizamón 2000). Además, estas plantas tienen una distancia de siembra mayor (2,10 x 1,10 m), lo que permite un mayor flujo de corrientes de aire, lo que puede incrementar el porcentaje de incidencia (Gil *et al.* 2003). Otro factor que pudo influir fue la luminosidad de la plantación, al estar en pleno sol, con un porcentaje de radiación fotosintéticamente activa de hasta el 80% coincide con lo encontrado por Lobos y Bustamante (2001), donde los lotes estudiados que estuvieron entre 75 y 100% de luminosidad presentaron la mayor incidencia de este hongo (75%).

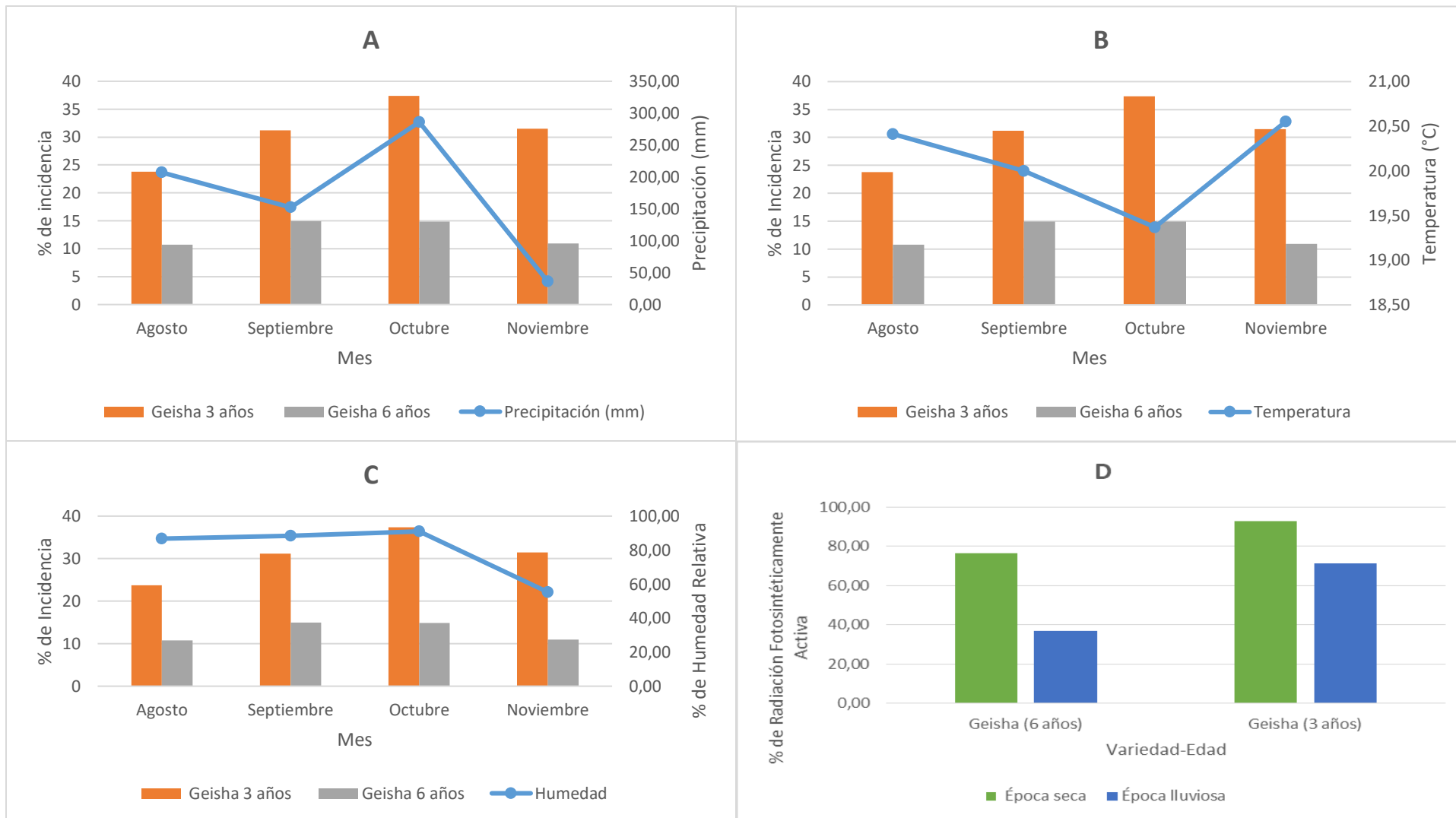


Figura 11. Relación de los factores agroclimáticos (A) Precipitación, (B) Temperatura, (C) Humedad Relativa y (D) Radiación Fotosintéticamente Activa y el porcentaje de incidencia de Derrite (*Phoma costarricensis* Ech.) en las parcelas de la variedad Geisha de las fincas propias de la CoopeVictoria R.L en Grecia, Costa Rica.2019. Fuente: *Los datos climatológicos fueron tomados de ICAFE y el % de disposición de luz fue generada por el autor.

Con el fin de disminuir la incidencia de esta enfermedad especialmente en edades tempranas (de 0-3 años después de la siembra) es relevante la implementación de cortinas rompe vientos alrededor de las parcelas. Estas pueden ser de dos hileras, con dos distintas especies pues reduce la velocidad y turbulencia del aire dentro de la parcela (Guyot 1989). Actualmente la finca cuenta con una cortina compuesta por árboles de *Syzygium jambos* (Manzana Rosa) pero la altura de la copa de los árboles sobrepasa los 10 metros, por lo que es necesario establecer una línea adicional con una especie de menor tamaño para contrarrestar con mayor eficiencia la corriente de aire dentro de la plantación de café. Esta especie puede ser *Croton niveus*, debido a que es una especie originaria de la zona y puede adaptarse de 0 a 1800 msnm, además es recomendada para estratos bajos en cortinas rompe vientos (Barrantes *et al.* 2013). La nueva línea de la barrera debería establecerse a 2 metros de distancia de la barrera ya establecida y 2,5 metros de la plantación (Farfán 2013) con el fin de no generar sombra, pues, puede influir el aumento de la incidencia de esta enfermedad y en el desarrollo de la enfermedad Ojo de Gallo, esto porque crea un incremento en la humedad del aire cerca del suelo debido a un aumento en la temperatura y disminución en la radiación de hasta de un 20% (Hernández 2010).

7.4.4. MANEJO DE ENFERMEDADES:

El control de enfermedades de todas las fincas de la Cooperativa en el momento de las evaluaciones fue químico. Se realizaron 3 aplicaciones de fungicidas en todas las fincas, a excepción de la finca Inés donde se realizaron 4 aplicaciones durante el año de evaluación. En cada una de ellas el momento de aplicación fue distinto, así como los productos y dosis utilizadas, los cuales se describen a continuación:

7.4.4.1. PRIMERA APLICACIÓN:

La primera aplicación se realizó en dos distintos meses, la finca Inés (Geisha 3 y 6 años) y Clotilde (Obatá 6 años) en abril y la finca Pinto (Vic-14, 3 y 6 años) y Rojas (Obatá 3 años) en el mes de mayo. En todas las fincas se aplicó el fungicida Opera® 18.3 SE, este producto por sus ingredientes activos tiene la capacidad de erradicar hongos de la clase de Ascomycetes

y Basidiomicetes, como *Phoma costarricensis* y *Mycena citricolor* respectivamente (BASF 2018) sin embargo, se aplicó con una dosis menor a la indicada por el comerciante (cuadro 21) y con un promedio de porcentaje de cobertura de 18.35% (cuadro 22). Existe una sobredosificación de Drexel Pas® 80, sin embargo, esto solo tiene una repercusión económica, pues, es utilizado como coadyuvante al igual que el Cosmo-in.

Cuadro 21. Productos y dosis aplicada en el primer control químico de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Alajuela, Costa Rica.2019.

Productos	Ingrediente activo	Dosis/estación (200 L)	Finca	Variedad	Edad (años)	Dosis/hectárea	Dosis Comercial/Hectárea
OPERA® 18,3 SE	PYRACLOSTROBIN, EPOXICONAZOLE	330 mL	Rojas	Obatá	3	0,79 L	1.25 - 1.5 L/ha
			Clotilde		6	0,39 L	
			Pinto	Vic-14	3	0,76 L	
					6	0,79 L	
			Ines	Geisha	3	0,68 L	
					6	0,74 L	
Drexel Pas® 80 SL	FOSFATODICOLINA, ÁCIDO METALACETICO, ETER ALKIL POLIOXIETILENO	0,2 L	Clotilde	Obatá	6	0,21 L	0,125-0,4 L/ 200 L agua
			Pinto	Vic-14	3	0,46 L	
					6	0,48 L	
Cosmo-In®	ALCOHOL ETAXILADO (16,30%), Polyoxiethylene Alkylether (10,85%), Indicador de alcalinidad de agua (0,03%), ingredientes inertes (72,82%)	180 mL	Rojas	Obatá	3	0,40 L	2 mL/1L de agua
			Ines	Geisha	3	0,37 L	
					6	0,40 L	

*Color Celeste indica subdosificación y color rojo indica sobre dosificación.

Cuadro 22. Porcentaje de cobertura de la aplicación de fungicidas para el control de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.

No de Aplicación	Finca	Variedad	Edad	% de Cobertura
1	Inés	Geisha	3	18,53
			6	18,05
	Pinto	Vic-14	3	17,45
			6	17,45
	Rojas	Obatá	3	17,50
	Clotilde	Obatá	6	21,11
			Promedio	18,35

En el cuadro 22 se logra observar que a excepción de la finca Clotilde el porcentaje de aplicación osciló entre 17.45 y 18.53% sin embargo, según Riquelme *et al.* (2018), el

porcentaje de cobertura ideal debe ser al menos 20%. La evaluación de cobertura se realizó en tres estratos de las plantas, mostrando poca homogeneidad (Figura 12) en cada una, disminuyendo así la cobertura total de las plantas. Además, se apreció que no se aplicó producto en algunas zonas de los lotes por la coordinación de algunos aplicadores. Otro factor que pudo afectar fue la presión de las bombas, pues estas eran de motor y cada aplicador tenía una presión diferente. Finalmente, no se realizó ningún tipo de calibración de personal y equipo previo. Al tomar en cuenta estos factores se puede determinar que la calidad de aplicación fue deficiente para el control de enfermedades en esta primera aplicación.

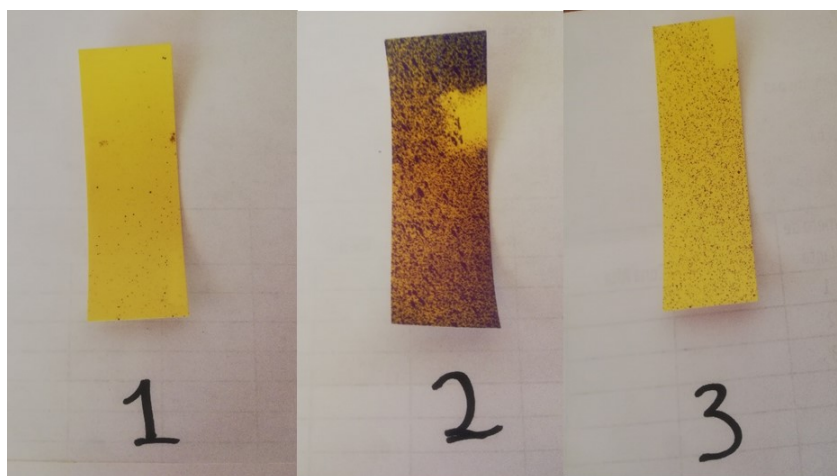


Figura 12. Diferencias en la cobertura de fungicida en los diferentes estratos de la planta, en el primer control de enfermedades en la finca Pinto, finca propia CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019)1) Sub dosificación de producto (parte baja), 2) sobre dosificación (parte alta) y 3) cobertura ideal (parte media). Fuente: Propia 2019.

Respecto a la primera aplicación es recomendable en primer lugar realizar un muestreo de las enfermedades con la finalidad de conocer la incidencia y severidad de estas. En segundo lugar, que el control químico se realice en el mes de abril, antes de la floración del café. En este mes aún se mantiene la época seca, por lo que el desarrollo de las enfermedades se encuentra latente (Lesiones de Ojo de Gallo residual, por ejemplo) o con una incidencia baja o nula, por lo que se considera como una aplicación preventiva.

Para las fincas se recomienda aplicar un fungicida cuya molécula es el Triazol en mezcla con Oxidocloruro de Cobre. Según Rojas (2017), indica que este tipo de fungicida en prefloración

“aumenta la tolerancia de las plantas al estrés ambiental, protege las flores y hojas de enfermedades, mejora la fotosíntesis, mantiene por más tiempo las hojas en las bandolas y aumenta la cantidad de café cereza y su conversión a café oro”. Además, el cobre le permite a la planta producir proteínas, aminoácidos y enzimas (Morales *et al.* 2019) y se ha demostrado que la mezcla de estos dos ingredientes activos tiene un efecto protector sobre la planta especialmente contra *Mycena citricolor* y *Cercospora coffeicola* (Leandro y Soto 1980).

En este caso la cooperativa utiliza varios productos con estas moléculas, por su costo puede ser utilizado Soprano®25 SC con una dosis recomendada de 0.4-0.5 L/ha según la dosis del comerciante mezclado con Oxicob ®50 WP (Oxicloruro de cobre) con una dosis de 300 a 400 g/100 L de agua o Cobrethane ® 61,1 WP con una dosis de 3 kg/ha. Es importante recalcar que se debe calibrar tanto el equipo como el personal antes de cada aplicación, así como llevar un control de uso de boquillas, bombas de espalda y dar el debido mantenimiento. Esto debido a que las boquillas no fueron cambiadas desde el ciclo anterior y no se llevaba el control de uso. Además, se debe mantener la dosis establecida por el comerciante con el fin de evitar una subdosificación de producto y que no cumpla con el efecto requerido o bien una sobredosificación provocando pérdidas de producto y aumentando el costo de la aplicación. Estas acciones permiten mejorar el porcentaje de cobertura en la planta, así como una disminución en los costos operativos (Villalobos y Ruíz 2016).

7.4.4.2.SEGUNDA APLICACIÓN:

La segunda aplicación se realizó en el mes de agosto a excepción de la Finca Inés la cual se realizó en el mes de julio. En esta aplicación se utilizó el producto Soprano®25 SC en las fincas Pinto, Clotilde y Rojas, con la finalidad de reducir costos, pues son materiales que presenta resistencia a muchas enfermedades excepto a la Antracnosis (*Colletotrichum* sp). A pesar de esto en todos los casos se realizó una sobre dosificación del producto hasta de 0,32 L/ha. En la finca Inés se realizó una mezcla de Opera ®18.3 SE y Cepex® 10 SL de forma preventiva para Derrite (*Phoma costarricensis*) y Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*) ya que estos dos productos son efectivos para su control, a pesar de ello, la incidencia de Ojo de Gallo había ascendido a 23,82% sin que se notara por parte de la empresa, pues no realizan

un monitoreo de la enfermedad. En el caso de las plantas pequeñas recibieron una dosis menor a la recomendada (0,4 L/ha menos) a diferencia de las plantas con mayor edad para Opera® 18.3 SE, las cuales recibieron una dosis dentro del rango recomendado. Finalmente, los lotes recibieron una dosis de hasta 1,2 L/ha menos de Cepex® 10 SL (cuadro 23).

Cuadro 23. Productos y dosis aplicada en el segundo control químico de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica. 2019.

Productos	Ingrediente Activo	Dosis/estañon (200 L)	Finca	Variedad	Edad (años)	Dosis/hectárea	Dosis recomendada
SOPRANO® 25 SC	Epoiconazole + Carbendazim	0,3 L	Rojas	Obatá	3	0,58 L	0.4-0.5 L/ha
			Clotilde		6	0,71 L	
			Pinto	Vic-14	3	0,69 L	
					6	0,82 L	
OPERA® 18,3 SE	PYRACLOSTROBIN, EPOXICONAZOLE	330 mL	Inés	Geisha	3	0,85 L	1.25 - 1.5 L/ha
		500 mL			6	1,34 L	
Cepex® 10 SL	Validamicina	330 mL	Inés	Geisha	3	0,85 L	2 L/ha
					6	0,89 L	
COSMO IN®	ALCOHOL ETAXILADO (16,30%), Polyoxiethylene Alkylether (10,85%), Indicador de alcalinidad de agua (0,03%), ingredientes inertes (72,82%)	0,2 L	Rojas	Obatá	3	0,39 L	2 mL/1L de agua
			Clotilde		6	0,47 L	
			Pinto	Vic-14	3	0,46 L	
					6	0,54 L	
			Inés	Geisha	3	0,52 kg	
					6	0,54 L	
Cosmo Agua®		125 g	Pinto	Vic-14	6	0,27 kg	60-200 g/200 L agua
			Inés		Geisha	3	
				6		0,34 kg	

*Color Celeste indica sub dosificación y color rojo indica sobre dosificación.

En el caso de las fincas donde se realizó aplicación de Soprano® 25 SC, esta tenía un exceso de producto y una baja cobertura (16,86% en promedio), lo que puede tener un efecto negativo económicamente, pues el producto no lo aprovechó la planta por completo, este tema se tratará en un apartado más adelante. Para la finca Inés el porcentaje de cobertura fue mayor, que, en las otras fincas, pero sin alcanzar del porcentaje ideal. El más cercano fue la aplicación en el Geisha de 6 años cuya cobertura fue de 19.31%. (Cuadro 24).

Cuadro 24. Porcentaje de cobertura de la aplicación de fungicidas para el control de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.

No de Aplicación	Finca	Variedad	Edad	% de Cobertura
2	Inés	Geisha	3	16,71
			6	19,31
	Pinto	Vic-14	3	17,36
			6	17,12
	Rojas	Obatá	3	16,11
	Clotilde	Obatá	6	14,32

La aplicación en el mes de julio en la finca Inés tuvo efecto positivo pues se combinó con una disminución en las precipitaciones, humedad relativa y temperatura. La incidencia de Ojo de Gallo se logró bajar de un 3% en el lote con las plantas de 6 años a un 7% en el lote con las plantas de 3 años. Estas últimas por estar en un sistema a pleno sol y con una mayor distancia de siembra tiene un periodo inferior de mojadura foliar pudo alcanzar una menor incidencia para el mes de setiembre. Respecto al Ojo de Gallo para el mes de octubre su control mostró no ser tan efectivo debido a que la incidencia de esta enfermedad fue de 27,13%, casi el doble en comparación con setiembre, siendo la tercera aplicación una oportunidad para la disminución de su incidencia.

Como se mencionó anteriormente, en la finca Inés la aplicación en el mes de julio tuvo un efecto positivo sobre el control de las enfermedades, por lo que se recomienda continuar con una segunda aplicación en este mes, con la finalidad de mantener una baja incidencia. Para el control de estas enfermedades se recomienda el uso de ingredientes activos como Ciproconazol o Tebuconazol en mezcla con Oxiclورو de Cobre. Según Rivillas y Castro (2011), estudios realizados en país por Waller *et al.* 2007 y en Guatemala por Campos (2010) demuestran la efectividad del Ciproconazol en el control de Ojo de Gallo y un efecto positivo contra Derrite. Además, Moreira realizó un estudio en 1996 donde demostró la efectividad del Tebuconazol como alternativa para el control de *Mycena citricolor* pues no mostró diferencias significativas con el Ciproconazol. Según Macías (2001) el Oxiclورو de Cobre es efectivo para el control de Derrite, por lo que su mezcla con el Ciproconazol permite potenciar su efecto con esta enfermedad.

En el país existen varios productos con este ingrediente activo, se pueden utilizar el Atemi 10 SL®, Restrana® 10 SL con una dosis de 200- 400 mL/ha o Esfera® 26,75 EC con la dosis de 0,4-0.5 L/ha en mezcla con Oxicob® 50 WP (Oxicloruro de cobre) con una dosis de 300 a 400 g/100 L de agua o Cobrethane® 61,1 WP con una dosis de 3 kg/ha. Si bien se utiliza el Tebuconazol, el producto que pueden utilizar es el Silvacur Combi® 30 EC con una dosis de 0,5-1,0 L/ha. De igual manera se recomienda respetar las dosis establecidas por el fabricante utilizando el rango según la incidencia de la enfermedad. Esto se logra calibrando el personal y el equipo de aplicación, se debe también mejorar la cobertura en la planta mediante el mantenimiento de boquillas, selección adecuada de las mismas y la realización de una aplicación homogénea por parte de los trabajadores.

En el caso de la finca Rojas, Clotilde y Pinto, para esta segunda aplicación al no tener presencia de estas enfermedades y presentar aparente incidencia de Antracnosis (*Colletotrichum* sp) y *Cercospora coffeicola* pues no formaron parte del estudio, se puede utilizar el Tebuconazol en mezcla con el Oxicloruro de cobre, en caso de que la incidencia y severidad sean altas pues se ha demostrado su eficiencia en su control (Monzón 2003). Si la presencia de estas enfermedades fuese baja se puede realizar únicamente la aplicación de Oxicloruro de Cobre. Los productos que pueden utilizar son los mencionados en el párrafo anterior con las mismas especificaciones.

7.4.4.3.TERCERA APLICACIÓN:

La tercera aplicación se realizó en setiembre en la finca Inés y en octubre para el resto de las fincas. En el caso de la aplicación de Soprano® 25 SC, tuvo el mismo comportamiento que en la segunda aplicación, donde hubo una sobre dosis de 0,34 L/ha a 1,22 L/ha (Cuadro 25) con un promedio de cobertura de 17,61% en promedio. En el caso de la finca Inés la aplicación fue una mezcla de Silvacur Combi® 30 EC con una dosis correspondiente a la recomendada y sub-dosificación de Antracol® 70 WP. La cobertura fue menor a la ideal de 18,47% en promedio. En el caso del control de Ojo de Gallo en combinación con una mejora en las condiciones climáticas logró una disminución de la incidencia en el mes de noviembre.

Cuadro 25. Productos y dosis aplicada en el tercer control químico de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.

Productos	Ingrediente Activo	Dosis/estañon (200 L)	Finca	Variedad	Edad (años)	Dosis/hectárea	Dosis comercial/ha
SOPRANO® 25 SC	Epoiconazole + Carbendazim	0,3 L	Rojas	Obatá	3	0,84 L	0.4-0.5 L/ha
			Clotilde		6	1,72 L	
			Pinto	Vic-14	3	0,92 L	
					6	0,95 L	
SILVACUR COMBI® 30	Tebuconazole, Triadimenol	0,4 L	Inés	Geisha	3	0,52 L	0,5-1 L/ha
					6	0,54 L	
ANTRACOL® 70 WP	Propinep	0,75 kg	Inés	Geisha	3	0,97 kg	1,5-2,5 kg
					6	1,00 L	
COSMO IN®	ALCOHOL ETAXILADO (16,30%), Polyoxiethylene Alkylether (10,85%), Indicador de alcalinidad de agua (0,03%), ingredientes inertes (72,82%)	0,2 L	Rojas	Obatá	3	0,42 L	2 mL/1L de agua
			Clotilde		6	0,54 L	
			Pinto	Vic-14	3	0,46 L	
					6	0,48 L	
			Inés	Geisha	3	0,26 L	
					6	0,27 L	

*Color Celeste indica sub dosificación y color rojo indica sobre dosificación.

El Antracol® 70 WP para Costa Rica está registrado para el control de *Cercospora coffeicola* únicamente y el Sivacur Combi® 30 EC para el combate de Ojo de Gallo, por lo que esta mezcla no fue efectiva para disminuir la incidencia y severidad del Derrite. Esto, más las condiciones climáticas proporcionaron un aumento en desarrollo de esta enfermedad alcanzando hasta un 30% de incidencia y un grado de severidad de 1,6 en las plantas de 6 años y 2,9 en plantas de 3 años en el mes de setiembre. Este aumento se manifestó aún más en el mes de octubre donde la incidencia aumentó hasta 37% con una severidad de 3,14 (Figura 13).

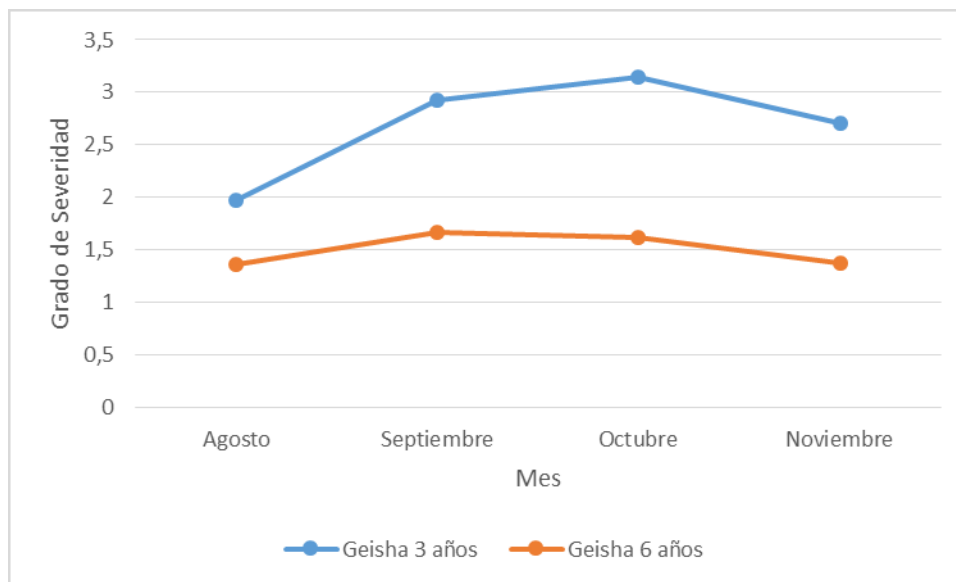


Figura. 13. Grado de Severidad de Derrite (*Phoma costarricensis*) en las plantas de la finca Inés, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019. Fuente: Propia 2019.

Debido al bajo periodo de residualidad (1 a 2 meses) es importante realizar una tercera aplicación especialmente antes de que las condiciones climáticas propicien un aumento en la incidencia y severidad de las enfermedades. Esta aplicación se recomienda en el mes de setiembre con la finalidad de mantener baja la presencia de las enfermedades pues mayor cantidad de inóculo se presentó en el mes de octubre porque los controles anteriores no fueron efectivos.

En la finca Inés se recomienda aplicar un fungicida perteneciente a la familia de los Triazoles, puede ser un Ciproconazol o Epoxiconazol en mezcla con Estrobirulinas como la Azoxistrobina y Validamicina. Según Chaves (2013) los Triazoles al ser sistémicos tienen la capacidad de inhibir la desmetilación de esteroides y por ende la síntesis de ergosterol (compuesto de la pared celular de los hongos) en conjunto con las estrobirulinas específicamente la Azoxistrobina potencia la actividad de protectora y curativa pues inhibe la respiración mitocondrial. Según Mora *et al.* (2001) la Validamicina es efectivo para mantener baja la incidencia de estas enfermedades especialmente en conjunto con otros fungicidas.

Para este caso existen diversos productos que la empresa puede aplicar y que ha tenido efectos positivos comprobados. Entre los Ciproconazoles se puede utilizar Atemi® 10 SL o Restrana® 10 SL con una dosis de 200- 400 mL/ha o se puede utilizar entre los

Epoxiconazoles el Opera® 18.3 SE con una dosis de 1,25-1,5 L/ha o bien Opus® 12.5 SC con una dosis de 0,6 L/ha. Respecto a la Estrobirulina se puede utilizar el Amistar® 50 WG (Azoxistrobina) con una dosis de 200-300 g/ha y el producto que tiene como ingrediente la Validamicina es Cepex® 10 SL con una dosis de 2 L/ha.

En la finca Rojas, Clotilde y Pinto no se presenta este tipo de enfermedades por la resistencia que les confiere la variedad, sin embargo, como se mencionó anteriormente son susceptibles a enfermedades como *Cercospora coffeicola* o *Colletrotrichum* sp., por lo que se debe proteger las plantas. Para ello se pueden aplicar productos a base de Cobre y Propineb. Entre los productos que se pueden utilizar con Oxicob® 50 WP con una dosis de 300 a 400 g/100 L de agua o Cobrethane® 61,1 WP con una dosis de 3 kg/ha (Cobre) y Antracol® 70 WP (Propineb) con una dosis de 1,5-2,5 kg/ha. Igual que en las dos aplicaciones anteriores, es recomendable seguir con indicaciones del comerciante para cada producto además de calibrar al personal y el equipo, así como darle el mantenimiento de este para que su control sea eficiente.

7.4.4.4. CUARTA APLICACIÓN:

La cuarta aplicación se realizó únicamente en la finca Inés enfocado en el control del Derrite en el mes de octubre, pues era evidente el aumento en la incidencia y severidad (Figura 14) y que el control realizado previamente no fue efectivo. Dado que se utilizaron productos que no son específicos para esta enfermedad pues se utilizó una mezcla de Antracol® 70 WP y Esfera® 26.75 EC, el cual está registrado únicamente para Ojo de Gallo y Roya. Además, se aplicó en dosis desproporcionadas, con una sobre dosis de Esfera® 26.75 EC y una subdosificación de Antracol® 70 WP (cuadro 25). La única influencia que tuvieron las plantas para bajar un 3% su incidencia fue el cambio de condiciones climáticas en el mes de noviembre.

Cuadro 26. Productos y dosis aplicada en el cuarto control químico de enfermedades en las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.

Finca	Variedad	Edad (años)	Productos	Ingrediente Activo	Dosis/estaño (200 L)	Dosis/hectárea	Gasto de caldo/hectárea (Litros)	Dosis comercial
Inés	Geisha	3 y 6	ESFERA® 26,75 EC	Trifloxystrobin + Cyproconazole	0,4 L	0,62 L		0,3 - 0,5 L/ha
			ANTRACOL® 70 WP	Propinep	0,75 kg	1,17 kg		1,5-2,5 kg
			COSMO IN®	ALCOHOL ETAXILADO (16,30%), Polyoxiethylene Alkylether (10,85%), Indicador de alcalinidad de agua (0,03%), ingredientes inertes (72,82%)	0,2 L	0,31 L	313,20	2 mL/1L de agua

*Color Celeste indica sub dosificación y color rojo indica sobre dosificación



Figura 14. Daño causado por el Derrite (*Phoma costarricensis*) en las plantas de la variedad Geisha en la Finca Inés, CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019: A) Daño en el crecimiento apical de la planta, B) Daño foliar y de fruto.

Esta aplicación se realizó con la finalidad de contrarrestar la alta incidencia y severidad que alcanzó el Derrite en esta época del año, razón por la cual, si las recomendaciones anteriores de aplicación se realizaran, así como el plan adecuado de fertilización, la enfermedad se mantiene con una baja afectación por lo que esta aplicación no sería necesaria realizarla.

7.4.5. CARACTERIZACIÓN DE ARVENSES:

Según Arcilla *et al.* (2007), las arvenses o “malezas” son aquellas plantas que interfieren en un cultivo afectando de manera negativa el sistema productivo. Pueden generar un impacto en el rendimiento, costos de producción y sostenibilidad del cultivo. Cerca de 250 plantas son consideradas como competencia para los sistemas productivos. Si no son controladas de forma adecuada puede provocar una reducción de hasta el 66% del rendimiento en el cultivo de café. Existen varios factores de interferencia que son esenciales para un desarrollo del cultivo, entre ellos se encuentra:

- La densidad que involucra conceptos como; época de emergencia, índice de área foliar, porcentaje de cobertura y proporción de las especies respecto al cultivo.
- Fertilidad del suelo (baja fertilidad mayor competencia de arvenses y absorción de nutrientes por parte de las arvenses).
- Capacidad de interferencia (clasificación de arvenses en benéficas, aceptables y las que exigen control).

7.4.5.1. IDENTIFICACIÓN DE ARVENSES:

El muestreo se realizó 15 días antes de algún tipo de control en las fincas, donde se identificaron y se clasificaron inicialmente de arvenses. Se presentaron únicamente monocotiledóneas anuales (gramíneas) y dicotiledóneas anuales (latifoliadas). Entre las más destacadas se encontraron *Commelina diffusa* Burm F., *Eleusine indica*, *Cynodon nlemfuensis*, *Ipomoea purpurea*, *Commelina erecta*, *Biden pilosa* y *Amaranthus* sp., las cuales son catalogadas como arvenses de alta interferencia y potencialmente agresivas en los cafetales (Salazar e Hincapié 2005).

7.4.5.2. Indicadores de la condición de arvenses:

Se consideraron parámetros establecidos para determinar la condición de las arvenses a partir de la primera aplicación, con el fin de establecer una relación de estas con el manejo

efectuado por la Cooperativa. Las medidas utilizadas se presentan a continuación en el cuadro 27:

Cuadro 27. Determinación de la condición de las arvenses tomando en cuenta parámetros como grado de abundancia, índice de población, estado fenológico y nivel de cobertura antes del control de arvenses de las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019

Finca	Variedad	Edad (años)	Grado	IPA	IPEF	Nivel de Cobertura
Clotilde	Obatá	6	3	4	1 a 3	3
Rojas	Obatá	3	3	4	1 a 4	3
Pinto	Vic-14	6	3	4	1 a 3	2
		3	3	4	1 a 4	2
Inés	Geisha	6	1	1	0	0
		3	3	4	1 a 3	3

*IPA: Índice Poblacional de Abundancia; IPEF: Indicador Poblacional de Estado Fenológico de Arvenses.

DENSIDAD DE ARVENSES:

Posteriormente se determinó la condición y densidad de las arvenses dentro de cada finca. Como se muestra en el cuadro 26 el grado de abundancia en todas las fincas fue de 3, con excepción del lote de 6 años de la variedad Geisha el cual presentó un grado de 1, que según esta clasificación indica que un grado 3, representa una elevada presencia de arvenses tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas.

7.4.5.3.ÍNDICE POBLACIONAL DE ABUNDANCIA (IPA):

Según la clasificación del IPA otro indicador de densidad de arvenses, se obtuvo la máxima categoría de 4 (excepto el lote de 6 años en la Inés), la cual indica que hay dentro de la finca había más de 30 monocotiledóneas y 50 dicotiledóneas por cada 10 m². Este parámetro demuestra que al momento de la aplicación se presentaba una alta densidad poblacional y según Zimdahl (1980) una población alta de malezas tiene un efecto negativo en el rendimiento del café, pues hay una relación inversa entre la acumulación de biomasa de las arvenses y el cultivo.

7.4.5.4.EL INDICADOR POBLACIONAL DE ESTADO FENOLÓGICO DE ARVENSES (IPEF):

De acuerdo con los datos obtenidos en la finca Clotilde, Pinto lote de 6 años y La Inés lote de 3 años, presentaron estados fenológicos de plantas que oscilaron entre 1 a 2 hojas hasta la etapa de “macollaje” en el caso de las monocotiledóneas y entre 1 a 2 cotiledones hasta plantas adultas con más de 12 hojas en el caso de las dicotiledóneas (Figura 15). Este indicador está relacionado específicamente con el umbral de control de arvenses. Según Sattin y Berti (2004), El umbral en este caso está determinado por el costo económico que conlleva realizar un control tardío, el cual está definido por el estado fenológico de las arvenses (Figura 16). El modelo indica que entre más desarrolladas se encuentren las plantas, mayor será la repercusión económica del manejo de estas, por lo que se recomienda que se mantengan las malezas en estado de emergencia con la finalidad de disminuir costo operativo.



Figura 15. A) Estado fenológico 1 (plántulas de 1-2 hojas para monocotiledóneas y cotiledones de 1-2 hojas para dicotiledóneas; B) Estado fenológico 3 plantas adultas con más de 12 hojas en dicotiledóneas; C) Estado fenológico 3 “macollaje” pleno en monocotiledóneas de las fincas propias de CoopeVictoria R. L, en Grecia, Costa Rica.2019.

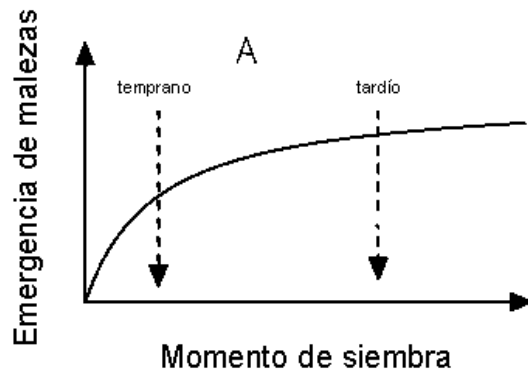


Figura 16. Representación teórica del concepto de tiempo óptimo de aplicación de tratamientos de postemergencia. Fuente Sattin y Berti 2004; Dunanet *et al.* 1995.

7.4.5.4.1. Nivel de cobertura

Respecto a la categoría de nivel de cobertura las monocotiledóneas y dicotiledóneas en la finca Pinto presentaron un nivel de 2, que corresponde de un 5 a 25% de cobertura. En el caso de finca Clotilde, Rojas e Inés de 3 años, que corresponde a nivel de 3 (25 a 50%) (Figura 17). Según La O *et al.* (1992), indican que este factor junto con el IPEF son los que determinan la relación de competencia en el cultivo, pues hay una relación donde indica que a mayor biomasa de las arvenses menor será el rendimiento del cultivo.



Figura 17. A) Nivel de cobertura 2 (De 5 a 25% del área total); B) Nivel de cobertura 3 (De 25 a 50% del área total) de arvenses, tanto monocotiledóneas como dicotiledóneas de las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.

7.4.5.5.MANEJO DE ARVENSES EN LA COOPERATIVA

Como indicador para el manejo de la finca se presentaba el porcentaje de cobertura para realizar el control de arvenses y al ser alto en las fincas Clotilde, Pinto y Rojas la Cooperativa tomo la decisión de realizar un control químico y en el lote de 3 años de la finca Inés un control manual. Los productos y las dosis que se utilizaron fueron variadas según la finca y se indican en el cuadro 28:

Cuadro 28. Productos y dosis aplicada en el control químico arvenses de las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.

Producto	Ingrediente Activo	Dosis/estación (200 L)	Finca	Variación	Edad	Dosis de producto comercial aplicado/hectárea	Dosis Comercial/hectárea
Reglone® 20 SL	Diquat	0,5 L	Pinto	Vic-14	3	0,88 L	1,0-3,0 L/ha
					6	0,92 L	
			Clotilde	Obatá	6	0,79 L	
Caminante® 24 EC	Oxiflourfen	0,5 L	Pinto	Vic-14	3	0,88 L	2,5-3,0 L/ha
					6	0,92 L	
			Clotilde	Obatá	6	0,79 L	
Glifosato® 35,6 SL	Glifosato	1,5 L	Pinto	Vic-14	3	2,64 L	1,5-3,0 L/ha
					6	2,76 L	
		0,6 L	Rojas	Obatá	6	2,37 L	
					3	2,00 L	
Trigger® 48 EC*	Triclopyr	0,2 L	Pinto	Vic-14	3	0,35 L	0,75 L a 1,00 L/ha
					6	0,37 L	
		0,35 L	Rojas	Obatá	6	0,32 L	
					3	0,38 L	
Drexel Pas® 80 SL	FOSFATODICOLINA, ÁCIDO METALACETICO, ETER ALKIL POLIOXIETILENO	0,2 L	Pinto	Vic-14	3	0,35 L	0,125-0,4 L/200 L agua
					6	0,37 L	
		0,35 L	Rojas	Obatá	6	0,32 L	

(*): Producto No Registrado ante el Servicio Fitosanitario del Estado para el control de arvenses en el cultivo de café.

*Color celeste indica sub dosificación del producto según la dosis comercial recomendada por el comerciante.

Según Ruíz (2001), la mezcla de productos selectivos permite obtener un resultado eficiente pues la aplicación es más dirigida, sin embargo en las fincas Clotilde y Pinto se realizó la aplicación de la mezcla de todos los productos mostrado en el cuadro 29, donde la cantidad aplicada de Reglone®20 SL (menos 0.20 L/ha), Caminante® 24 EC (menos 1.1 L/ha) y Trigger® 48 EC (menos 0.40 L/ha) fue menor que la indicada por el comerciante, por lo que su eficiencia fue menor como se muestra en el cuadro 28. Según Salazar e Hincapié (2007), la respuesta a la aplicación de herbicidas puede depender del estado de desarrollo de las

arvenses, así como la concentración del herbicida. El control en la finca Clotilde no fue efectivo pues se mantuvieron los parámetros iniciales, este resultado puede deberse a la subdosificación de productos aplicados, así como el estado fenológico de las arvenses. López y San Juan (1991) indican que los herbicidas son más efectivos cuando son aplicados con una buena cobertura y cuando las arvenses tienen un tamaño de 15 a 25 cm, como es el caso del Caminante®24 EC, el cual según el comerciante se debe aplicar cuando germinan las arvenses y el Reglone® 20 SL controla plantas en crecimiento con una altura menor de 15 cm. Además, un estudio realizado por Njoroge y Mwakha (1994), demostró que la resistencia al herbicida depende de su estado fenológico de las arvenses, debido a que en su ensayo cuando se aplicó en crecimiento vegetativo se logró un control de 64.1% mientras que en floración fue de apenas un 22.9%. Las plantas en su mayoría eran adultas (con más de 12 hojas) y en pleno “macollaje” por lo que la aplicación no fue efectiva.

Cuadro 29. Determinación de la condición de las arvenses tomando en cuenta parámetros como grado de abundancia, índice de población (IPA), estado fenológico (IPEF) y nivel de cobertura después del control de arvenses de las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019.

Finca	Variedad	Edad (años)	Grado	IPA	IPEF	Nivel de Cobertura
Clotilde	Obatá	6	3	4	1 a 3	3
Rojas	Obatá	3	3	4	1 a 2	1
Pinto	Vic-14	6	3	1	1	2
		3	1	2	1	2
Inés	Geisha	6	1	1	0	0
		3	1*	3*	1 a 4*	3*

* El control de arvenses se realizó únicamente alrededor de las plantas dejando la calle con cobertura, por lo que los parámetros mostrados pertenecen a las arvenses de la calle.

En el caso de la finca Rojas la aplicación de Glifosato ®35.6 SL y Trigger®48 EC se realizó una semana después de realizar la poda de sombra, por lo que el herbicida solo tuvo contacto con las plantas de mayor tamaño y al ser sistémico tuvo un mayor efecto, pues las más pequeñas estuvieron cubiertas por los restos de la poda y no fueron controladas, permitiendo un mayor control sobre las plantas adultas , en pleno “macollaje” y una disminución en el nivel de cobertura, el cual bajó de 3 a 1 (de 25-30% a 5-25% respectivamente). El Glifosato® 35.6 SL es un herbicida no selectivo y sistémico el cual fue aplicado en la dosis correcta,

teniendo un mejor desempeño sobre estas plantas. La finca Pinto tuvo condiciones similares a la finca Rojas, pues la aplicación se realizó en la misma semana, pero la mayor cobertura estaba compuesta por plantas adultas, por lo que la aplicación de Glifosato® 35.6 SL tuvo la capacidad de bajar el nivel de cobertura, grado y el IPA mas no logró controlar las plántulas pues se encontraban cubiertas por los rastrojos.

El manejo de arvenses fue distinto en la finca Inés, debido a que el control se realizó con cuchillo alrededor de las plantas dejándolas sin ningún tipo de cobertura y la calle se manejó como cobertura contra la erosión por escorrentía ya que quedó completamente cubierta.

Durante el ciclo se realizaron otros dos controles químicos, uno a los 80 días después del control (ddc) y el otro a los 145 ddc. Durante ese periodo se realizó un cambio de administrador de la finca, el cual pasó por una serie de capacitaciones por lo que no se logró coordinar las evaluaciones previas y posteriores a las aplicaciones, a pesar de eso se recopiló información de las aplicaciones realizadas. Para el segundo control de arvenses se realizó una aplicación química en las mismas tres fincas (Cuadro 30) y en la finca Inés en el lote de 3 años se llevó a cabo un control mecánico entre calles con “motoguadaña” y un control manual alrededor de las plantas. Posteriormente se utilizó una aplicación química de Gallo® 60 WP el cual no está registrado para café y Glifosato® 35.6 SL. En la finca Pinto lote de 6 años, hubo un exceso de hasta 40 g/ 200 L de Gallo® 60 WP y 3,39 L/ha de Glifosato® 35.6 SL. Según Chaves (2013), el exceso de este producto puede provocar una intoxicación en el cafeto, dos semanas después de ser aplicado, donde se limita el desarrollo de bandolas y por ende se compromete la producción. Además, se realizó una subdosificación de 3,2 g de Gallo® WP en la finca Clotilde según lo indicado por la casa comercial del producto. En los lotes restantes se utilizó la dosis indicada.

Cuadro 30. Productos y dosis aplicada en el segundo control químico arvenses de las fincas propias de CoopeVictoria R.L., en Grecia, Costa Rica 2019.

Producto	Ingrediente Activo	Dosis/estación (200 L)	Finca	Variedad	Edad	Dosis/hectárea	Dosis Comercial/hectárea
Gallo® 60 WP*	Metsulfuron metil	10 g	Pinto	Vic-14	3	19,10 g	De 10 a 20 gr/200 L de agua
					6	42,63 g	
			Clotilde	Obatá	6	7,80 g	
					Rojas	Obatá	
Glifosato® 35,6 SL	Glifosato	1,5 L	Pinto	Vic-14	3	2,86 L	1,5-3,0 L/ha
					6	6,39 L	
		1,44 L	Clotilde	Obatá	6	1,18 L	
					Rojas	Obatá	
Drexel Pas® 80 SL	FOSFATODICOLINA, ÁCIDO METALACETICO, ETER ALKIL POLIOXIETILENO	0,2 L	Pinto	Vic-14	3	0,38 L	0,125-0,4 L/200 L agua
					6	0,85 L	
		0,34 L	Clotilde	Obatá	6	0,15 L	
					Rojas	Obatá	

(*): Producto No Registrado ante el Servicio Fitosanitario del Estado para el control de arvenses en el cultivo de café.

*Color celeste indica sub dosificación del producto y color rojo indica sobre dosificación según la dosis comercial recomendada por el comerciante.

Para el tercer control de arvenses se mantuvo la misma dinámica, aplicaciones químicas en las fincas Rojas, Clotilde y Pinto y control mecánico y manual en la finca Inés, lote de 3 años. En este caso hubo un incremento en las dosis aplicadas. Como se muestra en el cuadro 31 la dosis de Gallo® 60 WP en la finca pinto fue superior a la recomendada por comerciante de hasta 30 g/200 L de agua y en el caso del lote de 6 años, que además tuvo una sobre dosificación de Reglone® 20 SL de 1,58 hasta 7,29 L/ha. Si bien es un producto de contacto y su ingrediente activo como el Diquat tiene poca movilidad por el floema, su exceso puede tener consecuencias tóxicas para las abejas y lombrices presentes en el momento de la aplicación, así como provocar toxicidad y envenenamiento de los empleados que lo aplican por inhalación causando edema pulmonar, especialmente si no cuentan con el equipo de protección (UNA 2020; Routt y James 1999). Finalmente tiene repercusiones económicas pues el gasto de ingrediente activo es mayor y de forma innecesaria.

En el caso del lote de 3 años en la finca Inés, la aplicación Glifosato excedió hasta los 2,19L/ha. A esa edad las plantas de café pueden presentar fitotoxicidad cuando la deriva es alta o se tiene contacto directo con las bandolas inferiores. Un estudio realizado por Galviny Salazar en el 2009 revela que a dosis superiores de 2 L/ha (480 gramos de ingrediente activo)

puede provocar clorosis, deformación y pérdida de turgencia de las hojas a los 8 días de aplicado. A los 15 días defoliación severa y necrosis en las yemas y frutos recién formados. A los 60 días el contenido foliar de K, Ca, Fe y Mn disminuyeron, teniendo efecto directo sobre la nutrición de las plantas.

Cuadro 31. Productos y dosis aplicada en el tercer control químico arvenses de las fincas propias de CoopeVictoria R.L, en Grecia, Costa Rica.2019

Producto	Ingrediente Activo	Dosis/estañon (200 L)	Finca	Variedad	Edad	Dosis/hectárea	Dosis Comercial/hectárea
GALLO® 60 WP*	Metsulfuron metil	10 g	Pinto	Vic-14	3	22,92 g	De 10 a 20 gr/200 L de agua
					6	51,45 g	
			Rojas	Obatá	6	15,77 g	
					3	16,67 g	
REGLONE® 20 SL	Diquat	2 L	Pinto	Vic-14	3	4,58 L	1,0-3,0 L/ha
					6	10,29 L	
			Clotilde	Obatá	6	3,15 L	
DOBLE FILO® 21 EC	Oxiflourfen	0,5 L	Pinto	Vic-14	3	1,15 L	2-8 L/Ha
					6	2,57 L	
			Clotilde	Obatá	6	0,79 L	
GUERRERO® 24 EC	Oxifluorfén	0,5 L	Rojas	Obatá	3	1,29 L	2,5-3 L/Ha
LANDMASTER® 20 SL	Paraquat	2 L				2,57 L	1,5-3,0 L/Ha
Glifosato®	Glifosato	2 L	Inés	Geisha	3	5,19 L	1,5-3,0 L/ha

(*): Producto No Registrado ante el Servicio Fitosanitario del Estado para el control de arvenses en el cultivo de café.

*Color celeste indica sub dosificación del producto y color rojo indica sobredosificación según la dosis comercial recomendada por el comerciante.

7.4.5.6.MANEJO DE ARVENSES RECOMENDADO:

Respecto al control de arvenses se recomendará un manejo diferenciado en la finca Inés y el resto de las fincas de estudio, debido a que en el capítulo de fertilidad se recomendó el uso de coberturas vivas en esta finca y esa práctica conlleva otro tipo de cuidados.

Antes de iniciar cualquier tipo de control es necesario realizar una identificación y llevar un registro de la familia y especie presente, así como de su biología y daños que provoca en cada finca. No todas las especies presentes tienen importancia agrícola no obstante existen algunas con una interferencia alta en el cultivo (Vibrans 2011).

Las especies de alta interferencia o agresivas presentan características particulares como facilidad de dispersión, producción alta de semilla, alta tasa de germinación, alelopatía, un sistema radicular fasciculado, superficial y denso y alta adaptación a las condiciones

ambientales. Entre las más comunes en el cultivo de café se encuentran las familias de las Gramíneas, Cyperaceas y Compositae (Salazar e Hincapié 2005). Como se mencionó anteriormente las fincas poseen especies pertenecientes a esta clasificación por lo que es necesario su control.

Después de realizar el registro de las arvenses presentes, es recomendable la creación de un Sistema de Alerta Temprana (SAT) el cual tiene como fin proveer información oportuna y eficaz sobre una amenaza para actuar con el tiempo suficiente y apropiado para evitar o reducir el daño provocado. Este tipo de sistemas integran el manejo de un sistema informático, modernización de las bases de datos, mapeo de las fincas y arvenses presentes y finalmente información meteorológica de la zona (Campero 2017). Se debe tomar en cuenta el umbral económico de cada especie para realizar un control preventivo y pos-emergente. El umbral económico se constituye “por el costo del control respecto a las pérdidas esperadas o causadas por las malezas” (Gerowitt 1997) considerando además las épocas de mayor presencia de arvenses por las condiciones ambientales favorables (Salazar 2003). En el caso específico de la Cooperativa ese umbral está definido por la etapa fenológica de las arvenses (IPEF) y el grado de abundancia principalmente, pues según Andreis *et al.* (2016), deben mantenerse en un nivel máximo de IPEF de 2 y un grado de abundancia de 2 (mediana) para evitar pérdidas económicas.

Como se mencionó en el capítulo anterior en las tres fincas se realiza una poda de sombra días después del inicio de la época lluviosa, esto genera una cobertura muerta sobre las calles, por lo que es recomendable realizar una aplicación de herbicidas días antes de esta práctica, respetando el periodo de reingreso de los productos a utilizar, con el fin de que la cobertura mantenga una baja incidencia y retarde el crecimiento de las malezas (Hincapié y Salazar 2007). Se recomienda realizar una mezcla de Oxiflourfén (herbicida de contacto absorbido por el cotiledón) el cual tiene una función de sello pre emergente y Glifosato (herbicida post emergente no selectivo por acción sistémica absorbido por hojas) con la dosis más baja recomendada por el fabricante. En el caso del oxiflourfén la Cooperativa puede continuar utilizando Caminante® 24 EC con una dosis de 2,5 L/ha y Glifosato® 35.6 SL con una dosis de 1,5 L/ha. A esta mezcla se le puede adicionar el ingrediente Carfentrazone, pues según Agüero *et al.* (2008) es un herbicida de amplio espectro, tiene una alta capacidad de controlar dicotiledóneas y se puede obtener un mejor resultado al combinarlo con Glifosato. Un

producto que presenta este ingrediente activo es el Affinity® 24 EC cuya dosis a aplicar sería de 80 mL/ha.

Al realizar esta aplicación se está reduciendo la carga química en el suelo, pues se eliminan productos que no están registrados para el cultivo como el Trigger® 48 EC y la aplicación de un herbicida de contacto como el Reglone® 20 SL. Se implementa un producto con menor repercusión ambiental como el Affinity®24 EC debido a la clasificación de banda verde y su dosis recomendada por la casa comercial es la más baja. Otro aspecto positivo al realizar este cambio es que se reducen los gastos operativos porque se utiliza una menor cantidad de producto al utilizar las dosis más bajas.

El costo por la mano de obra también es menor pues se reduce el tiempo invertido en el control y se reduce el esfuerzo físico del trabajador. Otra ventaja es que al realizarlo antes de la poda de sombra aún no se ha aumentado la exposición de luz dentro de la plantación por lo que no se ha estimulado la germinación de las malezas (De Melo *et al.*2011). Las ramas de Poró y Guaba al ser leñosas son clasificadas como cobertura de lenta descomposición y sus hojas, así como la hojarasca del café como cobertura de rápida descomposición. Este tipo de cobertura permite la reducción de malezas de 6,4% a los 14 días después de la aplicación respecto a un cafetal sin él. Este porcentaje es potenciado si al agregar la cobertura no hay presencia de malezas en las calles (Rivas 1994).

Posterior a este control es necesario continuar con un monitoreo de las arvenses con la finalidad de actualizar la base de datos y de manera paulatina el SAT. Con base a esa información se puede tomar la decisión de realizar una segunda aplicación de herbicidas con la menor dosis recomendada para mantener a las arvenses por debajo del umbral establecido. Esta puede estar constituida por una mezcla de dos herbicidas sistémicos de amplio espectro, según sean las arvenses que se desarrollaron en cada finca.

Se puede utilizar la misma fórmula que utilizó la finca en la segunda aplicación donde se combinó el Metsulfuron Metil con Glifosato, pero cambiando la marca comercial por otra que sí esté registrado para café. Una opción puede ser Ally® 60 WG con una dosis de 10 g/ha y de Glifosato con la misma dosis recomendada anteriormente. Es importante recalcar que Metsulfuron Metil es recomendable utilizarlo una vez en el ciclo y respetando la dosis recomendada pues es de alta persistencia en el suelo especialmente en suelos con alto contenido de arcillas (Huertas 2014).

Con la finalidad de mantener una baja incidencia de arvenses durante la cosecha y se mantenga durante la época seca para evitar competencia por agua con el cultivo se puede realizar una tercera aplicación con un herbicida de contacto mezclado con un sello o pre emergente como lo son el Diquat o Glufosinato de Amonio y el Oxifluorfén respectivamente. La ventaja de utilizar Glufosinato de Amonio es su clasificación de banda verde aceptado por lo que la carga química aplicada sería menor contribuyendo con la disminución del impacto ambiental en esta práctica. Para el Oxifluorfén pueden continuar utilizando el Caminante® 24 EC con una dosis de 2.5 L/ha y como Glufosinato de Amonio el Basta®15 SL con una dosis de 2 L/ha. En todas las aplicaciones se recomienda realizar calibración del personal, así como el debido mantenimiento del equipo de aplicación con el registro adecuado durante el ciclo.

En finca Inés para lotes con plantas pequeñas y podas es recomendable realizar la siembra de la cobertura con 3 a 4 kg/ha de semilla entre calles en hileras como se mencionó en el capítulo de nutrición. El mantenimiento de la cobertura durante el ciclo productivo puede realizarse mediante el control mecánico de 4 a 5 cortes con “motoguadaña” dependiendo del crecimiento y mantenimiento de la rodaja de las plantas completamente limpias con cuchillo para evitar algún tipo de competencia. Igual que las aplicaciones químicas se debe calibrar el personal para determinar el costo exacto de esta práctica. En el caso de las plantas adultas sembradas no se observaron problemas con arvenses en esta finca en ciclo anterior, pero en caso de que llegase a presentar se recomienda realiza el estudio y manejo ya mencionados en este apartado.

8. ANÁLISIS DE COSTOS:

Con base en los resultados obtenidos se realizó un estudio económico de los costos directos operativos de las fincas de estudio. Se comparó con el costo de las prácticas recomendadas. Se consideraron dentro de las actividades la aplicación de enmienda, fertilización, “atomizos” y control de malezas. Asimismo, se tomó en cuenta el precio de la dosis aplicada por cada insumo, el costo de la mano de obra de los trabajadores y del encargado además del acarreo de productos. Respecto a la marca, presentación y precio de los productos que se utilizaron para la recomendación, son exclusivamente un punto de referencia para tener bases

económicas comparativas. La cooperativa puede optar por otras marcas y presentaciones del mercado, siempre cuando estas presenten el ingrediente activo recomendado y estén registradas para el cultivo. Las dosis sugeridas se basaron en las recomendadas por el comerciante para cada producto.

8.1. FINCA INÉS:

En la finca Inés se analizó en costo de la hectárea por edad, esto permite diferenciar cada actividad según las necesidades del cultivo y la variedad en momentos de desarrollo y producción determinados.

Cuadro 32. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L en la finca Inés variedad Geisha, edad 3 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.2019

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	32	₡ 1.295	₡ 41.440	₡ 1.250.195
1.2. I Fertilización	Horas	32	₡ 1.295	₡ 41.440	
1.3. II Fertilización	Horas	40	₡ 1.295	₡ 51.800	
1.4. III Fertilización	Horas	32	₡ 1.295	₡ 41.440	
1.5. I Atomizo	Horas	25	₡ 1.295	₡ 32.375	
	Horas	25	₡ 1.726	₡ 43.150	
1.6. II Atomizo	Horas	25	₡ 1.295	₡ 32.375	
	Horas	25	₡ 1.726	₡ 43.150	
1.7. III Atomizo	Horas	25	₡ 1.295	₡ 32.375	
	Horas	25	₡ 1.726	₡ 43.150	
1.8. IV Atomizo	Horas	16	₡ 1.726	₡ 27.616	
	Horas	12	₡ 1.295	₡ 15.540	
1.9. I Control de Arvenses	Horas	36	₡ 1.770	₡ 63.720	
1.10. II Control de Arvenses	Horas	36	₡ 1.770	₡ 63.720	
1.11. III Control de Arvenses	Horas	24	₡ 1.726	₡ 41.424	
1.12. Encargado	Horas	52	₡ 2.990	₡ 155.480	
1.13. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	40	₡ 12.000	₡ 480.000	
2. Insumos					
Cal Dolomita	Saco (50 kg)	11	₡ 4.257	₡ 46.827	₡ 780.023
9,5-47,5-0-0,3 (Zn)-7 (SiO)	Saco (45 kg)	9	₡ 16.698	₡ 150.282	
17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6(S)-5(SiO)	Saco (45 kg)	11	₡ 11.890	₡ 130.790	
27-0-0-6 (Ca)-4(Mgo)	Saco (45 kg)	14	₡ 11.755	₡ 164.570	
OPERA 18,3 SE	1 L	1,53	₡ 24.424	₡ 37.585	
Cosmo-In	1 L	1,98	₡ 5.945	₡ 11.775	
Cosmo Agua	250 g	0,53	₡ 1.771	₡ 3.762	
Cosmo Quel B-Zn	1 kg	2,07	₡ 5.101	₡ 10.572	
Cosmo Quel Mg	25 kg	3,11	₡ 4.464	₡ 555	
Cepex 10 SL	1 L	0,85	₡ 9.015	₡ 7.707	
Cosmo Foliar 0-32-43	1 kg	5,18	₡ 5.708	₡ 29.575	
Sulfato de Amonio	Saco (45 kg)	15,54	₡ 7.847	₡ 2.711	
BAYFOLAN FORTE	1 L	5,70	₡ 3.400	₡ 19.378	
SILVACUR COMBI 30 EC	1L	0,52	₡ 27.800	₡ 14.404	
ANTRACOL 70 WP	1 kg	2,14	₡ 5.400	₡ 11.541	
ESFERA 26,75 EC	1 L	0,62	₡ 22.700	₡ 14.114	
GLIFOSATO 35,6 SL	1 L	5,19	₡ 23.045	₡ 119.714	
Gasolina de Motoguadña	3,78 L	4	₡ 1.040	₡ 4.160	
Costo Directo +Transporte					₡ 2.030.218

Cuadro 33. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L en la finca Inés variedad Geisha, edad 3 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.2019

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	10	₡ 1.295	₡ 12.950	₡ 948.621
1.2. I Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.3. II Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.4. III Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.5. I Atomizo	Horas	24,5	₡ 1.726	₡ 42.287	
	Horas	14	₡ 1.295	₡ 18.130	
1.6. II Atomizo	Horas	24,5	₡ 1.726	₡ 42.287	
	Horas	14	₡ 1.295	₡ 18.130	
1.7. III Atomizo	Horas	24,5	₡ 1.726	₡ 42.287	
	Horas	14	₡ 1.295	₡ 18.130	
1.8. I Control de Arvenses	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
1.9. II Control de Arvenses	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
1.10. III Control de Arvenses	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
1.11. IV Control de Arvenses	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
1.12. V Control de Arvenses	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
1.11. Encargado	Horas	46	₡ 2.990	₡ 137.540	
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	23,5	₡ 12.000	₡ 282.000	
2. Insumos					
21,14-8,78-16,93-2,04 (MgO)-1,64 (S)	Saco de 45 kg	7	₡ 9.950	₡ 69.650	₡ 368.536
20-3-10-0.2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO)	Saco de 45 kg	7	₡ 12.349	₡ 86.443	
17-3-18-5-0.03-3(CaO)-2.6 (S)-5 (SiO)	Saco de 45 kg	7	₡ 11.890	₡ 83.230	
SOPRANO 25 SC	1 L	0,4	₡ 16.000	₡ 6.400	
Oxicob 50 WP	500 G	0,8	₡ 3.373	₡ 5.397	
BAYFOLAN FORTE	1 L	4	₡ 3.400	₡ 13.600	
Cosmo Quel B-Zn	1 kg	3	₡ 5.101	₡ 15.303	
Cosmo In	1 L	3	₡ 5.945	₡ 17.835	
Rastrana 10 SL	1L	0,3	₡ 23.280	₡ 6.984	
Green Leaf Forte	1 L	1	₡ 2.234	₡ 2.234	
OPERA 18,3 SE	1 L	1,25	₡ 24.424	₡ 30.530	
Amistar 50 WG	1 kg	0,25	₡ 10.000	₡ 2.500	
Cepex 10 SL	1 L	2	₡ 9.015	₡ 18.030	
Gasolina de Motoguadaña	3,78 L	10	₡ 1.040	₡ 10.400	
Costo Directo +Transporte					

El cuadro 32, muestra el costo operativo de la cooperativa durante el ciclo evaluado. El cuadro 33 presenta el costo que podría tener si se realizan las prácticas recomendadas. La diferencia es de ₡ 713. 060 entre ellos. El valor de la mano obra en cada actividad es el rubro que representa el mayor gasto. El ICAFÉ (2020) establece que el gasto de horas/ha para las actividades estudiadas es de 178,3 horas/ha y la cooperativa reporta 227.5 horas/ha sin contemplar las horas invertidas en la aplicación de enmienda, superando esta recomendación hasta 49,1 horas/ha. Con respecto a los insumos, es el ahorro es de casi el 50% utilizando las dosis establecidas para cada producto y cambiando aquello que no está recomendado para el cultivo.

Cuadro 34. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L. en la finca Inés variedad Geisha, edad 5 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	32	₡ 1.295	₡ 41.440	₡ 985.491
1.2. I Fertilización	Horas	32	₡ 1.295	₡ 41.440	
1.3. II Fertilización	Horas	40	₡ 1.295	₡ 51.800	
1.4. III Fertilización	Horas	32	₡ 1.295	₡ 41.440	
1.5. I Atomizo	Horas	25	₡ 1.295	₡ 32.375	
	Horas	25	₡ 1.726	₡ 43.150	
1.6. II Atomizo	Horas	25	₡ 1.295	₡ 32.375	
	Horas	25	₡ 1.295	₡ 32.375	
1.7. III Atomizo	Horas	25	₡ 1.726	₡ 43.150	
	Horas	25	₡ 1.726	₡ 43.150	
1.IV Atomizo	Horas	16	₡ 1.726	₡ 27.616	
	Horas	12	₡ 1.295	₡ 15.540	
1.11. Encargado	Horas	36	₡ 2.990	₡ 107.640	
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	36	₡ 12.000	₡ 432.000	
2. Insumos					
Cal Dolomita	Saco (50 kg)	11	₡ 4.257	₡ 46.827	₡ 704.538
9,5-47,5-0-0,3 (Zn)-7 (SiO)	Saco (45 kg)	15	₡ 12.349	₡ 185.235	
17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6(S)-5(SiO)	Saco (45 kg)	11	₡ 11.890	₡ 130.790	
27-0-0-6 (Ca)-4(Mgo)	Saco (45 kg)	14	₡ 11.755	₡ 164.570	
OPERA 18,3 SE	1 L	2,08	₡ 24.424	₡ 50.815	
Cosmo-In	1 L	1,52	₡ 5.945	₡ 9.044	
Cosmo Agua	250 g	0,56	₡ 1.771	₡ 3.962	
Cosmo Quel B-Zn	1 kg	2,24	₡ 5.101	₡ 11.412	
Cosmo Quel Mg	25 kg	3,36	₡ 4.464	₡ 599	
Cepex 10 SL	1 L	0,89	₡ 9.015	₡ 7.986	
Cosmo Foliar 0-32-43	1 kg	5,37	₡ 5.708	₡ 30.647	
Sulfato de Amonio	45 kg	11,19	₡ 7.847	₡ 1.951	
BAYFOLAN FORTE	1 L	5,82	₡ 3.400	₡ 19.776	
SILVACUR COMBI 30 EC	1L	0,54	₡ 27.800	₡ 14.926	
ANTRACOL 70 WP	1 kg	2,18	₡ 5.400	₡ 11.779	
ESFERA 26,75 EC	1 L	0,63	₡ 22.700	₡ 14.219	
Costo Directo +Transporte					

Cuadro 35. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L para la finca Inés variedad Geisha, edad 5 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	10	₡ 1.295	₡ 12.950	₡ 665.599
1.2. I Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.3. II Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.4. III Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.5. I Atomizo	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
	Horas	16	₡ 1.295	₡ 20.720	
1.6. II Atomizo	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
	Horas	16	₡ 1.295	₡ 20.720	
1.7. III Atomizo	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
	Horas	16	₡ 1.295	₡ 20.720	
1.11. Encargado	Horas	23,5	₡ 2.990	₡ 70.265	
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	23,5	₡ 12.000	₡ 282.000	
2. Insumos			227,5		
21,14-8,78-16,93-2,04 (MgO)-1,64 (S)	Saco de 45 kg	7	₡ 9.950	₡ 69.650	₡ 363.836
20-3-10-0.2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO)	Saco de 45 kg	7	₡ 12.349	₡ 86.443	
17-3-18-5-0.03-3(CaO)-2.6 (S)-5 (SiO)	Saco de 45 kg	7	₡ 11.890	₡ 83.230	
SOPRANO 25 SC	1 L	0,4	₡ 16.000	₡ 6.400	
Oxicob 50 WP	500 g	0,8	₡ 3.373	₡ 5.397	
BAYFOLAN FORTE	1 L	4	₡ 3.400	₡ 13.600	
Cosmo Quel B-Zn	1 kg	3	₡ 5.101	₡ 15.303	
Cosmo In	1 L	3	₡ 5.945	₡ 17.835	
Antracol 70 WP	750 g	0,4	₡ 6.500	₡ 3.467	
Green Leaf Forte	1 L	1	₡ 2.234	₡ 2.234	
Rastrana 10 SL	1L	0,3	₡ 23.280	₡ 6.984	
Green Leaf Forte	1 L	1	₡ 2.234	₡ 2.234	
OPERA 18,3 SE	1 L	1,25	₡ 24.424	₡ 30.530	
Amistar 50 WG	1 kg	0,25	₡ 10.000	₡ 2.500	
Cepex 10 SL	1 L	2	₡ 9.015	₡ 18.030	
Costo Directo +Transporte					

En el cuadro 34 se presenta el costo del lote de 5 años el cual es el menor de todas las fincas debido a que no se realizó ningún tipo de control de arvenses. En el cuadro 35 se muestra el costo de las actividades recomendables para este lote, el cual tampoco incluye manejo de arvenses y representa ₡ 660.594 menos que el realizado por la empresa. Esto incluso eliminando una actividad durante el ciclo el costo operativo es elevado.

8.2.FINCA ROJAS:

Cuadro 36. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L. en la finca Rojas variedad Obatá, edad 3 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total	
1. Labores de Cultivo						
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	0	₡ -	₡ -		
1.2. I Fertilización	Horas	66	₡ 1.295	₡ 85.470	₡1.621.047	
1.3. II Fertilización	Horas	66	₡ 1.295	₡ 85.470		
1.4. III Fertilización	Horas	50	₡ 1.295	₡ 64.750		
1.5. I Atomizo	Horas	50	₡ 1.726	₡ 86.300		
	Horas	20	₡ 1.295	₡ 25.900		
1.6. II Atomizo	Horas	45	₡ 1.726	₡ 77.670		
	Horas	25	₡ 1.295	₡ 32.375		
1.7. III Atomizo	Horas	50	₡ 1.726	₡ 86.300		
	Horas	20	₡ 1.295	₡ 25.900		
1.8. I Control de Arvenses	Horas	60	₡ 1.726	₡103.560		
1.9. II Control de Arvenses	Horas	72	₡ 1.726	₡124.272		
1.10. III Control de Arvenses	Horas	60	₡ 1.726	₡103.560		
1.11. Encargado	Horas	48	₡ 2.990	₡143.520		
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	48	₡ 12.000	₡576.000		
2. Insumos						
17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6(S)-5(SiO)	Saco (45 kg)	11	₡ 11.890	₡130.790	₡ 641.319	
20-4-11-5,9-0,03-3(CaO)-3,4(S)-5(SiO)	Saco (45 kg)	11	₡ 11.755	₡129.305		
20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)	Saco (45 kg)	16	₡ 12.349	₡197.584		
Agrolato de Boro	1 L	1,11	₡ 4.895	₡ 5.439		
Agrolato de Zinc	1 L	1,11	₡ 3.930	₡ 4.367		
OPERA 18,3 SE	1 L	1,63	₡ 24.424	₡ 39.838		
Cosmo-In	1L	1,21	₡ 5.945	₡ 7.200		
BAYFOLAN FORTE	1 L	8,11	₡ 3.400	₡ 27.578		
SOPRANO 25 SC	1 L	0,58	₡ 16.000	₡ 9.333		
Caminante 24 EC	3,78 L	1,09	₡ 31.313	₡ 9.020		
Drexel Pas 80 SL	1 L	1,52	₡ 3.515	₡ 5.353		
Trigger 48 EC	1 L	0,38	₡ 9.646	₡ 3.698		
Glifosato 35,6 SL	1 L	2,67	₡ 23.045	₡ 61.453		
Gallo 60 WP	10 g	28,19	₡ 580	₡ 1.635		
GUERRERO 24 EC	3,78 L	0,83	₡ 32.580	₡ 7.183		
LANDMASTER 20 SL	3,78 L	3,33	₡ 1.750	₡ 1.543		
Costo Directo +Transporte						₡2.262.366

Cuadro 37. Costos directos por hectárea del manejo recomendado para la finca Rojas variedad Obatá, edad 3 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	0	₡ -	₡ -	₡ 912.372
1.2. I Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.3. II Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.4. III Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.5. I Atomizo	Horas	24,5	₡ 1.726	₡ 42.287	
	Horas	14	₡ 1.295	₡ 18.130	
1.6. II Atomizo	Horas	24,5	₡ 1.726	₡ 42.287	
	Horas	14	₡ 1.295	₡ 18.130	
1.7. III Atomizo	Horas	24,5	₡ 1.726	₡ 42.287	
	Horas	14	₡ 1.295	₡ 18.130	
1.8. I Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.9. II Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.10. III Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.11. Encargado	Horas	31,5	₡ 2.990	₡ 94.185	
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	31,5	₡ 12.000	₡ 378.000	
2. Insumos					
21,14-8,78-16,93-2,04 (MgO)-1,64 (S)	Saco de 45 kg	8	₡ 9.950	₡ 79.600	₡ 515.001
20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO)	Saco de 45 kg	7	₡ 12.349	₡ 86.443	
17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6 (S)-5 (SiO)	Saco de 45 kg	8	₡ 11.890	₡ 95.120	
SOPRANO 25 SC	1 L	0,4	₡ 16.000	₡ 6.400	
Oxicob 50 WP	500 g	1,2	₡ 3.373	₡ 8.095	
BAYFOLAN FORTE	1 L	4	₡ 3.400	₡ 13.600	
Cosmo Quel B-Zn	1 kg	3	₡ 5.101	₡ 15.303	
Cosmo In	1 L	3	₡ 5.945	₡ 17.835	
Silvacur Combi 30 EC	1L	1	₡ 27.800	₡ 27.800	
Antracol 70 WP	750 g	1,5	₡ 6.500	₡ 13.000	
Green Leaf Forte	1 L	2	₡ 2.234	₡ 4.468	
Caminante 24 EC	3,78 L	5	₡ 31.313	₡ 41.419	
Affinity 24 EC	100 mL	80	₡ 11.050	₡ 8.840	
Glifosato 35,6 SL	1 Litro	3	₡ 23.045	₡ 69.135	
Drexel Pas 80 SL	1 L	1,8	₡ 3.507	₡ 6.313	
Ally 60 WG	10 g	10	₡ 2.950	₡ 2.950	
Basta 15 SL	5 L	2	₡ 46.700	₡ 18.680	
Costo Directo +Transporte					₡1.427.373

Respecto al manejo de esta variedad, se presenta un aumento el costo (cuadro 36) respecto a la variedad Geisha de la misma edad de ₡ 239. 295 la cual se ve reflejada igualmente en el costo por mano de obra. Respecto al ajuste realizado en los tiempos de aplicación la reducción de costos en esta finca puede representar hasta ₡ 708. 675. Este dato implica que realizando una calibración precisa del personal puede tener repercusiones económicas positivas para la empresa.

8.3.Finca Clotilde:

Cuadro 38. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L. en la finca Clotilde variedad Obatá, edad 5 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	0	₡ -	₡ -	₡1.741.918
1.2. I Fertilización	Horas	42	₡ 1.295	₡ 54.390	
1.3. II Fertilización	Horas	35	₡ 1.295	₡ 45.325	
1.4. III Fertilización	Horas	35	₡ 1.295	₡ 45.325	
1.5. I Atomizo	Horas	42	₡ 1.726	₡ 72.492	
	Horas	36	₡ 1.295	₡ 46.620	
1.6. II Atomizo	Horas	40	₡ 1.726	₡ 69.040	
	Horas	25	₡ 1.295	₡ 32.375	
1.7. III Atomizo	Horas	40	₡ 1.726	₡ 69.040	
	Horas	25	₡ 1.295	₡ 32.375	
1.8. I Control de Arvenses	Horas	96	₡ 1.726	₡165.696	
1.9. II Control de Arvenses	Horas	77	₡ 1.726	₡132.902	
1.10. III Control de Arvenses	Horas	88	₡ 1.726	₡151.888	
1.11. Encargado	Horas	55	₡ 2.990	₡164.450	
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	55	₡ 12.000	₡660.000	
2. Insumos					₡ 702.370
20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)	Saco (45 kg)	16	₡ 12.349	₡197.584	
17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6(S)-5(SiO)	Saco (45 kg)	11	₡ 11.890	₡130.790	
20-4-11-5.9-0,03-3(CaO)-3,4(S)-5(SiO)	Saco (45 kg)	15	₡ 11.755	₡176.325	
OPERA 18,3 SE	1 L	1,47	₡ 24.424	₡ 35.827	
Drexel Pas 80 SL	1 L	1,07	₡ 3.507	₡ 3.761	
Cosmo-Quel B-Zn	1 kg	1,26	₡ 5.101	₡ 6.437	
BAYFOLAN FORTE	1 L	10,09	₡ 3.400	₡ 34.322	
COSMO IN	1 L	1,01	₡ 5.945	₡ 6.001	
SOPRANO 25 SC	1 L	0,71	₡ 16.000	₡ 11.356	
Reglone 20 SL	3,78 L	3,94	₡ 1.750	₡ 1.826	
Caminante 24 EC	3,78 L	0,79	₡ 31.313	₡ 6.533	
Trigger 48 EC	4 L	0,32	₡ 37.163	₡ 2.931	
Glifosato 35,6 SL	1 L	3,55	₡ 23.045	₡ 81.784	
Gallo 60 WP	10 g	23,66	₡ 580	₡ 1.372	
DOBLE FILO 21 EC	20 L	0,79	₡ 140.000	₡ 5.521	
Costo Directo +Transporte					

Cuadro 39. Costos directos por hectárea del manejo recomendado para la finca Clotilde variedad Obatá, edad 5 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica.

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	0	₡ -	₡ -	₡ 960.750
1.2. I Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.3. II Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.4. III Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.5. I Atomizo	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
	Horas	16	₡ 1.295	₡ 20.720	
1.6. II Atomizo	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
	Horas	16	₡ 1.295	₡ 20.720	
1.7. III Atomizo	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
	Horas	16	₡ 1.295	₡ 20.720	
1.8. I Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.9. II Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.10. III Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.11. Encargado	Horas	33	₡ 2.990	₡ 98.670	
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	33	₡ 12.000	₡ 396.000	
2. Insumos					
21,14-8,78-16,93-2,04 (MgO)-1,64 (S)	Saco de 45 kg	11	₡ 9.950	₡ 109.450	₡ 605.678
20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO)	Saco de 45 kg	10	₡ 12.349	₡ 123.490	
17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6 (S)-5 (SiO)	Saco de 45 kg	10	₡ 11.890	₡ 118.900	
SOPRANO 25 SC	1 L	0,4	₡ 16.000	₡ 6.400	
Oxicob 50 WP	500 g	1,2	₡ 3.373	₡ 8.095	
BAYFOLAN FORTE	1 L	4	₡ 3.400	₡ 13.600	
Cosmo Quel B-Zn	1 kg	3	₡ 5.101	₡ 15.303	
Cosmo In	1 L	3	₡ 5.945	₡ 17.835	
Silvacur Combi 30 EC	1L	1	₡ 27.800	₡ 27.800	
Antracol 70 WP	750 g	1,5	₡ 6.500	₡ 13.000	
Green Leaf Forte	1 L	2	₡ 2.234	₡ 4.468	
Caminante 24 EC	3,78 L	5	₡ 31.313	₡ 41.419	
Affinity 24 EC	100 mL	80	₡ 11.050	₡ 8.840	
Glifosato 35,6 SL	1 Litro	3	₡ 23.045	₡ 69.135	
Drexel Pas 80 SL	1 L	1,8	₡ 3.507	₡ 6.313	
Ally 60 WG	10 g	10	₡ 2.950	₡ 2.950	
Basta 15 SL	5 L	2	₡ 46.700	₡ 18.680	
Costo Directo +Transporte					₡ 1.566.428

En el cuadro 38 se muestra el costo directo que representó para la cooperativa las prácticas de fertilización, control fitosanitario y de arvenses de ₡ 877.860 más del costo por el manejo recomendado. Igual en las fincas anteriores el rubro que presenta un mayor costo es el de mano de obra (55% más que el ajuste realizado).

8.4.Finca Pinto:

Cuadro 40. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L. en la finca Pinto variedad Vic-14, edad 3 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	0	₡ -	₡ -	₡1.962.561
1.2. I Fertilización	Horas	55	₡ 1.295	₡ 71.225	
1.3. II Fertilización	Horas	60	₡ 1.295	₡ 77.700	
1.4. III Fertilización	Horas	55	₡ 1.295	₡ 71.225	
1.5. I Atomizo	Horas	63	₡ 1.726	₡108.738	
	Horas	42	₡ 1.295	₡ 54.390	
1.6. II Atomizo	Horas	63	₡ 1.726	₡108.738	
	Horas	49	₡ 1.295	₡ 63.455	
1.7. III Atomizo	Horas	70	₡ 1.726	₡120.820	
	Horas	42	₡ 1.295	₡ 54.390	
1.8. I Control de Arvenses	Horas	70	₡ 1.726	₡120.820	
1.9. II Control de Arvenses	Horas	70	₡ 1.726	₡120.820	
1.10. III Control de Arvenses	Horas	70	₡ 1.726	₡120.820	
1.11. Encargado	Horas	58	₡ 2.990	₡173.420	
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	58	₡ 12.000	₡696.000	
2. Insumos					
20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)	Saco (45 kg)	8	₡ 12.349	₡ 98.792	₡ 596.026
17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6(S)-5(SiO)	Saco (45 kg)	10	₡ 11.890	₡118.900	
20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)	Saco (45 kg)	10	₡ 12.349	₡123.490	
Green Leaf Forte	1 L	0,69	₡ 2.234	₡ 1.536	
Drexel Pas 80 SL	1L	1,76	₡ 3.515	₡ 6.203	
Cosmo-Quel B-Zn	1 kg	2,29	₡ 3.508	₡ 8.040	
OPERA 18,3 SE	1 L	1,68	₡ 24.424	₡ 41.049	
BAYFOLAN FORTE	1 L	9,17	₡ 3.400	₡ 31.169	
COSMO IN	1 L	0,92	₡ 5.945	₡ 5.450	
SOPRANO 25 SC	1 L	0,69	₡ 16.000	₡ 11.001	
Reglone 20 SL	3,78 L	5,46	₡ 1.750	₡ 2.529	
Caminante 24 EC	3,78 L	0,88	₡ 31.313	₡ 7.278	
Trigger 48 EC	1 L	0,35	₡ 9.646	₡ 3.376	
Glifosato 35,6 SL	1L	5,5	₡ 23.045	₡126.756	
Gallo 60 WP	10 g	42,02	₡ 580	₡ 2.437	
DOBLE FILO 21 EC	20 L	1,15	₡ 140.000	₡ 8.021	
Costo Directo +Transporte					

Cuadro 41. Costos directos por hectárea del manejo recomendado para la finca Pinto variedad Vic-14, edad 3 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	0	₡ -	₡ -	₡ 912.372
1.2. I Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.3. II Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.4. III Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.5. I Atomizo	Horas	24,5	₡ 1.726	₡ 42.287	
	Horas	14	₡ 1.295	₡ 18.130	
1.6. II Atomizo	Horas	24,5	₡ 1.726	₡ 42.287	
	Horas	14	₡ 1.295	₡ 18.130	
1.7. III Atomizo	Horas	24,5	₡ 1.726	₡ 42.287	
	Horas	14	₡ 1.295	₡ 18.130	
1.8. I Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.9. II Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.10. III Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.11. Encargado	Horas	31,5	₡ 2.990	₡ 94.185	
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	31,5	₡ 12.000	₡ 378.000	
2. Insumos					
21,14-8,78-16,93-2,04 (MgO)-1,64 (S)	Saco de 45 kg	8	₡ 9.950	₡ 79.600	₡ 527.350
20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO)	Saco de 45 kg	8	₡ 12.349	₡ 98.792	
17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6 (S)-5 (SiO)	Saco de 45 kg	8	₡ 11.890	₡ 95.120	
SOPRANO 25 SC	1 L	0,4	₡ 16.000	₡ 6.400	
Oxicob 50 WP	500 g	1,2	₡ 3.373	₡ 8.095	
BAYFOLAN FORTE	1 L	4	₡ 3.400	₡ 13.600	
Cosmo Quel B-Zn	1 kg	3	₡ 5.101	₡ 15.303	
Cosmo In	1 L	3	₡ 5.945	₡ 17.835	
Silvacur Combi 30 EC	1L	1	₡ 27.800	₡ 27.800	
Antracol 70 WP	750 g	1,5	₡ 6.500	₡ 13.000	
Green Leaf Forte	1 L	2	₡ 2.234	₡ 4.468	
Caminante 24 EC	3,78 L	5	₡ 31.313	₡ 41.419	
Affinity 24 EC	100 mL	80	₡ 11.050	₡ 8.840	
Glifosato 35,6 SL	1 Litro	3	₡ 23.045	₡ 69.135	
Drexel Pas 80 SL	1 L	1,8	₡ 3.507	₡ 6.313	
Ally 60 WG	10 g	10	₡ 2.950	₡ 2.950	
Basta 15 SL	5 L	2	₡ 46.700	₡ 18.680	
Costo Directo +Transporte					₡1.439.722

Cuadro 42. Costos directos por hectárea del manejo realizado por Coopevictoria R.L. en la finca Pinto variedad Vic-14, edad 5 años después de la siembra durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	0	₡ -	₡ -	₡ 2.021.031
1.2. I Fertilización	Horas	66	₡ 1.295	₡ 85.470	
1.3. II Fertilización	Horas	60	₡ 1.295	₡ 77.700	
1.4. III Fertilización	Horas	66	₡ 1.295	₡ 85.470	
1.5. I Atomizo	Horas	63	₡ 1.726	₡ 108.738	
	Horas	42	₡ 1.295	₡ 54.390	
1.6. II Atomizo	Horas	63	₡ 1.726	₡ 108.738	
	Horas	49	₡ 1.295	₡ 63.455	
1.7. III Atomizo	Horas	70	₡ 1.726	₡ 120.820	
	Horas	42	₡ 1.295	₡ 54.390	
1.8. I Control de Arvenses	Horas	70	₡ 1.726	₡ 120.820	
1.9. II Control de Arvenses	Horas	70	₡ 1.726	₡ 120.820	
1.10. III Control de Arvenses	Horas	70	₡ 1.726	₡ 120.820	
1.11. Encargado	Horas	60	₡ 2.990	₡ 179.400	
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	60	₡ 12.000	₡ 720.000	
2. Insumos					
20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)	Saco (45 kg)	13	₡ 12.349	₡ 160.537	₡ 852.001
17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6(S)-5(SiO)	Saco (45 kg)	14	₡ 11.890	₡ 166.460	
20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)	Saco (45 kg)	13	₡ 12.349	₡ 160.537	
Green Leaf Forte	1 L	0,71	₡ 2.234	₡ 1.596	
Drexel Pas 80 SL	1L	2,98	₡ 3.515	₡ 10.483	
Cosmo-Quel B-Zn	1 kg	2,38	₡ 3.508	₡ 8.352	
OPERA 18,3 SE	1 L	1,74	₡ 24.424	₡ 42.451	
BAYFOLAN FORTE	1 L	9,34	₡ 3.400	₡ 31.775	
COSMO IN	1 L	1,02	₡ 5.945	₡ 6.066	
SOPRANO 25 SC	1 L	0,82	₡ 16.000	₡ 13.061	
Reglone 20 SL	3,78 L	11,21	₡ 1.750	₡ 5.189	
Caminante 24 EC	3,78 L	0,92	₡ 31.313	₡ 7.608	
Trigger 48 EC	1 L	0,37	₡ 9.646	₡ 3.569	
Glifosato 35,6 SL	1L	9,15	₡ 23.045	₡ 210.853	
Gallo 60 WP	10 g	94,08	₡ 580	₡ 5.457	
DOBLE FILO 21 EC	20 L	2,57	₡ 140.000	₡ 18.008	
Costo Directo +Transporte					₡ 2.873.032

Cuadro 43. Costos directos por hectárea del manejo recomendado para la finca Pinto variedad Vic-14, edad 5 años después de la siembra, durante el ciclo 2019, en Grecia, Costa Rica

Concepto	Unidad de Medida	Número de Unidades	Valor Unitario	Subtotal	Total
1. Labores de Cultivo					
1.1. Aplic. Enmienda	Horas	0	₡ -	₡ -	₡ 960.750
1.2. I Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.3. II Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.4. III Fertilización	Horas	24	₡ 1.295	₡ 31.080	
1.5. I Atomizo	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
	Horas	16	₡ 1.295	₡ 20.720	
1.6. II Atomizo	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
	Horas	16	₡ 1.295	₡ 20.720	
1.7. III Atomizo	Horas	28	₡ 1.726	₡ 48.328	
	Horas	16	₡ 1.295	₡ 20.720	
1.8. I Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.9. II Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.10. III Control de Arvenses	Horas	32	₡ 1.726	₡ 55.232	
1.11. Encargado	Horas	33	₡ 2.990	₡ 98.670	
1.12. Acarreo de insumos (Tractor)	Horas	33	₡ 12.000	₡ 396.000	
2. Insumos					
21,14-8,78-16,93-2,04 (MgO)-1,64 (S)	Saco de 45 kg	11	₡ 9.950	₡ 109.450	₡ 629.917
20-3-10-0,2 (B)-7 (MgO)-4 (CaO)	Saco de 45 kg	11	₡ 12.349	₡ 135.839	
17-3-18-5-0,03-3(CaO)-2,6 (S)-5 (SiO)	Saco de 45 kg	11	₡ 11.890	₡ 130.790	
SOPRANO 25 SC	1 L	0,4	₡ 16.000	₡ 6.400	
Oxicob 50 WP	500 g	1,2	₡ 3.373	₡ 8.095	
BAYFOLAN FORTE	1 L	4	₡ 3.400	₡ 13.600	
Cosmo Quel B-Zn	1 kg	3	₡ 5.101	₡ 15.303	
Cosmo In	1 L	3	₡ 5.945	₡ 17.835	
Silvacur Combi 30 EC	1L	1	₡ 27.800	₡ 27.800	
Antracol 70 WP	750 g	1,5	₡ 6.500	₡ 13.000	
Green Leaf Forte	1 L	2	₡ 2.234	₡ 4.468	
Caminante 24 EC	3,78 L	5	₡ 31.313	₡ 41.419	
Affinity 24 EC	100 mL	80	₡ 11.050	₡ 8.840	
Glifosato 35,6 SL	1 Litro	3	₡ 23.045	₡ 69.135	
Drexel Pas 80 SL	1 L	1,8	₡ 3.507	₡ 6.313	
Ally 60 WG	10 g	10	₡ 2.950	₡ 2.950	
Basta 15 SL	5 L	2	₡ 46.700	₡ 18.680	
Costo Directo +Transporte					₡ 1.590.667

Esta variedad es la que presenta el mayor costo operativo pues el de 3 años es de ₡ 2.558.587 (cuadro 41) y el de 5 años de ₡ 2.873.032 (cuadro 42). Es una variedad de alta demanda nutricional por lo que la finca optó por una aplicación excesiva de fertilizante como se mencionó en el capítulo de nutrición y es reflejado en la cantidad de insumos utilizados, así como en la inversión de mano de obra para su aplicación.

Respecto a los “atomizos” se observó que existía la misma cantidad de trabajadores livianos y pesados y por medio de la observación se determinó que los trabajadores livianos presentaban tiempos muertos o tiempo de espera de hasta 8 minutos, lo que aumenta la cantidad de horas en cada aplicación. En los ajustes realizados para esta práctica se asignó

un trabajador liviano por cada dos pesados, eliminando los tiempos de espera, optimizando su trabajo y reduciendo el costo.

9. ASPECTOS A DESTACAR:

- El principal problema detectado en todas las prácticas de estudio es el uso deficiente de los insumos debido a la falta de calibración del personal y mantenimiento del equipo de aplicación. Existe una alta heterogeneidad en las dosis aplicadas según la recomendación del fabricante, donde se presentan pérdidas y excesos que no son aprovechados por el cultivo.
- El método de aplicación de fertilizante es la principal causa del desperdicio del insumo, pues este no es homogéneo y carece de criterio técnico, porque se basa en la capacidad de almacenamiento de la mano de cada trabajador la cual es distinta una de otra.
- La época de aplicación seleccionada por la empresa tanto para la fertilización como para el control fitosanitario es un factor que afecta negativamente la efectividad de estas prácticas, debido a que provocan pérdidas de los insumos y control tardío de las enfermedades.
- Las dosis aplicadas y el tipo de fungicida para el control de enfermedades incidieron en el poco control que se tuvo sobre las mismas, debido a que no corresponden con lo establecido por el fabricante respecto a las especificaciones de cada producto.
- La cooperativa no tiene un monitoreo constante de las principales plagas y enfermedades lo que ha repercutido en el aumento de la incidencia y severidad, especialmente en las épocas de mayor infección, así como el costo de su control.
- La implementación de Sistemas de Alerta Temprana (SAT), no aplica únicamente para el control de arvenses, esta práctica puede utilizarse para el manejo de enfermedades. Esto permitirá tomar decisiones oportunas y de manera preventiva lo que disminuirá costos operativos.
- La implementación del cambio de productos con banda amarilla a verde tiene un aporte ambiental dentro del sistema productivo y la eficiencia de control no se ve afectado.
- La marca de los productos y las dosis recomendadas para el control de enfermedades y arvenses son únicamente de referencia para establecer un punto de comparación económico, pues la finalidad del trabajo es realizar recomendaciones de productos con ingredientes

activos específicos cuya efectividad ha sido comprobada y no de marcas de casas comerciales específicas para evitar algún tipo conflicto de interés económico entre ellas.

- La fertilización es la actividad que presenta un mayor gasto de insumos lo cual se ve reflejado en el aporte realizado en cada aplicación, en su costo y principalmente, por la poca incidencia en el rendimiento de las fincas.
- Las recomendaciones realizadas en el presente trabajo son específicas para cada caso de estudio, cuya implementación puede tener la capacidad de disminuir los costos directos de producción y aumentar el rendimiento de las fincas, debido a que consideran los indicadores delimitados de cada finca y la zona donde encuentran.
- El patrón de gastos se repite en todos los lotes estudiados, donde la mano de obra representa el mayor gasto para la finca y el costo de los insumos es elevado debido a la aplicación inadecuada de insumos.

10. RECOMENDACIONES:

- La Cooperativa debe documentar todas las actividades realizadas en cada uno de los lotes donde incluya una georreferenciación, área, tipo de actividad, mano de obra, cantidad de horas invertidas, costos directos e indirectos por hectárea productiva, con la finalidad de desarrollar ajustes durante el ciclo que permitan obtener un manejo fundamentado en las necesidades específicas de cada finca.
- Con los resultados obtenidos y con base a la literatura es necesaria la calibración del personal antes de cada tarea, con la finalidad de determinar el gasto exacto de insumos requeridos para cada actividad.
- Con respecto a la calibración del personal, debe tomarse en cuenta la cantidad de follaje según la edad del cultivo, la descarga de cada bomba y la pendiente del terreno. La última variable puede dividirse en dos: con y sin pendiente para determinar el tiempo de aplicación de cada aplicador.
- Las necesidades nutricionales mediante curvas de absorción para la zona según la variedad y el rendimiento deseado o basarse en estudios realizados por otras entidades para establecer un plan de fertilización específico para cada una.

- Utilizar los productos registrados ante el Servicio Fitosanitario del Estado para el cultivo de café para evitar alguna contravención en las aplicaciones, debido a que las fincas cuentan con certificaciones de Buenas Prácticas Agrícolas y ambientales.
- Es importante considerar patrones climáticos de la zona pues inciden en el comportamiento de las enfermedades del cultivo, así como en la toma de decisión para la época ideal de fertilización y control fitosanitario. Pueden ser generados por la cooperativa tomando en cuenta estaciones meteorológicas cercanas a las fincas.
- Establecer un monitoreo de incidencia y severidad y su relación basados en los Sistemas de Alerta Temprana generados por el Instituto del Café de Costa Rica los cuales se encuentran en la página oficial del ICAFE y se encuentran en actualización constante.
- Según lo observado en campo en las aplicaciones de fungicidas lo más recomendado es 1 trabajador liviano por cada 2 pesados, este cambio permite la disminución de personal y la eliminación de tiempos muertos o de espera, optimizando la actividad y reduciendo costos.
- La cooperativa debe de considerar los costos indirectos tales como agotamiento del cultivo, equipo agrícola, mantenimiento depreciación, poda, deshija, arreglo de sombra y gastos administrativos. Esto para tener un amplio conocimiento del costo real por hectárea y así realizar los ajustes necesarios para un manejo adecuado.
- Las escalas de evaluación de arvenses utilizadas en este trabajo pueden ser utilizadas por la cooperativa como parámetros para establecer los umbrales económicos y obtener datos específicos para el desarrollo del SAT.
- Antes de realizar algún ajuste en las dosis de aplicación de fertilizantes, “atomizos” y herbicidas recomendados en este documento es necesario cumplir con el ajuste de calibración necesario, pues hasta el momento el rendimiento de las fincas es bajo, a pesar de la aplicación excesiva de algunos insumos, por lo que una disminución de estos sin la metodología de aplicación apropiada puede traer repercusiones negativas.

11. BIBLIOGRAFÍA:

- Agüero, R.; Brenes, S.; Rodríguez, A. 2008. Alternativas para el control químico de Conde (*Syngonium podophyllum* Schott) en Banano (*Musa* AAA). *Agronomía Mesoamericana*. 19(2): 285-289.
- Ajpop, A. 2018. Evaluación del asocio de café con pasto Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), San Francisco Zapotlán, Suchitpéquez. Universidad Rafael Landívar. Tesis. Lic.
- Álvarez, D. y Alvarado G. 2001. Evaluación de la resistencia incompleta de café a *Hemileia vastratix* Razas II y XXII en progenies de Caturra x Híbrido de Timor del grupo fisiológico en condiciones de almácigo. *Cenicafé* 52(4):270-288.
- Álvarez, G. (2012). Herramientas para orientar estrategias de poda de café de pequeños productores en Corquín, Copan. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 1-68 p.
- Andreis, M; Antich, S; Correa, J. (2016). Evaluación de protocolo para diagnosticar malezas en cultivos extensivos. Universidad de Córdoba. 3-8 p.
- Arcila, J. (2011). Renovación y administración de los cafetales para estabilizar la producción de la Finca. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. *Sistemas de producción de café en Colombia*. Cap. 7. 145-160 p.
- Arcila, J. 2007. Crecimiento y desarrollo de la planta de café. *Sistemas de producción de café en Colombia*. Cenicafé. Colombia. 309 p.
- Arcila, P.; Farfán, V.; Moreno, B.; Salazar, G.; Hincapié, G. 2007. *Sistemas de producción de café en Colombia*. CENICAFE. Colombia. 309 p.
- Arias, E., Sadeghian-Khalajabadi, S., Mejia-Muñoz, B., Morales-Londoño, C. 2009. Lixiviación del Nitrógeno en algunos suelos de la zona cafetalera y su relación con la textura. *CENICAFE*. 60 (3): 239-252.
- Arrieta, N. 2014. La variación y su influencia en las enfermedades del Cafeto. Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE). IV Simposio Nacional de Caficultura.
- Arroyo, V. (16 de setiembre de 2003). Plan regulador urbano y rural del cantón de Grecia. Recuperado de [grecia.go.cr: http://www.grecia.go.cr/images/PlanRegulador/capitulo3/diagnostico_biofisico.pdf](http://www.grecia.go.cr/images/PlanRegulador/capitulo3/diagnostico_biofisico.pdf)

- Banegas, K. (2009). Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad del café en los municipios de El Paraíso y Alauca. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. p 4-6.
- Barquero, M. (2013). Recomendaciones para el combate de la Roya de Cafeto. Centro de Investigaciones en café (CICAFE). Barba, Heredia. p. 1-61.
- Barquero, M. 2012. Sistema de alerta temprana para el Ojo de Gallo Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE). San José, Costa Rica. Revista Informativa No. 2, Vol 6: (2-4).
- Barrantes, A. Guía Técnica SAF para la implementación de Sistemas Agroforestales (SAF) con árboles forestales maderables. Oficina Nacional Forestal. 33p.
- BASF. 2018. Ficha técnica: Opera 18.3 SE. Disponible en: <https://agriculture.basf.com/cr/es/proteccion-de-cultivos/productos/opera-18-3-se.html>
- Bertsch F; Henríquez C; Ramírez F; Sancho F. (2002). Ejemplo práctico de la utilidad de la agricultura de precisión en el manejo nutricional de una finca comercial de café y caña de azúcar en zona de Laderas, Costa Rica. San José, Costa Rica. Centro de Investigaciones Agronómicas. 1-10 p.
- Bertsch, F.; Henríquez, C.; Cabalceta, G. 1991. Respuesta del cafeto a las modificaciones de los cocientes catiónicos en el suelo en dos zonas cafetaleras de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*: 15(1/2):113–121.
- Bradshaw, L.; Rice, K. 1998. Competencia por agua entre el café y res coberturas vivas (Arachis, Desmodium y Malezas) en Nicaragua. *Agronomía Costarricense*. 21(1): 51-60.
- Cabon, M. 2015. Effect of shade on microclimate, soil fertility and productivity of coffee trees in Costa Rica. Report Internship job. CIRAD-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 31 p.
- Cadena, G. 1980. Muerte Descendente (*Phoma* sp). In: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ – CENICAFE. CHINCHINA. COLOMBIA. Informe anual sección de Fitopatología Chinchiná, Cenicafé. p. 8-20.
- Campero, S 2017. Guía de un Sistema de Alerta Temprana para plagas de los cultivos. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. 29 p.

- Campos, A. 2010. Manejo integrado del Ojo de Gallo *Mycena citricolor*. El cafetal: Revista del caficultor. 31 p.
- Campos-Almengor, O. 2017. Epidemiología de Derrite, *Phoma costarricensis* Ech. Asociación Nacional de Café. G. XXIII Simposio Latinoamericano de Caficultura
- Cárdenas, S. (2007). Caracterización morfológica de la colección de café del CATIE. Tesis Msc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 47p.
- Cardonas, D. y Sadeghian, S. 2005. Beneficios del sombrío de Guamo en suelos cafetaleros. Cenicafé. Avances técnicos. 335. ISSN 0120-0178.
- Cardonas, M; Granobles, J. 2015. Evaluación de sistemas cafetaleros con indicadores de sostenibilidad basados en el Código 4C. Caldas, Colombia. Universidad de Manizales. 1-37 p.
- Chalarca, A. y Muñoz, A. 1974. Muerte Descendente de los cafetos causada por *Phoma costarricensis* Ech. Y *Colletorichum coffeanum* Noack. Y su control. Medellín, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agrícolas. Sede Medellín. Cenicafé. ISSN-0120-0178. 4 p.
- Chaves V., Torres, L., y Delgado, E. 2011. Evaluación de enmiendas calcáreas I. Corrección de acidez del suelo en el perfil de un Andisol. Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). Heredia. III Simposio Nacional de Caficultura.
- Chaves, R. 2013. Determinación del efecto de aplicaciones de fungicidas en verano con el fin de disminuir el inóculo residual de ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk. y Curt) Sacc., en el cultivo de cafeto (*Coffea arabica*). Universidad de Costa Rica. Tesis. Lic. 46 p.
- Chaves, V. 1998. Informe anual de labores. Evaluación de fertilizantes foliares. Unidad de Investigación y Transferencia de Tecnología. 122 p.
- Chaves, V. 2007. El análisis foliar: Una herramienta para el manejo integrado de la fertilización del café. Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). Heredia, I Simposio Nacional de Caficultura.
- Chaves, V. 2011. Recomendación de fórmulas completas regionales, de acuerdo con estudio de fertilidad de suelos. Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). Heredia. III Simposio Nacional de Caficultura.

- Chaves, V. 2013. Cuestionamientos sobre el control de malezas con glifosato. Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE). 17 p.
- Chaves, V.; Delgado, C. 2019. Respuesta del cultivar Obatá a dosis crecientes de fertilización en la región de Pérez Zeledón. XXIV Simposio Latinoamericano de Caficultura. ANACAFÉ. 22 p.
- Corry, R; Nassauer I. (1999) Using Precision Agriculture to Enhance Landscape Structure in a Corn Belt Agricultural Watershed 1. In: P.C. Robert, R.H. Rust, W.E. Larson, editors, Precision Agriculture, ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI. 547-557 p.
- De Melo, E. y Astorga, C. 2015. Prevención de control de la Roya del café. Manual de buenas prácticas para técnicos y facilitadores. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). No. 131. 96 p.
- De Melo. E.; Andrade, R.; Sánchez, L. 2011. Manejo Integral de Hierbas en cafetales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 20 p.
- Díaz-Romeu, R; Hunter, A. (1978). Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos, tejido vegetal y de investigaciones en invernadero. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 62p.
- Dunan, M.; Westra, P.; Schweizer, E.; Lybecker, D.; Moore, D. 1995. The concept and application of early economic period threshold: the case of DCPA in onions (*Allium cepa*). Weed Science. 43: 634-639
- Farfán, F. 2013. Guía para el establecimiento de barreras con árboles y sombrío del café. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Avances Técnicos Colombia. 8 p.
- Farfán, F. y Byron, J. 2007. Descomposición de la hojarasca y liberación de nutrientes de *Coffea arabica*, *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucaliptus grandis*. En sistemas Agroforestales con café. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé, Caldas, Colombia. 58(1):20-39.
- Fernández B. 1961. Muerte descendente de los brotes del cafeto causada por especies de *Phoma* y *Colletotrichum*. Cenicafé 12 (3): 127 – 140.
- Galvin, C. y Salazar, F. 2009. Identifique y prevenga los daños en cafetales por herbicidas. CENICAFE, Colombia. ISSN 0120-0178.

- García, D. (2013). Incidencia y severidad de la Roya del café (*Hemileia vastatrix*) y la evaluación de alternativas químicas para su control; Finca el Platanar, Chimaltenango. Tesis Lic. Universidad Rafael Landívar. 16-17 p.
- García, F. y Ramírez, D. 2019. Evaluación del manejo de coberturas vivas a diferentes altitudes en el cultivo de café (*Coffea arabica*). Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE). XXIV Simposio Latinoamericano de caficultura.
- Gebers, R; Alert, D; Adamou R. (2011). Rapid Mapping of the Leaf Area Index in Agricultural Crops. *Agro. J.* 103:1532-1541.
- Gerowitt, B. 1997. Malezas. FAO. División de Producción y Protección Vegetal. Disponible en: www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Biodiversity-pollination/Weeds/Docs/Ecosp1.PDF
- Gil, F., Castro, L., Cadena G. 2003. Enfermedades del cafeto en Colombia. Medellín. p. 115-119.
- Gil, V. L.F.; Leguizamon, C. J.E. 2000. La muerte descendente del cafeto (*Phoma* sp.). *Avances Técnicos Cenicafé* No. 278: 1 – 4.
- Gómez, L. 2017. Variedades e híbridos de café en Costa Rica. *Revista El Cafetalero*. Disponible en: <http://www.revistaelcafetalero.com/variedades.html>.
- Gómez, R. 1976. Influencia de algunos factores ambientales sobre el agente causal de la Muerte Descendente del cafeto y sobre la interacción patógeno susceptible. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia – ICA. Tesis MSc. 68 p
- Gomi, T.R.; Sidle, R.C.; Miyata, S.; Kosugi, K.; Onda, Y. 2008. Dynamics runoff connectivity of overland flow on steep forested hillslopes: scale effects and runoff transfer. *Water Resour. Res.* 44:1–16.
- González, H., Sedeghian, S., Jaramillo, A. 2014. Épocas recomendadas para la fertilización de cafetales. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE). Colombia. 442:1-12.
- Granados. M., Avelino, J., Arauz-Cavallini, F., Castro-Tanzi, S. y Ureña, N. 2020. Hojarasca e inóculo de *Mycena citricolor* sobre la epidemia de Ojo de Gallo. *Agronomía Costarricense*. Vol. 31 (1): 77-94.
- Guyot, G. 1989. Les effets microclimatiques des brise-vent et des aménagements régionaux. *Technology. Agriculture.* 1170:127.

- Hartkamp, A. D., J. W. White, and G. Hoogenboom. (1999). Interfacing Geographic Information Systems with Agronomic Modeling: A Review Presented at Annu. Meet. ASA, 89th, Anaheim, CA, 26–31 Oct. 1997. *Agron. J.* 91:761-772 p.
- Henao, M., Suarez S., Guerrero, R., Zapata, R. 1995. Evaluación de la disponibilidad del magnesio en dos suelos de la zona cafetera mediante índices relacionados con los factores cantidad e intensidad. *Suelos Ecuatoriales* 25:47–50.
- Henríquez, C; Cabalceta, G. (2012). Guía práctica para el estudio introductorio de suelos con un enfoque agrícola. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José. 1-20 p.
- Hernández, J. 2010. Incidencia de enfermedades foliares del café bajo diversos tipos de sombra y manejo de insumos, en sistemas agroforestales, Turrialba, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Tesis. Lic. 69 p.
- Hincapié, E.; Salazar, L. 2007. Manejo Integrado de Arvenses en la zona cafetalera central de Colombia. CENICAFE. Avance Técnico. 359.
- Huertas, J. 2014. Lixiviación en columna de suelo de los herbicidas Metsulfurón Metilo y 2,4-D en suelos arroceros de los municipios de Espinal y Prado (Tolima). Universidad Nacional de Colombia. Tesis. MSc. Ciencias Químicas. 136 p.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE). 2019. ICAFE investiga posible nueva raza de Roya que supera la tolerancia de la variedad Costa Rica 95. Sitio Oficial ICAFE. Disponible en <http://www.icafe.cr/icafe-investiga-posible-nueva-raza-de-roya-que-supera-la-tolerancia-de-la-variedad-costa-rica-95/>.
- Instituto Nacional de Café (ICAFE). 2010. Regiones cafetaleras, valle Occidental. Recuperado de [icafe.cr: http://www.icafe.cr/nuestro-cafe/regiones-cafetaleras/valle-occidental/](http://www.icafe.cr/nuestro-cafe/regiones-cafetaleras/valle-occidental/).
- Instituto Nacional de Café (ICAFÉ). 2011. Guía Técnica para el cultivo de Café. Centro de Investigaciones en Café (CICAFE). Barva. 1-63.
- Instituto Nacional de Café (ICAFÉ). 2014. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. XLIII Congreso Nacional Cafetalero Ordinario. San José, Costa Rica. P. 1-36.
- Instituto Nacional de Café (ICAFE). 2016. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. San José. p 24-26.

- Instituto Nacional de Café (ICAFÉ). 2017. Historia del Café Costa Rica. Sitio oficial ICAFÉ. Consulta en: <http://www.icafe.cr/nuestro-cafe/historia/>.
- Instituto Nacional de Café (ICAFE). 2019. ICAFE investiga posible nueva raza de Roya que supera la tolerancia de la variedad Costa Rica 95. Sitio oficial ICAFÉ. Consultado en: <http://www.icafe.cr/icafe-investiga-posible-nueva-raza-de-roya-que-supera-la-tolerancia-de-la-variedad-costa-rica-95/>
- Instituto Nacional de Café (ICAFE). 2020. Modelo de costos de producción Agrícola de café fruta Cosecha 2019-2020. Unidad de Estudios Económicos y Mercado (UEEM). Heredia. 4 p.
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) a. 2015. Suelos de Costa Rica, Orden Andisol. San José, Costa Rica. Boletín Técnico 8.
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA) b. 2015. Suelos de Costa Rica, Orden Inceptisol. San José, Costa Rica. Boletín Técnico 5.
- Jaramillo A., Ramírez, V.H., Arcila, J. 2011. Distribución de la lluvia: Clave para planificar las labores en el cultivo del café en Colombia. CENICAFÉ, 411:8 p.
- Jaramillo D; Sadeghian S; Lince L. (2012). Variabilidad espacial de las bases en un Andisol de la zona cafetalera central Colombiana. Sistema de Información Científica. Universidad Autónoma del Estado de México. 111-124 p.
- Kalra, Y. (1998). Handbook of reference methods for plant analysis. Boca Raton, Florida: Soil and Plant Analysis Council. 291 p.
- Kumudini, S.; Andrade, K.; Boote, G.; Brown, K.; Dzotsi, G.; Edmeades; Gocken, M. Goodwin, A.; Halter, G.; Hammer, J.; Hatfield, J; Jones, A.; Kemanian, S.; Kim, J.; Kiniry, J.; Lizaso, C.; Nendel, R.; Nielsen, B. Parent, C.; Stöckle, F.; Tardieu, P.; Thomison, D.; Timlin, T.; Vyn, D. Wallach, H.; Yang, and Tollenaar. M. (2014). Predicting Maize Phenology: Intercomparison of Functions for Developmental Response to Temperature. Agron. J. 106:2087-2097.
- La O, F.; Pérez, E.; Paredes, E.; García, R. 1992. Umbrales de daño y económico de *Rottboellia cochinchinensis* en papa y maíz. Protección de plantas 2. (4):53-65.

- Lago C; Sepúlveda J; Barroso R; Fernández F; Macía F, Lorenzo L. (2011). Sistema para la generación automática de mapas de rendimiento. Aplicación en la agricultura de precisión. IDESIA. 29(1): 59-69.
- Lara, .R; Korndörfer, H.; Motta, A. 1997. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amonio. Revista Brasileira de Ciência do Solo 21: 481-487.
- Leal, L., Salamanca-Jiménez A., Sadeghian-Khalajabadi, S. 2007. Pérdidas de nitrógeno por volatilización en cafetales en etapa productiva. CENICAFE. 58 (3):2016-226.
- Leal, S. 2011. Evaluación de fungicidas químicos y biológicos para el manejo de Ojo de Gallo ocasionado por *Mycena Citricolor* en café, en la finca La Soledad. Tesis Lic. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 11-69 p.
- Leandro, G.; Soto, C. 1980. Evaluación de fungicidas para el combate de *Mycena citricolor* y *Cerposporacoffeicola* en café. Agronomía Costarricense 4(1):41-45.
- Lima, .M., Pozza, E., Torres. 2010. Relacao nitrogenio potássio com mancha de *phoma* e nutricao de mudas de cafeeiro em solucao nutritiva. Tropical plant pathology 35(4):223-228.
- Lizarazo, I; Alfonso A. 2011. Aplicaciones de la agricultura de precisión en palma de aceite “*Elaeis Guineensis*” e híbrido O x G. Bogotá, Colombia. Centro de Investigación de Palma de Aceite. Revista de Ingeniería. 124-130 p.
- Lobos, H. y Bustamante, E. 2001. Efecto de factores de estrés tecnológico en la predisposición del café al ataque de patógenos fungosos. Manejo Integrado de Plagas. 61: (37-47).
- López, E. 2017. Capacitación a personal de campo en el diagnóstico de enfermedades en café Robusta Orgánico. Universidad Rafael Landívar. Tesis Lic. 69 p.
- López, E. y San Juan, R. 1991. Las malezas y su control en el cultivo del cafeto. Manual de Caficultura. Guatemala. p 83-95.
- López, J. 2017. Capacitación a personal de campo en el diagnóstico de enfermedades en café Robusta. Universidad Rafael Landívar. Tesis. Lic. 69 p.
- López, L. 2012. Producción de raíces finas y Micorrizas en café cultivado bajo sistema convencional y orgánico en Turrialba, Costa Rica. Tesis Lic. Catacamas, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura. 3-52 p.

- Macías, N. 2001. Principales enfermedades del cultivo de cafeto. IHCAFE. 12 p.
- Marín, H.; Cardona, M.; Suárez, S. 1996. Multiplicación y establecimiento del maní forrajero en cafetales. Programa de Investigación científica. Cenicafé. ISSN 0120-0178.
- Meléndez J. (2000). Implementación del Generador de Zamorano de Presupuestos (Gezam) y el Sistema de Información Económica (SIE) para la planificar y controlar la producción en la Zamo empresa de Cultivos extensivos, Zamorano, Honduras. Tesis Lic. Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa, Honduras. 1p.
- Menza, H.; Peláez, M. Epidemiología de la muerte descendiente del cafeto (*Phoma* spp) en tres sistemas de producción de café. Cenicafé. 67 (2): 66-77.
- Monroig, M. 2020. Síntomas de deficiencias de nutricionales en el cafeto. Ecos de Café. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id25.htm>
- Montero, D. 2017. Manual de Buenas Prácticas de Manejo en la fertilización nitrogenada del café. NAMA café, Costa Rica. 14 p.
- Monzón, R. 2003. Evaluación de opciones de manejo de la antracnosis (*Colletotrichum* spp Noack) en el cultivo del café. (*Coffea arabica* L) en la zona de Boaco, Nicaragua 2001-2002. Tesis Lic. 35 p.
- Mora, J.; Bogantes, A.; Morales, A.; Acuña, A.; Solórzano, A. Mora, B. 2001. Protección de Cultivos. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de Investigaciones Agropecuarias. 199 p.
- Mora, N. 2011. Agrocadena de Café. Ministerio de Agricultura Y Ganadería Dirección Regional Huetar Norte, 10–14 p.
- Morales, S.; Monterroso, J.; Rodas, R.; González, E.; Estuardo, L.; Morales, P.; Carrillo, R.; Sicajú, R. 2019. Monitoreo de la Roya en variedades mejoradas de *Coffea arabica* L. en las regiones de Guatemala. Centro de Investigaciones en café (CEDICAFE). 11 p.
- Moreira, F. 1996. Evaluación de fungicidas en el combate de Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*) en el cultivo de café. Sabanilla, Alajuela, Costa Rica. X Congreso Nacional, III Congreso de Fitopatología.
- Njoroge. J y Mwakha, E. 1994. Advisory notes on management of resistant weeds coffee, Kenya. Kenya Coffee (51): 1821-1823.
- Ortíz, M. 2020. Mejoramiento genético en plantas alógamas y autógamias. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 23 p.

- Pacheco, W. 2015. Caracterización Morfológica de hongos fitopatógenos en el cultivo de Café (*Coffea arabica* L.) sector Los Laureles, Catón La Mana, Cotopaxi. Universidad Técnica de Cotopaxi. 8-15 p.
- Pérez, A. 2011. Fertilización y requerimientos de nitrógeno para plantaciones de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. Robusta cultivada en suelos Pardos de la región oriental pre montañosa de Cuba. Instituto de Ciencias Agrícolas. Tesis. Doc. 98 p.
- Ramírez, J. 2015. Evaluaciones de nuevas variedades brasileñas con resistencia a Roya en Costa Rica. Comunicaciones Técnicas. Costa rica. No.31.
- Riquelme, J.; Abarca, L.; Torres, A. 2018. Calibración de pulverizadores hidráulicos de mochila para aplicaciones de herbicidas en paltos. INIA. Portal frutícola. Disponible en: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2018/11/20/calibracion-de-pulverizadores-hidraulicos-de-mochila-para-aplicaciones-de-herbicidas-en-paltos/>
- Rivas, C. 1994. Coberturas Muertas de Follajes de árbol de sombra, para el control de malezas en café (*Coffea arabica* L.). Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Tesis. Ing. Agrónomo. 37 p.
- Rivillas, C; Serna, C; Cristancho, M; Gaitán, A. 2011. La Roya del Cafeto en Colombia, Impacto, manejo y costos del control. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ). 12p.
- Rojas, E. 2017. Aplicación Pre-Floración de Estrobilurinas en mezcla con Triazoles en cafetos. Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE). Circular #2534.
- Routt, J. y James. R. 1999. Reconocimiento y manejo de los envenenamientos por pesticidas. EPA. 190 p.
- Ruíz, R. 2001. Evaluación de herbicidas postemergentes y residuales en plantillas de café. Zamorano. Honduras. Tesis. Lic. 14 p.
- Sadeghian, S. 2003. Efecto de la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio sobre las propiedades químicas de suelos cultivados en café. Cenicafé, 54(3):242–257.
- Sadeghian, S. 2012. Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (*Coffea arabica* L.) en la etapa de almácigo. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. Tesis. Doc.

- Sadeghian, S. y Arias, E. 2018. Lixiviación de Potasio en suelos de la zona cafetalera y su relación con la textura. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*. Vol. 16 (1).
- Sadeghian, S., Mejía, B., González H. 2013. Acumulación de Calcio, Magnesio y azufre en los frutos de café. *Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE)*. 430: (1-8).
- Salazar, F. 2003. Manejo Integrado de Arvenses: Práctica más eficiente para prevenir la erosión de los suelos de la región cafetalera colombiana. *Eco Portal y Ambiente y Sociedad*. Disponible en: https://www.ecoportail.net/temas-especiales/suelos/manejo_integrado_de_arvenses_practica_mas_eficiente_para_prevenir_la_erosion_de_los_suelos_de_la_region_cafetera_colombiana/.
- Salazar, G. y Sadeghian, S. 2016. Respuesta del café (*Coffea arabica* L.) a la fertilización antes y después de la zoca. *Revista Cenicafé*. 67 (1): 81-93.
- Salazar, L. e Hincapié, E. 2005. Arvenses de mayor interferencia en los cafetales. *Avances técnicos*. CENICAFE. (333):1-8.
- Salazar, L. e Hincapié, E. 2007. Las Arvenses y su manejo en los cafetales. *Sistemas de producción de café en Colombia*. CENICAFE. 129 p.
- Sanchol, F. y Cervantes, C. 1997. El uso de plantas de cobertura en sistemas de producción de cultivos perennes y anuales en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*. 21 (1): 111-120.
- Sattin, M. y A. Berti. 2004. Parámetros para la competencia malezas cultivos. *Manejo de malezas para países en desarrollo*. Serie estudios FAO: producción y protección vegetal, 120. FAO, Roma. 318 p.
- Schweizer, S. 2011. Muestreo y Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. *Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria*. INTA/MAG. 18 p.
- Silva, J. 2019. Montaje piloto para el establecimiento y desarrollo del cultivo de café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha, bajo las condiciones agroecológicas de la vereda Guayabito, Municipio de Salado blanco (Huila). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*. Colombia. Tesis. Lic. 62 p.

- Thériez, M. 2015. Los efectos de la sombra sobre la energía cinética de las gotas de agua, la cobertura del suelo, la infiltración de agua, la roya y el dieback en Turrialba, Costa Rica. Informe de pasantía voluntaria. CIRAD. 32 p.
- Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). 2020. Diquat. Manual de plaguicidas de Centroamérica. Costa Rica. Disponible en: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/205-diquat> .
- Uva, M.; Campanella, O. 2005. AP-SIG: un SIG con funciones específicas para Agricultura de Precisión. Universidad Nacional de Río Cuarto. 45 p.
- Valencia, A. 1999. Fisiología, nutrición y fertilización del cafeto. Agroinsumos del café S.A. CANICAFE. 94 p.
- Valencia, G. 1982. El área foliar y la productividad del cafeto. Taller sobre Roya del cafeto. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Cenicafé. 15 p.
- Vallejos, R. 1993. Coberturas vivas en el cultivo de café (*Coffea arabica*), su establecimiento y relación con maleza y *Meloidogine exigua*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Costa Rica. Tesis. Maestría. 85 p.
- Vargas, D. (2017). Efecto de la aplicación de *Lecanicullium lecanii* sobre la incidencia y severidad de la roya (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arabica*). Tesis Lic. Universidad de Costa Rica. 23 p.
- Vibrans, H. 2011. Taller de identificación de Malezas. Jour. 10 p.
- Vidal, G. M. Estudio sobre el agente causal de la Muerte Descendente en el cafeto *Coffea arabica* L y comportamiento e cuatro variedades comerciales. Bogotá, Universidad Nacional – ICA. Tesis MSc. 67p.
- Vignola, R., Walter, W., Poveda, K., Vargas, A. 2018. Prácticas efectivas para la reducción de impactos por eventos climáticos en el cultivo de café en Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Ficha técnica. 114 p.
- Villalobos, N.; Ruíz, J. Calibración de Equipos de Aplicación. Ministerios de Agricultura y Ganadería. Dirección Regional Central Occidental. Hoja Divulgativa #12.
- Villarreyna, R. 2016. Efecto de los árboles de sombra sobre el suelo, en sistemas agroforestales con café, incluyendo la fenología y fisiología de los cafetos. Centro

- Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), CIRAD, Conservation international. 1-24 p.
- Waller, J., Bigger, M., Hillocks, R. 2007. Coffee pest, diseases and their management. Wallingford. Oxfordshire. Cab International. 434 p.
- West Analytical y Services S.A. 2018. El Cultivo de Café. Agricultura Razonada. Guadalajara, México. 6 p.
- World Coffee Research. 2016. El Futuro del café, reporte anual 2016. World Coffee Research. 1-58 p.
- World Coffee Research. 2016. Las Variedades de Café de Mesoamérica y el Caribe. World Coffee Research. 1-33 p.
- Zavala, R. 1981. Selección masal moderna (Estratificada) en girasol (*Helianthus annuus* L.) variedad Tecmon-1 con presiones de selección de 1, 2, 4 y 8%. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Tesis. MSc. 86 p.
- Zimdahl, L. 1980. Weed crop competition. International Plant Protection Center. 196 p.

12. ANEXOS

Finca	N	P2O5	K2O	MgO	S
Geisha 5 años dds	27,25	9,48	16,93		
Geisha 3 años dds	22,91	14,50	18,60		
Pinto 5 años dds	24,36	7,44	22,32		
Pinto 3 años dds	25,22	9,98	19,18		
Clotilde	21,14	4,28	24,11	2,05	1,64
Rojas	25,97	8,08	19,71		
Promedio	24,48	8,96	20,14	2,05	1,64
Mediana	24,79	8,78	19,44	2,05	1,64
Maximo	21,14	4,28	16,93	2,05	1,64
Minimo	27,25	14,50	24,11	2,05	1,64

Anexo 1. Fórmulas nutricionales para cada variable de estudio y fórmula seleccionada para aplicar en todas las fincas.