

**IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y MANEJO AMBIENTAL EN ARREGLOS
AGROFORESTALES DE CAFETALES DE RISARALDA-COLOMBIA**

JULIO CESAR MANCERA-SANTA

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Magister Scientiae en Ciencias Ambientales**

Director

Andrés Duque-Nivia Ph.D.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
PROGRAMA DE MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES
SEPTIEMBRE 2019**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Pereira, septiembre 2019

DEDICATORIA

A María Antonia,

Mi amada hija,

Esperando tú amanecer,

Eres mi inspiración, sueño, anhelo y esperanza,

Todo un regalo de la vida para construir libertad.

A Mónica,

Quien a pesar del dolor,

Me rescato de la angustia.

AGRADECIMIENTOS

A Mónica González quien realizó el arreglo digital y análisis de los textos, rescatando un documento que ya consideraba perdido.

Este trabajo fue posible gracias a *Solidaridad Network* que mediante la consultoría titulada “*Elección de Árboles con un Modelo de Diagnostico Agroforestal Participativo para el Área de Intervención del Programa de la Agencia Noruega de Cooperación al Desarrollo – NORAD*” cimentaron la oportunidad de construir modelos agroforestales con café en Risaralda y Cauca como una respuesta crítica a los eventos climáticos recientes. En este sentido todos mis agradecimientos a Carlos Isaza y Juan Manuel Cornejo, que en momentos de gran incertidumbre e intranquilidad, me brindaron la oportunidad de iniciar mis estudios en arreglos agroforestales con café.

Al *Starbucks Farmer Support Center Colombia* en particular a Alfredo Nuño, Johanna Uribe y Juan Carlos Cordoba, por permitirme construir participativamente con las comunidades del Sur del Tolima una aproximación a los planes de manejo de sombra como una herramienta de resiliencia climática. Así como por compartir la misma con nuestros *partners* en Antioquia, Caldas, Cauca, Huila y Risaralda.

Andrés Duque-Nivia, ante todo maestro, por su sencillez al cautivar alegría en la construcción de conocimiento y Yamil Alberto Medina, mi amigo y maestro viverista inspiró y recreó todos los protocolos de germinación y vivero.

El Doctor Juan Carlos Arenas en el Comité de Cafeteros de Risaralda y Carlos Isaza de *Solidaridad*, hicieron posible nuestra gira a la iniciativa *Coffee & Climate de Hanns R. Neumann Stiftung* con Pablo Ruiz en El Salvador, Honduras y Guatemala. Donde pudimos apreciar la magnitud real y la urgencia de construcción de medidas de resiliencia participativa con comunidades cafetaleras. A ellos mil gracias.

Finalmente a todas las familias cafeteras de Antioquia, Caldas, Cauca, Huila, Tolima y Valle del Cauca, si bien en este trabajo solo contamos resultados puntuales de Apía, La Celia, Balboa y Santuario en Risaralda, ustedes fueron motivo de toda inspiración y agradecimientos.

CONTENIDO

1. Introducción	1
2. OBJETIVOS	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
3. Marco teórico	4
4. Metodología	7
4.1. Área de estudio.....	7
4.2. Determinación de la estructura, composición y manejo de la flora arbórea asociada con el agroecosistema cafetero de una región de Risaralda.....	9
4.3. Reconocimiento de los usos de la flora arbórea asociada con cafetales y los criterios para establecerla.	11
4.4. Elaboración de una guía a partir de los resultados para orientar a los agricultores en Risaralda en el desarrollo de sus arreglos agroforestales.....	14
4.5. Análisis de la información.	15
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
5.1. Estructura, composición y manejo de la flora arbórea asociada con el agroecosistema cafetero de una región de Risaralda.....	16
5.1.1. Índice de Valor de Importancia (IVI) a nivel de género y especie.....	16
5.1.2. Distribución en clases de los parámetros (C), de las variables altura total del árbol y DAP.	19
5.1.3. Similitud florística entre agroecosistemas y cluster de especies.	21
5.2. Usos de la flora arbórea asociada con cafetales y los criterios para establecerla	28
5.2.1. Importancia cultural de especies arbóreas en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa a través de los índices de valor de uso y valor de importancia cultural relativa (IIRE).	28
5.2.3. Análisis de redes etnoecológicas en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa.....	33
5.3. Factores climáticos y de la oferta ambiental que afectan los arreglos agroforestales con cafetales en el Occidente de Risaralda.....	43
5.3.1. Identificación de condiciones y de oferta ambiental que propician el desarrollo de arreglos agroforestales con café.	43
5.4. Guía para el desarrollo de arreglos agroforestales en cafetales en el Occidente de Risaralda	47

5.4.1. Carbonero, pisquín o piñón	48
5.4.2. Carbonero o quebrajacho	51
5.4.3. Cedro de montaña.....	54
5.4.4. Cedro rosado	56
5.4.5. Cámbulo	59
5.4.6. Guamo piedra	62
5.4.7. Guamo santafereño.....	65
5.4.8. Guamo macheto.....	68
5.4.9. Chocho	71
5.4.10. Vainillo.....	74
6. Conclusiones	78
Bibliografía	81

TOMO II ANEXOS (Digital)

Anexo 1. Árboles para modelos de conservación, diversificación, paisajísticos y maderables en cafetales de Apia, Balboa, La Celia y Santuario, Risaralda-Colombia.

Anexo 2. Formatos de campo estructural y etnobotánico.

Anexo 3. Base estructural de importancia ecológica y manejo ambiental en arreglos agroforestales de cafetales de Risaralda-Colombia.

Anexo 4. Base etnobotánica de importancia ecológica y manejo ambiental en arreglos agroforestales de cafetales de Risaralda-Colombia.

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Localidades de muestreo Arreglos Agroforestales con Café en el Departamento de Risaralda, Colombia.	8
Figura 2. Flujo de trabajo de grado Importancia Ecológica y Manejo Ambiental en Arreglos Agroforestales de Cafetales de Risaralda-Colombia.	9
Figura 3. Formato de campo para análisis de estructura y composición florística trabajo de grado Importancia Ecológica y Manejo Ambiental en Arreglos Agroforestales de Cafetales de Risaralda-Colombia.	10
Figura 4. Modelo de parcelas de 200 m ² utilizando las adaptaciones propuestas por ISA (2001) a la metodología de Gentry (1982) en Apía-Risaralda. Adaptado de Mancera y Duque-Nivia (2018).	11
Figura 5. Formato de encuesta para reconocimiento de los usos en el trabajo de grado Importancia Ecológica y Manejo Ambiental en Arreglos Agroforestales de Cafetales de Risaralda-Colombia.	13
Figura 6. Distribución en clases de los parámetros (C) para la variable altura en la flora arbórea asociada a cultivos de café en Apía, Santuario, La Celia y Balboa.	19
Figura 7. Distribución en clases de los parámetros (C) para la variable DAP en la flora arbórea asociada a cultivos de café en Apía, Santuario, La Celia y Balboa.	20
Figura 8. Índice de similitud de Jaccard y árboles con más peso ecológico en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa.	22
Figura 9. Flujo genético por similaridad florística, en sotobosque cultivado con café. Municipio La Celia, Vereda La Sombra, zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Tatamá. Caficultor James Enrique Vargas Villegas. Adaptado de Solidaridad.	23
Figura 10. Altura total y Análisis de cluster por el vecino más cercano a partir de Biodiversity Pro, en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa en Risaralda, Topología 1.	24
Figura 11. Altura total y Análisis de <i>cluster</i> por el vecino más cercano a partir de <i>Biodiversity Pro</i> , en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa en Risaralda, Topología 2.	24
Figura 12. Altura total y análisis de <i>cluster</i> por el vecino más cercano a partir de <i>Biodiversity Pro</i> , en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa en Risaralda, Topología 3.	25
Figura 13. Altura total y análisis de <i>cluster</i> por el vecino más cercano a partir de <i>Biodiversity Pro</i> , en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa en Risaralda, Topología 4A.	26
Figura 14. Altura total y análisis de <i>cluster</i> por el vecino más cercano a partir de <i>Biodiversity Pro</i> , en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa en Risaralda, Topología 4B.	27
Figura 15. Análisis de correspondencias a partir de usos y géneros de la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, mediante R.	32
Figura 16. Modelo de red neuronal no dirigida de los árboles con mayor frecuencia de uso en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa. Nodos: 35, aristas: 130, triangulaciones: 636. Peso nodo= IIRE.	33

Figura 17. Modelo de red neuronal no dirigida de la estructura de los árboles con mayor frecuencia en los cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa. Nodos: 48, aristas: 465, triangulaciones: 8811. Peso nodo= frecuencia estructural.	35
Figura 18. Modelo de red neuronal no dirigida con base al reconocimiento cultural de los árboles en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa. Nodos: 15, aristas: 88, peso nodo= reporte de uso.....	37
Figura 19. Modelo de red neuronal entre localidades con valoración de árboles asociado a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa. A partir de: Nodos: 36, aristas: 532, triangulaciones: 14139. Peso nodo: especies usadas.	40
Figura 20. Factores que afectan los planes de manejo y arreglos agroforestales de cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	44
Figura 21. Corriente de Chorro del Chocó Biogeográfico sobre la región cafetera de Apía y Santuario Risaralda. Lluvia horizontal sobre las series Chinchiná, Chinchiná Catarina 1 y 2, Catarina y 200.....	46
Figura 22. Análisis de <i>cluster</i> , similaridad y usos del carbonero, pisquín o piñón (<i>Albizia carbonaria</i>) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	49
Figura 23. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del carbonero, pisquín o piñón (<i>Albizia carbonaria</i>).	50
Figura 24. Factores que afectan el plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con carbonero, pisquín o piñón (<i>Albizia carbonaria</i>) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	50
Figura 25. Análisis de cluster, similaridad y usos del carbonero o quebrajacho (<i>Calliandra pittieri</i>) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	52
Figura 26. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con carbonero o quebrajacho (<i>Calliandra pittieri</i>) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	52
Figura 27. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del carbonero o quebrajacho (<i>Calliandra pittieri</i>).....	53
Figura 28. Análisis de cluster, similaridad y usos del cedro de montaña (<i>Cedrela montana</i>) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	54
Figura 29. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del cedro de montaña (<i>Cedrela montana</i>).....	55
Figura 30. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con cedro de montaña (<i>Cedrela montana</i>) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	56
Figura 31. Análisis de cluster, similaridad y usos del cedro rosado (<i>Cedrela odorata</i>) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.....	57
Figura 32. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del cedro rosado (<i>Cedrela odorata</i>).	58
Figura 33. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con cedro rosado (<i>Cedrela odorata</i>) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	59

Figura 34. Análisis de cluster, similaridad y usos del cámbulo (<i>Erythrina poeppigiana</i>) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	60
Figura 35. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con cámbulo (<i>Erythrina poeppigiana</i>) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	61
Figura 36. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del cámbulo (<i>Erythrina poeppigiana</i>).....	62
Figura 37. Análisis de cluster, similaridad y usos del guamo piedra (<i>Inga cf. oerstediana</i>) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	63
Figura 38. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del guamo piedra (<i>Inga cf. oerstediana</i>).....	64
Figura 39. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con guamo piedra (<i>Inga cf. oerstediana</i>) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	65
Figura 40. Análisis de cluster, similaridad y usos del guamo santafereño (<i>Inga ornata</i>) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.....	66
Figura 41. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del guamo santafereño (<i>Inga ornata</i>).....	67
Figura 42. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con guamo santafereño (<i>Inga ornata</i>) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	68
Figura 43. Análisis de cluster, similaridad y usos del guamo macheto (<i>Inga spectabilis</i>) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	69
Figura 44. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del guamo macheto (<i>Inga spectabilis</i>).	70
Figura 45. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con guamo macheto (<i>Inga spectabilis</i>) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.....	71
Figura 46. Análisis de cluster, similaridad y usos del chocho (<i>Ormosia colombiana</i>) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.....	72
Figura 47. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del chocho (<i>Ormosia colombiana</i>).	73
Figura 48. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con chocho (<i>Ormosia colombiana</i>) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.....	73
Figura 49. Análisis de cluster, similaridad y usos del vainillo (<i>Senna spectabilis</i>) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.....	75
Figura 50. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del vainillo (<i>Senna spectabilis</i>).....	76
Figura 51. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con vainillo (<i>Senna spectabilis</i>) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Población y tipos de caficultura con base a FNC (2016) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa.....	8
Tabla 2. Éxito ecológico a nivel de género taxonómico de la flora arbórea en cafetales de Apía, Balboa, La Celia y Santuario con base al Índice de Valor de Importancia.	17
Tabla 3. Éxito ecológico de flora la arbórea en cafetales de Apía, Balboa, La Celia y Santuario con base al Índice de Valor de Importancia Ecologica.	18
Tabla 4. Reconocimiento de uso de la flora arbórea asociada con cafetales en Apia, Balboa, Celia y Santuario a traves del índice de valor de uso y valor de importancia cultural relativa (IIRE).....	29
Tabla 5. Árboles con mayor peso promedio nodo, intermediación, cercanía y excentricidad en modelo de red neuronal no dirigida según el IIRE en cafetales de Apía.....	34
Tabla 6. Árboles con mayor peso promedio nodo, intermediación, cercanía y excentricidad en modelo de red neuronal no dirigida según la frecuencia estructural en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa.....	36
Tabla 7. Usos de mayor peso promedio nodo en función de la intermediación, cercanía y excentricidad en modelo de red neuronal no dirigida en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa.	38
Tabla 8. Localidades con mayor peso nodo según la valoración de árboles en función de la intermediación, cercanía y excentricidad en modelo de red neuronal no dirigida en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa.	41
Tabla 9. Manejo y arreglo poblacional del carbonero, pisquín o piñón (<i>Albizia carbonaria</i>) con base a la pendiente.	49
Tabla 10. Manejo y arreglo poblacional del carbonero o quebrajacho (<i>Calliandra pittieri</i>) con base a la pendiente.	52
Tabla 11. Manejo y arreglo poblacional del cedro de montaña (<i>Cedrela montana</i>) con base a la pendiente.....	55
Tabla 12. Manejo y arreglo poblacional del cedro rosado (<i>Cedrela odorata</i>) con base a la pendiente.....	58
Tabla 13. Manejo y arreglo poblacional del cámbulo (<i>Erythrina poeppigiana</i>) con base a la pendiente.....	61
Tabla 14. Manejo y arreglo poblacional del guamo piedra (<i>Inga cf. oerstediana</i>) con base a la pendiente.....	64
Tabla 15. Manejo y arreglo poblacional del guamo santafereño (<i>Inga ornata</i>) con base a la pendiente.....	67
Tabla 16. Manejo y arreglo poblacional del guamo macheto (<i>Inga spectabilis</i>) con base a la pendiente.....	70
Tabla 17. Manejo y arreglo poblacional del chocho (<i>Ormosia colombiana</i>) con base a la pendiente.....	73
Tabla 18. Manejo y arreglo poblacional del vainillo (<i>Senna spectabilis</i>) con base a la pendiente.	75

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el propósito de evaluar la importancia ecológica y manejo ambiental en arreglos agroforestales de cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda-Colombia. El muestreo se llevó a cabo durante tres meses entre 2017 y 2018, tiempo en el que se realizó 49 parcelas rectangulares de 200 m² y 46 encuestas etnobotánicas. Se analizaron diferencias estructurales entre las localidades de muestreo mediante: cálculos de índice de valor de importancia (IVI), distribución de alturas y diámetros usando amplitud de intervalos (C), similitud florística entre los agroecosistemas y cluster de especies mediante el coeficiente de similitud de *Jaccard* (J). Para el análisis etnobotánico se utilizó el enfoque de sumatoria de usos (IVU), el índice de valor de importancia cultural relativa (IIRE), con 16 usos. Las pruebas de estructura y composición florística, *cluster* y topologías fueron analizadas mediante *BioDiversity Professional 2*. La Evaluación de los usos de la flora arbórea se realizó a través de análisis de correspondencias con el paquete “ca” de R versión 3.3.0 y con caracterización de sistemas complejos adaptativos mediante *Gephi 0.9.2*. Las especies con mayor éxito ecológico son *Cordia alliodora* (IVI 86.653), *Inga ornata* (IVI 46.323), *Cedrela odorata* (IVI 20.806), *Albizia carbonaria* (18,339) e *Inga spectabilis* (17,771). La distribución en clases de los parámetros indica que la mayor acumulación de individuos se manifiesta en parámetros de menor altura total y DAP. Las pruebas de *Jaccard* indicaron agrupamientos dudosos y baja similaridad en agrosistemas dominados por pocos individuos con mayor peso ecológico. Según las topologías, a partir del elemento invasivo *Eucaliptus grandis* empieza a disminuir la similaridad. Seis especies mostraron valores superiores del IIRE al 20%. Estos resultados indican mayor predilección de árboles por la relación con el cultivo de café y sus servicios ambientales, resaltando la relación positiva entre los aspectos estructurales y los valores de uso. Las variables que mejor agrupan los géneros para implementar arreglos agroforestales con café, son: Simbiótico, Hídrico y Suelos, que reúne los géneros *Inga*, *Calliandra* y *Senna* e Interceptación y Combustible agrupándose en los géneros *Albizia*, *Cedrela*, *Senna*, *Ormosia* y *Erythrina*. En el modelo de redes neuronales por usos, se ha podido identificar distintos patrones agroforestales funcionales con café que posibilitan distintas apropiaciones del entorno y son definidas así:

- Nodos simbiótico, Hídrico, Suelos e Interceptación. Dominado por *Albizia*, *Calliandra*, *Erythrina*, *Inga*, *Ormosia*, *Senna*.
- Nodo Maderable. Dominado por *Cedrela odorata*.
- Nodo cultural. Dominado por *Cordia alliodora*.
- Nodo ornamental. Dominado por *Handroanthus chrysanthus*.
- Nodo de recambio agrícola por presión climática. Dominado por *Persea americana* y *Theobroma cacao*.

Se plantea a *Cordia alliodora* como especie conflictiva y se registran a *Eucalyptus grandis* y *Leucaena leucocephala* como taxa invasivos. Finalmente se presenta la guía para el desarrollo de arreglos agroforestales con café en el Occidente de Risaralda.

Palabras clave. Etnobotánica, Florística, Redes Etnoecológicas, Sistemas Complejos Adaptativos.

ABSTRACT

The present work was carried out with the purpose of evaluating the ecological importance and environmental management in agroforestry coffee plantations in Apía, Santuario, La Celia and Balboa, Risaralda-Colombia. The sampling was carried out for three months between 2017 and 2018. Time in which 49 rectangular plots of 200 m² and 46 ethnobotanical surveys were carried out. Structural differences between sampling locations were analyzed by: importance value index (IVI) calculations, distribution of heights and diameters, using interval amplitude (C), floristic similarity between agroecosystems and species clusters, using the *Jaccard* similarity coefficient (J). For the ethnobotanical analysis, the sum of uses (IVU) approach was used, the relative cultural importance value index (IIRE), with 16 uses. The tests of structure and floristic composition including clusters and topologies were analyzed by means of BioDiversity Professional version 2. The evaluation of the uses of the arboreal flora was made through correspondence analysis with the package "ca" of R version 3.3.0 and characterization of adaptive complex systems was estimated by Gephi 0.9.2. The most ecologically successful species are *Cordia alliodora* (IVI 86,653), *Inga ornata* (IVI 46,323), *Cedrela odorata* (IVI 20,806), *Albizia carbonaria* (18,339) and *Inga spectabilis* (17,771). The distribution in classes of the parameters indicates that the greater accumulation of individuals is manifested in parameters of lower total height and DAP. Jaccard's tests indicate dubious clusters and low similarity in agrosystems dominated by a few individuals with greater ecological weight. According to the topologies, starting from the invasive element *Eucaliptus grandis*, similarity begins to decrease. Six species showed superior values of IIRE at 20%. These results indicate a greater predilection of trees due to the relationship with the coffee crop and its environmental services. And it highlights the positive relationship between the structural aspects and the values of use. The variables that best group the genera to implement agroforestry arrangements with coffee are: Symbiotic, Hydric and Soils. That brings together the genres *Inga*, *Calliandra* and *Senna* and Interception and Fuel. That groups the genera *Albizia*, *Cedrela*, *Senna*, *Ormosia* and *Erythrina*. In the model of networks by uses, it has been possible to identify different functional agroforestry patterns with coffee that allow different appropriations of the environment. And they are defined like this:

- Symbiotic, Hydric, Soils and Intercept Nodes. Dominated by *Albizia*, *Calliandra*, *Erythrina*, *Inga*, *Ormosia*, *Senna*.
- Wood Node. Dominated by *Cedrela odorata*.
- Cultural Node. Dominated by *Cordia alliodora*.
- Ornamental Node. Dominated by *Handroanthus chrysanthus*.
- Node of agricultural replacement by climatic pressure. Dominated by *Persea americana* and *Theobroma cacao*.

Cordia alliodora is considered a conflictive species and *Eucalyptus grandis* and *Leucaena leucocephala* are registered as invasive taxa. Finally, the guide for the development of agroforestry models with coffee in the West of Risaralda is presented.

Key words. Ethnobotany, Floristics, Ethnoecological Networks, Adaptive Complex Systems.

1. INTRODUCCIÓN

En el cultivo de café, los campesinos han desarrollado modelos agroecológicos que pueden mitigar la pérdida de recursos y la oferta ambiental, pues son las comunidades campesinas protagonistas en la transformación de su entorno (Montoya-Toledo, 2009). El concepto aquí desarrollado de las *Ciencias Ambientales* se basa en el sentido de Vitta *et al.*, (2002) donde se propone que muchos conceptos en agricultura no fueron generados científicamente si no a través de creencias y tradiciones basadas en observaciones espontáneas de las comunidades campesinas. Este conocimiento ejemplariza la naturaleza práctica de las cosas y encierra aspectos auténticamente teóricos (Agazzi *et al.*, 1986) similar a lo propuesto por Palacio-C. (2006) donde se propone que además de la “*gran narrativa*” se debe reconocer las “*formas locales de saber*” en contraste con la producción de saber científico, así como mediático.

La modernización de la caficultura en Sur y Centro América disminuyó la cobertura arbórea que caracterizaba los sistemas de policultivos tradicionales y rústicos, transformándolos en monocultivos al sol (Moguel & Toledo, 1999), lo cual ha causado graves consecuencias en cuanto a la pérdida de la biodiversidad y servicios ambientales (Idol *et al.*, 2011; González-Acevedo, 2015; Valencia *et al.*, 2014; Valencia *et al.*, 2016). De esta manera, en Colombia los cafetales asociados en arreglos agroforestales equivalen tan solo al 38,68% del área total (904000 has) cultivada en el país (FNC, 2019).

Estudios recientes de la estructura y composición florística del componente arbóreo en cultivos de café en el Departamento de Risaralda indican baja similitud entre localidades derivado del proceso fragmentación ecológica (Mancera *et al.*, 2013). No obstante, la diversidad florística nativa y naturalizada podría ser implementada en la definición de programas agroforestales con café, desarrollando modelos de sostenibilidad ambiental que redunden en herramientas financieras de negocio sostenible que ayudan a mitigar la deforestación, erosión del suelo, huella de carbono y el cambio climático (Jose, 2009; Tschardtke, 2011; Li, 2015; Mancera y Duque-Nivia, 2018).

En el Departamento de Risaralda se desconoce un modelo de construcción participativa de sistemas agroforestales con café, por tal razón se propone la pregunta: ¿Cuál es la importancia ecológica y el manejo etnobotánico de la flora arbórea en arreglos agroforestales en Risaralda? ¿Qué tipo de arreglos agroforestales y que criterios tuvieron para establecerlos en el agroecosistema cafetero de una región de Risaralda? en virtud de lo anterior se propone la siguiente hipótesis: ¿La importancia ecológica y el uso y manejo de la flora arbórea en agroecosistemas cafeteros depende de los conocimientos locales de los agricultores?

El presente trabajo propone cuatro capítulos de resultados para analizar la importancia ecológica y manejo ambiental en arreglos agroforestales de cafetales en Risaralda. En el primero se analiza la estructura, composición y manejo de la flora a través de discusiones florísticas y su relación con los índices de valor de importancia ecológica, distribución en clases de los parámetros para las variables DAP, altura total y similaridad de *Jaccard* entre agrosistemas y *cluster* de especies. En el segundo se analiza los usos de la flora arbórea asociada a cafetales para lo cual se utilizó los índices de valor de uso y valor de importancia cultural relativa mediante análisis de correspondencias, este capítulo además propone los análisis de redes neuronales etnoecológicas como herramienta de discusión de los sistemas complejos adaptativos. En el tercer capítulo se desarrollan factores climáticos y de la oferta ambiental que afectan los arreglos agroforestales como la variabilidad climática, suelos y días a estrés hídrico y el movimiento y ajuste de las zonas agroecológicas para el cultivo del café en el occidente de Risaralda. Por último, se presenta la guía para el desarrollo de arreglos agroforestales en el Occidente de Risaralda, la guía integra 10 especies con registros estructurales, ecológicos, etnobotánicos, plan de manejo, arreglo poblacional y recomendaciones de semillero. En los anexos se proponen 48 especies de árboles como modelos de conservación, diversificación, paisajísticos y maderables.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar la importancia ecológica, el conocimiento y manejo etnobotánico de la flora arbórea asociada a cafetales en arreglos agroforestales en Risaralda, como expresión del conocimiento ambiental de los agricultores.

Objetivos específicos

- Determinar la composición, estructura y manejo de la flora arbórea asociada en el agroecosistema cafetero en Risaralda.
- Identificar los criterios de los agricultores en la selección, manejo y uso de la flora arbórea asociada con los cafetales.
- Realizar análisis del conocimiento ambiental y manejo del medio en los arreglos agroforestales de Risaralda.
- Elaborar una guía de campo que recoja la información ecológica y etnobotánica de los agricultores para su uso y difusión.

3. MARCO TEÓRICO

El 59% de la deforestación del mundo se concentra en 3 países cafeteros: Brasil (36%), Indonesia (19%) y Colombia (4%) (FAO, 2015). Este proceso de transformación del bosque nativo se desarrolla fundamentalmente en terrenos estatales por la dinámica de la agricultura, ganadería, minería y actores armados (González *et al.*, 2011), donde la producción agrícola intensiva, el limitado conocimiento de la biodiversidad y la no inclusión de las experiencias de los agricultores en el manejo de sistemas agroforestales, además de la tala no controlada de árboles con valor comercial, han contribuido a la escasa presencia de especies arbóreas útiles en los sistemas agrícolas (Vega-Játiva, 2005).

Los sistemas agroforestales con café son reservorios de biodiversidad que pueden mitigar las causas de la deforestación (López-Gómez, 2004; Valencia et al., 2016, Mancera y Duque-Nivia, 2018) no obstante, la modernización de la caficultura en Sur y Centro América depuró los sistemas agroforestales tradicionales caracterizados por la biodiversidad y los servicios ambientales, impactando con graves costos económicos, sociales y ambientales que han afectado en mayor medida a los pequeños productores de café (Rice, 1999; Perfecto, 2007; Watson & Achinelli, 2008; Idol *et al.*, 2011; González-Acevedo, 2015), donde se ha incentivado altas producciones inmediatas sin predecir drásticas caídas al corto plazo (Tschardtke, 2011). Así, Duarte-Silveira (2005) comparando la sostenibilidad económica, ambiental y social de pequeños cafeteros orgánicos, pequeños convencionales y grandes convencionales, demostró que en el tratamiento de pequeños cafeteros orgánicos se incrementa la sostenibilidad socio económica y ecológica versus los modelos convencionales, esto por variables inherentes al autoconsumo, diferenciales, manejo del recurso hídrico y prácticas integradas de conservación lo cual es similar a lo propuesto por González-Acevedo (2015) en policultivos cafeteros del Centro Occidente y Sur Occidente Colombiano y Herzog De Muner (2011) en sistemas agroforestales de café en Espirito Santo en Brasil.

Por otra parte, los sistemas agroforestales juegan papeles multifuncionales en los usos y servicios ecosistémicos (Jose, 2009; Tschardtke, 2011). Por ejemplo entre los servicios ambientales de los sistemas agroforestales con café, Perfecto & Vandermeer (2008) han estudiado el control biológico indirecto de cochinillas y fumagina a partir de simulación compleja predador preza. Alline *et al.*, (2016) ha desarrollado el concepto de balance de plagas y enfermedades en sistemas agroforestales. Van Bael *et al.*, (2008) y Nonato de Souza *et al.*, (2011) han propuesto modelos de control biológico por conservación de aves en sistemas agroforestales. En canephoras, se ha resaltado el papel de los sistemas agroforestales en la riqueza de abejas y la polinización cruzada, que requieren estas líneas de café (Klein *et al.*, 2003; Jha & Vandermeer, 2010; Boreaux *et al.*, 2013). Meylan *et al.*, (2013) y Blanco- Sepúlveda & Aguilar-Carrillo (2015) han resaltado el peso de estos sistemas agroforestales en la conservación del suelo y su riqueza microbiológica (Munroe *et al.*, 2015). Por su parte, Lin (2006) y Jaramillo (2011) han propuesto los sistemas agroforestales con café como estrategias adaptativas contra los microclimas extremos en la caficultura. Por último, la importancia de estos sistemas en el ciclo, reducción de huella y secuestro de carbono en café ha sido ampliamente debatido (Lin, 2006; Noponen *et al.*, 2013; Negash & Kanninen, 2015; Thomazini, 2015; Balaba-Tumwebaze & Byakagaba, 2016; Beenhouwer *et al.*, 2016; Kinoshita *et al.*, 2016, Mancera y Duque-Nivia, 2018).

Los arreglos agroforestales con café facilitan el acceso a mercados especializados en la sostenibilidad ambiental por lo cual, Perfecto *et al.*, (2005) han planteado un modelo económico llamado equilibrio de conservación de la biodiversidad con la producción, basado en los diferenciales que adquieren productos certificados que garantizan la preservación de organismos vulnerables. No obstante, en Risaralda tan solo 7.230 de 48.500 hectareas se encuentran tipificadas como caficultura tradicional (FNC, 2019) donde los arreglos agroforestales podrían beneficiar a los agricultores en el mercado de cafés diferenciados.

En cuanto a la implementación de modelos de diagnóstico agroforestal, Montoya-Toledo (2009) desarrollaron el uso de metodologías de diagnóstico rural participativo en el análisis de las especies para mitigar las causas de la deforestación a escala local en México. Proponiendo

alternativas comunitarias para la conservación de los relictos forestales que aún existen en su territorio. Otras metodologías de diseño participativo en sistemas agroforestales incluyen las de Haggard *et al.*, (2001) en México, Albertin & Nair (2004) en Costa Rica y Anglaere *et al.*, (2011) en Ghana, basados en encuestas semiestructuradas de evaluación de tecnologías locales. En el cultivo de cacao Vega-Játiva (2005) ha explorado un modelo de diagnóstico agroforestal participativo en Bolivia. Finalmente, en Colombia experiencias exitosas incluyen las de Rubiano y Guerra (2014) en la definición de diseño y establecimiento de herramientas del paisaje y Miranda-Londoño (2014) en la implementación de parcelas productivas asociadas a la biodiversidad a través del desarrollo de la metodología Gentry (1982) por parte de grupos ecológicos compuesto por agricultores, madres y docentes.

Por las razones antes expuestas se propuso realizar el presente trabajo de grado titulado “Importancia Ecológica y Manejo Ambiental en Arreglos Agroforestales de Cafetales de Risaralda-Colombia”. Con el objetivo principal de: evaluar la importancia ecológica, el conocimiento y manejo etnobotánico de la flora arbórea asociada a cafetales en arreglos agroforestales en Risaralda, como expresión del conocimiento ambiental de los agricultores.

4. METODOLOGÍA

4.1. Área de estudio.

El muestro y análisis de la composición y manejo de la flora arbórea asociada con agroecosistemas cafeteros se llevó a cabo entre el 2017 y 2018, mediante la construcción participativa con comunidades cafeteras de Apía, La Celia, Balboa y Santuario, en el Occidente de Risaralda, tomando de referencia los datos de La Federación Nacional de Cafeteros del 2016, que indicaban que el Departamento de Risaralda estaba habitado por 19.000 familias cafeteras distribuidas en 50.799 ha de Café, área promedio de 3,83ha, de las cuales 44.563 correspondían a caficultura tecnificada, 6.109 pertenecían a caficultura tecnificada envejecida y 127,15 hacían parte de la caficultura tradicional (FNC, 2016). Este trabajo se concentró en los municipios de Apía, Balboa, La Celia y Santuario (Figura 1). La caficultura de estos municipios se encuentra distribuida entre los 1.000 y 2.000 m, poseen suelos de las series Belén, Catarina, Chinchiná y 200 y sus consociaciones, precipitación media anual de 2.000 mm, temperatura media anual de 20°C, con influencia de la Corriente de Chorro del Chocó Biogeográfico en predios ubicados en las zonas de amortiguación de los Parques: Nacional Natural Tatamá (Apía, Balboa, La Celia y Santuario) y Parque Regional Cuchilla del San Juan (Apía), con 17.758 ha de las cuales tan solo 24,16 correspondían a caficultura tradicional (Tabla 1).

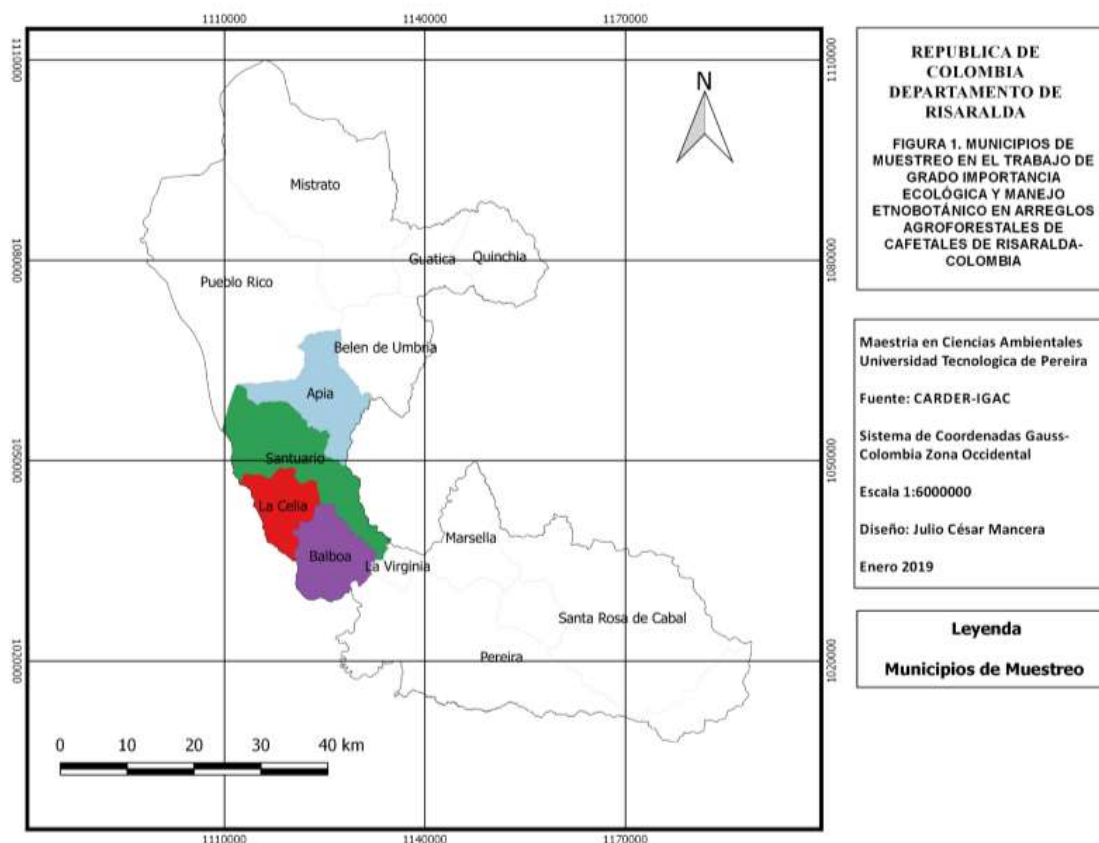


Figura 1. Localidades de muestreo Arreglos Agroforestales con Café en el Departamento de Risaralda, Colombia.

Tabla 1. Población y tipos de caficultura con base a FNC (2016) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa.

Municipio	No. Caficultores	Ha tecnificado envejecido	Ha tecnificado joven	Ha Tradicional	Total Has
Apia	1784	526,8	4529,06	24,16	5080,02
Balboa	808	232,19	2491,64	0	2723,83
La Celia	1294	429,23	3240,89	0	3670,12
Santuario	1034	625,87	5658,21	0	6284,08
Total	4920	1814,09	15919,8	24,16	17758,05

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de FEDECAFE 2016.

4.2. Determinación de la estructura, composición y manejo de la flora arbórea asociada con el agroecosistema cafetero de una región de Risaralda.

Siguiendo el flujo de trabajo propuesto en la Figura 2. Se llevó a cabo muestreo durante tres meses entre 2017 y 2018. Tiempo en el que se realizó 49 parcelas rectangulares de (4x50 m) 200 m², con base al muestreo aleatorio simple desarrollado por ISA (2001) (Figura 2). La identificación de los ejemplares botánicos se realizó en campo con las claves genéricas de Gentry (1993) y Vargas (2002).

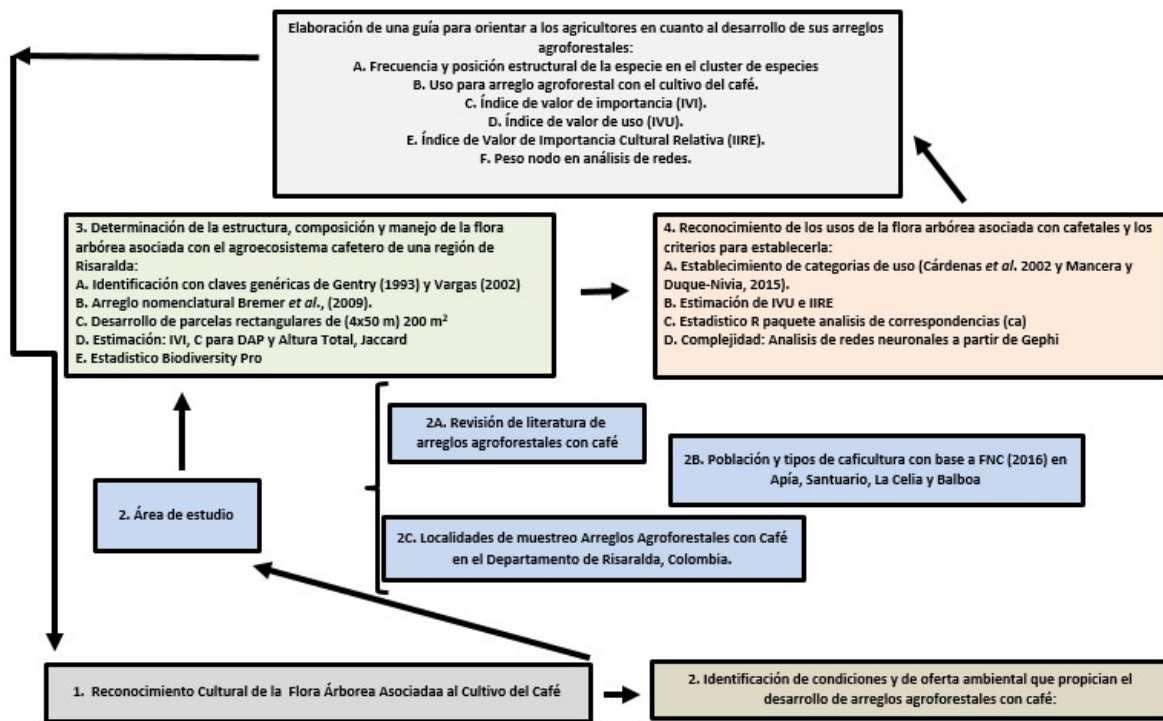


Figura 2. Flujo de trabajo de grado Importancia Ecológica y Manejo Ambiental en Arreglos Agroforestales de Cafetales de Risaralda-Colombia.

Fuente: Elaboración propia.

Se diseñó el formato de campo para análisis de estructura y composición florística (Figura 3). Se tomaron medidas de diámetro a la altura del pecho (DAP) a los 1,3 m del suelo (Álvarez-M. *et al.*, 2007). Se censó todos los individuos con DAP superior a 2,5 cm incluyendo además información sobre la altura fustal, total y forma de vida (árbol, arbolito, bambú, liana y palma) siguiendo el criterio de evaluación de Álvarez-M. *et al.*, (2007).

Para analizar las diferencias estructurales entre los sitios, se realizó cálculos de índice de valor de importancia (IVI) a nivel de género y especie, con la fórmula expuesta por Mori & Boom (1983):
 $IVI = \text{Den.Rel} + \text{Dom.Rel} + \text{Fre.Rel}$ (Figura 4).

Donde Den.Rel = equivale a la Densidad Relativa (número de individuos por especie en cada localidad / número total de individuos en cada localidad x 100). Dom.Rel= Dominancia Relativa (sumatoria del área basal de los individuos por especie en cada localidad / sumatoria del área basal de todos los individuos en cada localidad x 100). Fre.Rel= Frecuencia Relativa (frecuencia absoluta por especie en cada localidad / sumatoria de las frecuencias absolutas por cada localidad x 100).

Universidad Tecnológica de Pereira – Maestría en Ciencias Ambientales – Importancia Ecológica y Manejo Ambiental en Arreglos Agroforestales de Cafetales de Risaralda–Colombia. Julio César Mancera

Fecha:	Escolaridad:
Municipio:	Edad años:
Vereda:	Finca:
Altura:	Observaciones:
Geoposición:	
Caficultor:	
Sexo:	

No.	Nombre común	Nombre de la especie	CAP	Altura fustal	Altura total	Observaciones usos

Figura 3. Formato de campo para análisis de estructura y composición florística trabajo de grado Importancia Ecológica y Manejo Ambiental en Arreglos Agroforestales de Cafetales de Risaralda-Colombia.

Se realizó comparación de la distribución de alturas y diámetros, usando amplitud de intervalos (C), según la ecuación: $C = \frac{X_{max} - X_{min}}{m}$, en donde: X_{max} = observación de mayor valor; X_{min} = observación de menor valor; $m = 1 + 3.3 \log N$; y N = número de individuos (Franco-Rosselli et al. 1997, Rangel & Velásquez 1997).

Se evaluó la similitud florística entre los agroecosistemas y cluster de especies. Mediante el coeficiente de similitud de *Jaccard* (J), basado en presencia / ausencia de especies y el vecino

más cercano. Según la ecuación: $J = C/(A+B)-C$, en donde C corresponde a las especies compartidas y A y B a las especies únicas en cada sitio (Pielou, 1984).

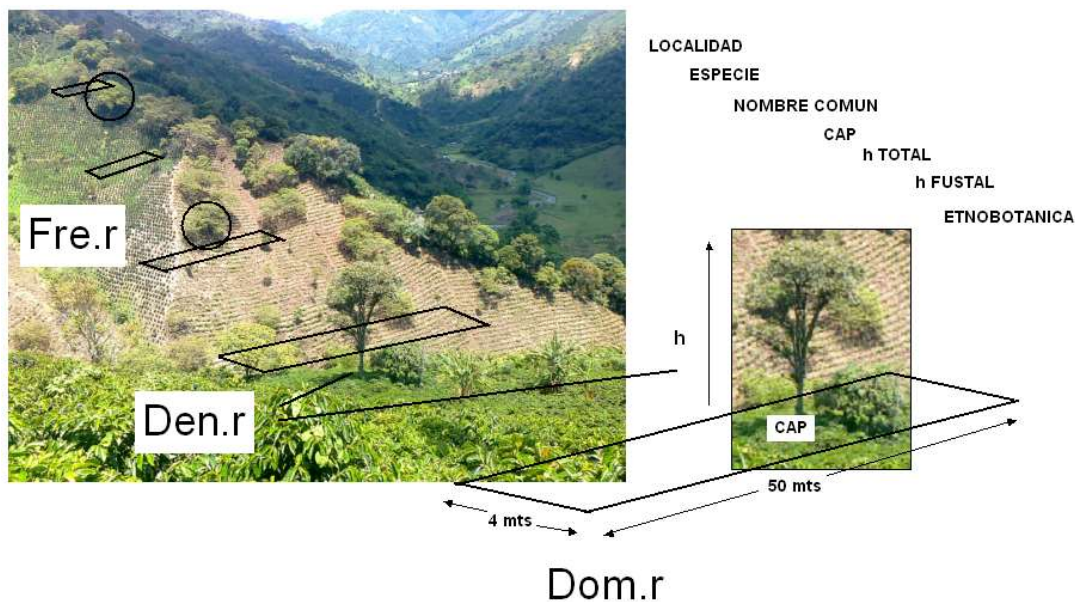


Figura 4. Modelo de parcelas de 200 m² utilizando las adaptaciones propuestas por ISA (2001) a la metodología de Gentry (1982) en Apia-Risaralda. Adaptado de Mancera y Duque-Nivia (2018).

4.3. Reconocimiento de los usos de la flora arbórea asociada con cafetales y los criterios para establecerla.

En la figura 5 se presenta la encuesta diseñada para reconocimiento de los usos de la flora arbórea (Anexo 2), en total se desarrolló 46 encuestas etnobotánicas (Anexo 4) en las que se utilizó trece (13) categorías de uso, descritas en Cárdenas et al. (2002), de la siguiente forma:

- **Alimento:** Incluye especies usadas como comestibles.
- **Artesanal:** Incluye especies utilizadas como fibras para cestería, pulpa para elaboración de papel, maderas para talla, semillas y recipientes.
- **Colorante:** Plantas usadas para obtener tintes naturales. **Combustible:** Plantas utilizadas para leña o carbón.

- Construcción: Especies usadas en la edificación de viviendas, como vigas, cercas, techos, amarres, etc.
- Cultural: Especies que son utilizadas en actividades sociales o rituales.
- Forraje: Plantas que sirven para alimento de animales domésticos.
- Maderable: Especies empleadas en procesos de transformación industrial como ebanistería, chapas, triplex y otros.
- Medicinal: Plantas usadas para tratar o prevenir enfermedades.
- Ornamental: Incluye especies con uso actual o potencial en el ornato y decoración de espacios.
- Otro: Incluye especies con usos específicos y que no pueden ser catalogadas en las categorías definidas previamente.
- Psicotrópicas: Incluye especies que producen efectos sobre el sistema nervioso.
- Tóxicos: Incluye especies empleadas como venenos para cacería, pesca o que se reconocen como nocivas para el hombre o animales.

Finalmente se incluyó tres categorías, con base a lo propuesto por Mancera y Duque-Nivia (2018) de la siguiente forma.

- Hídrica: Corresponde a aquellos árboles que son reguladores hídricos en el agrosistema cafetero y por ende mitigan el estrés hídrico en suelos muy vulnerables y vulnerables.
- Interceptación: Se refiere a aquellos árboles que presentan patrón foliar compuesto o recompuesto y facilitan la interceptación de luz.
- Simbiótica: Se refiere a árboles con la capacidad de generar simbiosis en el agrosistema cafetero.

Fecha: _____ Escolaridad: _____
 Municipio: _____ Edad años: _____
 Vereda: _____ Finca: _____ Observaciones: _____
 Altura: _____
 Geoposición: _____
 Caficultor: _____
 Sexo: _____

No.	Especie		Hídrica	Intercepción	Simbiótica	Alimento	Artisanal	Colorante	Construcción	Cultural	Maderable	Medicinal	Ornamental	Otro	Psicotrópicas	Toxicos	Observaciones usos
	Nombre común	Nombre de la especie															

Figura 5. Formato de encuesta para reconocimiento de los usos en el trabajo de grado Importancia Ecológica y Manejo Ambiental en Arreglos Agroforestales de Cafetales de Risaralda-Colombia.

Se utilizó el enfoque de sumatoria de usos (Phillips & Gentry, 1993) con base a la fórmula $IVU = \sum U/n$, donde U es el número de usos mencionados por el informante (caficultor) para la especie, y n es el número de entrevistas realizadas al informante sobre la especie. Con el fin de determinar la importancia cultural de cada especie dentro de cada categoría de uso. Se calculó el índice de valor de importancia cultural relativa (IIRE) siguiendo a Valois-Cuesta (2012) como $IIRE = (\sum U / N) * 100$, donde $\sum U$ es el número de informantes que citan a la especie dentro de la categoría de uso y N el número total de informantes.

Las variables de nivel de uso se evaluaron con análisis de correspondencias “CA” (Maestre, 2006) y caracterización de sistemas complejos adaptativos mediante análisis de redes neuronales (Wasserman & Faust, 1994). Para lo cual se implementaron cuatro redes no dirigidas donde se analizaron las variables: peso nodo, intermediación, excentricidad y cercanía. En las redes los nodos propuestos fueron:

- Red Neuronal 1: peso nodo corresponde a las especies de árboles con mayor índice de valor de importancia cultural relativa (IIRE).
- Red Neuronal 2: peso nodo corresponde a la frecuencia estructural con base al índice de valor de importancia (IVI).
- Red Neuronal 3: peso nodo corresponde a los usos basado, en los de mayor frecuencia en las encuestas etnobotánicas

- Red Neuronal 4: peso nodo corresponde a las comunidades en función del número de especies de árboles utilizadas.

Para todos los casos las variables intermediación, cercanía y excentricidad, se explican de la siguiente forma:

- Intermediación= Mide la frecuencia con la que un nodo aparece en el camino más corto entre nodos de la red.
- Cercanía= Mide la distancia desde un nodo inicial a todos los demás nodos de la red.
- Excentricidad= Mide la distancia desde un nodo al nodo más alejado de la red.

4.4. Elaboración de una guía a partir de los resultados para orientar a los agricultores en Risaralda en el desarrollo de sus arreglos agroforestales.

Se elaboró una guía que integra la estructura, composición y manejo con el reconocimiento cultural de la flora arbórea. Para lo cual se definieron seis criterios:

- 1) Frecuencia y posición estructural de la especie en el cluster de especies
- 2) Uso para arreglo agroforestal con el cultivo del café.
- 3) Índice de valor de importancia (IVI).
- 4) Índice de valor de uso (IVU).
- 5) Índice de valor de importancia cultural relativa (IIRE).
- 6) Peso nodo en análisis de redes.

La guía incluye: 1) Nombre común en la zona de estudio. 2) Nombre de la especie con base a Bremer *et al.*, (2009). 3) Sinónimos nomenclaturales con base a Bernal *et al.*, (2015). 4) Nombres comunes en Colombia con base a Bernal *et al.*, (2012). 5) Distribución global con base a Bernal *et al.*, (2015). 6) Distribución altitudinal con base a Bernal *et al.*, (2015). 7) Principal uso de la especie basado en los resultados de IVU e IIRE. 8) Figura de estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo. 9) Figura de análisis de *cluster*, similaridad y usos. 10) Plan de manejo. 11) Factores que afectan los arreglos agroforestales de cafetales. 12) Tabla de manejo y arreglo poblacional. 13) Recomendación de semillero y tratamientos basados en Mancera y Duque-Nivia (2018) o revisión de literatura según el caso.

4.5. Análisis de la información.

Las pruebas de estructura y composición florística incluyendo *cluster* y topologías, se analizaron mediante *BioDiversity Professional* versión 2 (McAleece, 1997). La evaluación de los usos de la flora arbórea se realizó a través de análisis de correspondencias con el paquete “ca” de R versión 3.3.0 (Venables et al., 2016). La caracterización de sistemas complejos adaptativos se estimó mediante *Gephi* 0.9.2 (Bastian et al., 2009), a partir de especiación por medio del algoritmo *ForceAtlas* (Jacomy et al., 2014). La representación gráfica de los taxa, así como las ilustraciones de las topologías y la arquitectura fueron diseñadas por el autor a partir de los resultados.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente trabajo es una aproximación inicial al conocimiento y legado cultural de los arreglos agroforestales con café, basado en la estructura, composición, función, aspectos culturales, complejidad y modelos agronómicos y espera ser una herramienta de adaptación climática para las comunidades cafeteras del Occidente de Risaralda, desarrollados en los siguientes 4 capítulos.

5.1. Estructura, composición y manejo de la flora arbórea asociada con el agroecosistema cafetero de una región de Risaralda

Los resultados indicaron, que la familia más diversa fue Fabaceae con 17 especies, seguida de Lauraceae, Bignoniaceae y Myrtaceae con 7, 5 y 3 especies respectivamente. A nivel de género, *Nectandra* se halla compuesto por 4 especies, seguida por *Erythrina* e *Inga* representadas por 3 especies (Anexos 1 y 3).

5.1.1. Índice de Valor de Importancia (IVI) a nivel de género y especie.

Los resultados indican que el género con mayor éxito ecológico es *Inga* (IVI 80,24), seguido de *Cordia* (IVI 75,03), *Cedrela* (IVI 20,56) y *Albizia* (IVI 18,27) (Tabla 2). Las especies con más éxito ecológico fueron *Cordia alliodora* (IVI 86.653), *Inga ornata* (IVI 46.323), *Cedrela odorata* (IVI 20.806), *Albizia carbonaria* (18,339) e *Inga spectabilis* (17,771) que en conjunto suman un IVI de 189,953 (Tabla 3).

Tabla 2. Éxito ecológico a nivel de género taxonómico de la flora arbórea en cafetales de Apía, Balboa, La Celia y Santuario con base al Índice de Valor de Importancia.

Género	Dom	Dom.Rel.	Den.	Den.Rel.	Fre.	Fre.Rel.	IVI
<i>Inga</i>	8916205	40,52	139	24,17	30	15,54	80,24
<i>Cordia</i>	9141674	41,54	133	23,13	20	10,36	75,03
<i>Cedrela</i>	1399539	6,36	34	5,91	16	8,29	20,56
<i>Albizia</i>	1466532	6,66	31	5,39	12	6,22	18,27
<i>Psidium</i>	55816	0,25	25	4,35	9	4,66	9,26
<i>Persea</i>	92630	0,42	15	2,61	9	4,66	7,69
<i>Erythrina</i>	123744	0,56	15	2,61	7	3,63	6,80
<i>Eucalyptus</i>	312606	1,42	16	2,78	4	2,07	6,28
<i>Mangifera</i>	44156	0,20	12	2,09	6	3,11	5,40
<i>Citrus</i>	14245	0,06	13	2,26	4	2,07	4,40

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados.

Estos resultados son similares a los registrados en Apía por Mancera *et al.*, (2013), donde el nogal cafetero (*C. alliodora*) es la especie con mayor éxito ecológico y es seguida por las especies guamo macheto (*I. spectabilis*), guamo santafereño (*I. ornata*), cedro rosado (*C. odorata*) y eucalipto (*E. grandis*). Por otra parte, resultados recientes en el Sur del Tolima a partir del índice de valor de sombra (IVS) (Mancera y Duque-Nivia, 2018), registran entre las especies con mayor éxito ecológico el cámbulo (*E. poeppigiana*), el nogal cafetero (*C. alliodora*), el carbonero (*A. carbonaria*) y el guamo macheto (*I. spectabilis*).

Ahora bien, el éxito ecológico de *C. alliodora* esta influenciado por los programas de promoción de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, que la promueven como un elemento para la siembra en sistemas agroforestales con café (Farfán-Valencia y Urrego, 2004; Farfán-Valencia, 2016). No obstante, con base a la información de oferta ambiental de la especie, su mejor adaptación se manifiesta con tres condiciones: 1) Suelos profundos, no vulnerables al déficit y estrés hídrico. 2) Temperatura de 26 a 32 °C. 3) Precipitación media anual de 2000-3000 mm (Hijmans, 2004). Estas condiciones climáticas y agronómicas son distintas a las de la zona central cafetera y el Occidente de Risaralda (Peña-Q., *et al.*, 2016) por lo que proponer un sistema agroforestal con café a partir de *C. alliodora* es un factor de riesgo para la productividad cafetera por acercar el cultivo de café al punto de marchitez sumado a la competencia por

macronutrientes (Bergmann *et al.*, 1994), por lo que su inclusión en arreglos agroforestales con café en la zona de estudio es conflictiva.

Tabla 3. Éxito ecológico de flora la arbórea en cafetales de Apía, Balboa, La Celia y Santuario con base al Índice de Valor de Importancia Ecologica.

Especie	DAP	Dom	Dom.Rel.	Den.	Den.Rel.	Fre.	Fre.Rel.	IVI
<i>Cordia alliodora</i>	3411,68	9141674,33	53,422	133	23,130	20	10,101	86,653
<i>Inga ornata</i>	2048,61	3296163,23	19,262	83	14,435	25	12,626	46,323
<i>Cedrela odorata</i>	1277,60	1281976,17	7,492	33	5,739	15	7,576	20,806
<i>Albizia carbonaria</i>	1318,09	1364519,11	7,974	28	4,870	11	5,556	18,399
<i>Inga spectabilis</i>	1147,67	1034477,71	6,045	50	8,696	6	3,030	17,771
<i>Persea americana</i>	321,78	81321,72	0,475	14	2,435	9	4,545	7,455
<i>Psidium guajava</i>	194,07	29581,66	0,173	19	3,304	7	3,535	7,013
<i>Eucalyptus grandis</i>	630,89	312606,09	1,827	16	2,783	4	2,020	6,630
<i>Mangifera indica</i>	237,11	44155,63	0,258	12	2,087	6	3,030	5,375
<i>Erythrina edulis</i>	232,37	42406,83	0,248	12	2,087	5	2,525	4,860

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados.

Los guamos santafereño (*I. ornata*) y macheto (*I. spectabilis*) como veremos más adelante hacen parte de las especies con mayor grado de aceptación y como géneros ocupan altos valores estructurales, confirmando que en su éxito ecológico pesa su apropiación cultural histórica con el cultivo de café como ha sido registrado en la caficultura del Cairo (Valle del Cauca), Támesis (Antioquia), Apía (Risaralda), Chaparral, Planadas y San Antonio (Tolima) (Sánchez-Clavijo, *et al.*, 2007; Sánchez-Clavijo, *et al.*, 2008; Sánchez-Clavijo, *et al.*, 2009; Mancera *et al.*, 2013; Mancera y Duque-Nivia, 2018).

El cedro rosado (*C. odorata*), es un elemento de alto valor para la caficultura del país por el precio de su madera, paisajismo y simbiosis con el cultivo (Sánchez-Clavijo, *et al.*, 2007; Sánchez-Clavijo, *et al.*, 2008; Sánchez-Clavijo, *et al.*, 2009; Mancera *et al.*, 2013; Mancera y Duque-Nivia, 2018).

Finalmente el carbonero, dormilón, pisquín o piñon (*A. carbonaria*) es una de las 8 especies con mayor éxito ecológico reportado en Apía, Risaralda (Mancera *et al.*, 2013) y la cuarta especie con mayor IVS en el Sur del Tolima (Mancera y Duque-Nivia, 2018), donde se resalta su patrón foliar recompuesto, rápido crecimiento, altura fustal superior a 6 metros, simbiosis y capacidad de regulación hídrica.

5.1.2. Distribución en clases de los parámetros (C), de las variables altura total del árbol y DAP.

La distribución en clases de los parámetros, indica que la mayor acumulación de individuos se manifiesta en parámetros de menor altura total (Figura 6) y menor DAP.

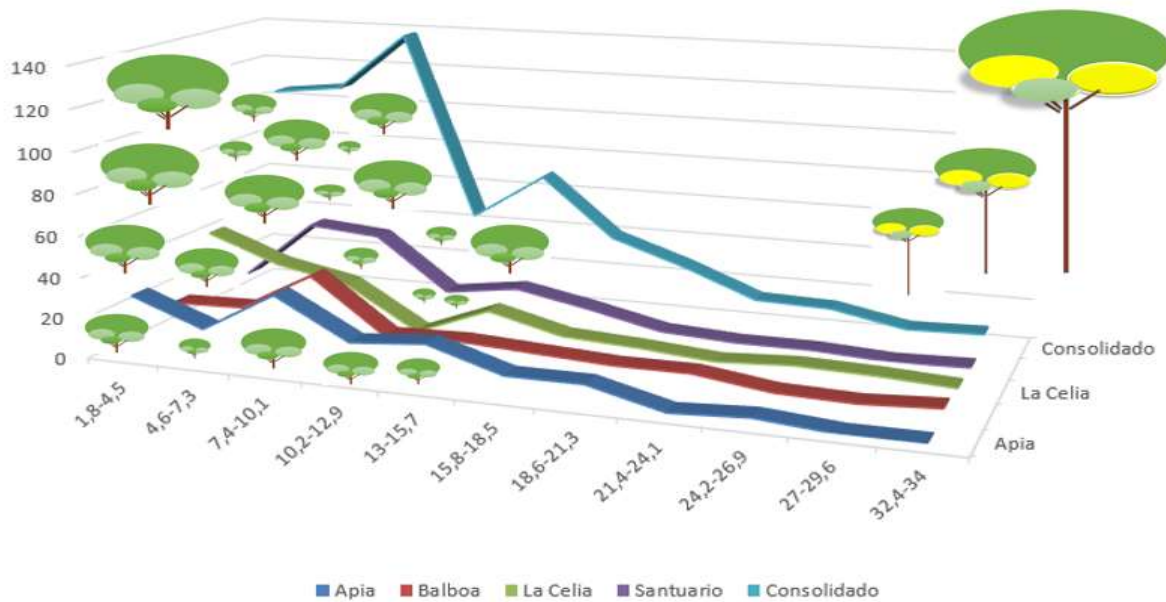


Figura 6. Distribución en clases de los parámetros (C) para la variable altura en la flora arbórea asociada a cultivos de café en Apía, Santuario, La Celia y Balboa.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados

Así mismo la baja frecuencia de aparición de individuos se presenta en el dosel arboreo con mayor DAP (Figura 7).

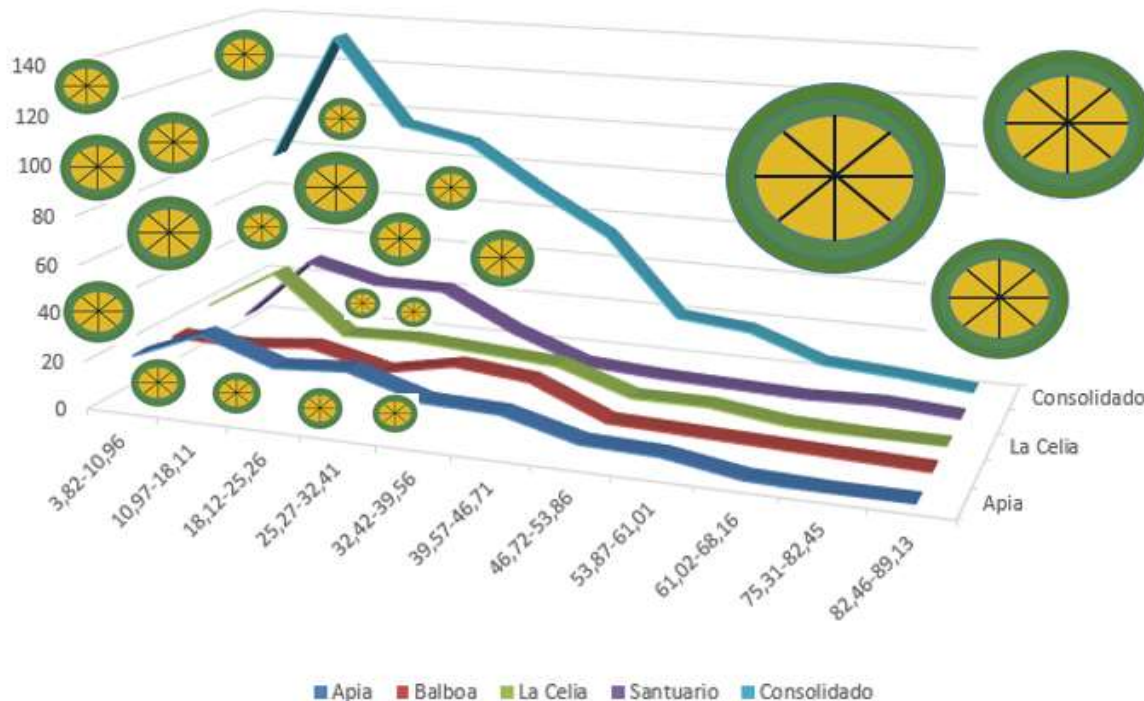


Figura 7. Distribución en clases de los parámetros (C) para la variable DAP en la flora arbórea asociada a cultivos de café en Apía, Santuario, La Celia y Balboa.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados

Los sistemas en policultivos cafeteros se caracterizaban por la diversidad y estratificación del dosel (González-Acevedo, 2015). Hoy los modelos institucionales plantean el cultivo de pocas especies forestales con gran número de individuos en arreglos poblacionales convencionales dominados por una sola conformación del dosel en máximo 3 estratos (Farfán-Valencia, 2016), lo cual conlleva a un modelo agroecológicamente vulnerable por carecer de controladores biológicos (Bellows & Fisher, 1999) y saturación del agrosistema.

Refente a lo anterior, la distribución en clases de los parámetros para las variables altura total y DAP, indican el comportamiento estable de pocos árboles adultos en los mayores parámetros del dosel y diámetro, así como mayor cantidad de individuos en los parámetros inferiores, éste modelo ha sido descrito previamente en Colombia, en el Parque Nacional Natural de los Nevados (Alvear *et al.* 2010), en la Cuenca del Río Chinchiná (Álvarez-M. *et al.*, 2005), en el Chocó Biogeográfico Galeano (2001) y Palacios *et al.*, (2003), en el Santuario de Flora y Fauna Guanentá Alto Río Fonce (Galindo-T. *et al.*, 2003) y en Apía, Risaralda (Mancera *et al.*, 2013).

En este sentido los resultados muestran que el modelo se repite en la estructura arbórea asociada a cultivos de café en Apía, Santuario, La Celia y Balboa y puede obedecer a dos respuestas:

- 1) Un dosel arbóreo definido por pocos individuos debido al manejo agronómico necesario para promover la interceptación de luz para la fotosíntesis y bioproductividad del cultivo de café (Farfán-Valencia *et al.* 2003).
- 2) El comportamiento se ajusta al modelo Abeliano de Pila de Arena (Back, *et al.*, 1988) por lo que el sistema agroforestal planteado por los agricultores se define por pocos individuos de gran tamaño lo que facilita el manejo agronómico del cultivo, la interceptación de luz y el uso de servicios ambientales. Además de garantizar la estabilidad del mismo de lo contrario, incrementar el número de individuos con mayor altura y DAP, colapsaría el agrosistema.

Finalmente, se puede plantear que en el sentido arquitectónico y agronómico con especies arbóreas asociadas al cultivo de café, la implementación de especies con mayor altura total y fustal de 3 veces la altura del árbol de café (Farfán-Valencia, 2014), mejoraría la interceptación lumínica, pudiéndose explicar la adopción de elementos como *A. carbonaria* y *C. odorata*, que son especies con un alto peso ecológico en la zona de estudio.

5.1.3. Similitud florística entre agroecosistemas y cluster de especies.

Las pruebas de similaridad indican agrupamientos dudosos entre localidades con distancia geográfica, así como similaridad inferior al 50% para los agrosistemas (Figura 8). En este sentido, la baja similaridad en conformación de localidades no continuas y fragmentadas se explica por agrosistemas dominados por pocos individuos con mayor peso ecológico, en este estudio se pudo determinar que en tan solo 4 de 61 especies, *C. alliodora* (28,88), *I ornata* (15,44), *C. odorata* (6.93) y *A. carbonaria* (6.13), se halla el 57% del peso ecológico de la flora de la región (Figura 8). Resultados similares han sido registrados en distintas localidades de Colombia (Alvarez-M. *et al.*, 2005; Sánchez-Clavijo, *et al.*, 2007; Sánchez-Clavijo, *et al.*, 2008; Sánchez-Clavijo, *et al.*, 2009; Mancera *et al.*, 2013; Mancera y Duque-Nivia, 2018).

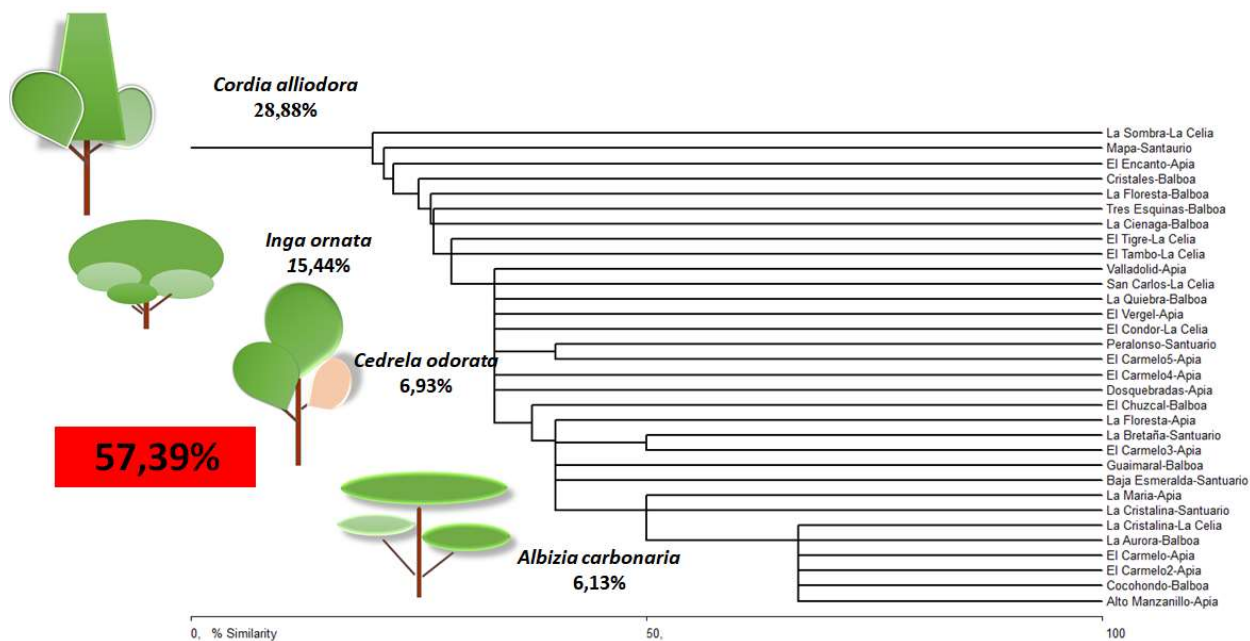


Figura 8. Índice de similitud de Jaccard y árboles con más peso ecológico en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados mediante *BioDiversity Professional* versión 2 (McAleece, 1997).

Es complejo encontrar una localidad de muestreo que esté integrada al cultivo de café y sea significativa en la representación de la flora nativa, pues la explotación agrícola supone la eliminación de la cobertura boscosa, no obstante en el Municipio de La Celia el caficultor James Enrique Vargas-Villegas, logró integrar un fragmento boscoso con elementos atípicos como el cedro de tierra fría (*Cedrela montana*), el helecho arbóreo (*Cyathea* sp.), guamo piedro (*Inga* cf. *oerstediana*), laureles (*Nectandra* cf. *membranacea* y *Ocotea discolor*), dulumocos (*Saurauia brachybotrys*), patudos (*Trophis caucana*) y tachuelos (*Zanthoxylum rhoifolium*) a un cultivo de café en buenas condiciones agronómicas (Figura 9). Tal caso, significaría la realidad de integrar el cultivo de café a las zonas de conservación aledañas al Parque Nacional Natural Tatamá.

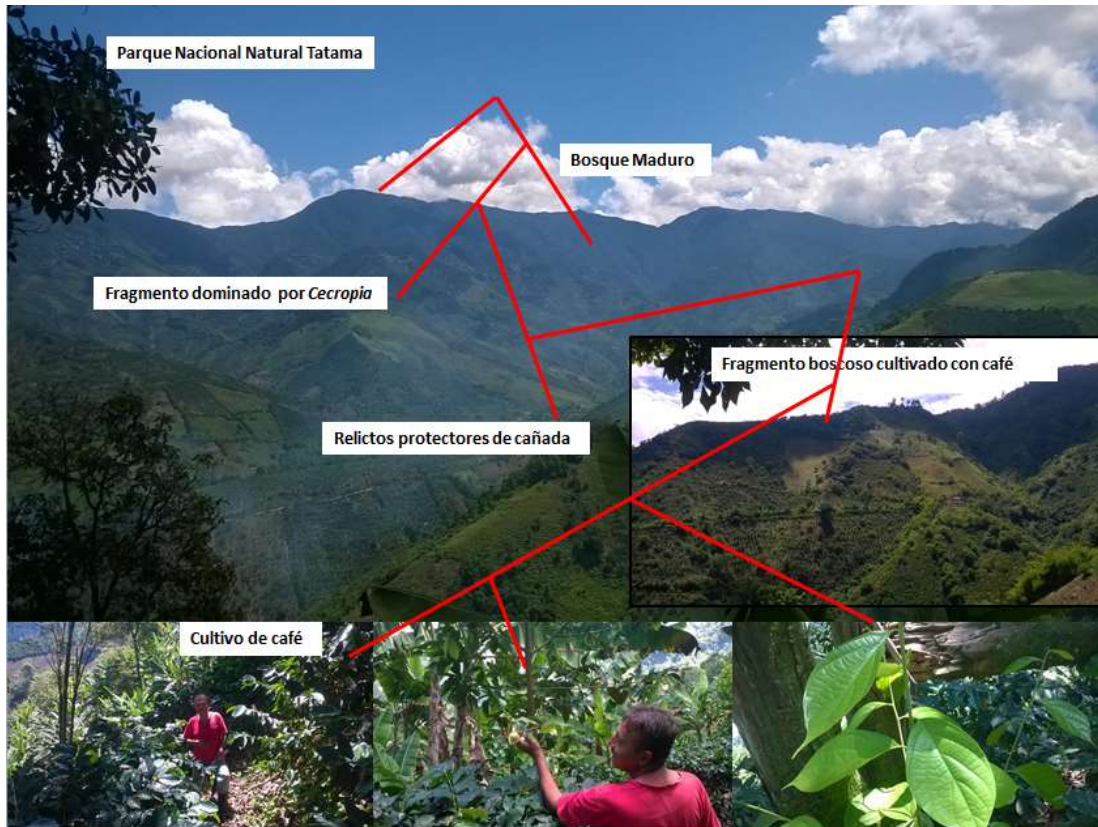


Figura 9. Flujo genético por similitud florística, en sotobosque cultivado con café. Municipio La Celia, Vereda La Sombra, zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Tatamá. Caficultor James Enrique Vargas Villegas. Adaptado de Solidaridad.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados

En la Figura 10 (Topología 1) se desarrolla el *cluster* con mayor similitud entre especies, la topología se halla compuesta por 1 elemento endémico del país (*Ormosia colombiana*), elementos nativos de distribución neotropical y *Spathodea* que es naturalizada (Bernal *et al.*, 2015). En este *cluster* todas las especies tienen bajo peso ecológico, por lo que su siembra en zonas de conservación puede facilitar el flujo genético entre ecosistemas, por ejemplo a partir del enriquecimiento florístico en cuencas y recuperación de áreas degradadas, mostrando que se puede incluir 4 elementos para arreglos agroforestales con café: *Calliandra*, *E. poeppigiana*, *S. spectabilis* y *Ormosia*.

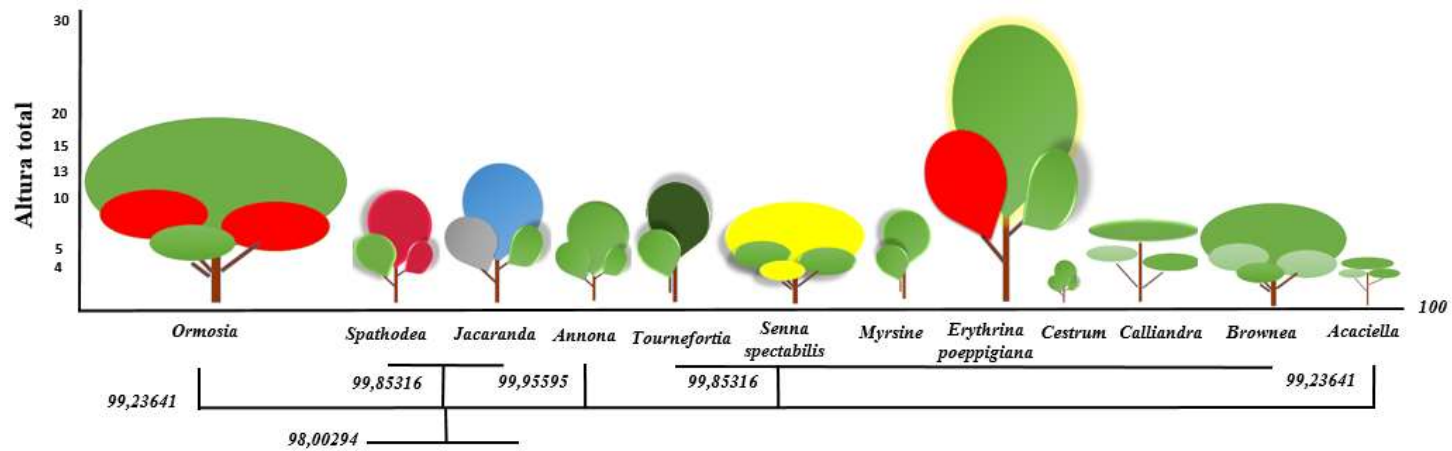


Figura 10. Altura total y Análisis de cluster por el vecino más cercano a partir de Biodiversity Pro, en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa en Risaralda, Topología 1.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados

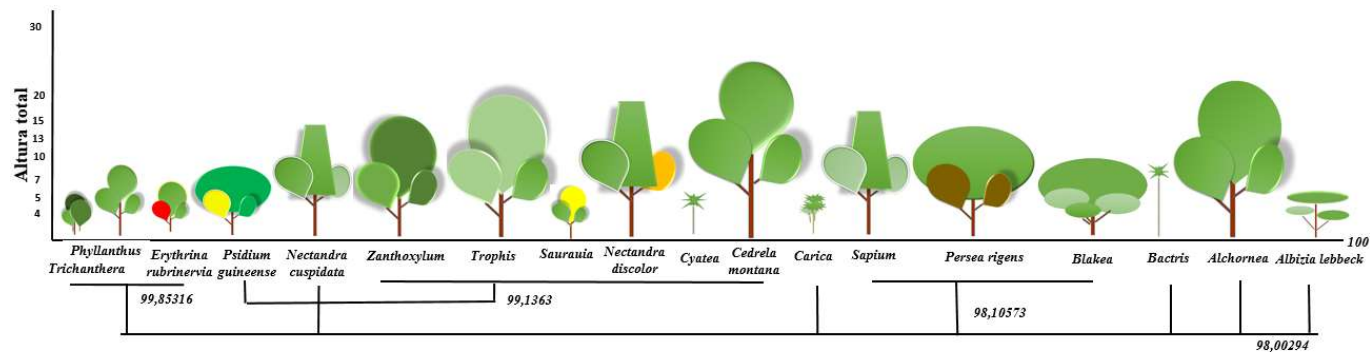


Figura 11. Altura total y Análisis de *cluster* por el vecino más cercano a partir de *Biodiversity Pro*, en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa en Risaralda, Topología 2.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados

En la Figura 11 (Topología 2) con excepción de *A. lebbeck* que es de origen asiático, se hallan elementos nativos de amplia distribución en bosques neotropicales y montanos como *Nectandra*, *Alchornea*, *Blakea*, *Persea rigens*, *Sapium*, *Cedrela*, *Cyatea*, *Saurauia*, *Trophis*, *Zanthoxylum* y *Phyllanthus* (Bernal *et al.*, 2015), todos con bajo peso ecológico y con gran capacidad para facilitar el flujo genético entre las localidades de estudio, finalmente *Bactris*, *Carica*, *Psidium* y *Trichanthera*, son elementos ampliamente cultivados (Anexo 1), éste es un cluster de conservación y carece de taxa para arreglos agroforestales con café.

En la Figura 12 (Topología 3) encontramos un elemento invasivo *Leucaena* (Instituto Humboldt, 2018), junto a un elemento ampliamente naturalizado en el trópico la naranja (*C. x aurantium*) (Bernal *et al.*, 2012), a partir del clado de la leucaena la similitud disminuye. Entre los elementos que componen La Topología, se destacan los paisajísticos: guayacan amarillo (*Handroanthus*) y fresno (*Tecoma*), los reguladores hídricos de cuencas: *Heliocarpus*, *Montanoa*, *Ochroma* y *Trema*, elementos para conservación del bosque montano: *Morella*, *Nectandra lineatifolia*, *Juglans* y *Ocotea* (Bernal *et al.*, 2015). Finalmente se registra *I. oerstediana* para arreglos agroforestales con café.

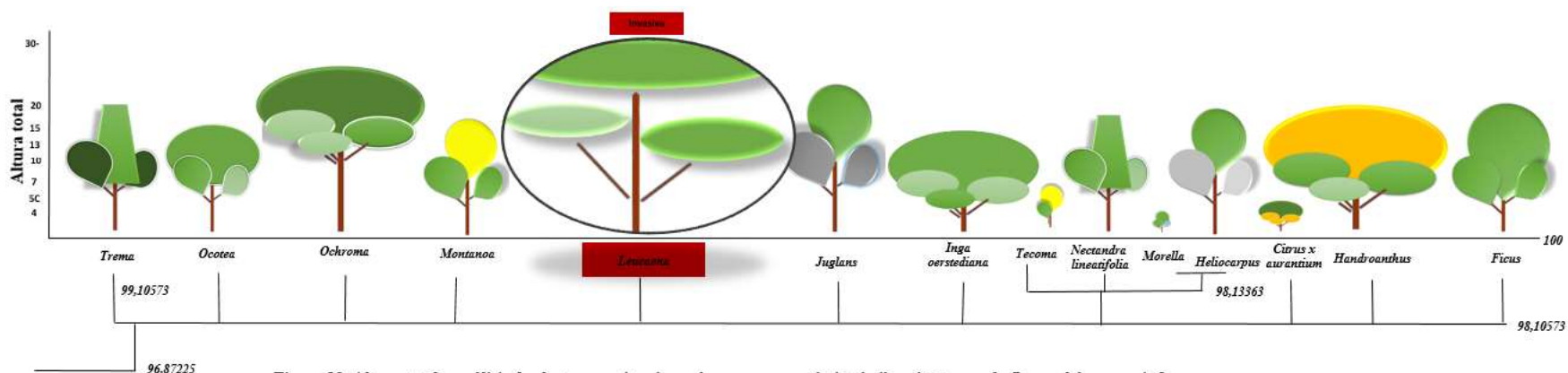


Figura 12. Altura total y análisis de cluster por el vecino más cercano a partir de Biodiversity Pro, en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa en Risaralda, Topología 3.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados

La Topología 4, se halla ilustrada en dos partes (Figuras 13 y 14), en la primer parte encontramos un segundo elemento invasor el eucalipto (Instituto Humboldt, 2018) a partir de este elemento la topología pierde similaridad y flujo genético, lo que se podría relacionar en campo con la consecuente pérdida de oferta ambiental agronómica para el cultivo del café, pues entre los agricultores esta especie se caracteriza por competir por agua, nutrientes, disminuir la biodiversidad y su alelopatía al no conformar suelos, distinto a los programas agroforestales que la proponen como todo un modelo de desarrollo para el doble propósito de lo silvícola y agrícola para la caficultura de la región (Farfán-Valencia y Urrego, 2004). Posteriormente aparecen, dos elementos emergentes del dosel: *Schizolobium* y *A. carbonaria*, con excepción del yarumo (*Cecropia*) todas las especies son cultivadas, incluyendo el naturalizado mango (*Manguifera*). En este clado se incluyen dos especies con amplia aceptación para el diseño de arreglos agroforestales con café y alto peso ecológico, el carbonero (*A. carbonaria*) y el guamo macheto (*I. spectabilis*).

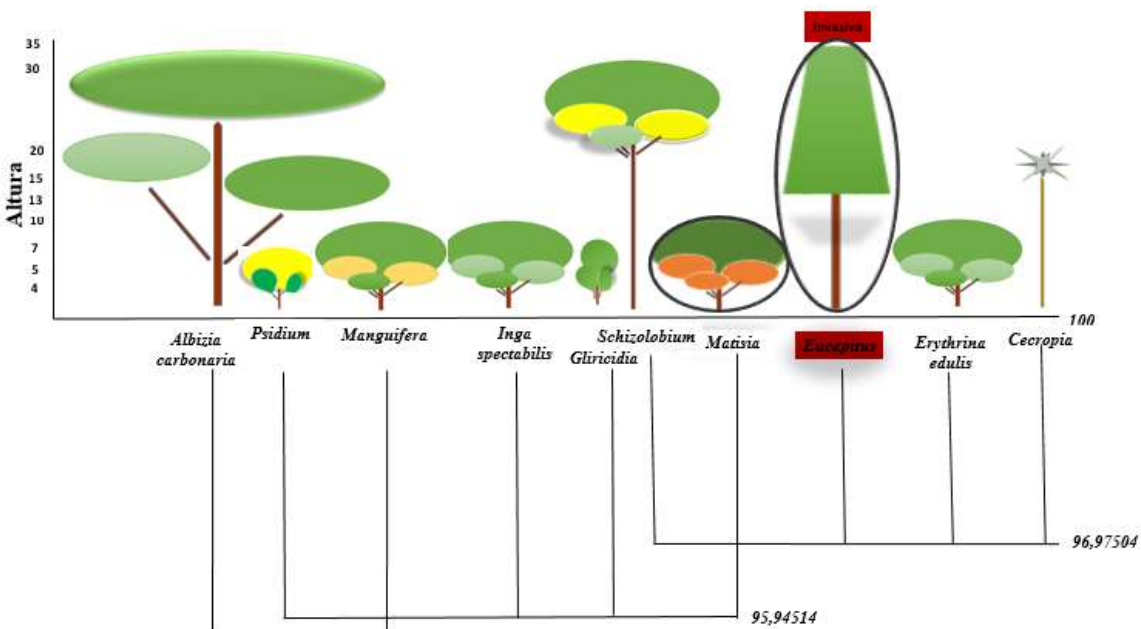


Figura 13. Altura total y análisis de *cluster* por el vecino más cercano a partir de *Biodiversity Pro*, en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa en Risaralda, Topología 4A.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados

En la Figura 14, se hallan los individuos con menor similitud en todo el *cluster* y los tres primeros con mayor peso ecológico que son: el nogal cafetero (*C. alliodora*), guamo santafereño (*I. ornata*) y el cedro rosado (*C. odorata*). De este conglomerado se proponen como especies fundamentales para el diseño de arreglos agroforestales con café el guamo santafereño (*I. ornata*) y el cedro rosado (*C. odorata*). Entre los aspectos que pueden afectar la similitud del clado se puede correlacionar la competencia por agua y nutrientes del nogal cafetero, por lo que no se propone como especie potencial para el diseño de arreglos agroforestales con café (Mancera y Duque-Nivia, 2018).

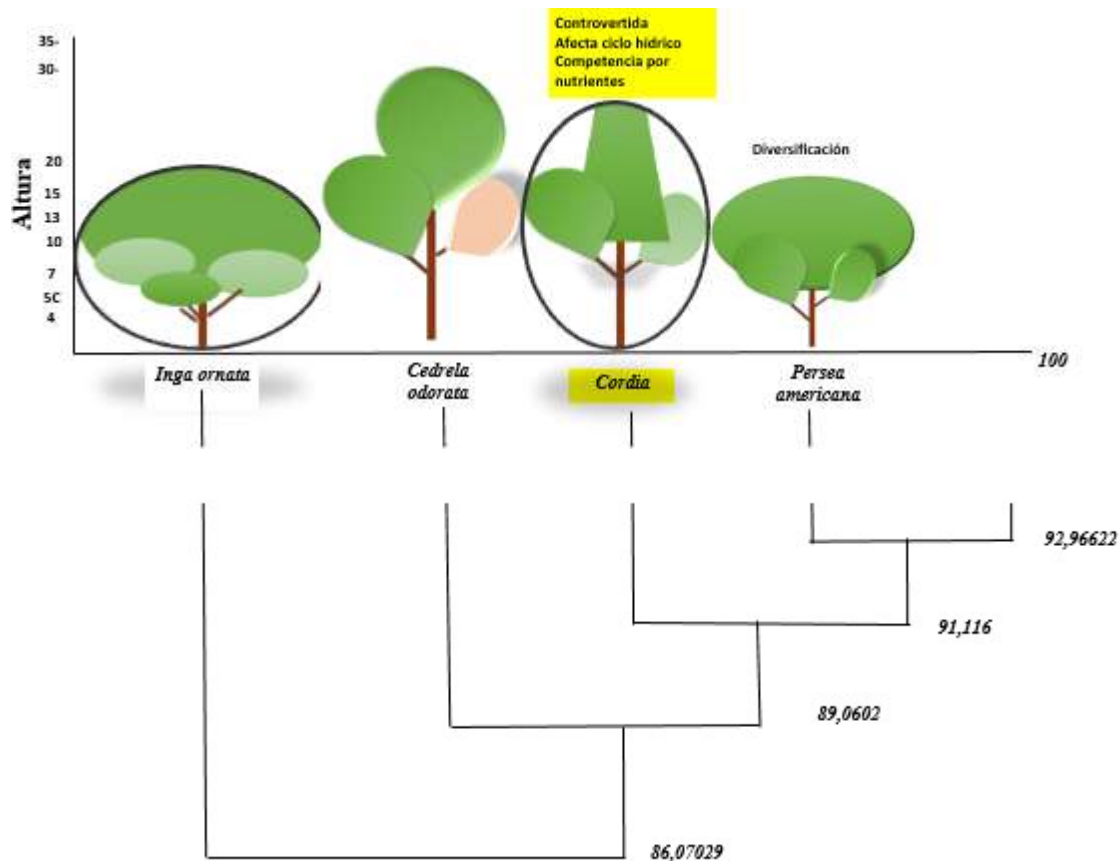


Figura 14. Altura total y análisis de *cluster* por el vecino más cercano a partir de *Biodiversity Pro*, en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa en Risaralda, Topología 4B.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados

5.2. Usos de la flora arbórea asociada con cafetales y los criterios para establecerla

La eliminación de los árboles en los modelos de producción cafetera en el pasado reciente supone hoy una deuda cultural histórica, pues dichos modelos se acercaban más a la resiliencia ambiental y económica (González-Acevedo, 2015; Mancera y Duque-Nivia, 2018).

Paradójicamente en la definición de los actuales sistemas agroforestales con café el conocimiento y apropiación cultural de las comunidades campesinas no se incluye, razón por la cual se desarrolló esta investigación basada en los niveles de uso y reconocimiento cultural de las comunidades cafeteras, en los municipios de Apía, Balboa, La Celia y Santuario, Risaralda.

5.2.1. Importancia cultural de especies arbóreas en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa a través de los índices de valor de uso y valor de importancia cultural relativa (IIRE).

La familia de plantas con más reconocimiento de uso en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa fue Fabaceae con 16 especies, seguida de Bignoniaceae con 4 especies y Malvaceae con 3 especies (Anexo 4).

Con 46 informantes se registraron 42 especies arbóreas para ser incorporadas en sistemas agroforestales con café, de las cuales 6 mostraron valores superiores del IIRE al 20% como se visualiza en la Tabla 4, estos resultados indican mayor predilección de árboles por la relación con el cultivo de café y sus servicios ambientales, lo cual se reitera con los índices ecológicos planteados en Apía-Risaralda (Mancera *et al.*, 2013), donde *I. ornata*, *C. odorata*, *C. alliodora*, *A. carbonaria* e *I. spectabilis* aparecen entre las especies con mayor éxito ecológico y resalta la relación positiva entre los aspectos estructurales y los valores de uso.

Tabla 4. Reconocimiento de uso de la flora arbórea asociada con cafetales en Apia, Balboa, Celia y Santuario a través del índice de valor de uso y valor de importancia cultural relativa (IIRE).

Nombre Común	Familia	Especie	Reportes	IVU	IIRE
Guamo Santaferense	Fabaceae	<i>Inga ornata</i>	31	0,67	67
Cedro Rosado	Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	20	0,43	43
Nogal Cafetero	Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	18	0,39	39
Carbonero	Fabaceae	<i>Albizia carbonaria</i>	13	0,28	28
Guamo Macheto	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i>	12	0,26	26
Guayacan Amarillo	Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysanthus</i>	9	0,20	20
Guayaba	Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	6	0,13	13
Aguacate	Lauraceae	<i>Persea americana</i>	5	0,11	11
Cacao	Malvaceae	<i>Theobroma cacao</i>	4	0,09	9

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados

Aspectos relevantes en el IVU e IIRE:

- En el sentido tradicional el guamo macheto es una expresión de los policultivos cafeteros (Forero y Romero, 2009). No obstante su frecuencia en campo es superada por el guamo santaferense. Entre otros factores que lo hacen menos adoptado versus el guamo santaferense, se destacan la conformación del fuste bajo en su arquitectura aparasolada, las tasas de descomposición del follaje lento y mayor mirmecofagia.
- El cedro rosado, es un elemento florístico de gran valor cultural por su nivel de simbiosis, aporte de follaje y conformación de suelo y madera preciada.
- En la valoración de IVU e IIRE, el nogal cafetero ocupa el tercer puesto, lo que se puede relacionar con los esfuerzos de promoción como especie forestal para ser implementada en los paisajes cafeteros de la zona central colombiana (Farfán-Valencia y Urrego, 2004; Farfán-Valencia, 2016).
- El guayacan amarillo además de ser una excelente fuente de madera es la especie paisajística por predilección en el Occidente de Risaralda.

- La guayaba posee dos niveles de éxito: el primero la adopción como fruto de gran valor cultural y potencial económico. Y el segundo su grado de dispersión por la avifauna y mamíferos, lo que lo convierten en un elemento estratégico de conservación.
- El aguacate es un elemento de gran peso en diversificación para la caficultura del Occidente de Risaralda.
- El cacao, ocupa el noveno puesto (IVU 0,09 – IIRE 9) y puede indicar una posible sustitución de cafetales a futuro como mecanismo de adaptación de las comunidades campesinas al desplazamiento altitudinal de la franja cafetera (Jaramillo, 2011; Ramírez-C. *et al.*, 2015).
- La familia Bignoniaceae con los géneros *Jacaranda*, *Spathodea* y *Handroanthus*. Agrupa el uso ornamental que a su vez se relaciona con los usos medicinal y cultural, similar a lo propuesto por Gentry (1992).

5.2.2. Análisis de correspondencias a partir de usos y géneros taxonómicos en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa.

Las variables con mayor valor de inercia son: alimento (23%), combustible (20%) y tóxico (18,23%). A pesar de ser invasiva, *Ricinus* (Instituto Humboldt, 2018), con un 12% es el género con más inercia, seguido por *Trichantera* (11%) y *Juglans* y *Ocotea* con un 10%. El caso del higuerillo (*Ricinus comunis*) se puede relacionar con su nivel de aplicación como sombrío transitorio en almácigos y cultivos de café ya establecidos. Por lo cual pese a su registro como especie que puede colocar en riesgo la diversidad del país, culturalmente es de gran aplicación en la caficultura de la región, *Trichantera* es un elemento florístico de altísimo valor ecosistémico en la restauración de cuencas, suelos degradados y banco de proteína (Mancera y Duque-Nivia, 2018). Como colorante, construcción, artesanal y maderable *Juglans*, es un taxón de altísimo reconocimiento cultural, *Ocotea* puede ser relacionado con el grado de apropiación cultural de los cominos y laureles, por lo que se acerca más a un elemento con peso en construcción y maderable.

El mapa perceptual (Figura 15) del análisis de correspondencia a partir del uso y género de especies asociadas a cafetales, indican la relación entre las variables colorante, maderable, construcción y artesanal con los géneros: *Montanoa*, *Juglans*, *Cordia*, *Zanthoxylum* y *Schizolobium*, ornamental con los géneros: *Handroanthus*, *Jacaranda* y *Spathodea*, medicinal, cultural y alimento con los géneros: *Mangifera*, *Psidium* y *Persea*.

Las variables que mejor agrupan los géneros para implementar arreglos agroforestales con café, son:

- Simbiótico, hídrico y suelos: agrupa los géneros *Inga*, *Calliandra* y *Senna*.
- Interceptación y combustible: agrupa los géneros *Albizia*, *Cedrela*, *Senna*, *Ormosia* y *Erythrina*.

A partir de análisis de correspondencias fuera de agrosistemas cafeteros el grado de apropiación de las plantas medicinales es de gran valor en distintas culturas, así en el Chaco-Argentina Scarpa y Rosso (2018) registran el uso medicinal como el de mayor relevancia, al igual que Duque *et al.*, (2018) en Colombia planteando que en el conocimiento ecológico tradicional del uso de plantas medicinales es el de mayor apropiación en el mundo.

Finalmente, los usos combustible y alimento, se incluyen entre los de mayor relevancia en el Noroccidente de la Amazonia Colombiana (Sánchez, *et al.*, 2005).

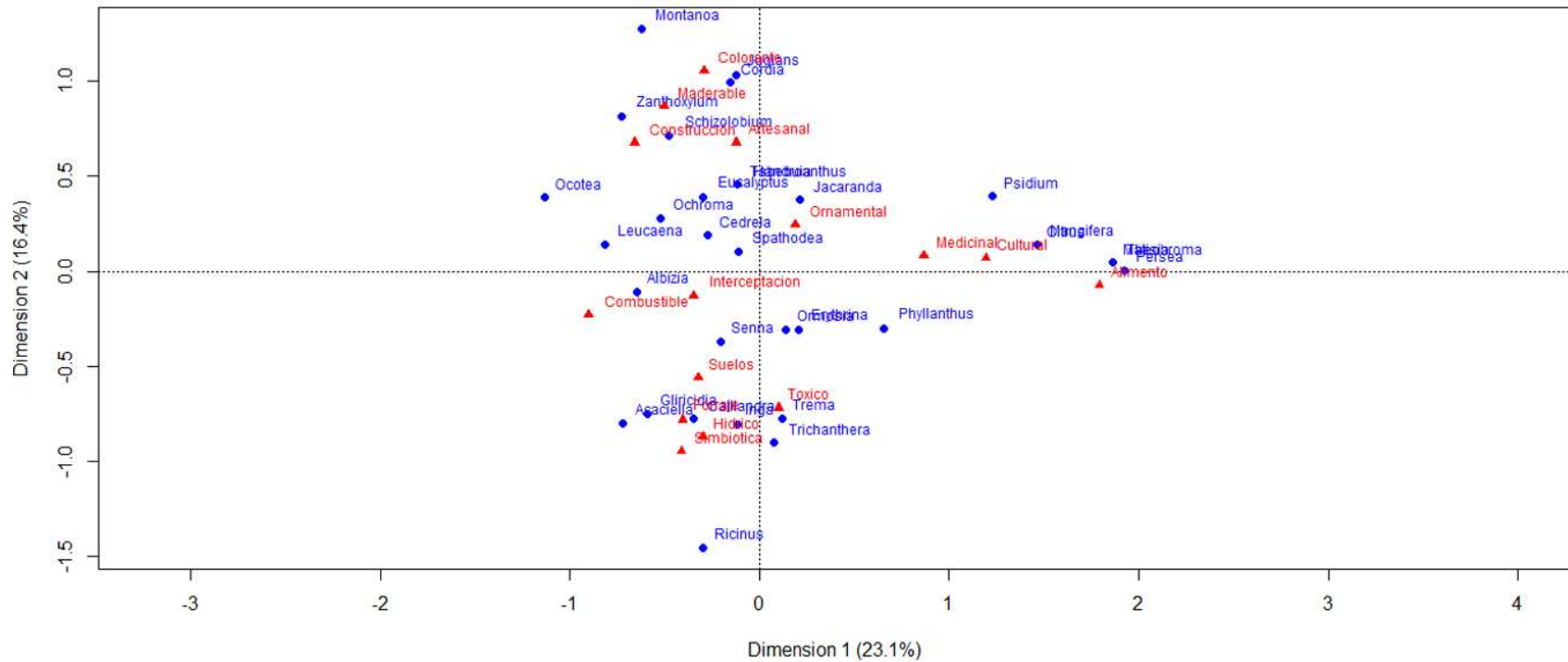


Figura 15. Análisis de correspondencias a partir de usos y géneros de la flora arbórea asociada a cafetales en Apia, Santuario, La Celia y Balboa, mediante R.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados mediante R versión 3.3.0 (Venables et al., 2016).

5.2.3. Análisis de redes etnoecológicas en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa

En la red neuronal 1 correspondiente al peso nodo con especies de árboles de mayor IIRE (Figura 16), *Cordia* posee mayor peso promedio seguido de *Inga*, *Cedrela*, *Handroanthus*, *Albizia* y *Senna*. *Cordia* e *Inga* también presentan los mayores valores de intermediación y cercanía (Tabla 5).

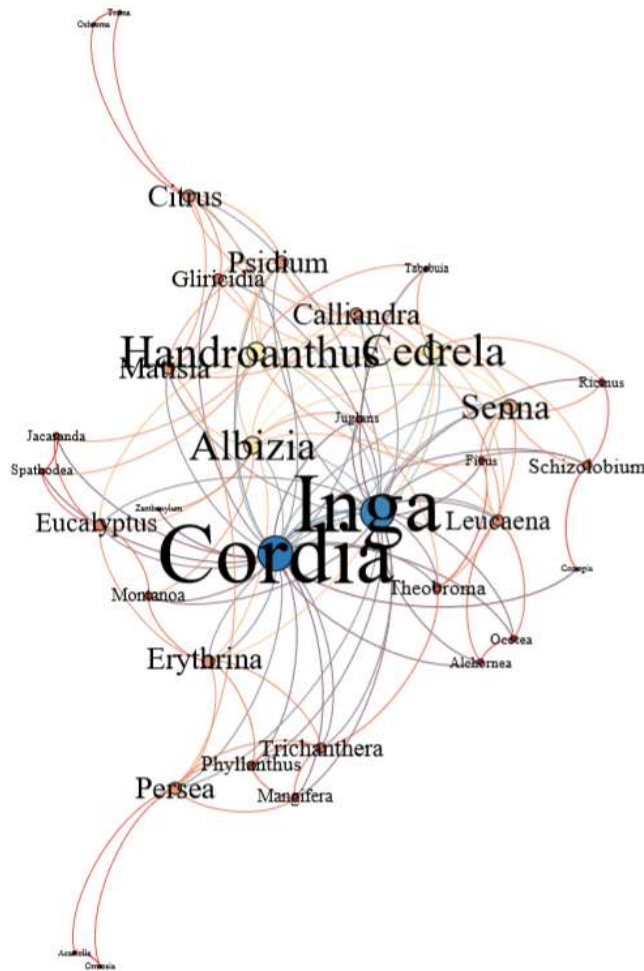


Figura 16. Modelo de red neuronal no dirigida de los árboles con mayor frecuencia de uso en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa. Nodos: 35, aristas: 130, triangulaciones: 636. Peso nodo= IIRE.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados mediante Gephi 0.9.2 (Bastian *et al.*, 2009).

Tabla 5. Árboles con mayor peso promedio nodo, intermediación, cercanía y excentricidad en modelo de red neuronal no dirigida según el IIRE en cafetales de Apía.

Id	Nodo	Peso promedio	Intermediación	Cercanía	Excentricidad
8	<i>Cordia</i>	27	0,327481	0,829268293	2
14	<i>Inga</i>	26	0,263721	0,80952381	2
6	<i>Cedrela</i>	14	0,03153	0,586206897	3
13	<i>Handroanthus</i>	14	0,055157	0,607142857	3
2	<i>Albizia</i>	13	0,026123	0,576271186	3
29	<i>Senna</i>	11	0,017358	0,557377049	3
4	<i>Calliandra</i>	9	0,006791	0,557377049	3
7	<i>Citrus</i>	9	0,114634	0,557377049	3
9	<i>Erythrina</i>	9	0,01224	0,557377049	3
19	<i>Matisia</i>	9	0,016047	0,576271186	2
24	<i>Persea</i>	9	0,116667	0,557377049	3
26	<i>Psidium</i>	9	0,003378	0,557377049	3
10	<i>Eucalyptus</i>	8	0,008276	0,53125	3
17	<i>Leucaena</i>	8	0,004753	0,53125	3
12	<i>Gliricidia</i>	7	0,001146	0,53968254	3
34	<i>Trichanthera</i>	7	0,003922	0,53968254	3
25	<i>Phyllanthus</i>	6	0,000357	0,53125	3
28	<i>Schizolobium</i>	6	0,006909	0,515151515	3
32	<i>Theobroma</i>	6	0,003119	0,515151515	3

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados mediante *Gephi 0.9.2* (Bastian *et al.*, 2009).

En la red neuronal 2 correspondiente al peso nodo con mayor frecuencia estructural basada en el IVI (Figura 17) se encontró como nodos de mayor peso a *Inga*, *Cordia*, *Albizia* y *Cedrela*. *Inga* manifiesta el doble de intermediación que *Cordia* y posee más cercanía en la red (Tabla 6).

Vale resaltar que como nodo *Cordia* posee peso en dos sentidos en cuanto a su intermediación; Primero: por su grado de promoción es el primer elemento de referencia cultural para los caficultores que la relacionan por autonomasia como la especie emblema a asociarse con el cultivo del café, pues para la región es conocido como nogal cafetero. Segundo: es una especie castigada culturalmente por su mal comportamiento agronómico así como simbiótico con el cultivo del café, como ha sido sustentado previamente, por lo que para trabajos posteriores se propone el desarrollo de un índice de castigo en la frecuencia de uso, donde las afirmaciones negativas sean restadas a las percepciones positivas en la frecuencia. Por otra parte, los

resultados de peso nodo, cercanía, intermediación y excentricidad de los guamos (*I. ornata*, *I. cf. oerstediana*, *I. spectabilis*), cedro rosado (*C. odorata*), carbonero, piñón o pisquín (*A. carbonaria*), indican el grado de apropiación cultural por los servicios ambientales en el agrosistema cafetero, como ha sido propuesto en Uganda por Sanginga *et al.*, (2007), estos resultados implican modelos de adaptación a la pérdida de biodiversidad, apropiación cultural y adaptación a la oferta ambiental (Klein *et al.*, 2002).

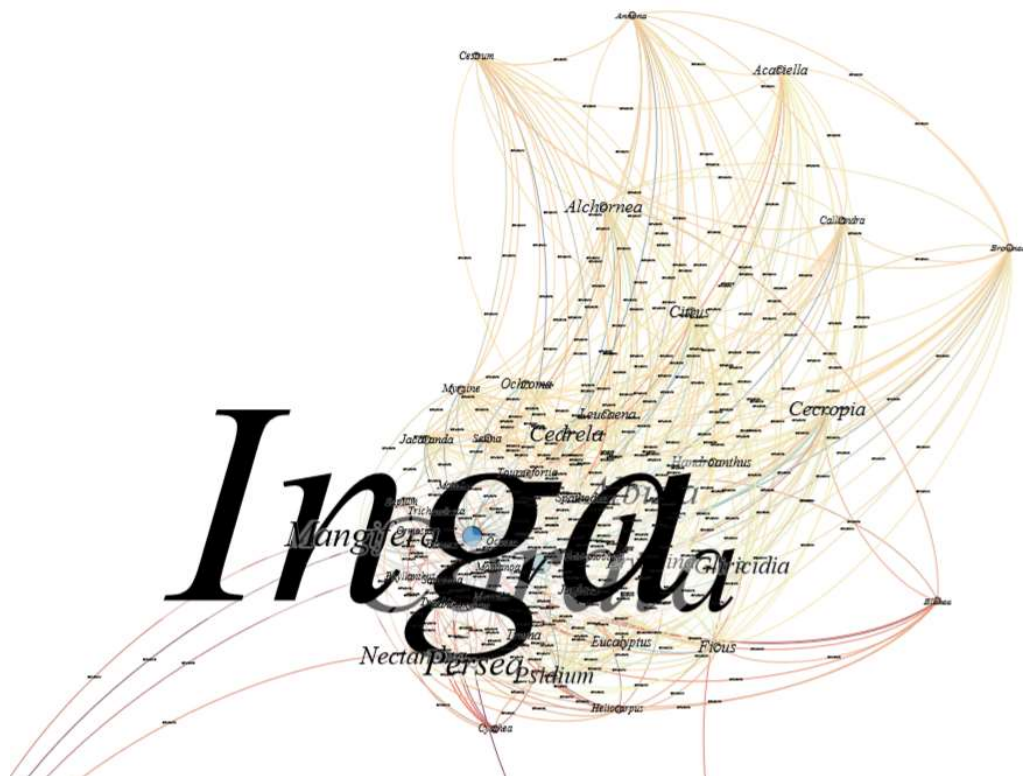


Figura 17. Modelo de red neuronal no dirigida de la estructura de los árboles con mayor frecuencia en los cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa. Nodos: 48, aristas: 465, triangulaciones: 8811. Peso nodo= frecuencia estructural.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados mediante *Gephi 0.9.2* (Bastian *et al.*, 2009).

Tabla 6. Árboles con mayor peso promedio nodo, intermediación, cercanía y excentricidad en modelo de red neuronal no dirigida según la frecuencia estructural en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa.

Id	Nodo	Peso promedio	Intermediación	Cercanía	Excentricidad
16	<i>Inga</i>	2162	0,199785	0,979167	2
11	<i>Cordia</i>	2159	0,08538	0,854545	2
2	<i>Albizia</i>	578	0,037922	0,770492	2
8	<i>Cedrela</i>	473	0,014776	0,712121	2
19	<i>Mangifera</i>	313	0,043829	0,810345	2
24	<i>Psidium</i>	296	0,022856	0,746032	2
23	<i>Persea</i>	292	0,043299	0,712121	2
12	<i>Erythrina</i>	266	0,02053	0,734375	2
21	<i>Ochroma</i>	266	0,002761	0,701493	2
18	<i>Leucaena</i>	257	0,005071	0,681159	2
26	<i>Spathodea</i>	254	0,000924	0,671429	2
17	<i>Jacaranda</i>	253	0,001054	0,681159	2
33	<i>Nectandra</i>	248	0,025238	0,671429	2
27	<i>Tournefortia</i>	248	0,000084	0,661972	2
25	<i>Senna</i>	247	0,000084	0,661972	2
20	<i>Myrsine</i>	246	0,000214	0,671429	2
31	<i>Juglans</i>	245	0,002481	0,618421	2
37	<i>Trema</i>	231	0,003733	0,626667	2
14	<i>Gliricidia</i>	218	0,02461	0,758065	2

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados mediante Gephi 0.9.2 (Bastian et al., 2009).

Al igual que en el modelo de correspondencias en la red neuronal 3, donde peso nodo corresponde a los usos de mayor frecuencia en las encuestas etnobotánicas (Figura 18) se ha podido identificar distintos modelos agroforestales funcionales con café que posibilitan múltiples apropiaciones del entorno (Tabla 7), definidos de la siguiente forma:

- Nodos simbiótico, Hídrico, Suelos, Interceptación: dominado por *Albizia*, *Calliandra*, *Erythrina*, *Inga*, *Ormosia* y *Senna*.
- Nodo Maderable: dominado por *C. odorata*.
- Nodo cultural: dominado por *C. alliodora*.
- Nodo ornamental: dominado por *H. chrysanthus*.

- Nodo de recambio agrícola por presión climática: dominado por *P. americana* y *T. cacao*.



Figura 18. Modelo de red neuronal no dirigida con base al reconocimiento cultural de los árboles en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa. Nodos: 15, aristas: 88, peso nodo= reporte de uso.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados mediante *Gephi 0.9.2* (Bastian *et al.*, 2009).

Tabla 7. Usos de mayor peso promedio nodo en función de la intermediación, cercanía y excentricidad en modelo de red neuronal no dirigida en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa.

Id	Nodo	Peso promedio	Intermediación	Cercanía	Excentricidad
14	Suelos	0.0	0	0,072600141	1
13	Simbiotica	1.0	2	0,050957375	1
15	Tóxico	0.0	1	0,050692186	1
12	Ornamental	2.0	3	0,034973479	1
11	Medicinal	1.0	4	0,029783311	0
10	Maderable	1.0	5	0,024573309	0
9	Intercepción	1.0	6	0,022432876	1
8	Hídrico	1.0	7	0,020004812	1
7	Forraje	2.0	8	0,015796201	0
5	Construcción	2.0	10	0,014202699	0
6	Cultural	2.0	9	0,014190861	0
2	Artesanal	1.0	13	0,011999577	1
4	Combustible	2.0	11	0,011999577	0
3	Colorante	2.0	12	0,011813967	1
50	Tóxico	0.0	49	0,010963922	36
49	Suelos	0.0	48	0,010963922	35
48	Simbiotica	0.0	47	0,010963922	34
47	Ornamental	0.0	46	0,010963922	33

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados mediante Gephi 0.9.2 (Bastian *et al.*, 2009).

Estos modelos pueden estar afectados por patrones de migración y adaptación agroecológica. Por ejemplo La Antioqueña del Suroeste y Norte del Valle del Cauca, se diferencia por elementos dominantes como:

- *Cedrela odorata*
- *Inga Ornata*
- *Calliandra pittieri*
- *Albizia carbonaria*
- *Senna spectabilis*

La Antioqueña de la Concesión Aranzazu dominada por *Inga spectabilis*

Y los patrones de migración Caucano, Santandereano y Tolimense que están dominados por:

- *Erythrina poeppigiana*
- *Erythrina fusca*

Estos son modelos culturales que exhiben dinamismo y complejidad en función de la adaptación:

1) A suelos con bajos niveles de meteorización con presencias de corrientes de chorro como la Antioqueña del Suroeste y Norte del Valle del Cauca. 2) A suelos series Chinchina como la Antioqueña de la Concesión Aranzazu y 3) El modelo de adaptabilidad a la Cuenca del Magdalena y Región del Patía en los Santanderes, Gran Tolima y Cauca, con influencia cercana de bosques secos tropicales. Estos modelos se podrían catalogar como bosques antropogénicos o invisibles (Hecht *et al.*, 2002; Hecht, 2014) con una dinámica funcional en las comunidades que los han modelado a distintos patrones de migración, su no aceptación puede llevar al abandono de la ruralidad (Hecht & Saatchi, 2007) con sus nefastas consecuencias en cuanto a la pérdida de resiliencia cultural y climática.

Así, los modelos agroforestales expuestos aquí son de persistencia y adaptación tecnológica a las condiciones de topografía, suelos, plagas, enfermedades emergentes y variabilidad climática (Jaramillo, 2011). En este sentido, en cuanto a la inclusión de las experiencias de los agricultores en el manejo de los agrosistemas Palacio-C. (2006) definiendo la Ecología Política, ha propuesto que además de la “*gran narrativa*” se debe reconocer las “*formas locales de saber*” en contraste con la producción del saber científico, así como mediático. En este sentido el grado de apropiación cultural de las comunidades cafeteras por su entorno a través de las formas locales de saber no se han involucrado y por medio del avance técnico clásico como herramienta mediática, los caficultores han sido víctimas de la implementación de modelos productivos sin medir las consecuencias climáticas de mediano plazo, esto por desconocer todo su acervo cultural.

En la red neuronal 4, con base a comunidades en función del número de especies de árboles utilizadas, el modelo indica que el nodo El Carmelo-Apía presenta mayor peso, seguido por El Tigre-La Celia, El Encanto-Apía y el Chuzcal-Balboa (Figura 19). Así mismo, Apía posee 4

localidades con mayor peso entre las diez primeras, mientras los restantes municipios presentan 2 localidades (Tabla 8). El peso del nodo en Apía puede estar influenciado por el grado de apropiación cultural de las especies como medida de adaptación a la pérdida de biodiversidad, similar a lo propuesto por Useche-Rodríguez (2006) donde el nodo puede ser estratégico para la restauración ecológica del entorno. Aquí se destaca, el papel potencial de los modelos agroforestales con café en la conservación de la diversidad florística (Valencia *et al.*, 2014; Valencia *et al.*, 2016).

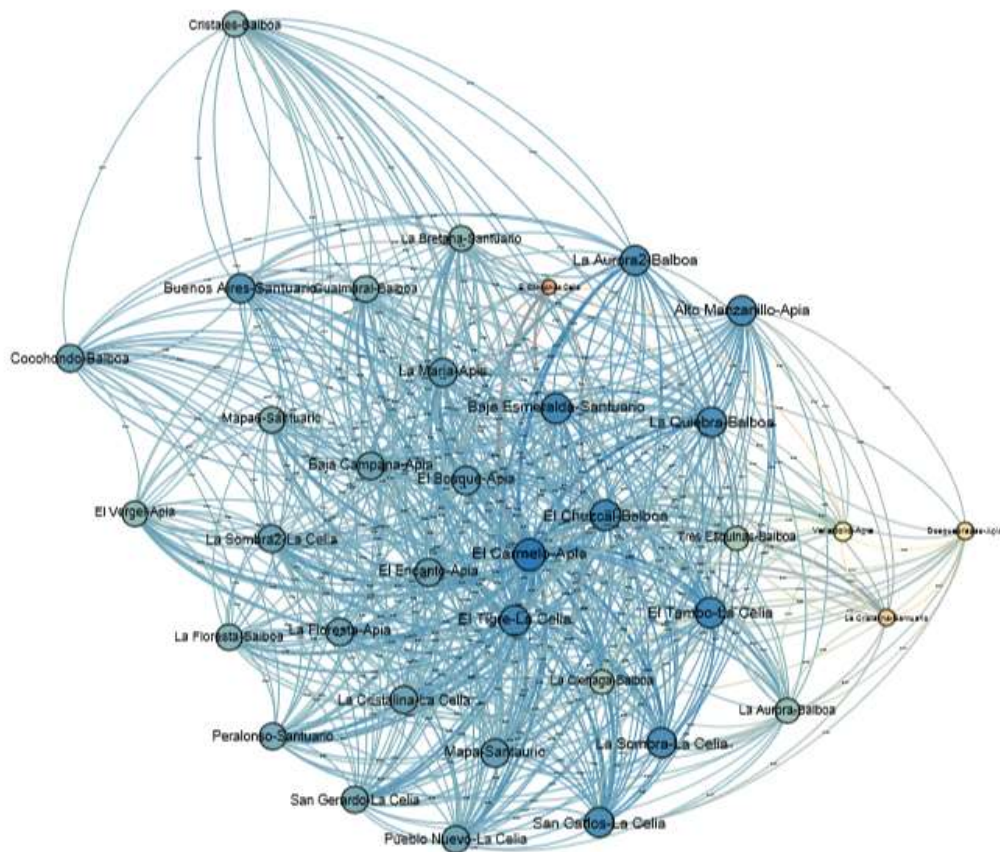


Figura 19. Modelo de red neuronal entre localidades con valoración de árboles asociado a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa. A partir de: Nodos: 36, aristas: 532, triangulaciones: 14139. Peso nodo: especies usadas.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados mediante *Gephi 0.9.2* (Bastian *et al.*, 2009).

Tabla 8. Localidades con mayor peso nodo según la valoración de árboles en función de la intermediación, cercanía y excentricidad en modelo de red neuronal no dirigida en cafetales de Apía, Santuario, La Celia y Balboa.

Id	Nodo	Peso promedio	Intermediación	Cercanía	Excentricidad
9	El Carmelo-Apia	377	0,013154	1	1
14	El Tigre-La Celia	258	0,013154	1	1
12	El Encanto-Apia	215	0,003626	0,897436	2
10	El Chuzcal-Balboa	197	0,013154	1	1
2	Baja Campana-Apia	183	0,004373	0,897436	2
8	El Bosque-Apia	176	0,006714	0,921053	2
3	Baja Esmeralda-Santuari	174	0,013154	1	1
20	La Ciénaga-Balboa	144	0,004872	0,795455	2
30	Mapa-Santaurio	140	0,005147	0,921053	2
28	La Sombra-La Celia	134	0,009294	0,972222	2
33	San Carlos-La Celia	131	0,009294	0,972222	2
23	La Floresta-Apia	131	0,001846	0,897436	2
21	La Cristalina-La Celia	131	0,001846	0,897436	2
13	El Tambo-La Celia	127	0,009294	0,972222	2
25	La Maria-Apia	122	0,005147	0,921053	2
32	Pueblo Nuevo-La Celia	121	0,001846	0,897436	2
34	San Gerardo-La Celia	119	0,001121	0,875	2
27	La Sombra2-La Celia	119	0,004463	0,897436	2
35	Tres Esquinas-Balboa	118	0,006199	0,795455	2

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados mediante *Gephi 0.9.2* (Bastian *et al.*, 2009).

Los anteriores resultados se relacionan con las pruebas de similaridad de *Jaccard* que indican, que a pesar del bajo flujo genético en general se manifiestan localidades con cercanías conflictivas, pero que contienen una biodiversidad florística local con gran potencial para la promoción e incorporación de programas agroforestales y construcción de corredores agroecológicos, lo cual se podría desarrollar a partir de viveros participativos comunitarios de tipo transitorio o permanente (Mancera y Duque-Nivia, 2018) para el cultivo de árboles, bambúes, musaseas y arbustos nativos con los siguientes propósitos:

- Enriquecimiento de sistemas agroforestales.
- Protección de cuencas.
- Restauración de suelos.
- Cercos vivos.

- Arreglos silvopastoriles y
- Embellecimiento paisajístico.

5.3. Factores climáticos y de la oferta ambiental que afectan los arreglos agroforestales con cafetales en el Occidente de Risaralda

Los arreglos agroforestales con café, son medidas de resiliencia que mitigan las consecuencias inesperadas de la variabilidad climática en los agrosistemas cafeteros (Jaramillo-Robledo y Arcila-Pulgarín, 2009; Jaramillo, 2011; Peña-Q., *et al.*, 2012; Mancera *et al.*, 2013; Mancera y Duque-Nivia, 2018). En este trabajo se presentan resultados producto de la construcción participativa con comunidades cafeteras de Apía, La Celia, Balboa y Santuario, en el Occidente de Risaralda, donde a pesar de considerar los niveles de sombra innesarios para el desarrollo de la producción cafetera se han manifestado eventos climáticos extremos que ponen en riesgo el sistema productivo en esta región, esto por modificación del patrón espacial del cultivo del café en Colombia (Jaramillo, 2011; Ramírez-C. *et al.*, 2015).

5.3.1. Identificación de condiciones y de oferta ambiental que propician el desarrollo de arreglos agroforestales con café.

La caficultura en Colombia se ha desarrollado entre los 1.000 y 2.000 m (Gómez-G. *et al.*, 1991). Bajo estas condiciones Gómez-G. *et al.*, (1991) registraron diferencias causadas por el relieve y se desarrolló el cálculo de disminución de la temperatura por cada 100 metros de elevación. Los mismos autores propusieron un tercio medio a los 1.250 m y un tercio alto a los 1.650 m donde el desarrollo de suelos y la cantidad de agua ofrecían la oferta ambiental necesaria para el establecimiento del cultivo de café. Con un incremento de la temperatura de 1-2 °C en escenarios actuales de variabilidad climática por cada 1°C de aumento en la temperatura se debería ajustar el cultivo de café en 167 m de distribución altitudinal, para mantener la productividad y calidad del cultivo (Jaramillo, 2011). Lo que supondría se modifique el actual patrón espacial del cultivo del café de en las laderas montañosas de Colombia (Ramírez-C., *et al.*, 2015) esto en particular por ataque de broca, por lo tanto la altura sobre el nivel del mar es un factor decisivo para la implementación de un arreglo agroforestal con café, ya que el mismo además de mitigar el estrés hídrico puede disminuir el ataque de la broca del café al disminuir los grados día en el desarrollo

del insecto mediante la disminución de la temperatura (Jaramillo *et al.*, 2009; Jaramillo, 2011; Ramírez-C. *et al.* 2015; Mancera y Duque-Nivia, 2018) (Figura 20).

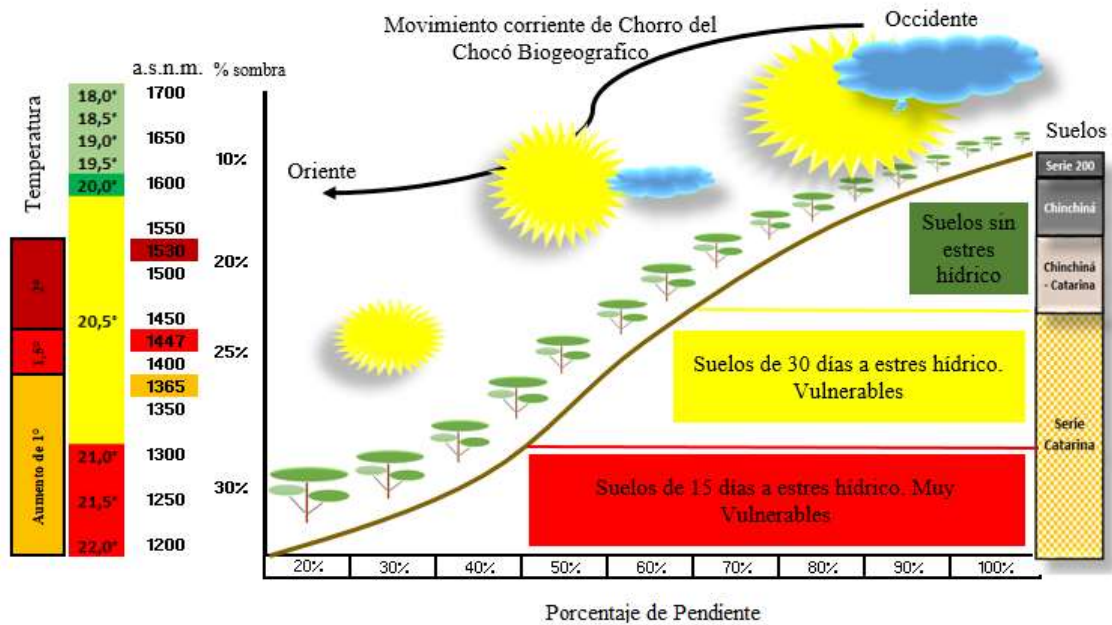


Figura 20. Factores que afectan los planes de manejo y arreglos agroforestales de cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Fuente: Elaboración propia basado en datos de Jaramillo *et al.*, 2009; Jaramillo, 2011; Ramírez-C. *et al.* 2015; Mancera y Duque-Nivia, 2018.

Por otra parte, el modelo de vulnerabilidad de los suelos a déficit hídrico de Ramirez-Builes (2014), ha propuesto que los suelos de las series catarina no son susceptibles al estrés hídrico contrario a las condiciones reales del Occidente de Risaralda, donde este tipo de suelos bajo los 1.500 m son altamente susceptibles a las condiciones de estrés, ya que al ser pocos meteorizados estimulan el punto de marchitez permanente entre los 15 y 30 días (Figura 20), por lo que un modelo agroforestal es urgente como una medida de resiliencia climática.

Bajo los 1.500 metros en la zona de estudio se presentan las siguientes condiciones que propician el desarrollo de Arreglos Agroforestales con Café (Figura 21):

1. Suelos de las series Catarina poco meteorizados.
2. Presencia de la corriente de chorro del Choco, que causa estrés de la lamina foliar (Figura 21).
3. Pendientes superiores al 40%.

Estos resultados se relacionan con los modelos de redes expuestos, donde se manifiestan nodos típicos de la Vertiente Oriental de la Cordillera Occidental Colombiana entre las series catarina con influencia de la Corriente de Chorro del Choco biogeográfico, lo cual puede indicar adaptación social a los nuevos parámetros de rangos óptimos altitudinales para el desarrollo de la caficultura, lo que supondría una adaptación de las comunidades al nuevo rango óptimo sobre los 1.500 m. razón por la cual los modelos agroforestales son una decisión de resiliencia ambiental a través de modelos ecológicos sociales de adaptación climática, los nodos con menores parámetros de peso, cercanía e intermediación, se hallan en las localidades donde el modelo de producción a libre exposición es dominante y se relaciona positivamente con las estadísticas de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, donde los cafetales asociados en arreglos agroforestales en Risaralda equivalen tan solo al 14% del área total (48.500 ha) cultivada en el país (FNC, 2019).

A manera de síntesis si bien la implementación de un modelo tecnológico de producción cafetera a libre exposición o dominado por individuos de nogal cafetero, eucalipto o pino (Farfán-Valencia y Urrego, 2004; Farfán-Valencia, 2016) se halla fundamentado en el aumento y sostenibilidad de la productividad, el olvidar el ancestro cultural con su grado de apropiación histórica de árboles nativos, puede trasgredir gobernalidad, seguridad, biodiversidad y justicia ambiental en el sentido de Palacio-C. (2006), con las consecuencias inesperadas en cuanto a la presión climática (Jaramillo *et al.*, 2009; Jaramillo, 2011), en este sentido Ramírez-Arias y Saldarriaga-Ramírez (2013), proponen un desconocimiento de la caficultura tradicional con alta productividad y ciclo de vida corto distinto a los modelos agroforestales desarrollados en el Occidente de Risaralda (Rodríguez-Herrera *et al.* 2009).

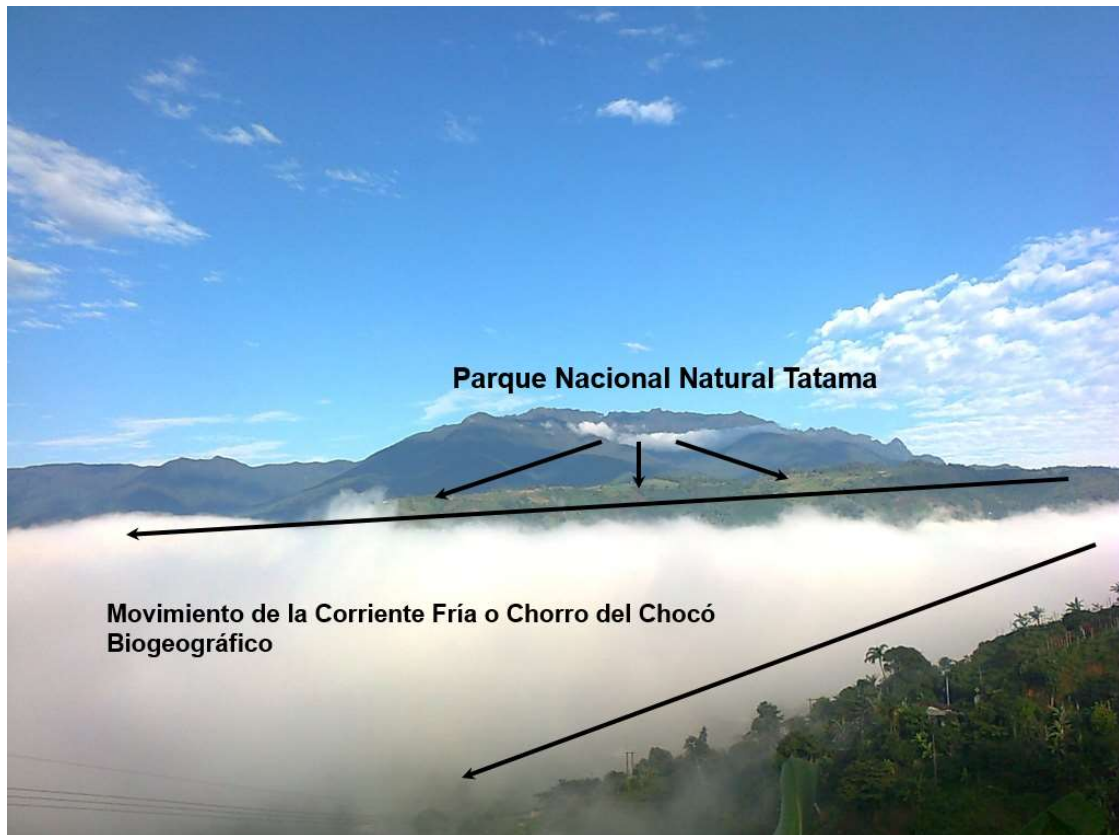


Figura 21. Corriente de Chorro del Chocó Biogeográfico sobre la región cafetera de Apia y Santuario Risaralda. Lluvia horizontal sobre las series Chinchiná, Chinchiná Catarina 1 y 2, Catarina y 200.

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados

5.4. Guía para el desarrollo de arreglos agroforestales en cafetales en el Occidente de Risaralda

Se presenta la guía para el desarrollo de arreglos agroforestales con cultivos de café en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, la guía integra 2 familias y 10 especies botánicas con registros estructurales y etnobotánicos, Fabaceae esta compuesta por 8 especies y Meliaceae presenta 2 especies, se articulan figuras y tablas con factores climáticos, distribución altitudinal, tipo de suelos y topografía, que influyen en los planes de manejo.

Para la elaboración de la guía se definieron seis criterios:

- 1) Frecuencia y posición estructural de la especie en el *cluster* de especies.
- 2) Uso para arreglo agroforestal con el cultivo del café.
- 3) Índice de valor de importancia (IVI).
- 4) Índice de valor de uso (IVU).
- 5) Índice de valor de importancia cultural relativa (IIRE).
- 6) Peso nodo en análisis de redes.

La guía incluye:

1. Nombre común en la zona de estudio.
2. Nombre de la especie con base a Bremer *et al.*, (2009).
3. Sinónimos nomenclaturales con base a Bernal *et al.*, (2015).
4. Nombres comunes en Colombia con base a Bernal *et al.*, (2012).
5. Distribución global con base a Bernal *et al.*, (2015).
6. Distribución altitudinal con base a Bernal *et al.*, (2015).
7. Principal uso de la especie, basados en los resultados de IVU e IIRE.
8. Figura de estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo.
9. Figura de análisis de cluster, similaridad y usos.
10. Plan de manejo.
11. Factores que afectan los arreglos agroforestales de cafetales.

12. Tabla de arreglo poblacional.
13. Recomendación de semillero y tratamientos basados en Mancera y Duque-Nivia (2018) o revisión de literatura según el caso.

Finalmente se integra registros de altura total y fustal a los modelos ecológicos para su análisis y planeación en la estructura florística de la región.

5.4.1. Carbonero, pisquín o piñón

Albizia carbonaria Britton – Familia Fabaceae

Sinónimos: *Pithecellobium carbonarium* (Britton) Niezgodá & Nevlíng

Nombres comunes: Galapo, mucho, bayeto, dormilón, guacamayo, baranoa, barboquillo, buche, capitán, gigante, guamuche, mataguacuco, mucho blanco, jalapo, carbonero blanco, carbonero de sombrío, carbonero gigante (Bernal *et al.*, 2012).

Distribución global: Centroamérica y Norte de Suramérica (Romero, 2018).

Distribución altitudinal: 10 – 1.800 m (Romero, 2018).

Principal uso de la especie: Modelo agroforestal con café.

Otros usos: Formador y recuperador de suelos y áreas degradadas, combustible, maderable, medicinal, nitrificador, ornamental, regulador hídrico (Mancera y Duque-Nivia, 2018) (Figura 22). En el contexto tradicional una vez la planta completa su ciclo de vida los agricultores luego de 1 año de permanecer muerto en pie realizan el aprovechamiento de su madera, la cual puede ser utilizada para construcciones de beneficio en arquitectura cafetera como casas en cancel y casas elda.

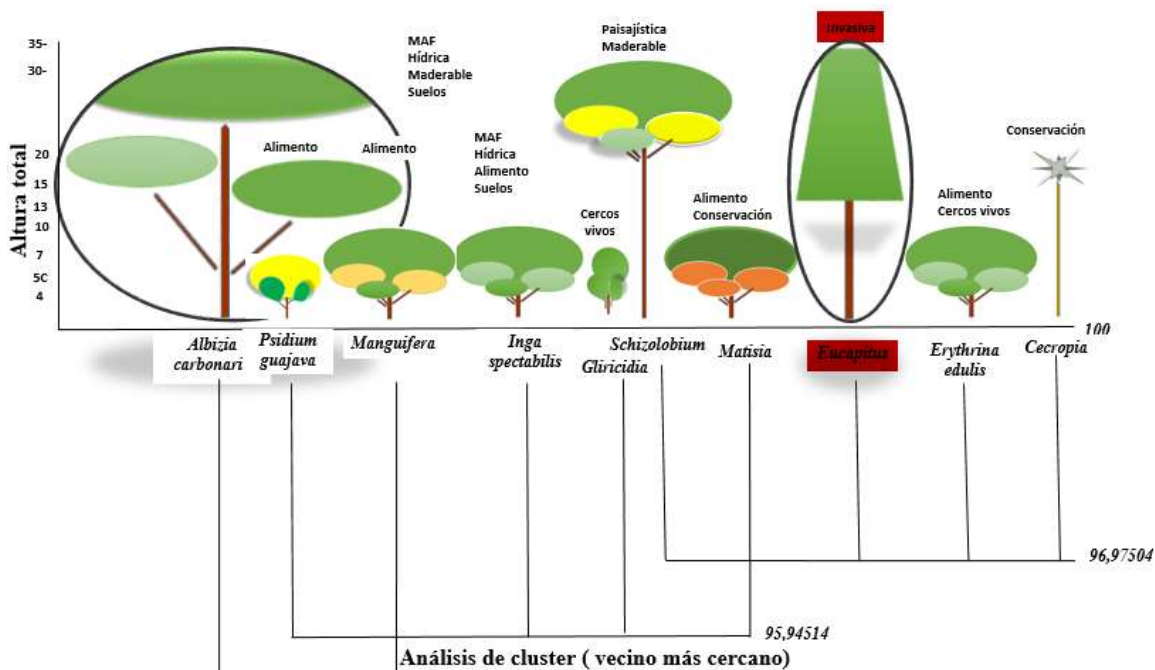


Figura 22. Análisis de *cluster*, similitud y usos del carbonero, pisquín o piñón (*Albizia carbonaria*) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Plan de manejo: Especie de rápido crecimiento con amplia distribución altitudinal, en regeneración espontánea la especie se manifiesta en terrenos erosionados, para el diseño poblacional en manejo agroforestal con café se presentan las recomendaciones en la Tabla 9. No requiere del uso de fertilizante, poda de formación solo si las ramas bajas conforman fuste inferior a 6 metros.

Tabla 9. Manejo y arreglo poblacional del carbonero, pisquín o piñón (*Albizia carbonaria*) con base a la pendiente.

<i>Albizia carbonaria</i>	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente
	100%	80%	60%	40%	20%
Distancia entre planta	12	12	12	12	12
Distancia entre surco	39	45	54	78	156
Árboles por hectárea	21	19	15	11	5
Arreglo en triangulo por hectárea	25	21	18	12	6

Por su rápido crecimiento se puede implementar en cafetales ya establecidos preferiblemente en épocas de intervención o zoqueo, donde a los 2 años se puede conformar un dosel arbóreo superior a 8 metros (Figura 23) es ideal para mitigar el estrés hídrico en suelos muy vulnerables y vulnerables (Figura 24), por su patrón foliar recompuesto, permite alta interceptación de luz.

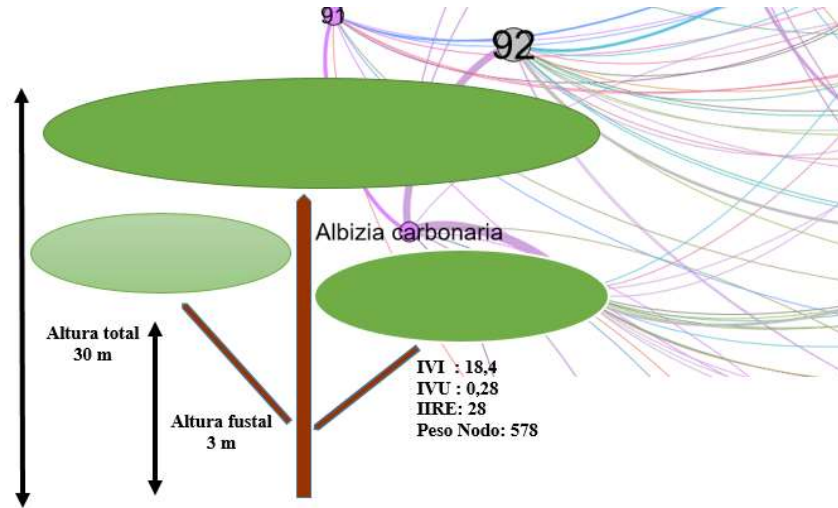


Figura 23. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del carbonero, pisquín o piñón (*Albizia carbonaria*).

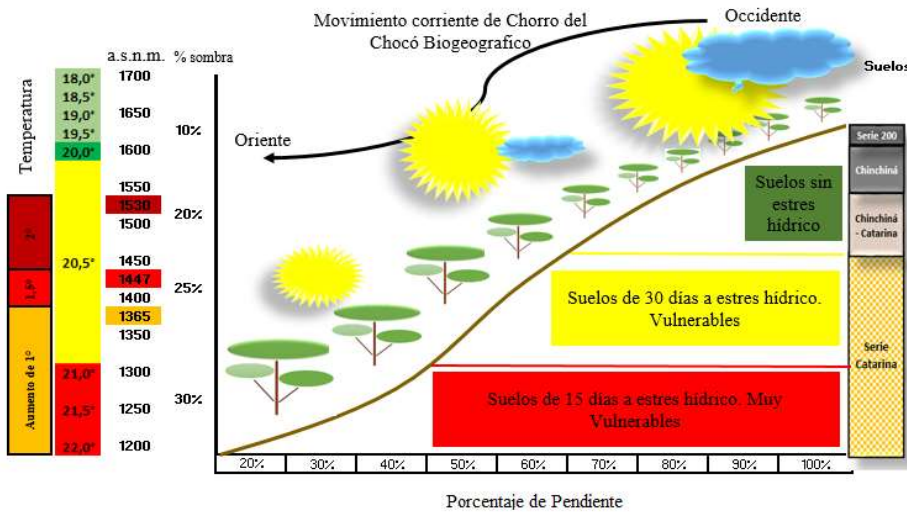


Figura 24. Factores que afectan el plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con carbonero, pisquín o piñón (*Albizia carbonaria*) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Recomendación de semillero y tratamientos: Remojar en agua fría 48 horas, con un cambio de agua a las 24 horas, realizar siembra en germinador con sustrato relación 2:1, tierra por arena lavada, cubrir con una capa delgada de 0,25 cm, proteger con polisombra del 85% e hidratar diariamente, hasta iniciar el proceso de germinación, trasplantar plántulas de 5 a 6 cm, en bolsas de 8x20 cm, en sustrato a razón 3:1 tierra por cascarilla de arroz, regar diariamente hasta alcanzar los 30 cm (Mancera y Duque-Nivia, 2018).

5.4.2. Carbonero o quebrajacho

Calliandra pittieri Standl. – Familia Fabaceae

Sinónimos: *Calliandra lehmannii* Harms, *Calliandra polyphylla* Harms, *Calliandra rupicola* Pittier

Nombres comunes: Clavellino, carbonerito, carbonero morado, carbonero rojo, quebrajancho, quiebracho, quiebrajacho (Bernal *et al.*, 2012).

Distribución global: Panamá a Venezuela y Ecuador (Romero, 2018).

Distribución altitudinal: 100 – 2.600 m (Romero, 2018).

Principal uso de la especie: Modelo agroforestal con café.

Otros usos: Formador de suelos, combustible, maderable, medicinal, nitrificador del suelo, ornamental, regulador hídrico (Figura 25).

Plan de manejo: Especie de rápido crecimiento con amplia distribución altitudinal, para el diseño poblacional en manejo agroforestal con café se presentan las recomendaciones en la Tabla 10. No requiere del uso de fertilizante, ideal para mitigar el estrés hídrico en suelos muy vulnerables y vulnerables (Figura 26), por su patrón foliar recompuesto, permite alta interceptación de luz.

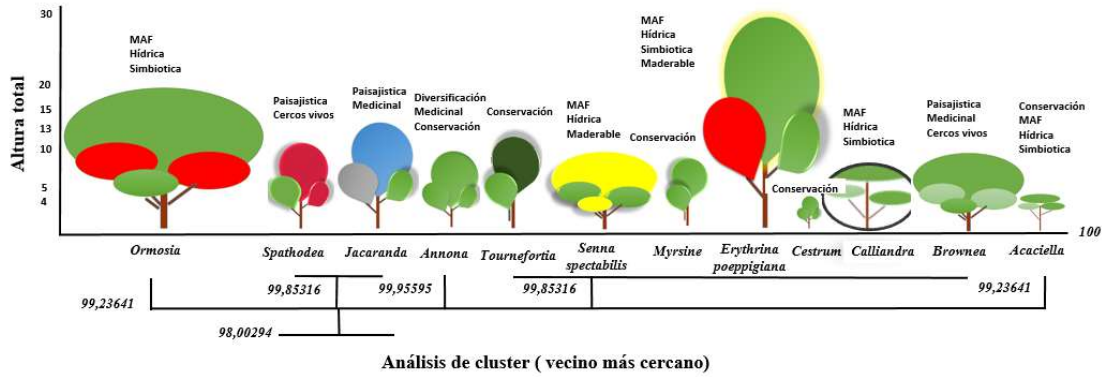


Figura 25. Análisis de cluster, similaridad y usos del carbonero o quebrajacho (*Calliandra pittieri*) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Tabla 10. Manejo y arreglo poblacional del carbonero o quebrajacho (*Calliandra pittieri*) con base a la pendiente.

<i>Calliandra pittieri</i>	Pendiente				
	100%	80%	60%	40%	20%
Distancia entre planta	4	4	4	4	4
Distancia entre surco	13	15	18	26	52
Árboles por hectárea	192	167	139	96	48
Arreglo en triangulo por hectárea	222	192	160	111	55

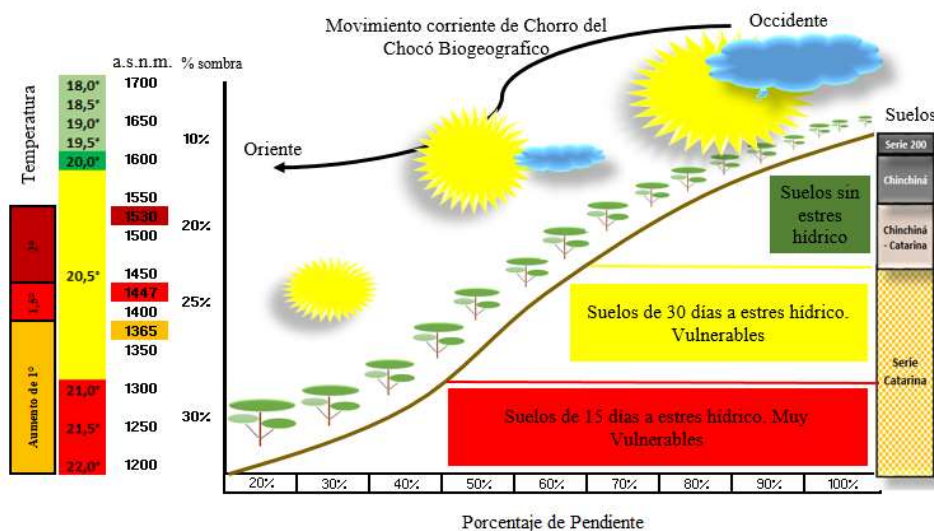


Figura 26. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con carbonero o quebrajacho (*Calliandra pittieri*) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Se recomienda estricta poda de formación en las ramas bajas, tanto en el establecimiento del árbol como en los dos primeros años y con una frecuencia anual al finalizar la cosecha principal del cultivo del café, pues su altura fustal tan solo es en promedio de 1,5 m (Figura 27). A su vez el cultivo de café debe ser acompañado de intervenciones de descope, despunte y desplumillada para garantizar la ruptura de la dominancia apical y por ende la floración del cultivo, ideal para mitigar el estrés hídrico en suelos muy vulnerables.

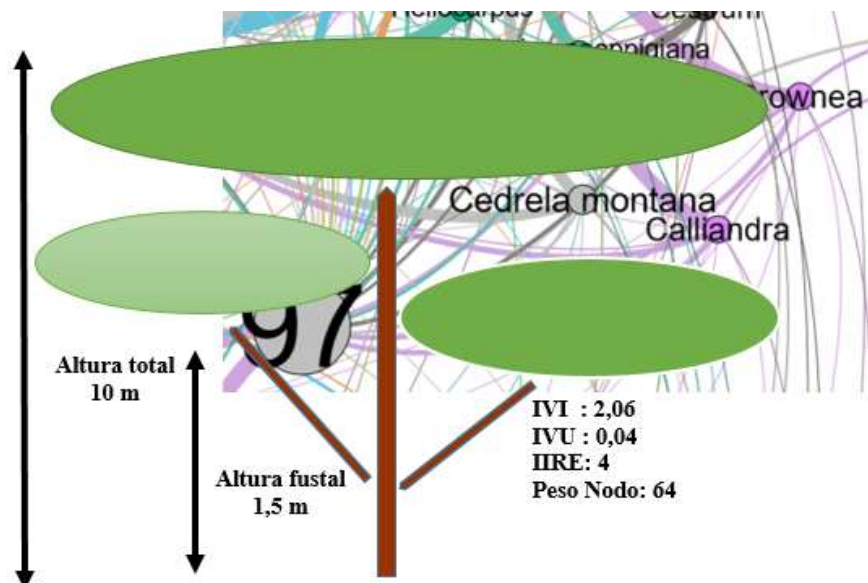


Figura 27. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nudo del carbonero o quebrajacho (*Calliandra pittieri*).

Recomendación de semillero y tratamientos: Con base en Mancera y Duque-Nivia (2018), se puede implementar el protocolo de germinación del Carbonero, Pisquín o Piñón, remojando en agua fría 48 horas, con un cambio de agua a las 24 horas, realizar siembra en germinador con sustrato relación 2:1, tierra por arena lavada, cubrir con una capa delgada de 0,25 cm, proteger con polisombra del 85% e hidratar diariamente, hasta iniciar el proceso de germinación, trasplantar plántulas de 5 a 6 cm, en bolsas de 8x20 cm, en sustrato a razón 3:1 tierra por cascarilla de arroz, regar diariamente hasta alcanzar los 30 cm (Mancera y Duque-Nivia, 2018).

5.4.3. Cedro de montaña

Cedrela montana Turcz. – Familia Meliaceae

Sinónimos: *Cedrela bogotensis* Triana & Planch., *Cedrela subandina* Cuatrec.

Nombres comunes: Cedro colorado, cedro mondé, cedro rosado, cedro cebolla, cedro cebollo, cedro clavel, cedro de tierra fría, cedro dulce, cedro oloroso, monde, monde bogotano, munde, serrano (Bernal *et al.*, 2012).

Distribución global: Venezuela a Perú (Bernal, 2018).

Distribución altitudinal: 1.350 – 3.000 m (Bernal, 2018).

Principal uso de la especie: Maderable y modelo agroforestal con café.

Otros usos: Paisajística, hídrica, maderable, conformación de suelos (Figura 28).

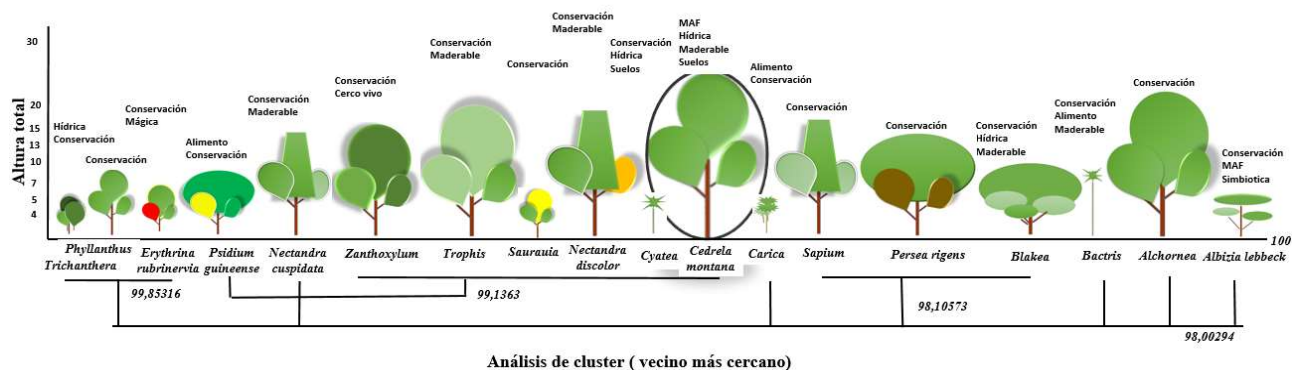


Figura 28. Análisis de cluster, similaridad y usos del cedro de montaña (*Cedrela montana*) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Plan de manejo: Especie de crecimiento lento, es preferible establecerla en arreglos mixtos para evitar ataques de insectos, si en etapa juvenil se manifestara bifurcación de la copa se recomienda el uso de insecticida sistémico, para el diseño poblacional en manejo agroforestal con café se presentan las recomendaciones en la Tabla 11.

Tabla 11. Manejo y arreglo poblacional del cedro de montaña (*Cedrela montana*) con base a la pendiente.

<i>Cedrela montana</i>	Pendiente 100%	Pendiente 80%	Pendiente 60%	Pendiente 40%	Pendiente 20%
Distancia entre planta	12	12	12	12	12
Distancia entre surco	32,5	37,5	45	65	130
Árboles por hectárea	26	22	19	13	6
Arreglo en triangulo por hectárea	30	26	21	15	7

Es preferible realizar trasplante de individuos de al menos 50 cm e implementar fertilización completa con base al análisis de suelos, poda de formación solo si las ramas bajas conforman fuste inferior a 6 metros (Figura 29), esta altura de fuste garantiza además la interceptación de luz necesaria para una buena fotosíntesis en el cultivo del café ideal para mitigar el estrés hídrico en suelos vulnerables (Figura 30). Por su patrón foliar compuesto y defoliación espontánea permite alta interceptación de luz y conformación de suelos, especie de gran valor forestal por el precio de su madera que se integra al diseño de arreglos agroforestales con café.

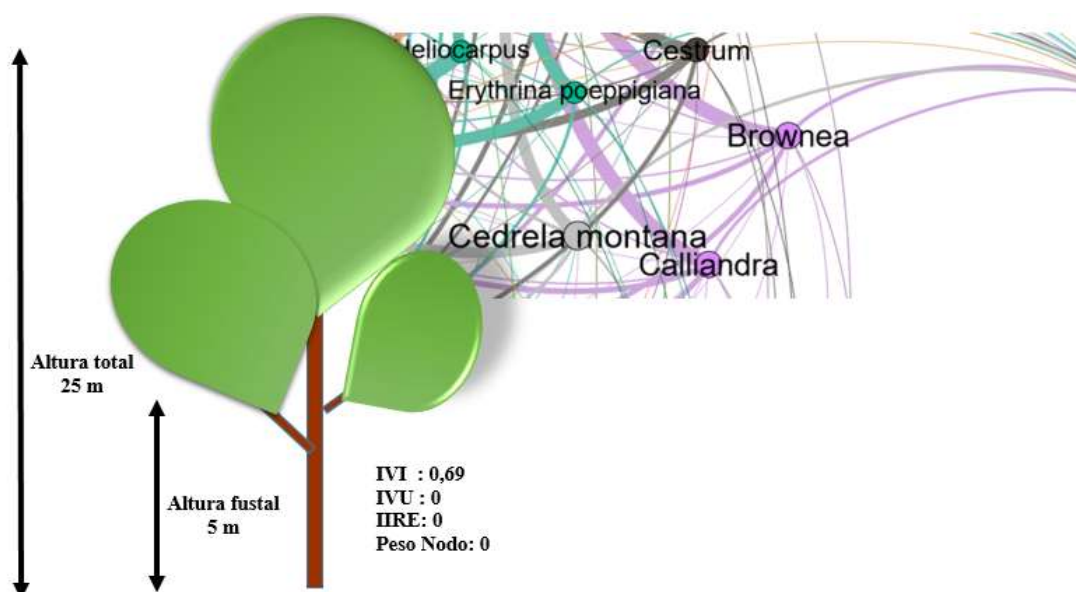


Figura 29. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del cedro de montaña (*Cedrela montana*).

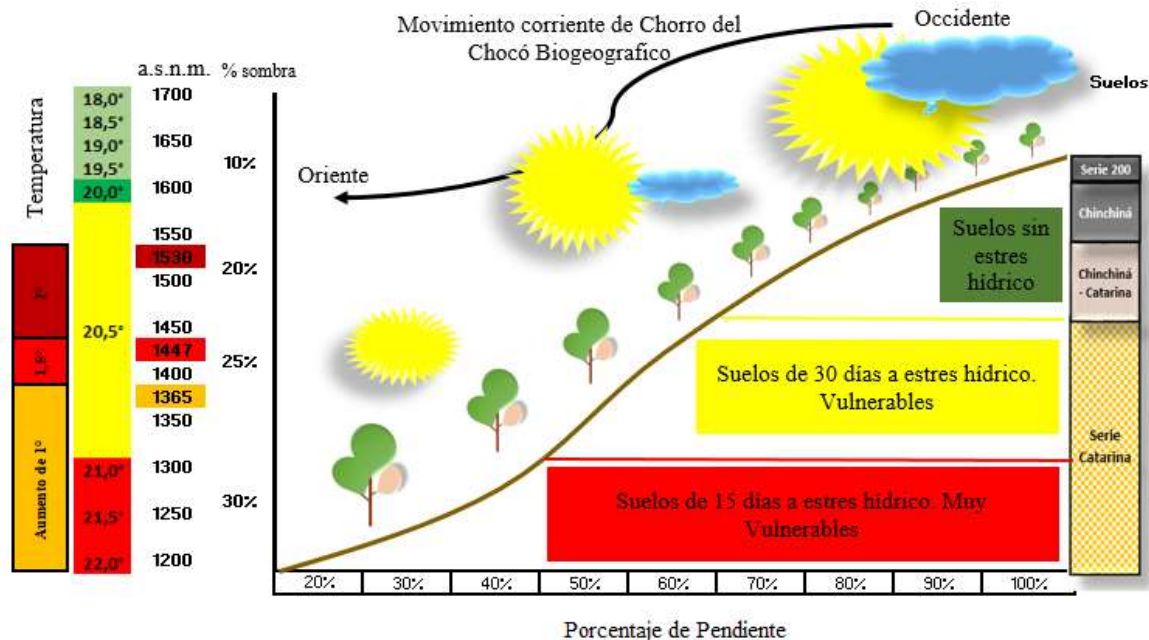


Figura 30. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con cedro de montaña (*Cedrela montana*) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Recomendación de semillero y tratamientos: Realizar el protocolo descrito por Mancera y Duque-Nivia (2018) para el algarrobo. Se siembra en germinador inmediatamente, previa inmersión en agua durante 24 horas, utilizar sustrato en relación 2:1, tierra por arena lavada, cubrir con una capa delgada de 0,5 cm, proteger con polisombra del 85% e hidratar diariamente, hasta iniciar el proceso de germinación., trasplantar plántulas de 6 a 10 cm, en bolsas de 8x20 cm, en sustrato a razón 3:1 tierra por cascarilla de arroz, regar diariamente hasta alcanzar los 30 cm.

5.4.4. Cedro rosado

Cedrela odorata L. – Familia Meliaceae

Sinónimos: *Cedrela angustifolia* DC., *Cedrela whitfordii* S.F.Blake

Nombres comunes: Cedro, cedro cebollo, cedro amargo, cedro blanco, cedro macho, cedro rojo, cedro bastardo, cedro caoba, cedro caobo, cedro cebollín, cedro cebollino, cedro clavel, cedro colorado, cedro hembra, cedro oloroso, bastardo, poporó (Bernal *et al.*, 2012).

Distribución global: México a Norte de Argentina (Bernal, 2018).

Distribución altitudinal: 10 – 2.700 m (Bernal, 2018).

Principal uso de la especie: Maderable y modelo agroforestal con café.

Otros usos: Paisajística, hídrica, maderable, conformación de suelos (Mancera y Duque-Nivia, 2018) (Figura 31).

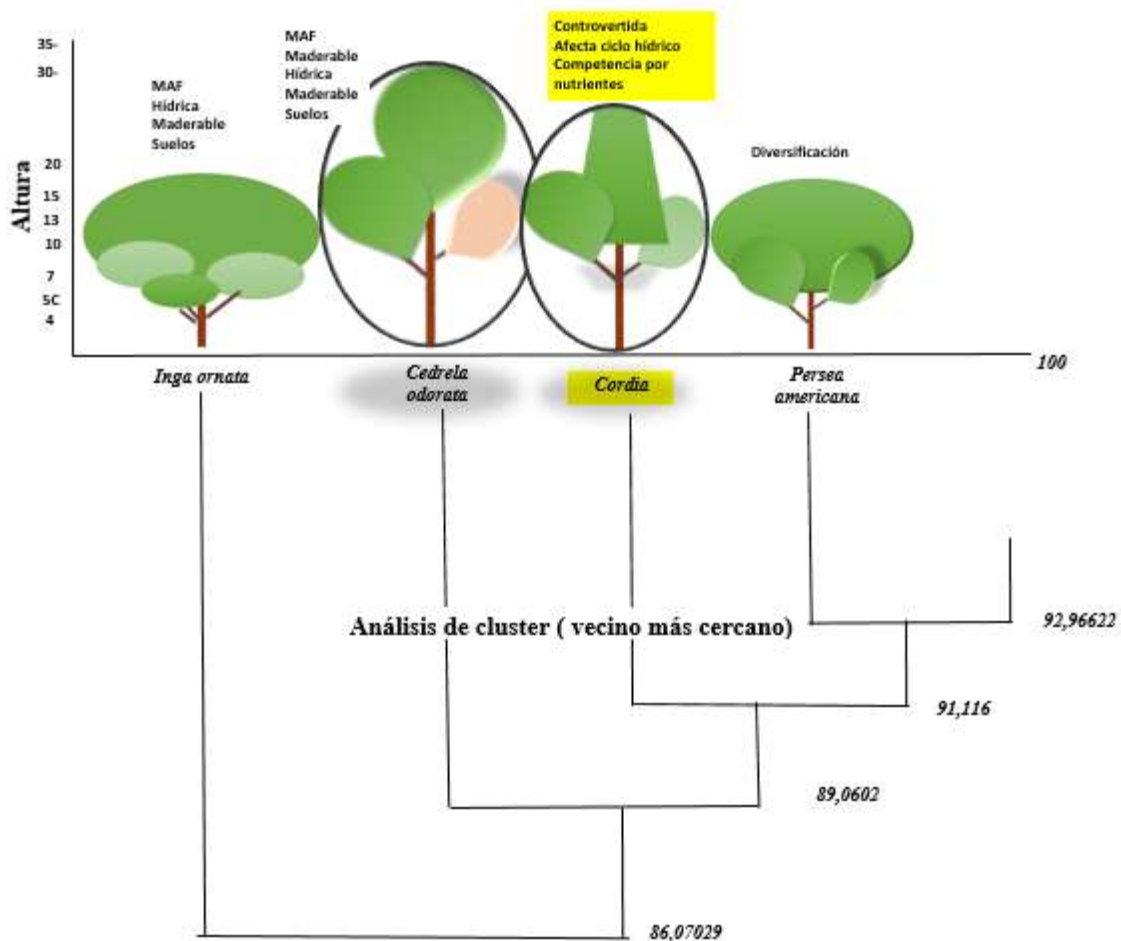


Figura 31. Análisis de cluster, similaridad y usos del cedro rosado (*Cedrela odorata*) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Plan de manejo: Especie de crecimiento lento, preferible establecerla en arreglos mixtos para evitar ataques de insectos, si en etapa juvenil se manifestara bifurcación de la copa se recomienda el uso de insecticida sistémico, para el diseño poblacional en manejo agroforestal con café se presentan las recomendaciones en la Tabla 12.

Tabla 12. Manejo y arreglo poblacional del cedro rosado (*Cedrela odorata*) con base a la pendiente.

<i>Cedrela odorata</i>	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente
	100%	80%	60%	40%	20%
Distancia entre planta	12	12	12	12	12
Distancia entre surco	39	45	54	78	156
Árboles por hectárea	21	19	15	11	5
Arreglo en triángulo por hectárea	25	21	18	12	6

Es preferible realizar trasplante de individuos de al menos 50 cm e implementar fertilización completa con base al análisis de suelos, poda de formación solo si las ramas bajas conforman fuste inferior a 6 metros, ésta altura de fuste garantiza además la interceptación de luz necesaria para una buena fotosíntesis en el cultivo del café (Figura 32), ideal para mitigar el estrés hídrico en suelos vulnerables (Figura 33), por su patrón foliar compuesto y defoliación espontanea permite alta interceptación de luz y conformación de suelos, especie de gran valor forestal por el precio de su madera que se integra al diseño de arreglos agroforestales con café.

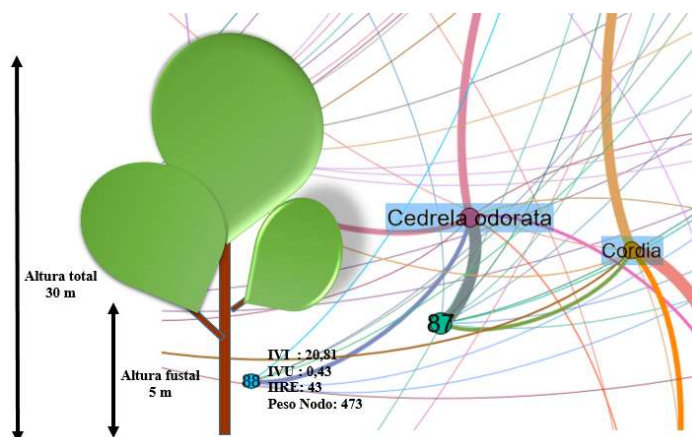


Figura 32. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nudo del cedro rosado (*Cedrela odorata*).

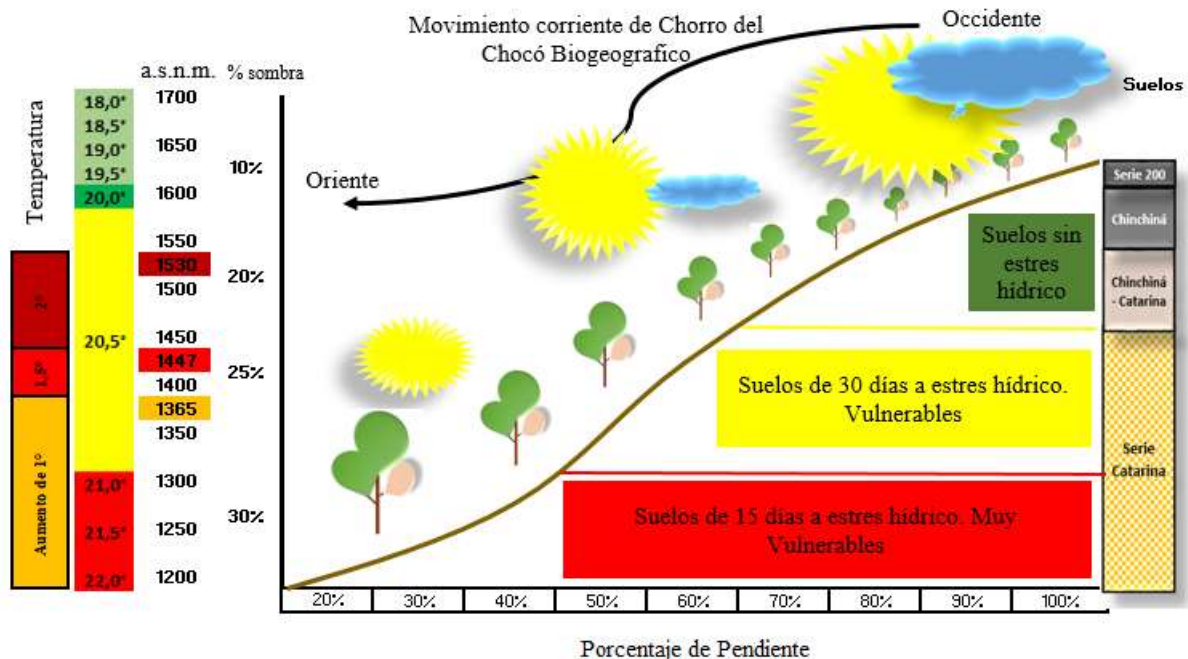


Figura 33. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con cedro rosado (*Cedrela odorata*) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Recomendación de semillero y tratamientos: Realizar el protocolo descrito por Mancera y Duque-Nivia (2018) para el algarrobo, se siembra en germinador inmediatamente, previa inmersión en agua durante 24 horas, utilizar sustrato en relación 2:1, tierra por arena lavada, cubrir con una capa delgada de 0,5 cm, proteger con polisombra del 85% e hidratar diariamente, hasta iniciar el proceso de germinación, transplantar plántulas de 6 a 10 cm, en bolsas de 8x20 cm, en sustrato a razón 3:1 tierra por cascarilla de arroz, regar diariamente hasta alcanzar los 30 cm.

5.4.5. Cábulo

Erythrina poeppigiana (Walp.) O.F. Cook – Familia Fabaceae

Nombres comunes: Cachimbo, písamo, ceibo, guaney, chocho, chachafruto, anaco, barbatuasca, cahnbo, cachingo, cachungo, anaco rojo, barbatusco (Bernal *et al.*, 2012).

Distribución global: América tropical (Ruiz *et al.*, 2018).

Distribución altitudinal: 0 – 2.080 m (Ruiz *et al.*, 2018).

Principal uso de la especie: Modelo agroforestal con café.

Otros usos: Formador de suelos, combustible, maderable, medicinal, nitrificador, ornamental, regulador hídrico (Mancera y Duque-Nivia, 2018) (Figura 34).

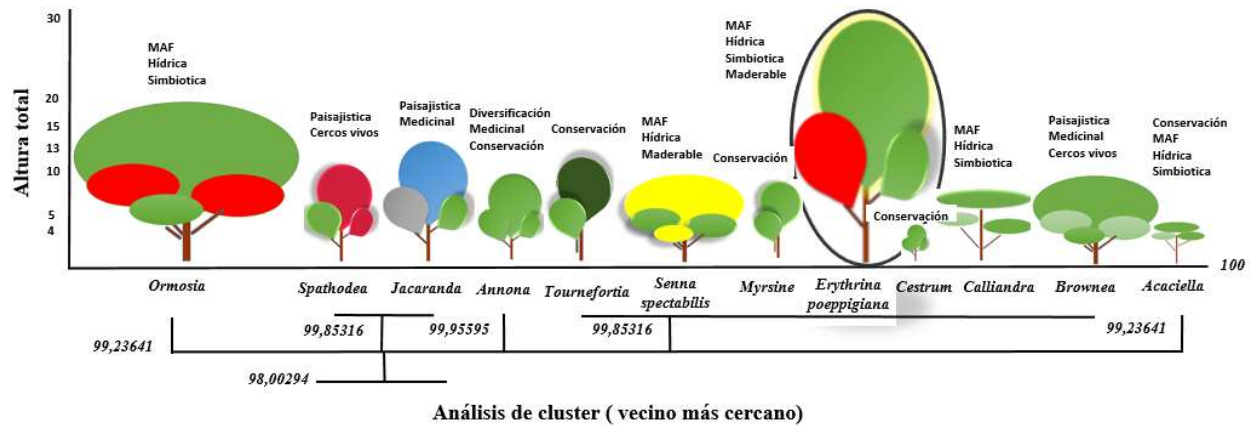


Figura 34. Análisis de cluster, similaridad y usos del cámbulo (*Erythrina poeppigiana*) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Plan de manejo: Entre los cafeteros del Sur del Tolima, es la especie hídrica por excelencia para mitigar el estrés en suelos muy vulnerables y vulnerables (Figura 35), especie de lento crecimiento con amplia distribución altitudinal, en regeneración espontánea la especie se manifiesta en guaduales y cuencas de agua, el diseño poblacional en manejo agroforestal con café se presentan las recomendaciones en la Tabla 13. No requiere del uso de fertilizante, por su patrón foliar trifoliado y defoliación cíclica, permite alta interceptación de luz y conformación del suelo.

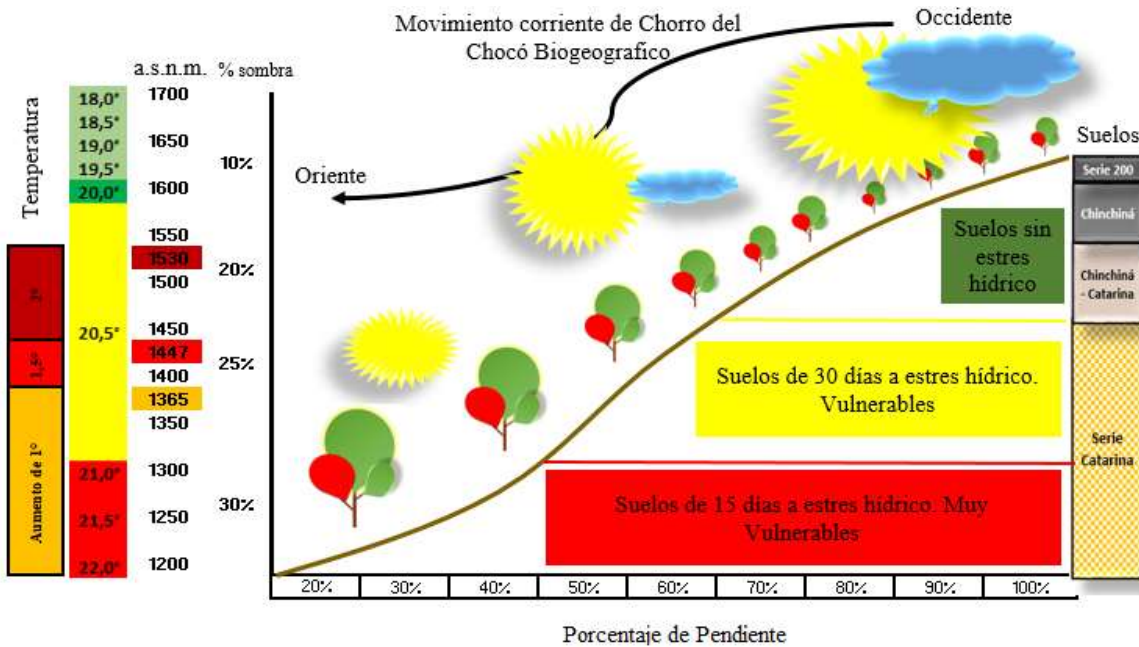


Figura 35. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con cámbulo (*Erythrina poeppigiana*) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Tabla 13. Manejo y arreglo poblacional del cámbulo (*Erythrina poeppigiana*) con base a la pendiente.

<i>Erythrina poeppigiana</i>	Pendiente 100%	Pendiente 80%	Pendiente 60%	Pendiente 40%	Pendiente 20%
Distancia entre planta	12	12	12	12	12
Distancia entre surco	39	45	54	78	156
Árboles por hectárea	21	19	15	11	5
Arreglo en triángulo por hectárea	25	21	18	12	6

Es muy frecuente en esta especie de árbol, que las ramas bajas conformen fuste inferior a los 6 metros, por lo que se recomienda practicar poda de formación en el establecimiento del árbol (Figura 36). Por su lento crecimiento se puede implementar con individuos bien desarrollados

superiores a 1 metro en cafetales en periodo de establecimiento, por su patrón foliar trifoliado y defoliación cíclica, permite alta interceptación de luz y conformación del suelo.

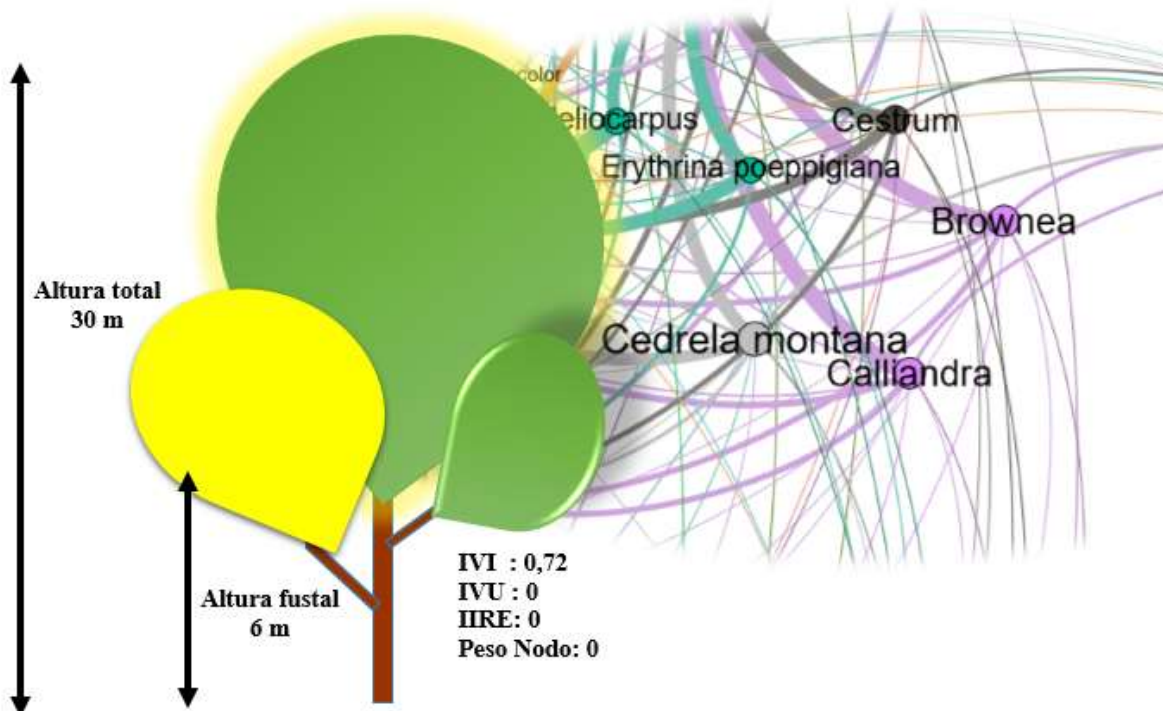


Figura 36. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del cámbulo (*Erythrina poeppigiana*).

Recomendación de semillero y tratamientos: Remojar en agua fría 48 horas, con un cambio de agua a las 24 horas, siembra directa en bolsa de 8x20 cm, con sustrato razón 3:1 tierra por cascarilla de arroz, se sugiere cubrir con polisombra hasta iniciar la germinación, realizar remojo a diario en etapa de germinación con jardinera o poma, hasta el momento en que la semilla germina, sembrar inmediatamente en condiciones de campo una vez alcanza los 30 cm (Mancera y Duque-Nivia, 2018).

5.4.6. Guamo piedra

Inga cf. oerstediana Benth. – Familia Fabaceae

Sinónimos: *Inga chartana* Britton & Killip, *Inga culagana* Britton & Killip, *Inga endlicheri* (Kuntze) J.F.Macbr., *Inga pamplonae* Britton & Killip, *Inga pisana* G.Don

Nombres comunes: Guamo hojiancho, guamo blanco, guamo calzamuélas (Bernal *et al.*, 2012).

Distribución global: México a Bolivia; Trinidad y Tobago y Antillas Menores (Romero, 2018).

Distribución altitudinal: 60 – 2.800 m (Romero, 2018).

Principal uso de la especie: Modelo agroforestal con café.

Otros usos: Alimenticio, formador de suelos, combustible, maderable, medicinal, nitrificador del suelo, ornamental, regulador hídrico (Figura 37).

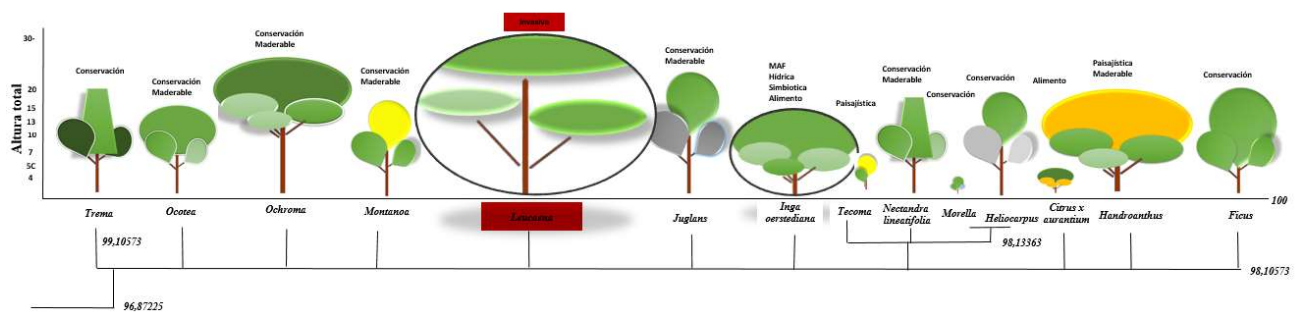


Figura 37. Análisis de cluster, similitud y usos del guamo piedra (*Inga cf. oerstediana*) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Plan de manejo: Especie de rápido crecimiento con amplia distribución altitudinal, para el diseño poblacional en manejo agroforestal con café se presentan las recomendaciones en la Tabla 14. No requiere del uso de fertilizante, el fuste se forma bajo los 3 metros (Figura 38), por lo que se recomienda estricta poda de formación en las ramas bajas al menos una vez al año durante todo el ciclo de cultivo del café sumado a intervenciones de descope, despunte y desplumillada para garantizar la ratura de la dominancia apical y por ende la floración del cultivo de café.

Tabla 14. Manejo y arreglo poblacional del guamo piedra (*Inga cf. oerstediana*) con base a la pendiente.

<i>Inga cf. oerstediana</i>	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente
	100%	80%	60%	40%	20%
Distancia entre planta	6	6	6	6	6
Distancia entre surco	19,5	22,5	27	39	78
Árboles por hectárea	85	74	62	43	21
Arreglo en triangulo por hectárea	99	85	71	49	25

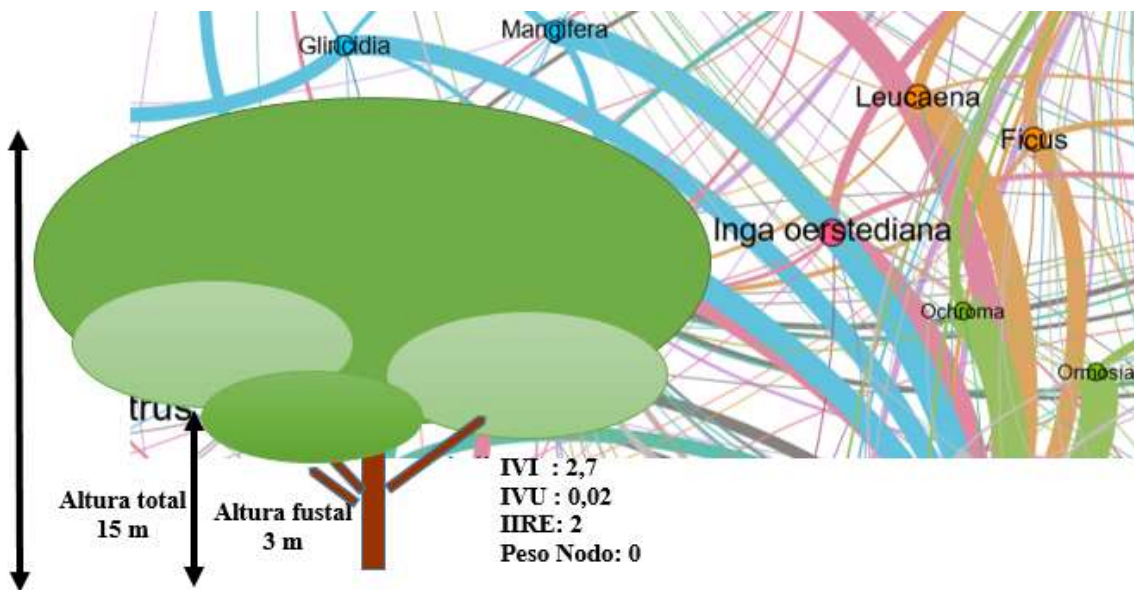


Figura 38. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del guamo piedra (*Inga cf. oerstediana*).

Recomendación de semillero y tratamientos: Seguir el protocolo propuesto para guamo macheto por Mancera y Duque-Nivia (2018). Realizar limpieza manual de la pulpa o indumento que recubre la semilla, luego se lleva a siembra directa con el extremo agudo hacia abajo, se trasplanta en bolsa de 10x20 cm, el sustrato se prepara a razón 3:1 tierra por cascarilla de arroz, realizar riego a diario en etapa de germinación con jardinera o poma, hasta el momento en que la

semilla germina, en condiciones de campo se establece entre los 25 a 30 cm, es ideal para mitigar el estrés hídrico en suelos muy vulnerables y vulnerables (Figura 39), Por su patrón foliar compuesto permite alta interceptación de luz.

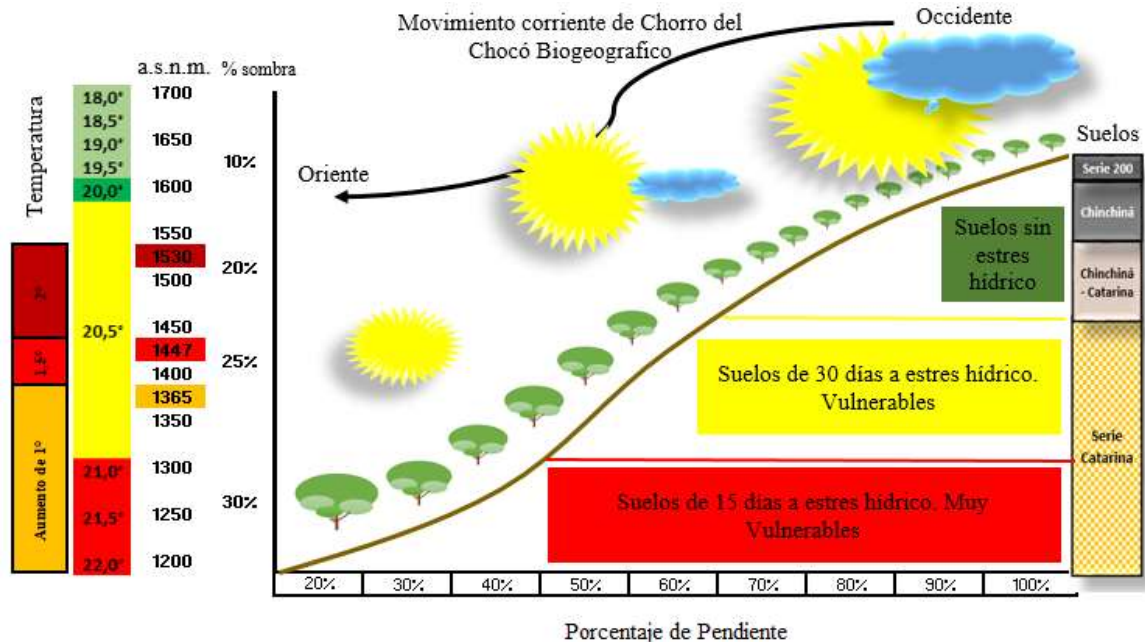


Figura 39. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con guamo piedra (*Inga cf. oerstediana*) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

5.4.7. Guamo santafereño

Inga ornata Kunth – Familia Fabaceae

Sinónimos: *Inga codonantha* Pittier, *Inga dolichantha* Uribe, *Inga eglandulosa* T.S.Elias, *Inga fredoniana* Britton & Killip, *Inga holtonii* Pittier, *Inga vallensis* T.S.Elias

Nombres comunes: Guamo, guamo bejuco, guamo mico (Bernal *et al.*, 2012).

Distribución global: Colombia, Ecuador y Norte de Perú (Romero, 2018).

Distribución altitudinal: 800 – 2.350 m (Romero, 2018).

Principal uso de la especie: Modelo agroforestal con café.

Otros usos: Alimenticio, formador de suelos, combustible, maderable, medicinal, nitrificador del suelo, ornamental, regulador hídrico (Figura 40).

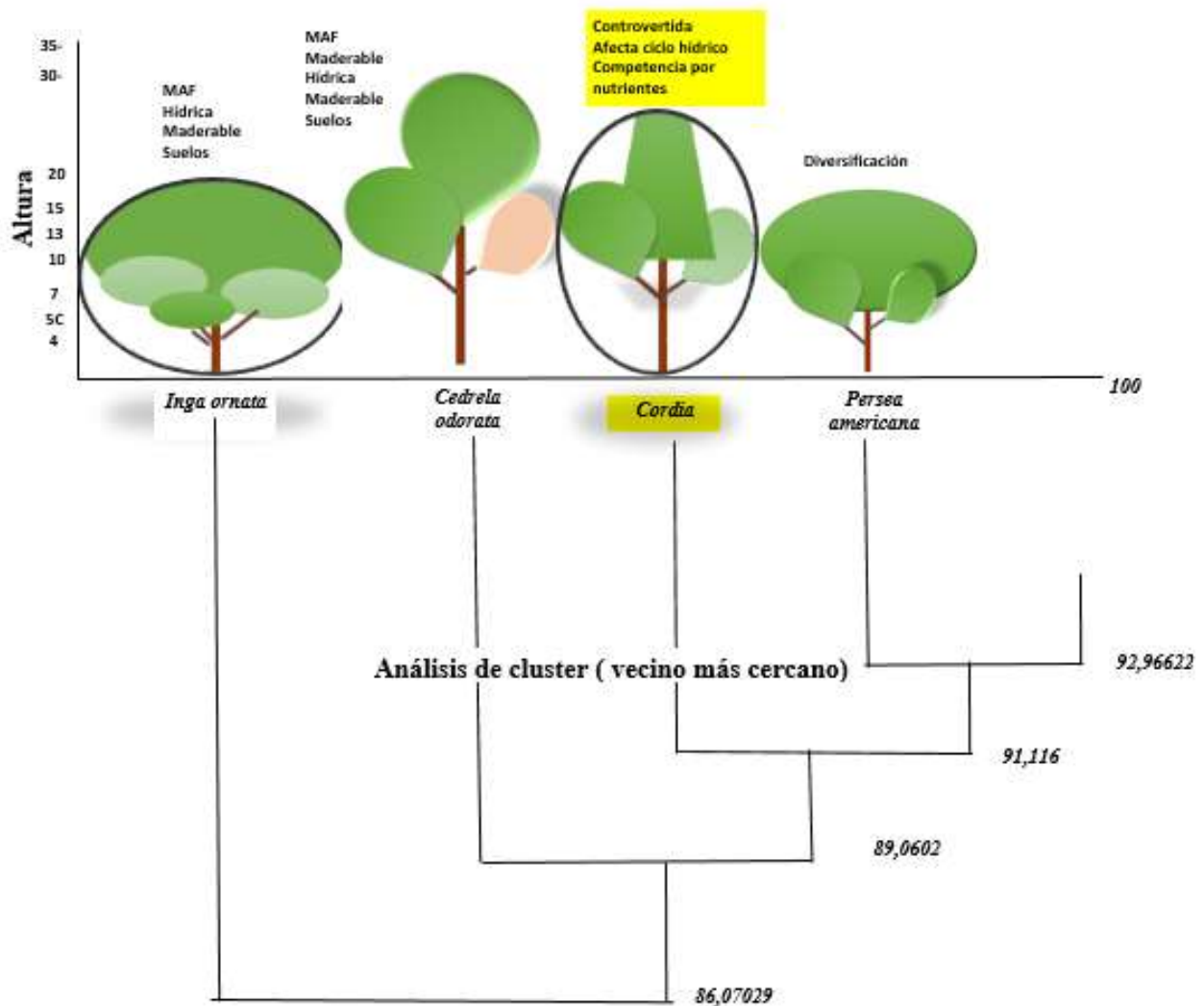


Figura 40. Análisis de cluster, similitud y usos del guamo santaferense (*Inga ornata*) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Plan de manejo: Especie de rápido crecimiento con amplia distribución altitudinal. Para el diseño poblacional en manejo agroforestal con café se presentan las recomendaciones en la Tabla 15.

Tabla 15. Manejo y arreglo poblacional del guamo santaferño (*Inga ornata*) con base a la pendiente.

<i>Inga ornata</i>	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente
	100%	80%	60%	40%	20%
Distancia entre planta	10	10	10	10	10
Distancia entre surco	26	30	36	52	104
Árboles por hectárea	38	33	28	19	10
Arreglo en triangulo por hectárea	44	38	32	22	11

No requiere del uso de fertilizante, se recomienda estricta poda de formación en las ramas bajas para conformar altura fustal de 6 metros (Figura 41). Ideal para mitigar el estrés hídrico en suelos vulnerables (Figura 42), por su patrón foliar compuesto, permite alta interceptación de luz.

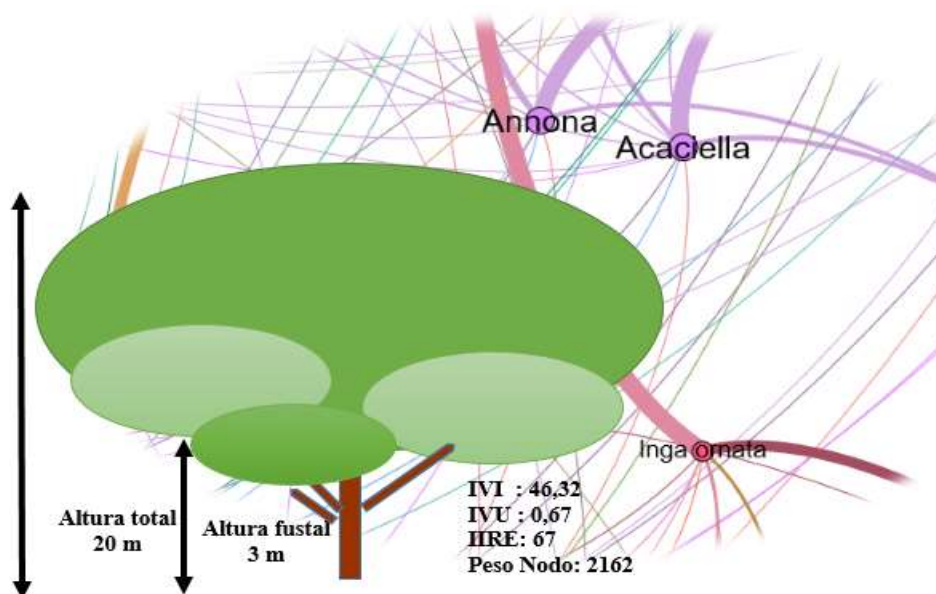


Figura 41. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del guamo santaferño (*Inga ornata*).

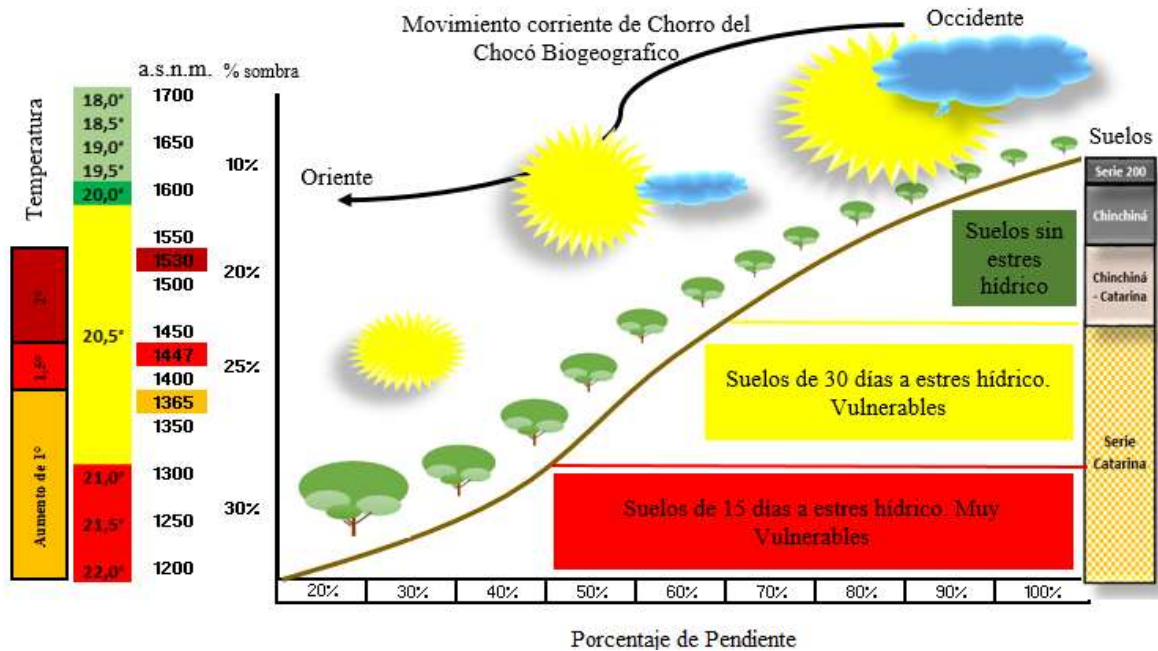


Figura 42. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con guamo santafereño (*Inga ornata*) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Recomendación de semillero y tratamientos: Seguir el protocolo propuesto por Mancera y Duque-Nivia (2018). De la siguiente forma, realizar limpieza manual de la pulpa o indumento que recubre la semilla, se puede realizar siembra directa o germinador, la posición de la semilla al sembrarse debe ser con el extremo agudo hacia abajo, se trasplanta en bolsa de 8x20 cm, el sustrato a razón 3:1 tierra por cascarilla de arroz, realizar riego a diario en etapa de germinación con jardinera o poma, hasta el momento en que la semilla germina, se trasplanta entre los 5 a 6 cm, cuando las plántulas presentan al menos 2 pares de hojas verdaderas. En condiciones de campo se establece entre los 25 a 30 cm.

5.4.8. Guamo macheto

Inga spectabilis (Vahl) Willd. – Familia Fabaceae

Sinónimos: *Inga heteroptera* Benth., *Inga lucida* Kunth, *Inga smithii* Britton & Killip,

Mimosa spectabilis Vahl

Nombres comunes: Guamo dulce, guamo copero, guama de churuco, guamo cajeto, guamo, churimba, guaba churimba, guabo macheto, guama coperuna, guama macheta, guamo cafeto, guamo machete, cajeto (Bernal *et al.*, 2012).

Distribución global: Sur de México a Venezuela y Perú (Romero, 2018).

Distribución altitudinal: 0 – 2.000 m (Romero, 2018).

Principal uso de la especie: Modelo agroforestal con café.

Otros usos: Alimenticio, formador de suelos, combustible, maderable, medicinal, nitrificador del suelo, ornamental, regulador hídrico (Mancera y Duque-Nivia, 2018) (Figura 43).

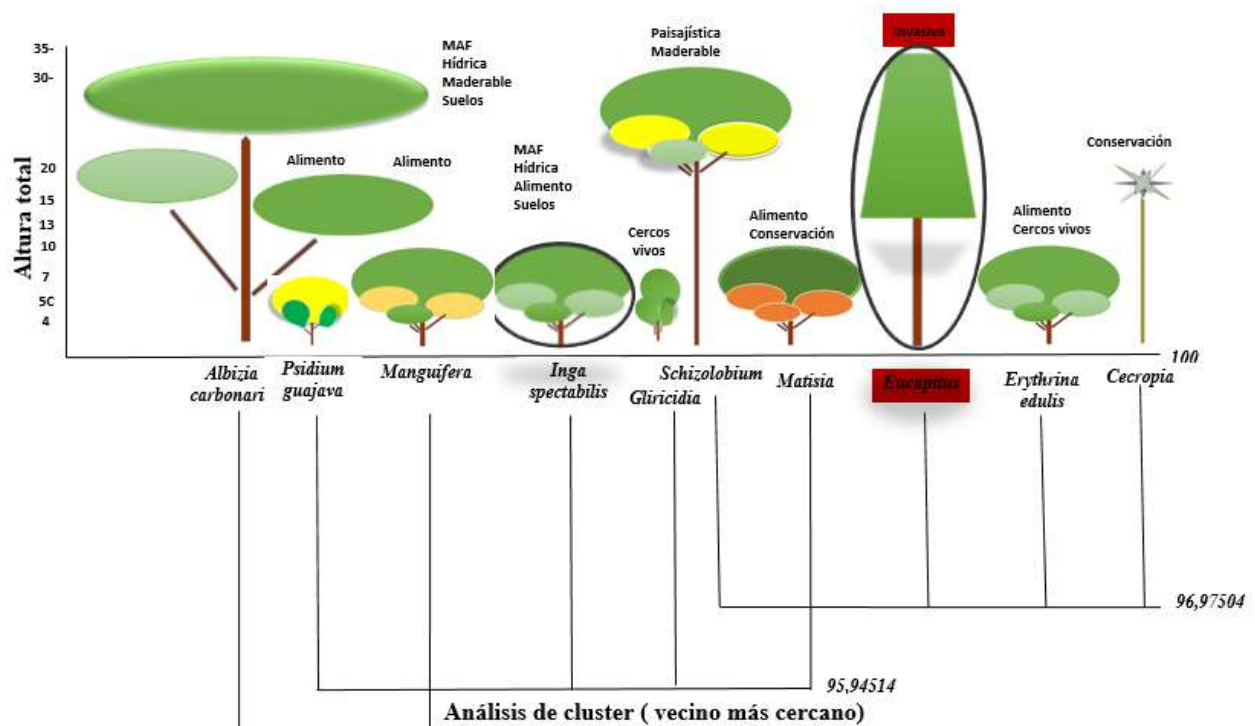


Figura 43. Análisis de cluster, similitud y usos del guamo macheto (*Inga spectabilis*) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Plan de manejo: Especie de rápido crecimiento con amplia distribución altitudinal, para el diseño poblacional en manejo agroforestal con café se presentan las recomendaciones en la Tabla 16, no requiere del uso de fertilizante.

Tabla 16. Manejo y arreglo poblacional del guamo macheto (*Inga spectabilis*) con base a la pendiente.

<i>Inga spectabilis</i>	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente
	100%	80%	60%	40%	20%
Distancia entre planta	4	4	4	4	4
Distancia entre surco	13	15	18	26	52
Árboles por hectárea	192	167	139	96	48
Arreglo en triangulo por hectárea	222	192	160	111	55

Conforma la altura fustal sobre los 2 m (Figura 44), por lo que se recomienda estricta poda de formación en las ramas bajas al menos 1 vez al año sumado a intervenciones de descope, despunte y desplumillada en el cultivo de café para garantizar la rotura de la dominancia apical y por ende la floración del cultivo.

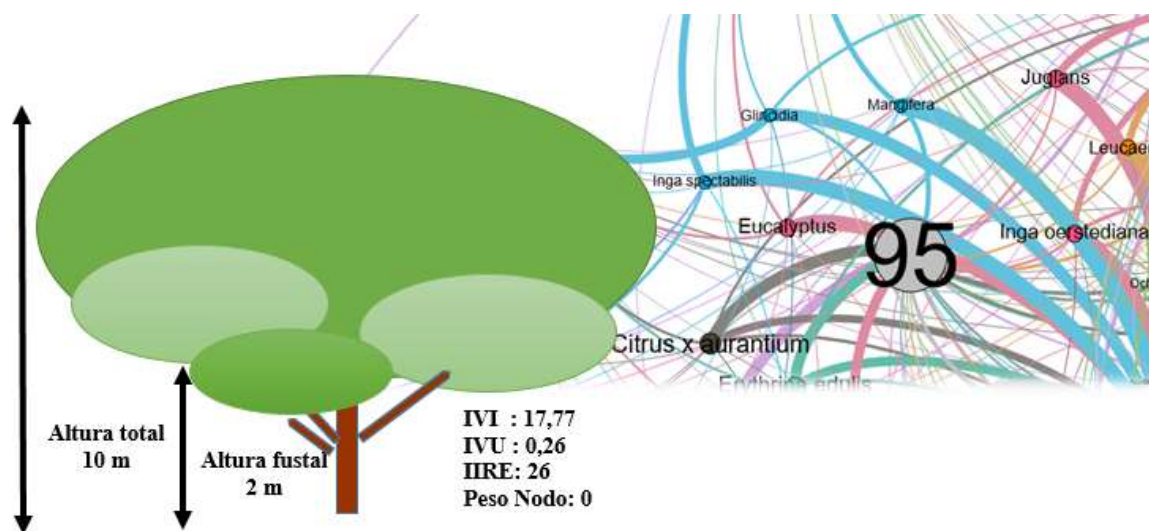


Figura 44. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nudo del guamo macheto (*Inga spectabilis*).

Ideal para mitigar el estrés hídrico en suelos muy vulnerables y vulnerables (Figura 45), por su patrón foliar compuesto, permite alta interceptación de luz.

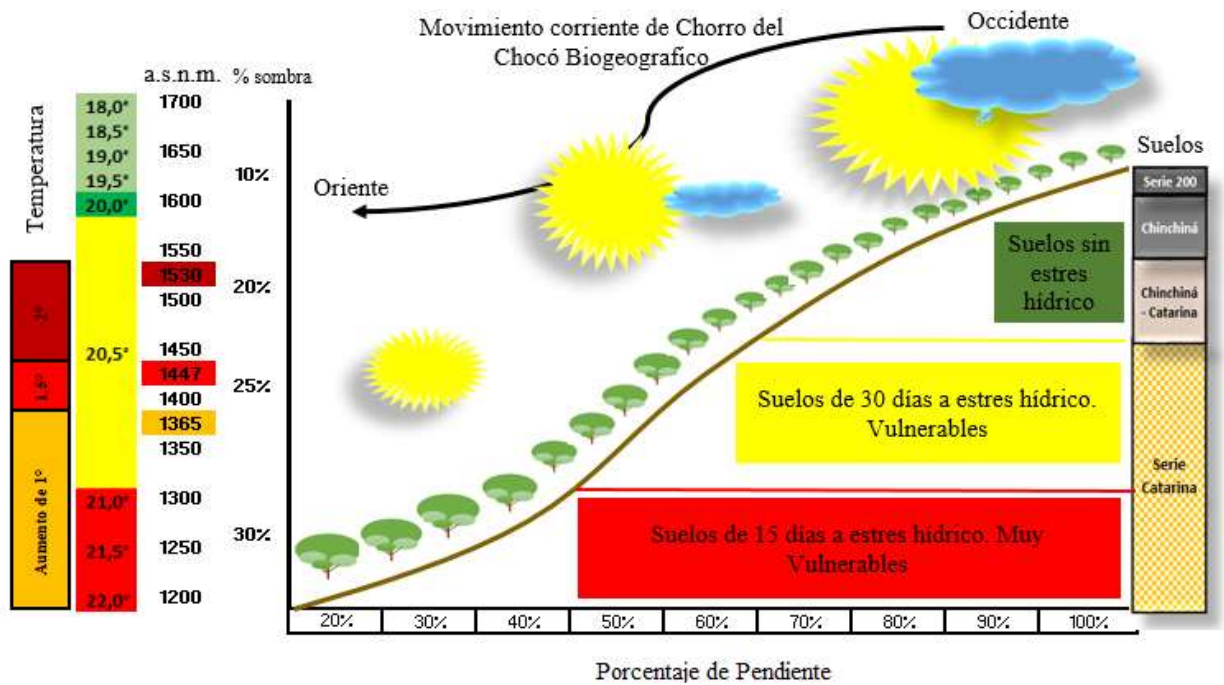


Figura 45. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con guamo macheto (*Inga spectabilis*) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Recomendación de semillero y tratamientos: Realizar limpieza manual de la pulpa o indumento que recubre la semilla, luego se lleva a siembra directa con el extremo agudo hacia abajo, se trasplanta en bolsa de 10x20 cm, el sustrato se prepara a razón 3:1 tierra por cascarilla de arroz, realizar riego a diario en etapa de germinación con jardinera o poma, hasta el momento en que la semilla germina, en condiciones de campo se establece entre los 25 a 30 cm (Mancera y Duque-Nivia, 2018).

5.4.9. Chocho

Ormosia colombiana Rudd – Familia Fabaceae

Nombres comunes: Peonía, cacho (Bernal *et al.*, 2012).

Distribución global: Endémica (Ruiz *et al.*, 2018).

Distribución altitudinal: 1.300 – 2.310 m (Ruiz *et al.*, 2018).

Principal uso de la especie: Modelo agroforestal con café.

Otros usos: Formador de suelos, combustible, maderable, medicinal, nitrificador, ornamental, regulador hídrico (Figura 46).

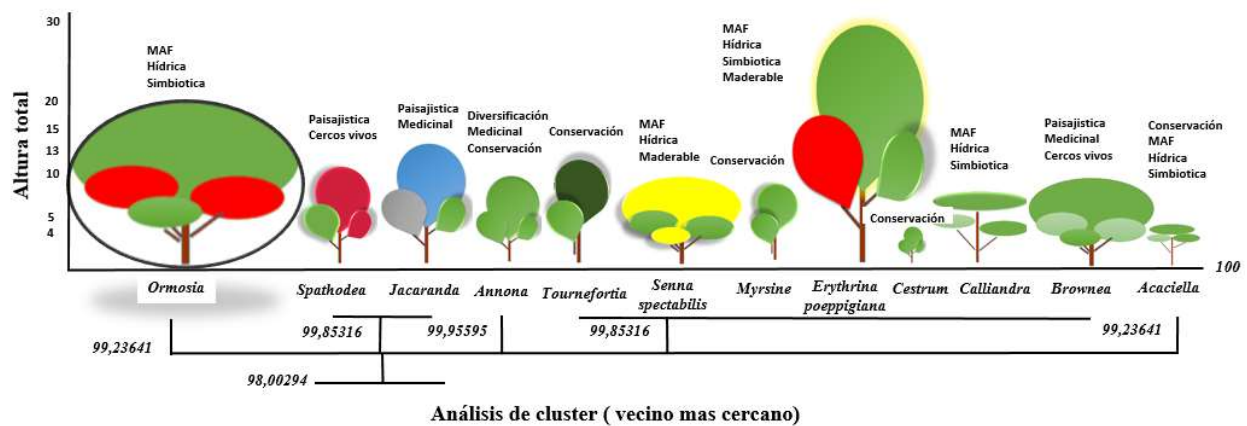


Figura 46. Análisis de cluster, similitud y usos del chocho (*Ormosia colombiana*) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Plan de manejo: Especie de crecimiento lento con buena distribución altitudinal en la caficultura colombiana, pero con menor frecuencia de aparición en campo que los chochos del género *Erythrina*. Para el diseño poblacional en manejo agroforestal con café se presentan las recomendaciones en la Tabla 17, no requiere del uso de fertilizante, se recomienda estricta poda de formación en las ramas bajas para conformar altura fustal de 6 metros (Figura 47), ideal para mitigar el estrés hídrico en suelos vulnerables (Figura 48), por su patrón foliar compuesto, permite alta interceptación de luz.

Tabla 17. Manejo y arreglo poblacional del chocho (*Ormosia colombiana*) con base a la pendiente.

<i>Ormosia colombiana</i>	Pendiente 100%	Pendiente 80%	Pendiente 60%	Pendiente 40%	Pendiente 20%
	Distancia entre planta	10	10	10	10
Distancia entre surco	26	30	36	52	104
Árboles por hectárea	38	33	28	19	10
Arreglo en triangulo por hectárea	44	38	32	22	11

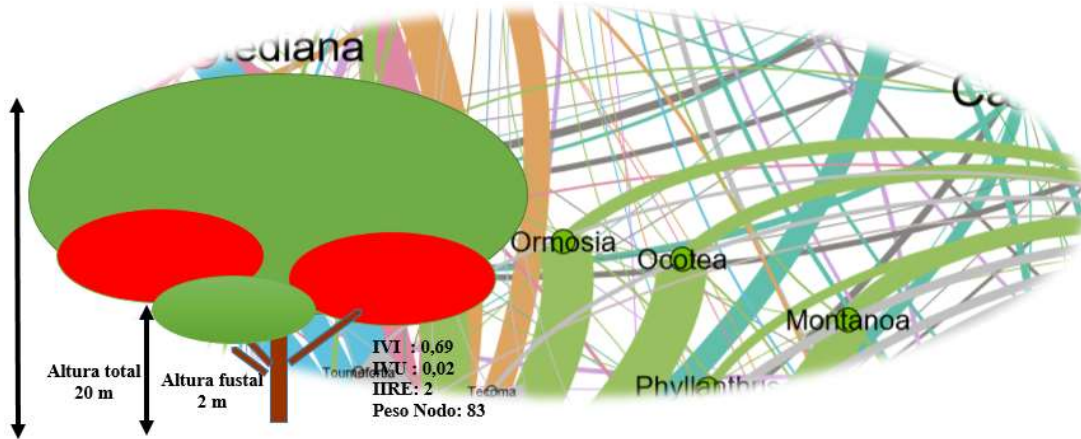


Figura 47. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del chocho (*Ormosia colombiana*).

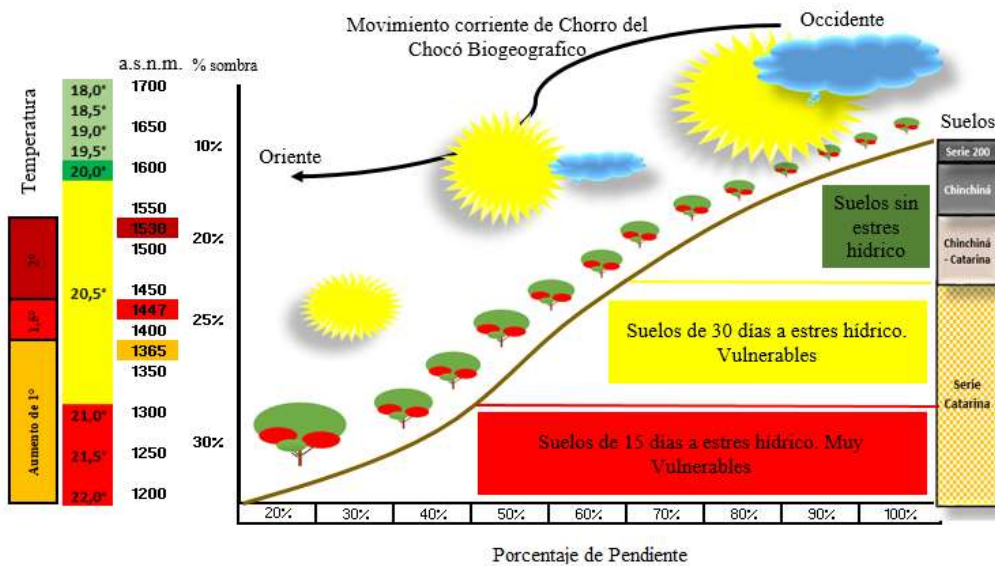


Figura 48. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con chocho (*Ormosia colombiana*) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Recomendación de semillero y tratamientos: Aplicar lija industrial al extremo contrario del embrión, posteriormente sumergir las semillas en agua al clima, cambiándola cada 12 horas hasta que la planta inicie el proceso de germinación el cual se manifiesta con una leve hinchazón de los cotiledones, siguiendo el protocolo de Mancera y Duque-Nivia (2018), se realiza la siembra en germinador inmediatamente con sustrato relación 2:1, tierra por arena lavada, cubrir con una capa delgada de 0,5 cm, proteger con polisombra del 85% e hidratar diariamente, hasta iniciar el proceso de germinación, trasplantar plántulas de 4 a 5 cm, en bolsas de 8x20 cm, en sustrato a razón 3:1 tierra por cascarilla de arroz, regar diariamente hasta alcanzar los 20 cm.

5.4.10. Vainillo

Senna spectabilis (DC.) H.S. Irwin & Barneby – Familia Fabaceae

Sinónimos: *Cassia amazonica* Ducke, *Cassia carnaval* Speg., *Cassia edulis* Posada-Ar., *Cassia excelsa* var. *acutifolia* Hassl., *Cassia humboldtiana* DC., *Cassia speciosa* Kunth, *Cassia spectabilis* DC., *Cassia totonaca* Sessé & Moc., *Cassia trinitatis* DC., *Pseudocassia spectabilis* (DC.) Britton & Rose

Nombres comunes: Velero, cañafistolo, cañafistol, cañafistola macho, cañafistula, cañafistula de caballo, cañafistula macho, cañafistulillo, cañafistulo, cañafistulo macho, alcaparro, beleño, candelillo, floramarillo, floramarillo montero, fruta de murciélago, galvis, matarratón, platico, toral, valero, velillo (Bernal *et al.*, 2012).

Distribución global: México a Argentina; Antillas (Mancera, 2018).

Distribución altitudinal: 160 – 1.800 m (Mancera, 2018).

Principal uso de la especie: Modelo agroforestal con café.

Otros usos: Formador de suelos, maderable, ornamental y forrajera (Figura 49).

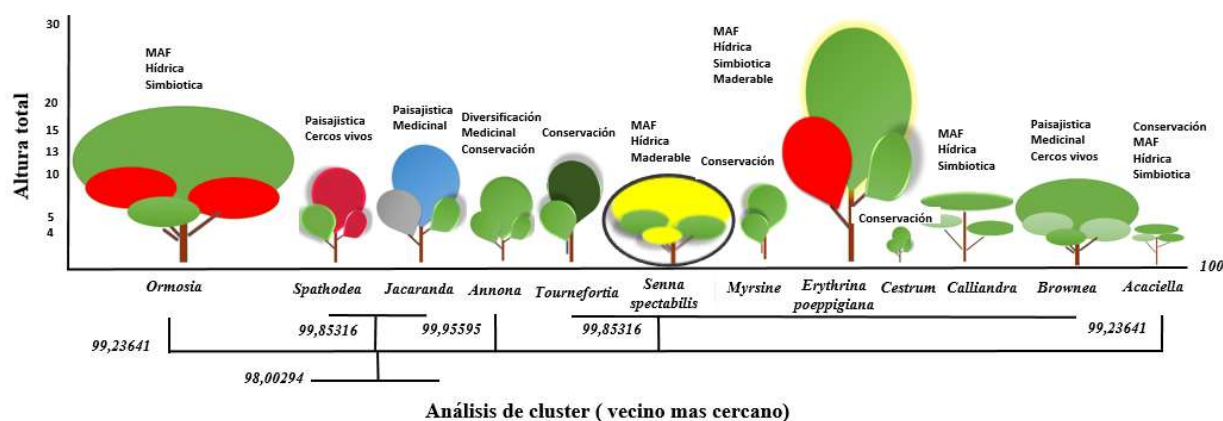


Figura 49. Análisis de cluster, similaridad y usos del vainillo (*Senna spectabilis*) en la flora arbórea asociada a cafetales en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Plan de manejo: Especie de rápido crecimiento con amplia distribución altitudinal, pero más implementada en caficultura de zona marginal alta sobre los 1.650 m. Para el diseño poblacional en manejo agroforestal con café se presentan las recomendaciones en la Tabla 18, no requiere del uso de fertilizante, ya que la altura fustal se conforma sobre los 2 metros (Figura 50), se recomienda estricta poda de formación en las ramas bajas al menos una vez al año, una vez finalizada la cosecha durante todo el ciclo de vida del cultivo de café, sumado a intervenciones de descope, despunte y desplumillada en el cultivo para garantizar la ruptura de la dominancia apical y por ende la floración del cultivo, ideal para mitigar el estrés hídrico en suelos vulnerables (Figura 51), por su patrón foliar compuesto, permite alta interceptación de luz.

Tabla 18. Manejo y arreglo poblacional del vainillo (*Senna spectabilis*) con base a la pendiente.

<i>Senna spectabilis</i>	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente	Pendiente
	100%	80%	60%	40%	20%
Distancia entre planta	6	6	6	6	6
Distancia entre surco	13	15	18	26	52
Árboles por hectárea	128	111	93	64	32
Arreglo en triangulo por hectárea	148	128	107	74	37

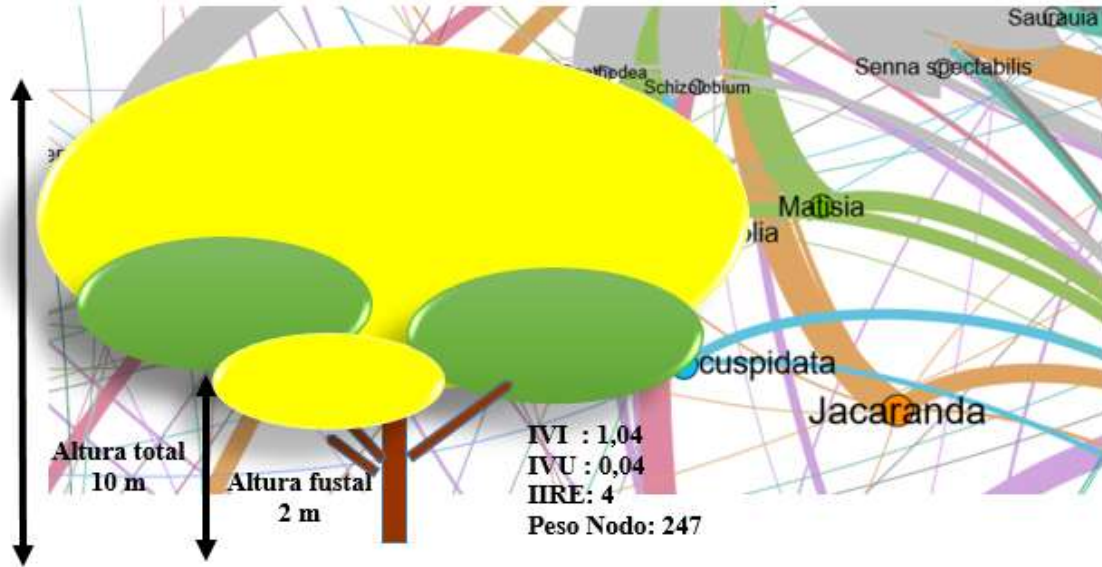


Figura 50. Estructura, composición, reconocimiento cultural y peso nodo del vainillo (*Senna spectabilis*).

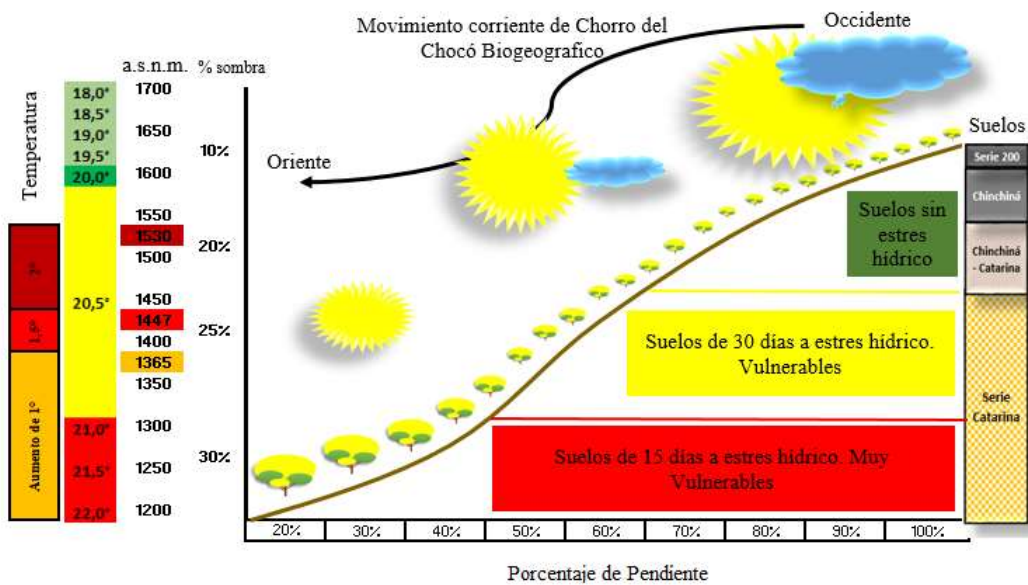


Figura 51. Factores que afectan plan de manejo de arreglos agroforestales de cafetales con vainillo (*Senna spectabilis*) en Apía, Santuario, La Celia y Balboa, Risaralda.

Recomendación de semillero y tratamientos: Remojar en agua fría 48 horas, con un cambio de agua a las 24 horas, siembra directa o germinador, se trasplanta en bolsa de 8x20 cm en sustrato razón 3:1 tierra por cascarilla de arroz, realizar remojo a diario en etapa de germinación con jardinera o poma, hasta el momento en que la semilla germina, se trasplanta a los 5 cm cuando las plántulas presentan al menos 2 pares de hojas verdaderas, sembrar inmediatamente en condiciones de campo una vez alcanza los 25 cm (Mancera y Duque-Nivia, 2018).

6. Conclusiones

- En el cultivo de café, los campesinos han desarrollado modelos agroecológicos que pueden mitigar la pérdida de recursos y la oferta ambiental, pues son las comunidades campesinas protagonistas en la transformación de su entorno (Montoya-Toledo, 2009). El concepto aquí desarrollado de las *Ciencias Ambientales* se basa en el sentido de Vitta *et al.*, (2002) donde se propone que muchos conceptos en agricultura no fueron generados científicamente si no a través de creencias y tradiciones basadas en observaciones espontáneas de las comunidades campesinas, éste conocimiento ejemplariza la naturaleza práctica de las cosas y encierra aspectos auténticamente teóricos (Agazzi *et al.*, 1986) similar a lo propuesto por Palacio-C. (2006) donde se propone que además de la “*gran narrativa*” se debe reconocer las “*formas locales de saber*” en contraste con la producción de saber científico, así como mediático.
- En este trabajo se presentan resultados producto de la construcción participativa con comunidades cafeteras de Apía, La Celia, Balboa y Santuario, en el Occidente de Risaralda. Donde a pesar de considerar los niveles de sombra innecesarios para el desarrollo de la producción cafetera, se han manifestado eventos climáticos extremos que ponen en riesgo el sistema productivo en esta región, esto por modificación del patrón espacial del cultivo del café en Colombia (Jaramillo, 2011; Ramírez-C. *et al.*, 2015).
- La especie con mayor éxito ecológico son *Cordia alliodora* (IVI 86.653), *Inga ornata* (IVI 46.323), *Cedrela odorata* (IVI 20.806), *Albizia carbonaria* (18,339) e *Inga spectabilis* (17,771).
- La distribución en clases de los parámetros, indica que la mayor acumulación de individuos se manifiesta en parámetros de menor altura total y DAP.
- Las pruebas de *Jaccard* indican agrupamientos dudosos y baja similaridad en agrosistemas dominados por pocos individuos con mayor peso ecológico.
- Según las topologías, a partir del elemento invasivo *Eucaliptus grandis* empieza a disminuir la similaridad.
- Seis especies mostraron valores superiores del IIRE al 20%. Estos resultados indican mayor predilección de árboles por la relación con el cultivo de café y sus servicios

ambientales. Y resalta la relación positiva entre los aspectos estructurales y los valores de uso.

- Las variables que mejor agrupan los géneros para implementar arreglos agroforestales con café, son: Simbiótico, Hídrico y Suelos. Que reúne los géneros *Inga*, *Calliandra* y *Senna* e Interceptación y Combustible. Que agrupa los géneros *Albizia*, *Cedrela*, *Senna*, *Ormosia* y *Erythrina*.
- Los resultados de peso nodo, cercanía, intermediación y excentricidad de los Guamos (*I. ornata*, *I. cf. oerstediana*, *I. spectabilis*), Cedro Rosado (*C. odorata*) y Carbonero, Piñón o Pisquín (*A. carbonaria*). Indican el grado de apropiación cultural por los servicios ambientales en el agrosistema como ha sido propuesto en Uganda por Sanginga *et al.*, (2007). En el agrosistema cafetero, estos resultados implican modelos de adaptación a la pérdida de biodiversidad, cultural y oferta ambiental (Klein *et al.*, 2002).
- En el modelo de redes por usos, se ha podido identificar distintos patrones agroforestales funcionales con café que posibilitan distintas apropiaciones del entorno y son definidas así:
 1. Nodos simbiótico, Hídrico, Suelos e Interceptación. Dominado por *Albizia*, *Calliandra*, *Erythrina*, *Inga*, *Ormosia* y *Senna*.
 2. Nodo Maderable. Dominado por *Cedrela odorata*.
 3. Nodo cultural. Dominado por *Cordia alliodora*.
 4. Nodo ornamental. Dominado por *Handroanthus chrysanthus*.
 5. Nodo de recambio agrícola por presión climática. Dominado por *Persea americana* y *Theobroma cacao*
- Un sistema agroforestal con café a partir de *C. alliodora* es un factor de riesgo para la productividad cafetera. Esto por acercar el cultivo al punto de marchitez. Así mismo, por su competencia por macronutrientes en arreglos agroforestales (Bergmann *et al.*, 1994). Por lo que su inclusión en arreglos agroforestales con café es conflictiva.
- Los modelos agroforestales expuestos aquí son de persistencia y adaptación tecnológica a las condiciones de topografía, suelos, plagas, enfermedades emergentes y variabilidad climática (Jaramillo, 2011). No obstante se plantea, que el grado de apropiación cultural de las comunidades cafeteras por su entorno a través de las formas locales de saber no se ha involucrado y por medio del avance técnico clásico como herramienta mediática, los

caficultores han sido víctimas de la implementación de modelos productivos sin medir las consecuencias climáticas de mediano plazo. Esto por desconocer todo su acervo cultural.

- La altura sobre el nivel del mar es un factor decisivo para la implementación de arreglos agroforestales con café, ya que el mismo además de mitigar el estrés hídrico puede disminuir el ataque de la broca del café al disminuir los grados día en el desarrollo del insecto mediante la disminución de la temperatura.
- Bajo los 1.500 metros en la zona de estudio se presentan las siguientes condiciones que propician el desarrollo de arreglos agroforestales con café (Figura 20): 1) Suelos de las series Catarina poco meteorizados. 2) Presencia de la corriente de chorro del Choco, que causa estrés de la lamina foliar Y 3) Pendientes superiores al 40%.
- La guía para el desarrollo de arreglos agroforestales en el Occidente de Risaralda. Integra 10 especies.
- El sistema de redes etnoecológicas por localidades presenta nodos típicos de la Vertiente Oriental de la Cordillera Occidental Colombiana entre las series Catarina con influencia de la Corriente de Chorro del Choco biogeográfico.
- El análisis de redes, indica adaptación social a los nuevos parámetros de rangos óptimos altitudinales para el desarrollo de la caficultura
- Los modelos agroforestales son una decisión de resiliencia ambiental a través de modelos ecológicos sociales de adaptación climática.
- A pesar del bajo flujo genético en general. Se manifiestan localidades con cercanías conflictivas, pero que manifiestan una biodiversidad florística local, con gran potencial para la promoción e incorporación de programas agroforestales y construcción de corredores agroecológicos. Lo cual se podría desarrollar a partir de viveros participativos comunitarios de tipo transitorio o permanente (Mancera y Duque-Nivia, 2018) para el cultivo de árboles, bambúes, musaseas y arbustos nativos con los siguientes propósitos:
1) Enriquecimiento de sistemas agroforestales. 2) Protección de cuencas. 3) Restauración de suelos. 4) Cercos vivos. 5) Arreglos silvopastoriles. Y 5) Embellecimiento paisajístico.

BIBLIOGRAFÍA

- Agazzi, E., Artigas, M. y Radnitzky, G. (1986). La fiabilidad de la ciencia. *Investigación y Ciencia*: 122. 66-74.
- Albertin, A. & Nair, P. (2004). Farmers' perspectives on the role of shade trees in coffee production systems: an assessment from the Nicoya Peninsula, Costa Rica. *Human Ecology*, 32(1): 443-463.
- Allinne, C., Savary, S. & Avelino, J. (2016). Delicate balance between pest and disease injuries, yield performance, and other ecosystem services in the complex coffee-based systems of Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 222(1): 1-12.
- Álvarez-M., L.M., Sanín, D., Álzate-Q., N.F., Castaño-R., N., Mancera J.C. y González-O., G. (2007). *Plantas de la región Centro - Sur de Caldas - Colombia*. Universidad de Caldas, Cuadernos de Investigación, Colección Ciencias Agropecuarias N°28. Editorial Universidad de Caldas, Manizales. 526 p.
- Alvear, M., Betancur, J. y Franco-Roselli, P. (2010). Diversidad florística y estructura de remanentes de bosque andino en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural los Nevados, Cordillera Central Colombiana. *Caldasia*, 32(1): 39-63.
- Anglaaere, L.C.N., Cobbina, J., Sinclair, F.L. & McDonald, M.A. (2011). The effect of land use systems on tree diversity: farmer preference and species composition of cocoa-based agroecosystems in Ghana. *Agroforest Syst.*, 81, 249–265.
- Bak, P., Tang, C. & Wiesenfeld, K. (1988). Self-organized criticality. *Physical Review*, 38(1): 364-374.
- Balaba-Tumwebaze, S. & Byakagaba, P. (2016). Soil organic carbon stocks under coffee agroforestry systems and coffee monoculture in Uganda. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 216(1): 188-193.
- Bastian, M., Heymann, S. & Jacomy, M. (2009). *Gephi : An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks*. Presentado en Third International ICWSM Conference, San Jose,

California: Association for the Advancement of Artificial Intelligence. Recuperado a partir de gephi.org

Beenhouwer, M.D., Geeraert, L., Mertens, J., Van Geel, M., Aerts, R., Vanderhaegen, K. & Honnay, O. (2016). Biodiversity and carbon storage co-benefits of coffee agroforestry across a gradient of increasing management intensity in the SW Ethiopian highlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 222(1): 193-199.

Bellows, T.S. & Fisher, T.W. (1999). *Handbook of biological control: Principles and applications of biological control*. Academic Press, San Diego, CA. 1046 p.

Bergmann, C., M. Stuhmann, M. & W. Zech. (1994). Site factors, foliar nutrient levels and growth of *Cordia alliodora* plantations in the humid lowlands of Northern Costa Rica. *Plant and Soil*, 166(1): 193-202.

Bernal, R. (2018-12-21). *Cedrela montana* Turcz. En: Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Bernal, R. (2018-12-21). *Cedrela odorata* L. En: Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Bernal, R., G. Galeano, A. Rodríguez, H. Sarmiento y M. Gutiérrez. (2012). *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. www.biovirtual.unal.edu.co

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. y Gutiérrez, M. (2012). Cámbulo (*Erythrina poeppigiana*) En: *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/nombrescomunes/detalle/ncientifico/13964/

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. y Gutiérrez, M. (2012). Carbonero (*Albizia carbonaria*). En: *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/nombrescomunes/detalle/ncientifico/16178/

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. y Gutiérrez, M. (2012). Carbonero (*Calliandra pittieri*). En: *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/nombrescomunes/detalle/ncientifico/16238/

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. y Gutiérrez, M. (2012). Cedro de montaña (*Cedrela montana*). En: *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/nombrescomunes/detalle/ncientifico/23397/

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. y Gutiérrez, M. (2012). Cedro rosado (*Cedrela odorata*). En: *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/nombrescomunes/detalle/ncientifico/23424/

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. y Gutiérrez, M. (2012). Chocho (*Ormosia colombiana*). En: *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/nombrescomunes/detalle/ncientifico/14344/

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. y Gutiérrez, M. (2012). Guamo hojiancho (*Inga oerstediana*). En: *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/nombrescomunes/detalle/ncientifico/16483/

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. y Gutiérrez, M. (2012). Guamo macheto (*Inga spectabilis*). En: *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/nombrescomunes/detalle/ncientifico/16624/

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. y Gutiérrez, M. (2012). Guamo santafereño (*Inga ornata*). En: *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/nombrescomunes/detalle/ncientifico/16486/

Bernal, R., Galeano, G., Rodríguez, A., Sarmiento, H. y Gutiérrez, M. (2012). Vainillo (*Senna spectabilis*). En: *Nombres Comunes de las Plantas de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

www.biovirtual.unal.edu.co/nombrescomunes/nombrescomunes/detalle/ncientifico/13429/

Bernal, R., Gradstein S.R. & M. Celis (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

<http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Blanco-Sepúlveda, R. & Aguilar-Carrillo, A. (2015). Soil erosion and erosion thresholds in an agroforestry system of coffee (*Coffea arabica*) and mixed shade trees (*Inga* spp and *Musa* spp) in Northern Nicaragua. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 210 (1): 25–35.

Bremer, B., Bremer, K., Chase, M.W., Fay, M.F., Reveal, J.L., Soltis, D.E.; Soltis, P.S. & Stevens, P.F. (2009). *An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III*. Bot. J. Linn. Soc. 161: 105-121.

Boreux, V., Kushalappa, C.G., Vaast, P. & Ghazoul, J. (2013). Interactive effects among ecosystem services and management practices on crop production: Pollination in coffee agroforestry systems. *PNAS*, 110(21): 8387-8392.

Cárdenas, D., Marín-Corba, C.A., Suárez, S. Guerrero, C. y Nofuya. P. (2002). Inventario de plantas útiles en el departamento del Putumayo. En: Cárdenas, D., Marín-Corba, C.A., Suárez, S. Guerrero, S. y Nofuya, (eds.), *Plantas Útiles en Dos Comunidades del Departamento de Putumayo*. Págs. 16-22. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. Ministerio del Medio Ambiente. Instituto Colombiano Para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas, Colciencias. Bogotá, D.C., Colombia.

Córdoba-Cárdenas, S.L., Guzmán-Castañeda, J.R., Pérez-Martínez, B.A., Zúñiga-Upegui, P.T. y Pacheco-Salamanca, R.A. (2010). *Propagación de especies nativas de la región andina*. Jardín Botánico José Celestino Mutis. Alcaldía Mayor de Bogotá. Bogotá, D.C. Colombia. 238 p.

Duarte-Silveira, N. (2005). *Sostenibilidad socioeconómica y ecológica de sistemas agroforestales con café (Coffea arabica) en la microcuenca del Río Sesesmiles, Copán, Honduras* (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

- Duque, M., Gómez, C.M., Cabrera, J.A. & Guzmán, J.D. (2018). Important medicinal plants from traditional ecological knowledge: the case La Rosita community of Puerto Colombia (Atlántico, Colombia). *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*, 17(4): 324 – 341.
- Farfán-Valencia., F., Arias-H., J.J. y Riaño-H., N.M. (2003). Desarrollo de una metodología para medir sombrero en sistemas agroforestales con café. *Cenicafé*, 54(1): 24-34.
- Farfán-Valencia, F. y J.B. Urrego. (2004). Comportamiento de las especies forestales *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus* como sombrero e influencia en la productividad del café. *Cenicafé* 55(4): 317-329.
- Farfán-Valencia, F. (2014). Mantenimiento del componente arbóreo en sistemas agroforestales con café. *Avances Técnicos de Cenicafé* N°440: 1-8
- Farfán-Valencia, F. (2016). Sistemas agroforestales para establecer en la finca cafetera. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 474: 1-8.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Estadísticas históricas [bases de datos en línea]. [consultado 11 de octubre de 2016]. Disponible en <www.federaciondecafeteros.org>.
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Estadísticas históricas [bases de datos en línea]. [consultado 14 de enero de 2018]. Disponible en <www.federaciondecafeteros.org>.
- Forero, E. y Romero. C. (2009). Sinopsis de la Subfamilia Mimosoideae (Leguminosae) para Colombia. In Forero, E. & C. Romero (eds.). *Estudios en Leguminosas Colombianas II*. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.
- Franco-Roselli, P., Betancur, J. y Fernández-A., J.L. (1997). Diversidad florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia. *Caldasia*, 19(1-2): 205-234.
- Galeano, G. (2001). Estructura, riqueza y composición de plantas leñosas en el Golfo de Tribugá, Chocó, Colombia. *Caldasia*, 23(1): 213-236.
- Galindo-T., Betancur, J. y Cadena, J.J. (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del Santuario de Flora y Fauna Guanentá-Alto Río Fonce, Cordillera Oriental colombiana. *Caldasia*, 25(2): 313-335.

Gentry, A.H. (1992). A synopsis of Bignoniaceae ethnobotany and economic botany. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 79(1): 53-64.

Gentry, A.H. (1993). *A field guide to the families and genera of woody plants of northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes on herbaceous taxa*. Conservation International, Washington, D.C. 895 p.

Giraldo-Gallego, L.F., Mejía-Peláez, S. y Cogollo-Pacheco, A. 2000. *Identificación, distribución, descripción y estudios sobre la reproducción de algunas especies de helechos arbóreos presentes en seis localidades del departamento de Antioquia: Informe final*. Jardín Botánico Joaquín Antonio Uribe. Corantioquia. 130 p.

Gómez-G., L, Caballero-R. A. & Baldión-R. J.V. (1991). *Ecotopos Cafeteros*. Cenicafé – Agroclimatología División de Desarrollo Social. Santa Fe de Bogotá D.C. 138 p.

González-Acevedo, A. (2015). *Valoración de la sustentabilidad de los policultivos cafeteros del Centro Occidente y Sur Occidente Colombiano* (Tesis de doctorado). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Ciencias Ambientales. Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales. Pereira, Colombia.

González, J.J., Etter, A.A., Sarmiento, A.H., Orrego, S.A., Ramírez, C., Cabrera, E., Vargas, D., Galindo, G., García, M.C. y Ordoñez, M.F. (2011). *Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 64 p.

Haggar, J., Ayala, A., Díaz, B. & Reyes, C.U.C. (2001). Participatory design of agroforestry systems: developing farmer participatory research methods in Mexico. *Development in Practice*, 1(4): 417-424.

Hecht, S.B., Rosa, H. & Kandel, S. (2002). *Globalization, Forest Resurgence and Environmental Politics in El Salvador*. Prisma, Miami.

Hecht, S.B. & Saatchi, S.S. (2007). Globalization and Forest Resurgence: Changes in Forest Cover in El Salvador. *BioScience*, 57(8): 663-672.

Hecht, S.B. (2014). Forests lost and found in tropical Latin America: the woodland ‘green revolution’. *The Journal of Peasant Studies*, 41(5): 877-909.

Hernández-Arredondo, J.D. 2014. *Crecimiento y producción de naranja cv. Valencia Citrus sinensis (L.) Osbeck, como respuesta a la aplicación de correctivos y fertilizante* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agrarias, Maestría en Ciencias Agrarias. Departamento de Ciencias Agronómicas Medellín, Colombia. 79p.

Herzog de Muner, L. (2012). *Sostenibilidad de la Caficultura Árabe en el Ámbito de la agricultura familiar en el Estado de Espirito Santo - Brasil* (Tesis de doctorado). Universidad de Córdoba, Programa de Doctorado en Recursos Naturales y Sostenibilidad, Córdoba, España.

Hijmans, R.J., Guarino, L., Bussink, C., Mathur, P., Cruz, M., Barrantes, I. & Rojas, E. (2004). *DIVA-GIS Versión 4 Sistema de Información Geográfica para el Análisis de Datos de Distribución de Especies*. LizardTech, Inc., y son copyright © 1995-1998, LizardTech, Inc.; y/o de University of California, Patent U.S. No. 5,710,835. Todos los derechos reservados. 91 p.

Idol, T., Haggard, J. & Cox, L. (2011). Ecosystem Services from Smallholder Forestry and Agroforestry in the Tropics. In. Campbell, W.B. & Lopez-Ortiz, S. (edi). *Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Examples from the Field*. (pp 209-270). Springer, Dordrecht.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt [boletín en línea]. [Consultado 1 de octubre de 2018]. Disponible en <www.humboldt.org.co>.

ISA. (2001). *Modelo para evaluar prioridades de conservación de la biodiversidad en planes de manejo de proyectos de transmisión*. Equipo de Estudios Ambientales. Interconexión Eléctrica S.A., ISA. Medellín, Colombia. Inédito.

Jacomy, M., Venturini, T., Heymann, S. & Bastian, M. (2014). ForceAtlas2, a Continuous Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization Designed for the Gephi Software. *PLoS ONE*, 9(6): e98679.

Jaramillo-Robledo, A. y Arcila-Pulgarín, J. (2009). Variabilidad climática en la zona cafetera colombiana asociada al evento del niño y su efecto en la caficultura. *Avances Técnicos Cenicafe* No. 390: 1-8.

- Jaramillo, J., Chabi-Olaye, A., Kamonjo, C., Jaramillo, A., Vega, F.E., Poehling, H.M. & Borgemeister, C. (2009). Thermal Tolerance of the Coffee Berry Borer *Hypothenemus hampei*: Predictions of Climate Change Impact on a Tropical Insect Pest. *Plos One*, 4 (8): 1-11.
- Jaramillo, J. (2011). *Cambio climático y broca del café: Del Reduccionismo a la Integración*. Presentación para African Insect Science for Food and Health (Icipe) y Leibniz Universitat Hannover. 37 p.
- Jha, S. & Vandermeer, J.H. (2010). Impacts of coffee agroforestry management on tropical bee communities. *Biological Conservation*, 143(1): 1423–1431.
- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforest Syst.* 76: 1–10.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I., Buchori, D. & Tschardtke, T. (2002). Effects of Land-Use Intensity in Tropical Agroforestry Systems on Coffee Flower-Visiting and Trap-Nesting Bees and Wasps. *Conservation Biology*, 16(4): 1003-114.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I. & Tschardtke, T. (2003). Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Journal of Applied Ecology*, 40: 837–845.
- Kinoshita, R., Roupsard, O., Chevallier, T., Albrecht, A., Taugourdeau, S., Ahmed, Z. & Es, H. (2016). Large top soil organic carbon variability is controlled by Andisol properties and effectively assessed by VNIR spectroscopy in a coffee agroforestry system of Costa Rica. *Geoderma*, 262(1): 254–265.
- Li, X. (2015). Impacts of Business Strategies on Coffee Production and the Environment. *International Journal of Environmental Science and Development*, 6(5): 405-408.
- López-Gómez, A.M. (2004). *Los cafetales de sombra como reservorio de la biodiversidad de plantas leñosas del bosque mesófilo de montaña del centro de Veracruz* (Tesis de maestría). Instituto de Ecología, A.C., Maestría en Ciencias en Ecología y Manejo de Recursos Naturales, Xalapa, México.
- Maestre, F.T. (2006). Análisis y modelización de datos espacialmente explícitos en Ecología. *Ecosistemas*, 15(3): 1-6.

Mancera, J.C., Rivera-Valencia, J.A., Arenas-Soto, J.A., Bedoya-Valencia, J.C., Peña-Hernández, S.M., Acevedo-Marín, C.L., Benjumea-Estrada, N.M., Espinosa-Lotero, D.A., Gallego-Florez, I.A., Giraldo-Bedoya, E., Giraldo-Bedoya, Y., Grajales-Benjumea, C.A., Montoya-Galeano, D.M., Montoya-Galeano, D.A., Pallares-Grajales, D.E., Pineda-Avendaño, W.F., Pineda-Grajales, C.C., Rendón-Arango, M., Robledo-Restrepo, J.D., Sánchez-Arcila, J.D. y Zapata-Moncada, M.V. (2013). Árboles asociados a cultivos de café en Apía, Risaralda-Colombia. *Invest. Unisarc*, 11(1-2): 14-22.

Mancera, J.C. y Duque-Nivia, A. (eds.). (2018). *Aspectos Ecológicos y Guías de Propagación. 20 Árboles nativos en el sur del Tolima – Colombia*. Starbucks Farmer Support Center – USAID. Hirender S.A. 99 p.

Mancera, J.C. (2018-12-21). *Senna spectabilis* (DC.) H.S.Irwin & Barneby. En: Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
<http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Mc Alece, N. (1997). *Biodiversity Professional Beta 2.0*. The Natural History Museum & the Scottish Association for Marine Science.

Meylan, L., Merot, A., Gary, C. & Rapidel, B. (2013). Combining a typology and a conceptual model of cropping system to explore the diversity of relationships between ecosystem services: The case of erosion control in coffee-based agroforestry systems in Costa Rica. *Agricultural Systems*, 118(1): 52–64.

Miranda-Londoño, J., Gómez, L.F., Celis-Perdomo, J.A., Millán-Castillo, J.A.; Mamian, L.C., VarelaHernández, H., Villota-Castillo, B.E, Forero-Guevara, J.E.; Vidal, L., Vargas, H.N., Galán-Sarmiento, F.A., Rodríguez, M., Fernández-Linares, Y., Sarria-Cortes, A.J., Bravo-Baeza, N.I., Narváez, P.P., Ayala, J.M., Villada-Hernández, S.N. y Zuñiga, J.E. (2014). *Resultados del fortalecimiento de parcelas productivas e inventario florístico realizados en la parte media de la cuenca Anchicayá, zona de influencia del PNN Farallones*. Fundación EPSA, Unidad de Parques Nacionales - Parque Nacional Natural Farallones y Patrimonio Natural Fondo para la Biodiversidad y las Áreas Protegidas. 15 p.

- Moguel, P., & Toledo, V. (1999). Biodiversity conservation in traditional coffee systems in Mexico. *Conservation Biology*, 13: 11-21.
- Montoya-Toledo, J.N. (2009). *Diagnostico participativo de los procesos de deforestación en dos comunidades de la Sierra Madre Oriental del estado de San Luis Potosí* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Programa multidisciplinario de posgrado en ciencias ambientales, San Luis Potosí, México.
- Mori, S.A., Boom, B., Catvalho, A.M. & Dos Santos, T.S. (1983). Ecological importance of Myrtaceae in an eastern Brazilian wet forest. *Biotropica*, 15(1): 68-70.
- Munroe, J.W., Soto, G., Virginio-Filho, E. de M., Fulthorpe, R. & Isaac, M.E. (2015). Soil microbial and nutrient properties in the rhizosphere of coffee under agroforestry management. *Applied Soil Ecology*, 93(1): 40-46.
- Negash, M. & Kanninen, M. (2015). Modeling biomass and soil carbon sequestration of indigenous agroforestry systems using CO2FIX approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 203(1): 147-155.
- Nojonen, M.R.A., Healey, J.R., Soto, G. & Haggar, J.P. (2013). Sink or source – The potential of coffee agroforestry systems to sequester atmospheric CO₂ into soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 175(1): 60-68.
- Nonato de Souza, H., Goede, R., Brussaard, L., Cardoso, I.M., Duarte, E.M.G., Fernandes, R.B.A, Gomes, L.C. & Pulleman, M.M. (2012). Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 146 (1): 179– 196.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Informes [bases de datos en línea]. [consultado 1 de noviembre de 2018]. Disponible en <www.fao.org>.
- Palacio-C., G.A. (2006). Breve guía de introducción a la Ecología Política (Ecopol): Orígenes, inspiradores, aportes y temas de actualidad. *Gestión y Ambiente*, 9(3): 143-156.
- Palacios, J.C., Ramos, Y.A., Mosquera, A.K., Castro, F., García, F., Arroyo, J.E. y Cogollo, A. (2003). Estructura de un bosque pluvial tropical (bp-T) en Salero, Unión Panamericana, Chocó. En: García, F., Y.A. Ramos, J.C. Palacios, J.E. Arroyo, A. Mena & M. González (eds.) *Salero Diversidad Biológica de un Bosque Pluvial Tropical* (bp-T). Págs.: 45-62.

- Peña-Q. A.J., Ramírez-B. V.H., Valencia-A. J.A. y Jaramillo-R. A. (2012). La lluvia como factor de amenaza para el cultivo del café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé* No. 415: 1-8.
- Peña-Q. A.J., Ramírez-C., C., Bermúdez-F., N & Riaño-H., N.M. (2016). Rainfall Patterns Associated with the Oceanic Niño Index in the Colombian Coffee Zone. *Journal of Agricultural Science* (8): 56-63.
- Perfecto, I., Vandermeer, J. Mas, A. & Soto-Pinto, L. (2005). Biodiversity, yield, and shade coffee certification. *Ecological Economics*, 54: 435-446.
- Perfecto, I. & Vandermeer, J. (2008). Spatial Pattern and Ecological Process in the Coffee Agroforestry System. *Ecology*, 89(4): 915-920.
- Phillips, O. & Gentry, A. (1993). The useful plants of Tambopata, Perú: I. Statistical Hypotheses Test with a New Quantitative Technique. *Econ. Bot.*, 47: 15-32.
- Pielou, E.C. (1984). *The interpretation of Ecological Data*. Wiley, New York. 263 p.
- Ramírez-Arias, S. y Saldarriaga-Ramírez, C. (2013). Usos y abusos del paisaje cultural cafetero: Una reflexión desde el concepto del patrimonio. *Jangwa Pana*, 12(1): 115-128.
- Ramírez-Builes, V.H. (2014). Vulnerabilidad de algunos suelos de la zona cafetera colombiana al déficit hídrico. *Avances Técnicos de Cenicafé* N°449: 1-8.
- Ramírez-C., C., Daza-G., J. y Peña-Q. A.J. (2015). Tendencia anual de los grados día cafeto y los grados día broca en la región andina ecuatorial de Colombia. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 16 (1): 51-63.
- Rangel, J.O. y Velásquez. A. (1997). *Métodos de estudio de la vegetación*. En: Rangel, J.O., Lowy, P.D. y Aguilar, M. (eds.), Colombia Diversidad Biótica II, Tipos de vegetación en Colombia. Págs. 5988. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Rice, R.A. (1999). A Place Unbecoming: The Coffee Farm of Northern Latin America. *Geographical Review*, 89(4): 554-579.
- Rodríguez-Herrera, D.M., Duque-Nivea, A. y Carranza-Quiceno, J.A. (2008). El patrimonial cultural del paisaje cultural cafetero en Risaralda (Colombia). En. Osorio-Velásquez, J.E. y

Acevedo-Tarzanona (edi). *Paisaje Cultural Cafetero Risaralda Colombia*. (pp. 209-229). Universidad Católica Popular de Risaralda, Pereira.

Rodríguez-Herrera, D.M. y Duque-Nivea, A. (2009). El paisaje cultural cafetero: reflexiones desde la diversidad agrícola y las percepciones históricas de la naturaleza y la cultura. En: López, C.E. y Hernández, U. (edi). *Diálogos entre saberes, ciencias e ideologías en torno a lo ambiental*. (121-128). Publiprint, Pereira.

Rodríguez-Herrera, D.M. y Osorio-Velásquez, J.E. (2008). Sistema patrimonial paisaje cultural cafetero: Modelo cartográfico para la delimitación de la zona principal y buffer. En: Osorio-Velásquez, J.E. y Acevedo-Tarzanona (edi). *Paisaje Cultural Cafetero Risaralda Colombia*. (23-68). Universidad Católica Popular de Risaralda, Pereira.

Romero, C. (2018-12-21). *Albizia carbonaria* Britton. En: Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Romero, C. (2018-12-21). *Calliandra pittieri* Standl. En: Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Romero, C. (2018-12-21). *Inga oerstediana* Benth. En: Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Romero, C. (2018-12-21). *Inga ornata* Kunth. En: Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Romero, C. (2018-12-21). *Inga spectabilis* (Vahl) Willd. En: Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>

Rubiano, D.J. y Guerra, G. (2014). *Incorporando biodiversidad en el Valle del Cauca. Diseño y establecimiento de herramienta de manejo del paisaje*. FNC, GEF, CVC. Cali.43 p.

- Ruiz, L.K., Gradstein, S.R. & Bernal, R. (2018-12-21). *Erythrina poeppigiana* (Walp.) O.F.Cook. En: Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Ruiz, L.K., Gradstein, S.R. & Bernal, R. (2018-12-21). *Ormosia colombiana* Rudd. En: Bernal, R., Gradstein, S.R. & Celis, M. (eds.). (2015). *Catálogo de plantas y líquenes de Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. <http://catalogoplantasdecolombia.unal.edu.co>
- Sánchez, M., Duivenvoorden, J.F., Duque, A., Miraña, P. & Cavelier, J. (2015). A Stem-based Ethnobotanical Quantification of Potential Rain Forest Use by Mirañas in NW Amazonia. *Ethnobotany Research & Applications*, 3:215-229.
- Sanchez-Clavijo, L.M., Duran, S.M., Velez, J.G., García, R. y Botero, J.E. (2008). Estudios regionales de biodiversidad en las zonas cafeteras de Colombia. *Avances Técnicos Cenicafe* No. 378: 1-8. A Stem-based Ethnobotanical Quantification of Potential Rain Forest Use by Mirañas in NW Amazonia. *Ethnobotany Research & Applications*, 3(1):215-229.
- Sanchez-Clavijo, L.M., Botero, J.E., Velez, J.G. Duran, S.M. y García, R. (2009). Estudios de la biodiversidad en paisajes cafeteros de El Cairo, Valle del Cauca. *Boletín Técnico* No. 34. 65 p.
- Sanguinga, P.C., Kamugisha, R.N. y Martin, A.M. (2007). Conflicts management, social capital and adoption of agroforestry technologies: empirical findings from the highlands of southwestern Uganda. *Agroforestry Systems*, 69(1): 67-76.
- Scarpa, G.F. y Rosso, C.N. (2018). Etnobotánica histórica de grupos crillos de Argentina III: Identificación taxonómica y análisis de datos no-medicinales del Chaco húmedo provenientes de la encuesta nacional de folklore de 1921. *Bonplandia*, 27(1): 31-57.
- Thomazini, A., Mendonça, E.S. Cardoso, I.M. & Garbin, M.L. (2015). SOC dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rainforest of Brazil. *Geoderma, Regional* 5(1): 15-24.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Bhagwat, S.A., Buchori, D., Faust, H., Hertel, D., Holscher, D., Juhrendt, J., Kessler, M., Perfecto, I., Scherber, C., Schroth, G., Veldkamp, E. & Wanger, T.C.

(2011). Multifunctional shade-tree management in tropical agroforestry landscapes – a review. *Journal of Applied Ecology*, 48: 619–629.

Useche-Rodríguez, D.C. (2006). *Diseño de redes ecológicas de conectividad para la conservación y restauración del paisaje en Nicaragua, Centroamérica* (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Valencia, V., Garcia-Barrios, L., West, P., Sterling, E.J. & Naeem, S. (2014). The role of coffee agroforestry in the conservation of tree diversity and community composition of native forests in a Biosphere Reserve. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 189(1): 154-163.

Valencia, V., Naeem, S., García-Barrios, L., West, P. & Sterling, E.J. (2016). Conservation of tree species of late succession and conservation concern in coffee agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 219(1): 32-41.

Van Bael, S.A., Philpott, S.M., Greenberg, R., Bichier, P., Barber, N.A., Mooney, K.A. & Gruner, D.S. (2008). Birds as predators in tropical agroforestry. *Ecology*, 89(4): 928-934.

Vega-Jativa, M.M. (2005). *Planificación agroforestal participativa para el enriquecimiento de fincas cacaoteras orgánicas con especies leñosas perennes útiles, Alto Beni, Bolivia* (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Valois-Cuesta, H. (2012). *Diversidad y patrones de uso de palmas en la cuenca media del Río Atrato, Chocó-Colombia* (Tesis de maestría). Instituto Universitario en Gestión Forestal Sostenible UvaINIA, Maestría en Conservación y Uso Sostenible de Sistemas Forestales, Universidad de Valladolid, España.

Vargas, W.G. (2002). *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes Centrales*. Universidad de Caldas, Cuadernos de Investigación, Colección Ciencias Agropecuarias. Editorial Universidad de Caldas, Manizales. 814 p.

Vega-Jativa, M.M. (2005). *Planificación agroforestal participativa para el enriquecimiento de fincas cacaoteras orgánicas con especies leñosas perennes útiles, Alto Beni, Bolivia* (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

Venables, W.N., Smith, D. M. & the R Core Team. (2016). *An Introduction to R: Notes on R: A Programming Environment for Data Analysis and Graphics*. Version 3.3.0 (2016-05-03). 105p.

Vitta, J.I., Tuesca, D.H., Puricelli, E.C., Nisensohn, L.A. y Faccini, D.E. (2002). El empleo de la información ecológica en el manejo de malezas. *Ecología Austral* 12: 83-87.

Watson, K. & Achinelli, M.L. (2008). Context and Contingency: The Coffee Crisis for Conventional Small-Scale Coffee Farmers in Brazil. *The Geographical Journal*, 174:(3): 223-234.

Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social network analysis: Methods and applications* (Vol. 8). Cambridge university press.