



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO

Maestría en Práctica de Conservación de la Biodiversidad

Informe final del Trabajo de Graduación

**La conectividad funcional y los servicios ecosistémicos proporcionados por abejas en los
agropaisajes del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica**

Trabajo de Graduación sometido a consideración de la División de la Escuela de Posgrado como
requisito para optar el grado de

MÁSTER

en Práctica de la Conservación de la Biodiversidad

Bruna Luiza Amante

Turrialba, Costa Rica

2020

Este trabajo de graduación ha sido aceptado en su presente forma por la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobado por el Comité Asesor de la estudiante, como requisito para optar por el grado de

Máster en Práctica de Conservación de la Biodiversidad

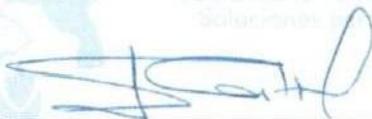
FIRMANTES:



Laurène Feintrenie, Ph.D.
Codirectora del Trabajo de Graduación



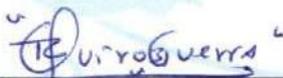
Julie Betbeder, Ph.D.
Codirectora del Trabajo de Graduación



Isabel Gutiérrez, Ph.D.
Miembro Comité Asesor



Alejandra Martínez, Ph.D.
Miembro Comité Asesor



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



Bruna Luiza Amante
Candidata

Dedicatoria

A productores y gestores públicos, que puedan caminar en alianza hacia al éxito de un territorio que concilie sus prácticas agrícolas y la conservación. Rompiendo paradigmas y tornándose un modelo de sostenibilidad y desarrollo endógeno para el país.



Ilustración Patrícia Yamamoto

Agradecimientos

A la madre tierra, antes de todo, que permitió que esta oportunidad se consolidara ante los desafíos del aprendizaje y ante los imprevistos de la vida. A mi compañero Max que con mucha paciencia y amor trajo liviandad a cada día de esta jornada. A mi querido hijo Haruo, sol que ilumina cada día y que enseña con paciencia el rol de la maternidad. A mis papas, que con mucho amor siempre me apoyaran a explorar las oportunidades de estudios y los sueños aún que lejanos. A nuestras ayudantes Ana y Lilli, por apoyarnos en el cuidado y educación de Haruo, por la paciencia y cuidado que le tienen en nuestra ausencia.

A mis queridos amigos y amigas, compañeros de la MPDC, Oscar, Liza, Dama, Dio, Angela, Vicky Odner, que se han convertido en mi gran familia CATIE. Siempre juntos y compartiendo nuestro crecimiento humano y profesional. Les seré siempre grata. A los demás colegas de las maestrías académicas que siempre muy amables nos brindaron su amistad. A todos los profesores de la MPDC que a sus maneras nos permitieron una experiencia de vida inolvidable, transformando nuestras percepciones sobre las relaciones y nuestro rol como profesionales. A los trabajadores de la biblioteca, posgrado, cafetería y club, por sus amables formas de ser y compartir sus labores con sonrisas y cariño

Agradezco a mis directoras Laurène y Julie, por abrazaren e incentivaren a lanzarme al desafío de esa tesis, siempre con mucha paciencia y confianza. A Isabel y Alejandra por su amabilidad y disposición para aclarar inquietudes. A los pasantes Maxime, Marta y Antoine, por su amistad y apoyo en ese proceso. También a otros profesores que en el transcurso de la maestría me apoyaran de diferentes maneras, entre ellos Brenes por salvarme muchas veces del labirinto de los mapas.

Fundamentales a este trabajo y a quien dedico dicho esfuerzo, los productores y productoras entrevistadas, que con tanta amabilidad concedieron su tiempo para este trabajo, además de compartir sus sueños en tornar sus prácticas más sostenibles y que les permita alcanzar una mejor calidad de vida. A representantes del MAG, INDER y del Comité Gestor del CBVCT, que con mucho entusiasmo brindaron apoyo e interés por el tema. A Eduardo e Ingrid, investigadores del CINAT, cuyo apoyo fue imprescindible. Al naturalista Richard, por su fervoroso apoyo desde el principio, cuanto el tema de las abejas aún estaba en gestación.

Finalmente, al CIRAD – Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo y al PCP – Plataforma Mesoamericana para la Agroforestería con Cultivos Perenes, por su apoyo financiero para poder concretar este trabajo, además de posibilitaren que un tema aún poco explorado en el territorio venga a luz.



TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	10
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS Y PREGUNTAS ORIENTADORAS.....	13
4. MARCO REFERENCIAL	14
4.1 BIODIVERSIDAD Y SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	14
4.2 CORREDORES BIOLÓGICOS	14
4.3 ECOLOGÍA DEL PAISAJE	15
5. METODOLOGÍA	17
5.1 ENFOQUE METODOLÓGICO.....	17
5.2 ÁREA DE ESTUDIO: CONTEXTO ECOLÓGICO Y AGRARIO DEL TERRITORIO TURRIALBA-JIMÉNEZ EN EL MARCO DEL CBVCT	18
5.3 ETAPA 1: MAPEO DE ESTUDIOS DESARROLLADOS EN EL TERRITORIO TURRIALBA-JIMÉNEZ	21
5.4 ETAPA 2: MODELIZACIÓN DE LA CONECTIVIDAD FUNCIONAL DE LAS ABEJAS EN EL CBVCT	25
5.5 ETAPA 3: LEVANTAMIENTO DE PERCEPCIONES DE PRODUCTORES AGROPECUARIOS	28
5.6 COMUNICACIÓN DE RESULTADOS A LA COMUNIDAD NO ACADÉMICA	31
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS	32
6.1 PANORAMA DE CONOCIMIENTOS ACADÉMICOS DESARROLLADOS EN EL TERRITORIO Y SUS APORTES PARA LA CONECTIVIDAD DE ABEJAS EN LOS AGROPAISAJES DEL CBVCT	32
6.2 CONECTIVIDAD FUNCIONAL EN EL CBVCT Y LA PERCEPCIÓN DE PRODUCTORES AGROPECUARIOS SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS PROMOVIDOS POR ABEJAS	55
7. CONCLUSIONES	78
8. RECOMENDACIONES	80
8.1 RECOMENDACIONES PARA LA ALIANZA TERRITORIAL EN EL ÁMBITO DEL PCP.....	80
8.2 RECOMENDACIONES PARA INSTITUCIONES GUBERNAMENTALES Y OTRAS DE INCIDENCIA TERRITORIAL	80
8.3 RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS CON ENFOQUE EN ABEJAS	82
9. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	83
10. ANEXOS	108

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1:</i> Ejemplo de conectividad funcional de un paisaje para una especie.	16
<i>Figura 2</i> Etapas metodológicas y productos esperados.....	17
<i>Figura 3</i> Mapa de delimitación de subcorredores del CBVCT, proveniente de Canet (2008).	18
<i>Figura 4</i> Procedimiento metodológico Etapa 1.....	21
<i>Figura 5</i> Procedimiento metodológico Etapa 2.....	25
<i>Figura 6</i> Procedimiento metodológico Etapa 3.....	29
<i>Figura 7</i> Tipos de documentos mapeados de 2005 a 2019.....	33
<i>Figura 8</i> Ubicación de estudios según tipo de documento.	33
<i>Figura 9</i> Principales enfoques abordados en las tesis.	34
<i>Figura 10</i> Principales enfoques abordados en artículos de revista.....	35
<i>Figura 11</i> Participación de cada enfoque disciplinario de las tesis, en el total de estudios relacionados a puntos centrales.....	39
<i>Figura 12</i> Participación de cada enfoque disciplinario, de artículos de revista, en el total de estudios relacionados a puntos centrales.	40
<i>Figura 13</i> Total de tesis académicas y artículos de revista desarrollados bajo el contexto del CBVCT.....	41
<i>Figura 14</i> Total de estudios que visibilizan informaciones para practicas más sostenibles.....	49
<i>Figura 15</i> Mapa de uso de suelo del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca 2018.	55
<i>Figura 16</i> Mapas que demuestran los parches de hábitat más y menos importantes para las especies.....	59
<i>Figura 17</i> Mapas que presentan los caminos de mayor y menor importancia para las especie.	61
<i>Figura 18</i> Mapas que demuestran las zonas con mayor o menor probabilidad de conectividad para las especies.	63
<i>Figura 19</i> Rango etario de entrevistados y tamaño de fincas de entrevistados, según sexo.	64
<i>Figura 20</i> Cantidad de entrevistados que producen tipos de cultivos, según sexo.	65
<i>Figura 21</i> Ubicación de las fincas de entrevistados en el CBVCT.....	66
<i>Figura 22</i> Percepción de productores sobre el incremento o disminución de abejas en su finca y el tipo de problema asociado a su disminución.	67
<i>Figura 23</i> Análisis de correspondencia entre percepciones clave y el grado de probabilidad de conectividad del CBVCT.	68
<i>Figura 24</i> Gráfico que representa los valores medios y la desviación padrón de la relación la abeja con el servicio ecosistémico de polinización y factores resultantes de ese servicio, según sexo.	69
<i>Figura 25</i> Gráfico que representa los valores medios y la desviación padrón de la relación percibida entre elementos estructurales de la finca con las abejas, según sexo.....	70
<i>Figura 26</i> Gráfico que representa los valores medios y la desviación padrón de la relación percibida entre manejos de la finca con las abejas, según sexo.	71
<i>Figura 27</i> Gráfico que representa los valores medios de la relación percibida entre factores aleatorios y las abejas, según sexo.....	72

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1</i> Estrategias de investigación para selección de documentos	21
<i>Cuadro 2</i> Datos centrales presentados en la base de datos de estudios	23
<i>Cuadro 3</i> Características principales de imágenes Sentinel-2 utilizadas en la clasificación de uso de suelo.	25
<i>Cuadro 4</i> Escala logarítmica de valores de permeabilidad de especie a la matriz de uso de suelo.	27
<i>Cuadro 5</i> Área total en hectáreas de tipos de uso de suelo del CBVCT	56
<i>Cuadro 6</i> Matriz de confusión de la clasificación del Randon Forest.....	56
<i>Cuadro 7</i> Descripción de especies estudiadas y características de su ecología.	57
<i>Cuadro 8</i> Frecuencia de percepciones de acuerdo con el grado de conectividad.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

<i>Anexo 1</i> Base de datos de búsqueda de documentos para el mapeo	108
<i>Anexo 2</i> Base de datos del mapeo bibliográfico	108
<i>Anexo 3</i> Bibliografías sobre la relación de las especies o género con los usos de suelo del CBVCT	108
<i>Anexo 4</i> Tabla de permeabilidad utilizada para modelar mapas de conectividad.....	108
<i>Anexo 5</i> Protocolo de entrevista	109
<i>Anexo 6</i> Problemáticas abordadas en los principales enfoques disciplinarios de las Tesis.....	112
<i>Anexo 7</i> Problemáticas abordadas en los principales enfoques disciplinarios de artículos.....	113
<i>Anexo 8</i> Principales resultados de tesis y artículos de los enfoques ecológico agronómico y pedológico agronómico	115
<i>Anexo 9</i> Lista de abejas identificadas en las entrevistas con productores	120
<i>Anexo 10</i> Lista de plantas visitadas por abejas, observadas por productoresRabo de gato.....	121
<i>Anexo 11</i> Frecuencia de respuestas asociadas a la valoración de la relación abeja y factores específicos..	122
<i>Anexo 12</i> Lista de acciones para promover la conservación de abejas, sugerida por el CINAT	122
<i>Anexo 13</i> Lista de cultivos y arboles melíferas que contribuyen a la presencia de abejas.....	123
<i>Anexo 14</i> Lista de abejas identificadas por Solis Rodriguez 2014, segun su abundancia por tipo de uso de suelo.....	125

LISTA DE ACRÓNIMOS

ACCVC. Área de Conservación Cordillera Volcánica Central

ACLA-C. Área de Conservación La Amistad Caribe

AEA. Agencia de Extensión Agropecuaria

AP. Áreas Protegidas

ASP. Área Silvestre Protegida

CATIE. Centro Agronómico y Tropical de Investigación y Enseñanza

CEE. Centro de Colaboración para Evidencias Ambientales

CB. Corredor Biológico

CBM. Corredor Biológico Mesoamericano

CBVCT. Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca

CG. Comité Gestor

CINAT. Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales

CIRAD. Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo

dPC. Delta de Probabilidad de Conectividad

ICAFE. Instituto del Café de Costa Rica

IF. Flujo de Interacción

INDER. Instituto de Desarrollo Rural

MAG. Ministerio de Agricultura y Ganadería

MEA. Evaluación de los Ecosistemas del Milenio

MINAE. Ministerio de Ambiente y Energía

PC. Probabilidad de Conectividad

PCP. Plataforma Científica Mesoamericana para Agroforestería con Cultivos Perenes

PNCB. Plan Nacional de Corredores Biológicos

PSA. Pago por Servicio Ambiental

SE. Servicios Ecosistémicos

SINAC. Sistema Nacional de Áreas de Conservación

UCR. Universidad de Costa Rica

UNA. Universidad Nacional de Costa Rica

UNED. Universidad Estatal a Distancia

RESUMEN

Actualmente, más de 50% de los bosques tropicales están diezmados y los fragmentos remanentes dividen espacio con actividades agropecuarias intensivas (Brancalion *et al.* 2019). Ese proceso de fragmentación del paisaje puede tener serios efectos sobre la composición de especies y su interacción con el medio, y los Corredores Biológicos es una de las estrategias consideradas fundamentales para mitigar los efectos de esa fragmentación (Tewksbury *et al.* 2002), beneficiar la interacción planta-animal (Donkersley 2019) y mejorar la calidad de los servicios ecosistémicos de los cuales productores se benefician (Poggio 2015). En ese contexto, el presente trabajo busca contribuir a visibilizar la importancia de la conectividad funcional para el mantenimiento de los Servicios Ecosistémicos proporcionados por abejas dentro del territorio Turrialba-Jiménez, en el CBVCT. Para eso se desarrollaron tres procedimientos metodológicos: 1) Mapeo de estudios desarrollados en el territorio Turrialba-Jiménez; 2) Modelización de la conectividad funcional de las abejas en el CBVCT y; 3) Levantamiento de percepciones de productores agropecuarios acerca de las abejas. En el mapeo de estudios fueron revisados 498 documentos de los cuáles 310 han sido seleccionados y tabulados. Entre estos 128 tesis (académica, profesional y doctorado) y 182 artículos científicos (revistas nacionales e internacionales). En el conjunto de documentos seleccionados se identificaron 23 tipos de enfoques disciplinarios, con destaque para los enfoques "ecológico agronómico" (105/34%), "pedológico agronómico" (37/12%). Los resultados del mapeo demuestran que hay un desbalance de generación de conocimiento con respecto a demandas latentes en territorio, presentadas en el territorio. También se identificó que estudios enmarcados en el contexto del CBVCT representan una pequeña parcela del total (17%), por otro lado, cerca de 68% de estudios de alguna manera están dirigidos a informar directamente tomadores de decisión sobre prácticas, estrategias u otros medios más sostenibles. Lo que de alguna manera puede traer beneficios a la conectividad de abejas en el CBVCT. Para la modelización de la conectividad se realizó la actualización del mapa de uso del suelo del CBVCT y con base en ello se elaboraron los modelos de conectividad funcional utilizando el software Graphab e informaciones ecológicas de especies basadas en bibliografías científicas y conocimiento experto, con eso se calculó tres tipos de métricas de conectividad: Probabilidad de Conectividad (PC), Flujo de Interacción (FI) y Delta Probabilidad de Conectividad (dPC). Para las tres especies se observó que las zonas de bajo flujo de interacción coinciden con los usos de suelo de pasto. Principalmente ubicados en las faldas del volcán Turrialba. Los parches de hábitat que mayoritariamente aportan para la conectividad global de esas especies se ubican en las zonas del subcorredor Barbilla, los potenciales subcorredores Punta Sureste y ND. Para conocer la percepción de productores se realizaron 42 entrevistas semiestructuradas, con preguntas abiertas y cerradas. Se identificó que casi la totalidad de entrevistados percibe la importancia de las abejas para la polinización de cultivos y demuestran alta sensibilidad con respecto a factores que tienen relación positiva o negativa con esas especies. Se pudo concluir que existe un gran potencial para desarrollar estrategias de conservación de polinizadores en el territorio, sea con una perspectiva de conservación o económica, pero para eso es importante tener en cuenta los desafíos que promotores de esas prácticas deberán tomar en cuenta y también las principales limitaciones mencionadas por entrevistados para acceder a cambios de prácticas en sus fincas: el factor económico y acceso a conocimiento sobre la conservación de esas especies.

Palabras clave: *corredor biológico, conectividad funcional, abejas, servicios ecosistémicos, mapeo de conocimiento, percepciones*

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales juegan un rol fundamental en la regulación del clima global, contribuyendo a la disminución de la tasa de calentamiento del planeta (Salazar *et al.* 2007, Baccini *et al.* 2017, Lyra *et al.* 2017). Se estima que el bioma representa un tercio del total de biomasa y evapotranspiración que ocurren en la superficie de la tierra (Malhi 2012), además de abarcar más de la mitad de la biodiversidad terrestre de todo el mundo (Pimm y Raven 2000). Actualmente, más de 50% de sus bosques están diezmados y los fragmentos remanentes dividen espacio con actividades agropecuarias intensivas (Tilman *et al.* 2001, Malhi *et al.* 2014, Brancalion *et al.* 2019).

La fragmentación puede tener serios efectos sobre la composición de especies y su interacción. El tamaño del parche, el efecto de borde asociado, así como su nivel de aislamiento, pueden afectar la perpetuación de una población, influenciando el proceso local de extinción (Ferraz *et al.* 2007, Broadbent *et al.* 2008; Laurance *et al.* 2011). En ese sentido el análisis a escala de paisaje que considera la complejidad heterogénea que compone el territorio, es fundamental para evaluar los efectos ecológicos de la fragmentación a nivel local (Tschardt *et al.* 2012; Malhi *et al.* 2014), tanto como los efectos socioeconómicos asociados a la pérdida de servicios ecosistémicos ofrecidos por los bosques (Mitchell *et al.* 2014).

La tendencia de transformación de bosques tropicales hacia usos agrícolas es creciente (Malhi *et al.* 2014, Brancalion *et al.* 2019). La previsión de "sabanización" de paisajes tropicales (Salazar *et al.* 2007, Lyra *et al.* 2017) se suma a otras consecuencias del proceso de degradación previstas por investigadores, a nivel global (Baccini *et al.* 2017) y regional (Lyra *et al.* 2017). En ese sentido, los Corredores Biológicos juegan un papel imprescindible para la armonización de actividades productivas y conservación en agropaisajes, pues su objetivo es promover el movimiento e interacción de la diversidad de especies de fauna y flora en áreas estratégicas cuyos territorios presentan pérdida de hábitat natural (Tewksbury *et al.* 2002). Por lo tanto, tienen impacto directo en la efectividad y sostenibilidad a largo plazo de Áreas Protegidas (AP) (Locatelli y Imbach 2010).

A escala regional, América Central es considerada uno de los *hotspots* de biodiversidad en el mundo (Myers *et al.* 2000) y parte de su territorio está bajo la propuesta del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) (Herrera 2003) que busca conectar las Áreas Protegidas de siete países, entre ellos Costa Rica. Todavía, los bosques de la región sufren las constantes amenazas por los cambios de uso de suelo (Lyra *et al.* 2017; Moran *et al.* 2019). Costa Rica, en ese sentido presenta tendencias reversas, donde desde los años ochenta demuestra índices positivos en la cobertura forestal (Brenes 2009, Keenan *et al.* 2015). El último caso puede estar asociado a la conversión de usos de suelo agrícola y al abandono de tipos de cultivo (Brenes 2009) o a los incentivos del gobierno costarricense a políticas y prácticas ambientales para conservación de bosques (Moran *et al.* 2019).

En Costa Rica, los corredores biológicos están orientados a conciliar prácticas antrópicas a iniciativas de conservación (Canet 2008). Esa estrategia es considerada primordial para mitigar los efectos del cambio climático (Locatelli y Imbach 2010, Feeley *et al.* 2012, Fung *et al.* 2017), beneficiar la interacción planta-animal (Gilbert *et al.* 1998, Tewksbury *et al.* 2002, Donkersley 2019) y mejorar la calidad de los servicios ecosistémicos de los cuales productores se benefician (Poggio 2015). Pero aún se ignora, en términos de inversiones económicas, su importancia para la conservación (Tewksbury *et al.* 2002), considerando que la biodiversidad no solo es abundante en las AP, pero

también en los agropaisajes que componen los Corredores Biológicos (Perfecto *et al.* 1997, Moran *et al.* 2019).

El monocultivo intensivo y la aplicación abusiva de agroquímicos afectan la biodiversidad (Holzschuh *et al.* 2007), en especial de polinizadores (Williams *et al.* 2010, Hladik *et al.* 2016). La fragmentación del paisaje, resultante de esas prácticas, interfiere también en el flujo génico (Ricketts *et al.* 2004, Murray *et al.* 2009) y pérdida de alimento y hábitat (Kremen *et al.* 2007) en diferentes niveles, dependiendo de la especie. Variables como tamaño del cuerpo, hábitat de nidificación y tipo de alimento responden de manera diferente a depender de los tipos de uso de suelo (Murray *et al.* 2009). Condiciones adversas pueden provocar la disminución de poblaciones de abejas (Steffan-Dewenter *et al.* 2005, Goulson *et al.* 2015) y, consecuentemente de especies de plantas asociadas (Biesmeijer *et al.* 2006). Esa condición adversa encontrada en agropaisajes puede aumentar el riesgo de "efectos cascada" sobre todo el sistema, efectos que aún son difíciles de prever (Malhi *et al.* 2014).

Entre 60% a 80% de las plantas nativas del mundo necesitan de polinizadores (Ashman *et al.* 2004), que en gran mayoría son abejas (Williams *et al.* 2010). Además, cerca de dos tercios de las especies cultivadas en el mundo también son polinizadas por esas mismas especies (Roubik 1995, Daily *et al.* 1997). Por lo tanto, la buena salud de polinizadores puede ser una ventaja para las fincas, pues la polinización animal contribuye a una mejor calidad nutricional, diversidad, productividad y estabilidad de precios de productos agrícolas (Steffan-Dewenter *et al.* 2005). Para eso es importante considerar que esa contribución proviene tanto de especies nativas, como de especies africanizadas (abejas del género *Apis*) (Ricketts *et al.* 2004, Klein *et al.* 2006). El proceso de deterioro de paisajes naturales y las decisiones tomadas a nivel de finca, tienen serias consecuencias sobre las poblaciones esas poblaciones (Winfrey *et al.* 2009).

Frente a ese contexto se hace necesario conocer como las abejas responden a cambios ambientales a escala de paisaje (Murray *et al.* 2009), para tal fin hace falta estudios más profundizados sobre su ecología; incluyendo cuales son las percepciones, motivaciones y limitaciones de productores y otros actores clave, en acceder a prácticas para conservar su funcionalidad. Por lo tanto, el planeamiento y acciones en las zonas que envuelven las Áreas Protegidas (Perfecto *et al.* 1997) o zonas fronterizas y parches de bosque, son fundamentales. Pues la coexistencia de agropaisajes y prácticas de conservación es considerada posible (Perfecto *et al.* 1997, Kennedy *et al.* 2013) y puede beneficiar no solo la capacidad de adaptación de especies de fauna y flora, como también la resiliencia de los agroecosistemas frente a condiciones climáticas adversas.

En ese sentido, las prácticas de conservación deben tomar en cuenta no solo la importancia de la manutención de bosques (Murray *et al.* 2009, Malhi *et al.* 2014, Nery *et al.* 2018) pero también agroecosistemas integrados a las necesidades ecológicas y sociales locales. Eso permitirá una mejor permeabilidad y conectividad de esas especies, y mayores chances de supervivencia frente a condiciones ambientales adversas (Boscolo *et al.* 2017). Por otro lado, también es importante tomar en cuenta la generación de conocimientos que aporten a ese contexto, permitiendo el avance y calidad de estudios sobre la ecología de abejas (González *et al.* 2013) y otros estudios direccionados a prácticas más sostenibles de manejo y sistemas para las fincas. En ese sentido los productores agropecuarios juegan un papel clave en la sostenibilidad de agropaisajes dentro de corredores (Poggio 2015). Así como otros tomadores de decisión, que tienen el poder de facilitar, a nivel político, la adopción de buenas prácticas que contribuyan a la conectividad de esas especies en Corredores Biológicos.

2. JUSTIFICACIÓN

Las Áreas Protegidas en Costa Rica presentan actualmente una condición de aislamiento, circundadas y bastante presionadas por las actividades agrícolas (Moran *et al.* 2019). Con el objetivo de mejorar la conectividad entre fragmentos, el país implementó en 2006 la Política Nacional de Corredores Biológicos, que después de la creación de Áreas Protegidas, es considerada la segunda estrategia de conservación más importante de Costa Rica. Eso resultó en el establecimiento de poco más de 30% del territorio nacional bajo Corredores Biológicos (SINAC 2019).

Tomando en cuenta la importancia de los corredores como estrategia de conservación para el país y la necesidad de mejorar la efectividad de su implementación en agropaisajes, el presente trabajo de grado tiene como propuesta central contribuir a visibilizar la importancia de la conectividad funcional para el mantenimiento del Servicio Ecosistémico de polinización dentro del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT). Para tal se consideran los productores agropecuarios, organizaciones gubernamentales y privadas, instituciones académicas, entre otros actores, como agentes imprescindibles para el impulso de la funcionalidad de esa herramienta.

Esa propuesta va enmarcada en una demanda realizada por el CIRAD (Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo), en el ámbito del PCP (Plataforma Científica Mesoamericana sobre Sistemas Agroforestales a base de cultivos perenes) que propone actualmente la construcción de una "Alianza Territorial Turrialba-Jiménez para una transición hacia una producción agropecuaria sostenible y rentable". En ese sentido, la demanda tiene el fin de fortalecer la investigación en estrategias de conservación y desarrollo en los agropaisajes dentro del territorio.

Para tal se propuso en el presente trabajo, un mapeo de conocimientos académicos generados en Turrialba-Jiménez, para conocer la contribución de los estudios al contexto ecológico y agrario del territorio; el desarrollo de mapas de uso de suelo y de modelos de conectividad de abejas en el CBVCT y; conocer la percepción de productores agropecuarios sobre las abejas y los servicios que proporcionan en sus fincas. Los insumos generados por ese conjunto de objetivos, permitirá generar informaciones base para investigadores del PCP, tomadores de decisiones presentes en el territorio, o financiadores interesados en aportar a la mejora de la conectividad del CBVCT para polinizadores y el desarrollo de comunidades locales dentro de ese contexto.

Ese conjunto de insumos van alineados a los objetivos del CBVCT, "restablecer y mantener la conectividad biológica entre las reservas de biósfera Cordillera Volcánica Central y La Amistad, mejorando la calidad ambiental del entorno y contribuyendo así, a elevar la calidad de vida de las personas que se encuentran en este corredor biológico" (Canet 2008); y también a los lineamientos estratégicos de conectividad propuestos en el Plan Estratégico del CBVCT (Jiménez *et al.* 2016), que considera la polinización como un servicio ecosistémico fundamental para el bien estar humano.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Contribuir a visibilizar la importancia de la conectividad funcional para el mantenimiento de los Servicios Ecosistémicos proporcionados por abejas dentro del territorio Turrialba-Jiménez

3.2 Objetivos específicos y preguntas orientadoras

- i. Mapear estudios generados sobre los agropaisajes del territorio Turrialba-Jiménez y sus aportes a la conectividad de abejas en el CBVCT;

¿Cuál es el estado del conocimiento de estudios asociados a los contextos ecológico y agrario desarrollados en Turrialba-Jiménez?

¿Cuál es la contribución de estudios sobre la mejora de la conectividad CBVCT y sus aportes a los Servicios Ecosistémicos generados por abejas?

- ii. Analizar la conectividad funcional de abejas en el CBVCT;

¿Cuál es el estado del actual uso de suelo del CBVCT?

¿Cuál es el estado de conectividad para las abejas en el actual uso de suelo del CBVCT?

- iii. Conocer las percepciones de productores agropecuarios sobre los Servicios Ecosistémicos proporcionados por abejas.

¿Cuál es la percepción de productores agropecuarios sobre los Servicios Ecosistémicos generados por abejas?

¿Cuáles son sus intereses y limitaciones para acceder a cambios en su finca?

¿Quiénes son los productores agropecuarios interesados en apoyar a la conectividad de abeja y donde se ubican?

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos

La Biodiversidad es definida por la Convención de la Diversidad Biológica (CDB) como “la variabilidad entre organismos vivos provenientes de todas las fuentes, incluyendo ecosistemas terrestres, marinos, y otros ecosistemas acuáticos y la complejidad ecológica de la cuál hacen parte” (MEA 2005). Puede ser estudiada en tres diferentes niveles: diversidad genética, diversidad de especies y diversidad de ecosistemas (Reece *et al.* 2015), y debe ser analizada según la escala geográfica (local, regional o global) que se pretende trabajar. La pérdida de la biodiversidad a diferentes niveles y escalas puede tener impactos inmensurables en el bien estar del ser humano, una vez que la naturaleza provee servicios básicos que dan soporte a su existencia (MEA 2005).

Los beneficios que el ser humano obtiene de la naturaleza son conocidos como servicios ecosistémicos (SE), diferenciados entre cuatro tipos: provisión (ej. alimento, agua, madera), regulación (regulación climática y de plagas), cultural (valor espiritual, recreación, educación) y de soporte (ciclos de nutrientes, formación de suelos). Algunos SE son más sensibles a la necesidad humana y pueden ser mejor percibidos por las personas, otros son imperceptibles y muchas veces ignorados por el censo común, como por ejemplo los ciclos biogeoquímicos, que son afectados directamente por los cambios de uso de suelo y a mediano y largo plazo pueden traer consecuencias para la condición humana (MEA 2005).

Tener en cuenta los diferentes tipos de servicios generados por la naturaleza y los impactos directos e indirectos relacionados, es importante para comprender que la biodiversidad y el bien estar humano están intrínsecamente relacionados. En ese sentido, muchas veces por no conocer los impactos de los distintos SE, las decisiones de las personas se direccionan a lo que afecta directamente su bien estar, y para entender como esas decisiones afectan otras dimensiones sociales y ambientales, es necesario un enfoque multiescala, que permite de fuera de una escala local, evaluar los impactos por tres dimensiones: cambios en la biodiversidad, en los SE y en las respuestas políticas en escalas mayores (MEA 2005)

4.2 Corredores Biológicos

Los corredores biológicos (CB) representan una estrategia de conservación que abarca distintas formas de implementación, cuyas acciones para alcanzar el objetivo de conectividad varían según el país (Bennett 2004). Su importancia consiste en facilitar el desplazamiento de especies de flora y fauna entre diferentes usos de suelo, permitiendo mayor intercambio genético entre los fragmentos de bosques, potencializando la diversidad de especies e interacciones ecológicas (Tewksbury *et al.* 2002, Gilbert-Norton *et al.* 2010, Moran *et al.* 2019). Por otro lado, el tema de corredores biológicos, a lo largo de la historia, generó controversias asociadas a los impactos negativos que esa medida podría tener para la conservación, como por ejemplo la diseminación de enfermedades (Tewksbury *et al.* 2002, Bennett 2004) y su potencialidad para la manutención de la biodiversidad (Gilbert *et al.* 1998; Gilbert-Norton *et al.* 2010, Imbach *et al.* 2013).

Según Bennett (2004), existen dos formas de plantear el manejo de un CB, una de ellas es a través del mosaico de paisajes, compuesta por distintos usos de suelo, y la otra es por medio de estructuras de hábitats sin interferencia antrópica, que pueden tener características de trampolines o de estructuras continuas de vegetación. La manera como se plantea un tipo u otro dependerá de las características del paisaje y de la capacidad o no de una especie tolerar disturbios (Bennett 2004). Con base en esas distintas aplicaciones, aunque los corredores faciliten la manutención de la biodiversidad entre áreas protegidas (Locatelli y Imbach 2010), la efectividad de esas estrategias dependerá del esfuerzo de gestores y planificadores, en tomar en cuenta no solamente los procesos ecológicos, pero también los procesos sociales que intervienen en el paisaje (Keeley *et al.* 2018).

4.2.1 El enfoque de Corredores Biológicos en Costa Rica

Costa Rica a partir del año 2000, presenta un lento incremento de su cobertura boscosa (Brenes 2009, Keenan *et al.* 2015). Ese aumento puede estar asociado a las políticas gubernamentales de incentivo a la conservación, como los incentivos a reforestaciones voluntarias y al Pago por Servicios Ambientales (PSA) (FAO 2016, Moran *et al.* 2019) y a los bajos precios del café y de la caña (Brenes 2009). Por otro lado, aunque 27% del país este cubierto por áreas protegidas, gran parte de sus bosques se encuentran fuera de esas áreas, que se presentan como pequeños fragmentos aislados en el paisaje (Moran *et al.* 2019).

Para amenizar los impactos asociados a la fragmentación del paisaje, el país, dentro del marco del Corredor Mesoamericano, instituye en 2006 por medio del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) el Programa Nacional de Corredores Biológicos. Este define CB como "un territorio continental, marino-costero e insular delimitado, cuyo fin primordial es proporcionar conectividad entre Áreas Silvestres Protegidas (ASP), así como entre paisajes, ecosistemas y hábitat naturales o modificados, sean rurales o urbanos, para asegurar el mantenimiento de la biodiversidad y los procesos ecológicos y evolutivos, proporcionando espacios de concertación social para promover la inversión en la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en esos espacios" (Programa 2006).

Actualmente son poco más de 50 Corredores Biológicos en el país, ocupando aproximadamente 30% del territorio nacional (SINAC 2019). Cada corredor es formado por los llamados Consejos Locales, cuyos integrantes son: representantes de ONG, líderes comunales, representantes del sector productivo, institucional, y de las municipalidades. Estos grupos tienen la responsabilidad voluntaria, de establecer y consolidar las acciones del corredor de manera participativa (Canet 2008). Esas características de los CB de Costa Rica son el gran diferencial, comparado a otros países de América latina. Pero, por tratarse de participación voluntaria, muchos corredores permanecen inactivos o con una capacidad de actuación limitada, además sus tamaños abarcan grandes asentamientos humanos y actividades intensivas (agricultura y deforestación), siendo esas características uno de los principales retos para la conectividad y gestión de esos corredores (Moran *et al.* 2019).

4.3 Ecología del Paisaje

La ecología del paisaje es un área del conocimiento interdisciplinaria, que estudia las relaciones entre patrones espaciales y procesos ecológicos (Turner y Gardner 2015). En otras palabras, busca

comprender como la dinámica y el desarrollo de la heterogeneidad en el paisaje, interactúan espacial y temporalmente sobre los diferentes ecosistemas, tomando en cuenta los efectos en los medios bióticos y abióticos que los componen (Risser *et al.* 1984). Ese concepto emerge a partir de la década de los 80s y trae una perspectiva innovadora, mezclando “el abordaje espacial del geógrafo, con el abordaje funcional del ecologista”. Su enfoque espacial propone el estudio de esas relaciones a una escala más amplia, conocida como “escala de paisaje” que busca, en su rango de interpretación, explicar los efectos de la heterogeneidad del paisaje sobre el objeto de interés (Turner y Gardner 2015).

La conectividad es una de las características normalmente estudiadas en ese campo disciplinario. Para ello usualmente se utilizan diferentes métricas que miden el grado de aislamiento de fragmentos, la conexión entre ellos, entre otras variables (Forero-Medina y Vieira 2007, Turner y Gardner 2015). Según Bennett (2004), la conectividad estructural se define a partir de cómo están distribuido espacialmente los diferentes tipos de hábitats. El entiende que la debilidad estructural interfiere directamente en la continuidad de hábitats, así como en el tamaño de los espacios entre parches y en senderos de conexión. Por otro lado, el propone que la conectividad funcional (CF), ocurre cuando una especie responde conductualmente a la estructura física del paisaje. La figura abajo presenta un ejemplo de CF, utilizando diferentes composiciones de grafos, que son el conjunto de nudos o vértices, conectados entre sí (Forero-Medina y Vieira 2007).

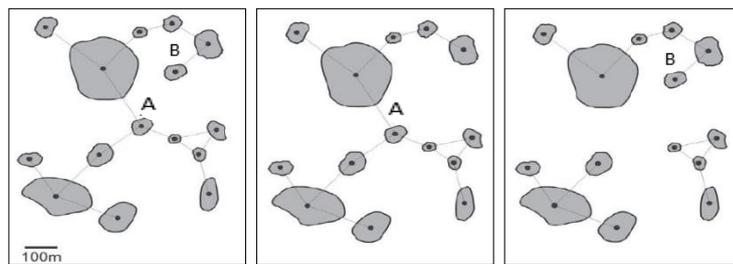


Figura 1: Ejemplo de conectividad funcional de un paisaje para una especie con capacidad de dispersión entre fragmentos de 100m. a) CF del paisaje sin alteraciones b) CF si el fragmento B es removido c) CF si el fragmento A fuera removido. Adaptado y traducido de Forero-Medina y Vieira 2007.

Aunque el fragmento B fuera removido, como se puede observar en el diseño b, la conectividad funcional todavía ocurre en un único gráfico. Diferente de la ausencia del fragmento A, en la figura c, donde la especie responde de manera adversa a la alteración del paisaje, ya no teniendo la posibilidad de acceder a otros parches (Forero-Medina y Vieira 2007). En otros casos, no solamente la ausencia de un parche interfiere en el padrón de la conexión de una especie, afectado por su capacidad máxima de dispersión, otros factores también influyen. Es el caso de sus requisitos en cuando a alimentación, tipos de hábitat para nidificación, nivel de tolerancia a alteraciones en su hábitat y prácticas agrícolas (Bennett 2004).

Es común que estudios no tomen en cuenta las relaciones de los patrones espaciales con procesos ecológicos y eso dificulta comprender cuál puede ser el verdadero impacto de la fragmentación sobre una especie, ecosistema o ser humano. El reto para una aplicabilidad más robusta de la ecología del paisaje es tratar de que los estudios con enfoque en conectividad no se limiten solamente a la junción estructural de fragmentos, pero que haga el esfuerzo de aplicarla como el “resultado de la interacción entre un proceso comportamental y la estructura física del paisaje” (Forero-Medina y Vieira 2007).

5. METODOLOGÍA

5.1 Enfoque metodológico

Este trabajo se realizó entre noviembre de 2019 y agosto de 2020 para obtención del grado de Maestría en Práctica de la Conservación de la Biodiversidad. A partir del mes de marzo de 2020 las etapas metodológicas tuvieron que ser adaptadas en vista de las dificultades provenientes de la Pandemia de COVID-19¹.

El trabajo se desarrolló entonces como un estudio exploratorio que buscó hacer un reconocimiento previo de diferentes aspectos incidentes en el territorio. Para esto, se contempló una mezcla de métodos de enfoque cualitativo y cuantitativo, utilizando el análisis de información combinada. En ese caso se utilizaron los análisis estadístico descriptivo, análisis de percepciones y contenidos y el análisis cartográfico cuantitativo y cualitativo. El procedimiento metodológico propuesto (Figura 2) tiene tres etapas, las cuales están estructuradas para cumplir con los objetivos específicos y generar productos que aporten directamente al demandante del trabajo y a tomadores de decisión en el territorio.

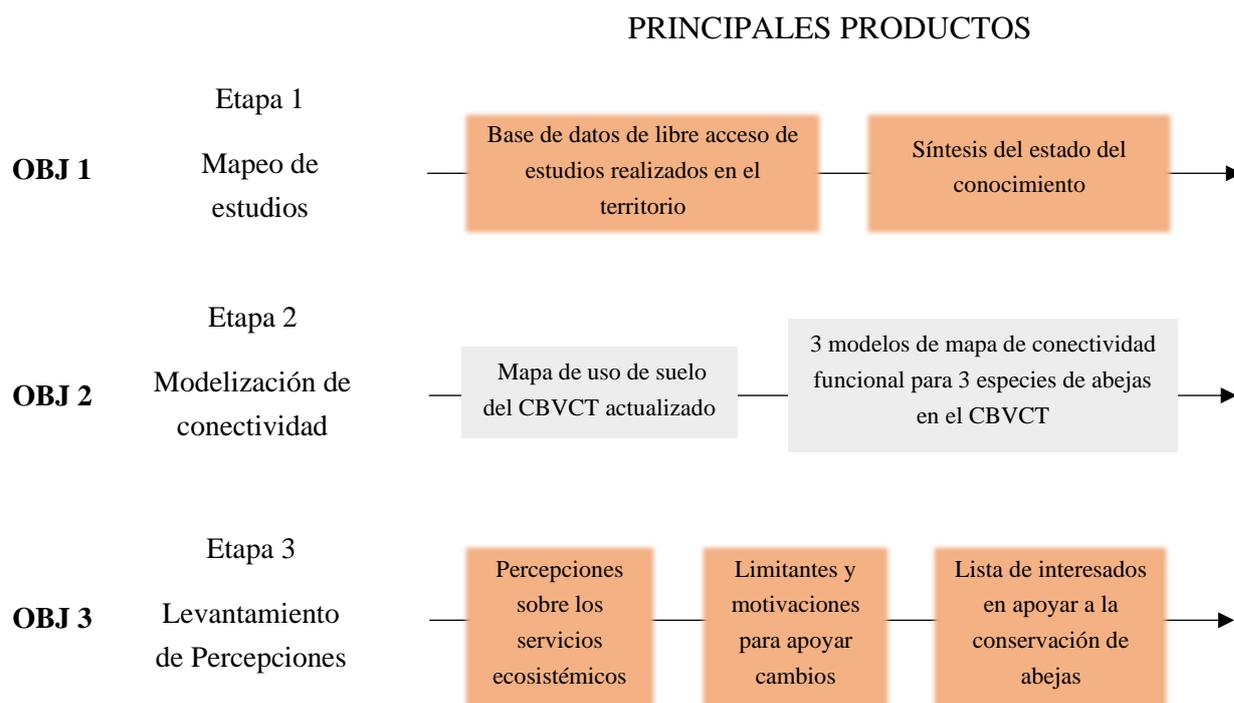


Figura 2 Etapas metodológicas y productos esperados

¹ Las etapas anteriormente previstas: 1) Modelización de la conectividad funcional de abejas en el CBVCT; 2) Desarrollo de escenarios prospectivos participativos con actores clave del CBVCT (productores agropecuarios y órganos públicos) y; 3) Análisis de los impactos previstos de los resultados de prospectivas y mapas de conectividad. En vista a las dificultades para trabajar en campo, se cancelaron las etapas 2 y 3 y adicionalmente se realizó un mapeo bibliográfico de estudios desarrollados en el territorio de Turrialba-Jiménez, además se dio continuidad a las entrevistas solamente con productores agropecuarios a través de llamadas telefónicas.

5.2 Área de estudio: contexto ecológico y agrario del territorio Turrialba-Jiménez en el marco del CBVCT

El presente trabajo fue realizado en el territorio del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca. Para la etapa 2, que corresponde al mapeo bibliográfico, se tomó en cuenta el territorio de Turrialba y Jiménez, que juntos corresponden a aproximadamente 69% del CBVCT (Canet 2008). Este fue creado en el año 2003, a través del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central (ACCVC), bajo el marco del Corredor Biológico Mesoamericano. Su territorio corresponde a un área aproximada de 114.686 hectáreas y se encuentra dividido entre la provincia de Cartago (75%) y Limón (25%). Para mejorar su gestión, el Comité Gestor (CG) dividió el territorio en seis subcorredores (Figura 3), que deben ser gestionados por subcomités los cuáles son compuestos por organizaciones locales que apoyaron y formaron parte de la implementación de dicho instrumento. Los miembros pueden ser organizaciones gubernamentales, estatales, internacionales con representación nacional, organizaciones de base, empresas e instituciones de educación superior pública y privada (Canet 2008).

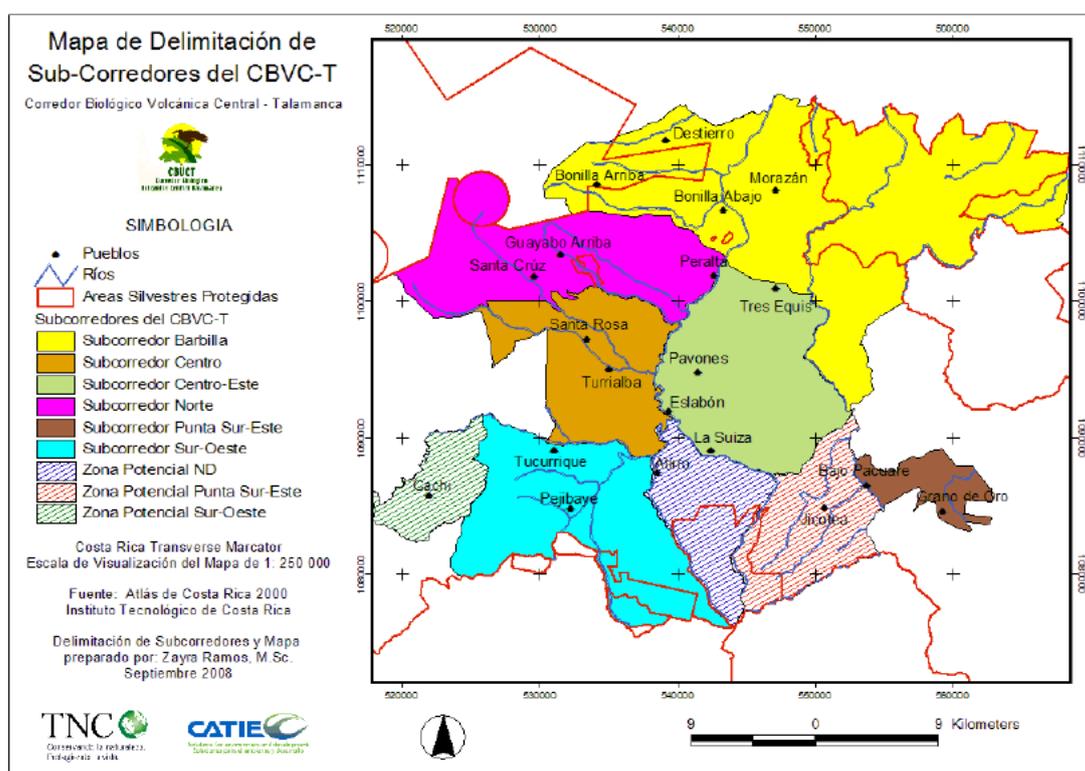


Figura 3 Mapa de delimitación de subcorredores del CBVCT, proveniente de Canet (2008).

Su paisaje se divide en siete ‘zonas de vida’, entre ellas: i) Bosque muy húmedo tropical, de característica perennifolio con tamaño alto y diferentes estratos y tipos de especies caducifolias; ii) Bosque húmedo Premontano, semideciduo estacional de altura mediana, con apenas dos estratos y con árboles mayoritariamente caducifolios en la estación seca; iii) Bosque muy húmedo premontano, de tamaño mediano alto, parcialmente perennifolio, presentando entre dos y tres estratos con pocas especies caducifolias en época de seca; iv) Bosque pluvial Premontano de característica semideciduo estacional y de altura mediana, con árboles caducifolios en la estación de seca y con apenas dos estratos; v) Bosque muy húmedo Montano bajo, se trata de un bosque perennifolio con altura mediana

y dos estratos; vi) Bosque pluvial Montano bajo, es perennifolio de altura baja a media, con apenas dos estratos de árboles y; vii) Bosque pluvial Montano, de característica también perennifolia, de altura entre media y baja con dos estratos. Entre esos, el Bosque muy húmedo tropical es donde se encuentra la mayor riqueza de especies del CBVCT y, el "iii" y "v", corresponden a 60% de las zonas de vida del corredor (Canet 2008).

En ese territorio se encuentran especies endémicas y raras de flora y la mayor riqueza de aves y mamíferos de Costa Rica, abarcando 58% de la diversidad de vertebrados registrados nacionalmente (Murrieta *et al.* 2007b). Las mayores cuencas hidrográficas dentro de sus límites corresponden a los ríos Pacuare y Reventazón; siendo esta última una de las principales fuentes de energía del país (Lenguía *et al.* 2008). Además, se encuentran en ese territorio ultisoles (55%) y inceptisoles (45%) y un clima que se define en dos estaciones: estación de lluvia (mayo a diciembre) y seca (enero a abril). Los rangos de precipitación registrados para el territorio varían de 2100mm a 5889mm por año. Los meses más calientes están entre abril a octubre y lo más fríos entre diciembre y febrero. La temperatura mínima registrada en la estación de CATIE entre los años de 1958 a 2007, fue de 18°C y la máxima de 27,5°C (Canet 2008), variando según los límites altitudinales de 40 msnm a un máximo de 3733 msnm (INDER 2014).

Según Murrieta *et al.* (2007b), la mayor cobertura boscosa está en la parte sur del corredor, donde están ubicados los cantones de Turrialba-Jiménez. El mapa de uso de suelo de 2008 indica que los bosques representan 52% del CBVCT, pasto y pasto arbolado 24%, cafetales aproximadamente 8%, caña cerca de 4% y, cultivos anuales, perenes y otros tipos de agricultura cerca de 1,5%. Los demás usos de suelo corresponden a 10% del territorio (Canet 2008). Según el diagnóstico agrario de Turrialba-Jiménez realizado por Delevaux (2019), entre los años 1990 y 2000 la crisis agraria desencadenada en el país llevó muchas fincas especializadas en caña y café al quiebre en consecuencia de la mala gestión de grandes ingenios y beneficios que eran los que compraban productos provenientes de esas fincas. Además, en ese período fue cuando los costos de producción aumentaron y los precios de esos productos cayeron radicalmente. Otros tipos de cultivo, como el cacao, macadamia y cardamomo han sido experimentados por productores locales, pero no tuvieron éxito. Esa gran crisis llevó a un proceso de éxodo rural y disminución de la actividad agrícola, que paralelamente vino acompañada de otras tendencias en el territorio, asociadas al desarrollo del turismo, a las políticas ambientales e a incentivos a la reforestación del país (Delevaux 2019).

Actualmente la región está pautaada principalmente en el sector terciario y primario. En el último caso, sobresalen las actividades ganaderas de leche y carne, cañeras y cafetaleras (INDER 2014). Esta región corresponde a la quinta mayor zona cafetalera del país (ICAFE 2019). Esas actividades cada vez más comparten espacio con otros tipos de cultivos (hortícola, frutales, entre otros) u otras estrategias de diversificación de medios de vida (Herrera 2008, Hethcote 2016, Simmons 2019). Ese proceso de incremento de nuevos cultivos y componentes arbóreos en las fincas no solo está relacionado a la crisis del café y caña, como también, a los efectos que el cambio climático generó en los modelos de producción comúnmente utilizados en esos sectores. La percepción de los productores en el territorio sobre los cambios en los patrones del clima y sus efectos en los cultivos, y algunos incentivos gubernamentales de nuevas alternativas de manejo, los motivó a buscar formas de adaptarse (Sepúlveda Lopez y Ibrahim 2013, Harvey *et al.* 2018).

Según Delevaux (2019), los usos de suelo agrarios de Turrialba-Jiménez se caracterizan de la siguiente manera: i) la ganadería fue una de las principales actividades que ganó territorio,

provenientes de productores de la caña y café, cuya principal característica es la producción de leche, seguida de tipos de producción de carne y queso, y carne y leche. Este tipo de producción normalmente se encuentra en las zonas altas del territorio o en zonas consideradas difíciles de manejar; ii) la producción de café en el territorio se puede encontrar en diferentes altitudes y es hecha por haciendas y pequeños productores, que en ese último caso se caracteriza por ser diversificada, principalmente en una combinación de sistemas agroforestales simple de café y plátano, además de productores que invierten en micro beneficios y tostadores, que proporcionan precios más elevados al producto. Las haciendas de café normalmente comparten el cultivo con árboles de poró o buscan certificaciones internacionales de sostenibilidad para aumentar el valor agregado; iii) el uso de suelo de caña de azúcar se caracteriza por la existencia de grandes haciendas de caña y por pequeños productores que en gran parte venden su cosecha a grandes ingenios dentro y fuera del territorio de Turrialba-Jiménez. Otra parcela menor de productores tiene su propio trapiche o vende a esos pequeños trapiches. Este tipo de cultivo normalmente se encuentra en zonas llanas en altitudes media y bajas; iv) Las zonas de horticultura, en algunos casos también provienen de ex productores de café y caña, que actualmente producen yuca, chile dulce, chile, culantro coyote, tomate, zuquini, arvejas, papa, entre otros productos. Este tipo de producción se encuentra en diferentes altitudes del territorio, pero principalmente en las partes altas y; v) finalmente, fincas en sistemas agroforestales de agrosilvicultura normalmente resultan de ex caficultores y cañeros, cuyos productos centrales son cacao, pejibaye, bananeras y otras variedades, o productores de ganado, caña u hortalizas que tienen árboles que sirven para uso doméstico. Estas fincas se encuentran principalmente en las zonas de media y de baja altitud.

En ese contexto, la presencia de sistemas agropecuarios intensivos y el sobreuso de agroquímicos aún presentes en el territorio (Durán-Quirós et al. 2017, Alvarado et al. 2009), interfieren en la provisión de servicios ecosistémicos dentro del corredor. Costa Rica en 2011 ya fue considerado el mayor consumidor de plaguicidas en el mundo, consumiendo aproximadamente 51.2 kg por hectárea (FAO 2011), solo en 2018 batió el récord de consumo de su historia, con 8,6 millones de kilogramos de ingredientes (Angulo 2019). Esos modelos de producción pueden tener efectos negativos en la conectividad de diferentes especies de la fauna en el corredor, principalmente porque muchas de ellas son sensibles al uso de agroquímicos (Hladik *et al.* 2016; Montaigu y Goulson 2020), además de presentaren una relación altamente positiva con los bosques y sistemas agroforestales (Rivero 2005, Martínez-Salinas y DeClerck 2010, Solis Rodriguez 2014, Caudill *et al.* 2015). Los recursos hídricos que permean la zona agropecuaria también pueden sufrir consecuencias del manejo intensivo. La cuenca del río reventazón es considerada una de las cuencas con mayor superficie de ecosistemas forestales relevantes para sus centrales hidroeléctricas, y su funcionamiento depende de la conservación de esos recursos a lo largo de la cuenca (Lenguía et al 2008).

Bajo ese escenario agrario, Turrialba y Jiménez albergan aproximadamente 89.950 habitantes (INEC 2019), de los cuales 36.628 mil viven en zonas rurales (INDER 2014). Según el MIDEPLAN (2018), el Índice de Desarrollo Social de esos cantones están entre "muy bajo" y "medio". Asimismo, el Índice de Desarrollo Humano de 2011, indica que de los 81 cantones que hay en el país, Turrialba y Jiménez se encuentran en la posición 58º y 55ª respectivamente. Con relación al Índice de Pobreza Humana (IPH), el escenario se asemeja. Turrialba ocupa la 7ª posición en IPH y Jiménez 28º (PNUD 2011). Frente a ese panorama, es importante tomar en cuenta que el mayor repertorio de pobreza de Costa Rica se encuentra en los paisajes rurales (MIDEPLAN 2018, PNUD 2011), y en el territorio del CBVCT no es diferente (López *et al* 2005, Botelho 2008, Estrada 2009).

5.3 Etapa 1: Mapeo de estudios desarrollados en el territorio Turrialba-Jiménez

El procedimiento metodológico para el mapeo bibliográfico fue basado en el método del Mapeo Sistemático (CEE 2013; James *et al.* 2016) desarrollado por el Centro de Colaboración para Evidencias Ambientales de la Universidad de Bangor, Reino Unido. La figura 4 presenta un resumen de las actividades desarrolladas en la etapa y sus productos respectivos.

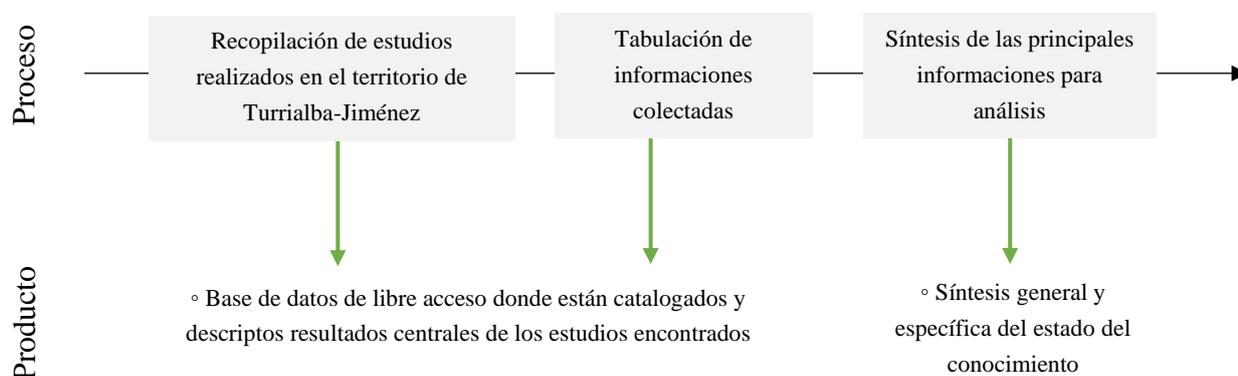


Figura 4 Procedimiento metodológico Etapa 1

5.3.1 Recopilación de estudios

Para la selección de estudios se consideró documentos cuyas actividades han sido realizadas dentro de los límites territoriales propuestos, sean actividades de gabinete o de campo (parcelas experimentales, entrevistas o colectas en el territorio).

Establecimiento de objetivos: los objetivos del mapeo están pautados en dos preguntas que atienden al interés del análisis de la presente etapa. Pregunta primaria: ¿Cuál es el estado del conocimiento de estudios asociados a contextos ecológico y agrario desarrollados en Turrialba-Jiménez?; Pregunta secundaria: ¿Cuál es la contribución de esos estudios sobre la mejora de la conectividad del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca y sus aportes a los servicios ecosistémicos generados por abejas?

Estrategias de investigación: para responder las preguntas anteriormente pautadas fue necesario definir límites (Cuadro 1) para la investigación, que están asociados al enfoque del trabajo como tal y al tiempo y recursos disponibles para el mapeo.

Cuadro 1 Estrategias de investigación para selección de documentos

Limité geográfico y temático	Los textos fueron previamente seleccionados para la tabulación con base en la lectura del título, resumen y metodología. Enfoques socioambientales, económicos, antropológicos, geográficos, entre otros que se relacionan directamente al contexto ecológico y agrario de Turrialba-Jiménez.
-------------------------------------	---

Límite temporal	Estudios de 2005 a 2019. La fecha límite de 2005 está asociada al período en que la gestión del CBVCT pasó a tener más estabilidad organizativa y también cuando surgieron los primeros estudios académicos sobre ese corredor.
Literaturas priorizadas	Artículos científicos (publicaciones en revistas locales o internacionales) y publicaciones académicas (tesis de maestría académica, profesional y doctorado).
Palabras clave utilizadas para búsquedas	El término general utilizado para búsqueda en repositorios académicos y otras bases de datos internacionales fue "Turrialba". En el caso de los repositorios de universidades se utilizaron filtros adicionales como: Jimenez; Paisaje; Conectividad; Corredor; Abejas; Agricultura; Ecología; Café; Caña; Cacao; Agroecología; Orgánico; "Sistemas Agroforestales"; "Cambio Climático"; "Medios de vida"; Agronegocio; Desarrollo; Conservación; "Área Protegida"; "Reserva Privada"; Indígenas; "Plantación forestal"; "Sistemas silvopastoriles", Producción; Agropecuaria; Silvicultura; Especies.
Idiomas considerados	Español; Inglés; Francés; Portugués
Base de datos investigadas	
Periódicos y bases de datos internacionales	CABDIL; Science Direct; Springer; Nature; Tandfonline
Repositorios de Instituciones	CATIE; UCR; UNA; UNED; CIRAD (Agritrop); BIOVERSITY
Sitios Web de búsquedas	https://scholar.google.com/

En total, 498 documentos han sido revisados en las búsquedas con la palabra "Turrialba" (Anexo 1)². Entre esos, 310 documentos fueron seleccionados para la síntesis bibliográfica en base de sus títulos, resúmenes y metodologías.

5.3.2 Síntesis de informaciones y tabulación de datos

Los documentos fueron ordenados en una base de datos con el programa Microsoft Access. Las informaciones tabuladas para apoyar el análisis acerca de las preguntas orientadoras están organizadas en datos generales y específicos (Cuadro 2). A partir de las informaciones de la base de datos, se realizó una síntesis de documentos, separada por principales enfoques disciplinarios

² Fueron experimentadas distintas formas de filtros antes de definir el patrón utilizado para cada base de búsqueda. Se optó por utilizar como filtro general el termino "Turrialba", visto que utilizando el filtro "Jimenez" la mayor parte de documentos no tenía relación ninguna con el territorio, pues esta palabra se asociaba a apellidos de investigadores. También se identificó que los resultados de documentos que eran de interés para el trabajo, filtrados con "Jimenez", eran los mismo que resultaban utilizando el filtro "Turrialba". Se optó también por eliminar las búsquedas con filtros de palabras compuestas, utilizados inicialmente en las pesquisas en repositorios de universidades. Esa estrategia no tuvo resultados confiables, una vez que muchos de los trabajos asociados a esas temáticas no aparecían filtrados. Por esa razón se escogió utilizar solamente el filtro general "Turrialba", pues, aunque fuera más trabajoso en términos de cantidad de documentos para validar, permitió más confianza en la dimensión de documentos existentes.

estudiados y problemáticas asociadas. También se realizó un análisis de características específicas del conjunto de estudios utilizando relaciones cuantitativas (representadas en gráficos) para las informaciones cualitativas colectadas en cada documento.

Cuadro 2 Datos centrales presentados en la base de datos de estudios

Datos generales	a) Referencia de citación bibliográfica; b) Datos básicos (título, autor, fecha de publicación, idioma, espacio de edición); c) Tipo de estudio (artículo de revista, tesis de maestría académica o profesional, doctorado); d) Tipo de enfoque (socioambiental, económico, agronómico, ecológico, geográfico y otros); e) Tipos de datos (cualitativo, cuantitativo, espacial); f) Localidad del estudio (cantón, distrito o comunidad); g) Escala del estudio (a nivel de laboratorio, finca, regional, territorio u otros); h) Espacio de publicación h) Base de datos de acceso; i) Link de acceso al documento.
Datos específicos	a) Especie estudiada; b) Cultivo estudiado; c) Sistema de producción estudiado (agroforestal, monocultivo, diversificados, etc.); d) Área de protección asociada al estudio (Corredor Biológico, Área de Vida Silvestre, Reserva Privada, etc.); e) Problemática central (conectividad, cadena de valor, recuperación de recursos hídrico, etc.); f) Objetivo central del trabajo; g) Principales resultados y conclusiones; h) Puntos centrales del procedimiento metodológico; i) Tiempo total de experimentos; j) Consideran la participación de organizaciones/comunidades locales (modelos de participación); k) Visibiliza informaciones para prácticas más sostenibles (tipos de manejo, organización, sistemas diversificados, otros); l) Consideran comunicación de los resultados a la comunidad no académica; m) Fuente financiera del estudio.

En el caso de algunas columnas fueron utilizados filtros con criterios que definen características específicas del documento tabulado. La interpretación de algunos de esos filtros de la base de datos depende de las siguientes informaciones:

Datos generales

Tipo de enfoque: En muchos casos los enfoques de los estudios son presentados en palabras compuestas, como "ecológico agronómico", "hidrológico agronómico", "ecológico socioambiental", entre otras formas. La primera palabra representa el enfoque central del estudio y la segunda palabra representa el contexto amplio al cuál se mezcla ese enfoque.

Localidad del estudio: Indica el cantón donde se ubicó el estudio o una parte de él. Entre paréntesis están especificados los distritos o barrios, donde se realizó el trabajo en el cantón.

Escala de estudio: Las escalas utilizadas están en la mayoría de los casos representadas por palabras compuestas. Algunos ejemplos son: "laboratorio_nacional", "finca_territorio", "sitio", "cantón_nacional", "finca_internacional", "parcela_nacional". La primera palabra representa a que nivel práctico se realizaron los experimentos y la segunda el contexto global en que se enmarca.

Por ejemplo, hay casos de algunas primeras palabras, como "cantón", que indican colectas o muestras hechas en contextos no agronómicos en la extensión del cantón o, estudios hechos sobre el propio

cantón. La palabra "sitio" indica que el estudio se realizó con enfoque en alguna empresa o institución específica. En el caso de la palabra "finca", las haciendas (que tienen mayor extensión de tierra) también están dentro de esa clasificación. La primera palabra que se refiere a "parcela", significa que la práctica se realizó en parcelas construidas temporariamente. La segunda palabra, asociada al contexto global del trabajo, indica si el estudio fue realizado a nivel internacional, nacional, o si se consideró apenas algunas pocas regiones. En ese caso cuando la segunda palabra es "territorio" significa que el estudio está asociado a algún tipo de territorio protegido con fines de conservación.

Datos específicos

Principales resultados, conclusiones y puntos centrales del procedimiento metodológico: Los dos tópicos traen fracciones de textos del resumen o del cuerpo del trabajo redactados por los mismos autores en sus documentos, son extractos sin interpretación.

Consideran la participación de organizaciones/comunidades locales: Se entienden en ese perfil, individuos, organizaciones comunales y privadas, órganos públicos y otros que inciden en el territorio. En esa columna son presentados tres tipos de participación, sea a través de entrevistas, encuestas, talleres, grupos focales u otros modelos: 1) "como fuente de información", donde el propósito no es exponer puntos de vista o percepciones, es solamente coleccionar datos específicos, normalmente a través de encuestas; 2) "visibiliza la percepción de sujetos", cuyo propósito es traer la percepción y problematización que involucra ese sujeto y; 3) "como parte del proceso", la participación sea para definir estrategias conjuntas sobre determinada problemática del territorio o como demandante del estudio.

Visibiliza informaciones para prácticas más sostenibles: Trabajos cuyos resultados y conclusiones están dirigidos a informar directamente tomadores de decisión (productores u organizaciones locales) sobre prácticas (manejos), estrategias u otros medios más sostenibles (desde el punto de vista ambiental y social). Algunos ejemplos serían estudios sobre alternativas al uso de pesticidas o al manejo convencional. Aunque los resultados en algunos casos no sean favorables a tipos de manejo alternativo, de igual manera se incluye el trabajo en ese perfil una vez que ese trata de hacer el ejercicio de comparación entre manejos.

Consideran la comunicación a la comunidad no académica: Si el trabajo en su procedimiento metodológico prevé formas de diseminar el conocimiento generado. Sea para productores rurales, asociación de productores, comunidades, organizaciones técnicas que trabajan directamente con sujetos locales, entre otras.

5.4 Etapa 2: Modelización de la conectividad funcional de las abejas en el CBVCT

El proceso metodológico (Figura 5) para la modelización de la conectividad funcional de las abejas fue basado en los procedimientos utilizados por Ratel (2019). La aplicación de esa metodología con especies de abejas tiene el propósito de explorar los resultados y su utilidad para tomadores de decisión, cuyo interés es promover la conservación de abejas en el CBVCT.

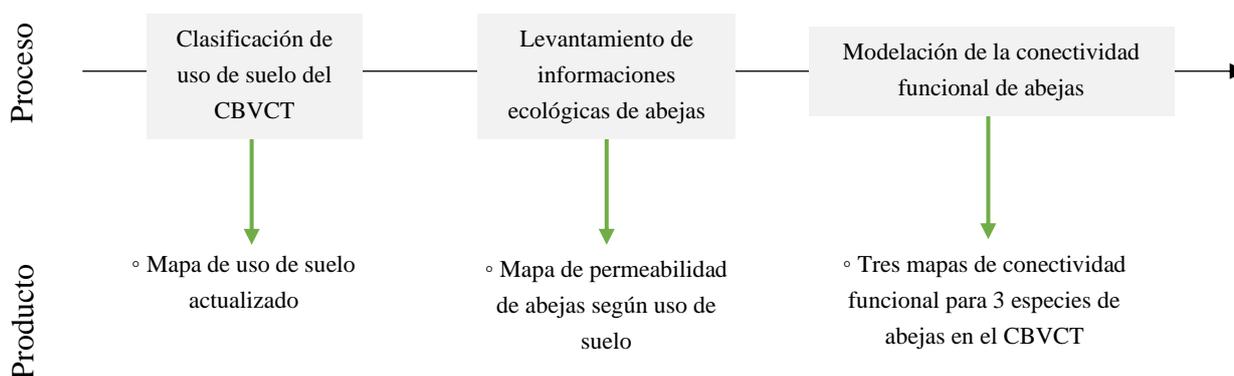


Figura 5 Procedimiento metodológico Etapa 2

5.4.1 Clasificación de uso de suelo del CBVCT

Pasos de la clasificación

Recopilación y preprocesamiento de imágenes: Han sido utilizadas dos imágenes Sentinel 2 de 07 y 12 de diciembre de 2018, con resolución espacial de 10 metros, disponibles en la plataforma de acceso gratuito *Copernicus Open Access Hub*. Las bandas espectrales es posible ver en el Cuadro 3.

Cuadro 3 Características principales de imágenes Sentinel-2 utilizadas en la clasificación de uso de suelo.

Características principales de imagenes Sentinel-2 MSI L2A	
Resolucion espacial y espectral	10 x 10m B2 (490nm), B3 (560nm), B4 (665nm) y B8 (842nm)
Franja de resolución temporal	5 días 290 km

Las correcciones atmosféricas y radiométricas de las imágenes se realizaron con el apoyo de la pasante Marta M. Nogueira³, a través del programa Sen2Cor (Louis *et al.* 2016). Todas las bandas espectrales fueron re muestreadas a una resolución de 10m, luego se hizo un mosaico y recorte de las imágenes sobre el territorio estudiado.

³ Estudiante de la Universidad Politécnica de Madrid – España. Grado en Ingeniería del Medio Natural.

Definición de tipología de uso de suelo: Se escogió tipologías que son representativas en el territorio y que pueden tener impactos significativos en los niveles de permeabilidad de las abejas. Para dar soporte a las tipologías seleccionadas se tomó en cuenta las clasificaciones propuestas en los trabajos de Brenes (2009) y en Jiménez *et al.* (2016).

Clasificación de uso de suelo: La clasificación de los principales tipos de uso de la tierra se llevó a cabo mediante una clasificación supervisada (algoritmo Random Forest) a través del programa R- versión 1.2.5001. Para entrenar y validar el algoritmo se colectó por lo menos 200 muestras de cada clase (bosque, pasto, construcción urbana y suelo desnudo) por fotointerpretación. La validación de la clasificación se llevó a cabo calculando una matriz de confusión del índice Kappa. Otros usos de la tierra (caña, plantación forestal, cultivos anuales/perenes y agua), más difíciles de discriminar usando clasificaciones supervisadas fueron elaborada a través de la fotointerpretación de imágenes, utilizando el programa ArcGIS (ArcMap 10.3) y el apoyo del Google Earth Pro. El uso de suelo "café" fue pautado en la base de datos de ICAFE 2018, revisado por el pasante Antoine Ronin⁴.

5.4.2 Levantamiento de informaciones ecológicas sobre abejas

Para elegir las especies de abejas se utilizó el inventario de abejas del estudio de Solís Rodríguez (2014) y datos no publicados del proyecto "Conservando Aves Migratorias Neotropicales a través del Manejo de los Servicios Ecosistémicos en Cafetales", financiado por el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los EEUU (USFWS) a través de la Acción de Conservación para Aves Migratorias Neotropicales (NMBCA), coordinado por la investigadora Alejandra Martínez-Salinas.

Ambos inventarios han sido realizados en el territorio del CBVCT. A partir de ahí se realizó una revisión bibliográfica para conocer la fenología y otras características de las especies y conocer cuáles son las más populares entre productores. Para complementar los estudios revisados e informaciones pendientes, se realizó un grupo focal con tres especialistas en abejas del CINAT (Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales). Con base en eso y en las referencias bibliográficas copiladas (Anexo 3), se decidió trabajar con tres especies (*A. mellifera*, *T. angustula*, *T. fulviventris*) cuyas características fenológicas se distinguen, sea en el tamaño del cuerpo, rango de vuelo, sensibilidad para cambios de uso de suelo, o por la popularidad entre productores.

Para cada especie seleccionada fueron asignados valores de permeabilidad (capacidad de movimiento de la especie) según el uso de suelo presente en el CBVCT. Los valores de permeabilidad utilizados (Anexo 4) fueron basados en valores asignados por tres expertos en abejas (2 de CINAT y 1 experto en abejas nativas de Mesoamérica) que tomaron como fundamento: su experiencia en campo, publicaciones científicas, fuentes como INaturalist (iniciativa conjunta de la Academia de Ciencias de California y de National Geographic Society) y Global Bioversity Information Facility (GBIF). Los valores sugeridos son fundados en la escala logarítmica propuesta por Clauzel *et al.* (2015) (Cuadro 4).

⁴ Estudiante en la Escuela Nacional Superior de Agronomía de Toulouse - Francia .Grado en Ingeniería Agronómica

Cuadro 4 Escala logarítmica de valores de permeabilidad de especie a la matriz de uso de suelo.

1	Hábitat:	corresponde al hábitat idóneo/preferido/deseado por la especie.
10	Favorable:	corresponde a un uso de suelo que soporta la presencia de esta especie, aunque no es idóneo.
100	Neutral:	corresponde a un uso de suelo que no es el idóneo pero que no impide la presencia de la especie.
1000	No favorable:	corresponde a un uso de suelo que no favorece la presencia/movimiento de la especie.
10000	Barrera:	representa un uso de suelo que funciona como una barrera para la movilidad/dispersión de la especie.

5.4.3 Modelización de la conectividad para las especies

La modelización de conectividad para cada especie fue basada en: a) el mapa de uso de suelo del CBVCT; b) los valores de permeabilidad asignados para cada uso de suelo según la especie; c) rango de dispersión máximo y medio de la especie; d) hábitat de preferencia; e) y el área mínima de hábitat necesario para sobrevivencia.

Los modelos son basados en la teoría de los grafos, donde el paisaje es representado por una red de nudos, que corresponden a los parches de hábitat y conectados por redes o links que son creadas de acuerdo con la capacidad de desplazamiento de la especie entre los parches de hábitat (Minor y Urban 2008). Se optó por utilizar ese método pues este permite estimar una probable conectividad funcional a diferentes escalas espaciales utilizando poca cantidad de informaciones ecológicas sobre la especie (Bodin y Norberg, 2007), además de permitir tener resultados que aporten a la toma de decisión en proyectos de conservación (Girardet y Clauzel 2018).

La conexión de los nudos de los grafos fue calculada en referencia a las distancias de menor costo entre los hábitats. Además, para dejar los resultados más realistas, los grafos han sido limitados por la capacidad máxima de movimiento de cada especie, impidiendo que nudos más lejanos sean conectados (Ratel 2019). El análisis de conectividad fue ejecutado en el programa Graphab, software francés desarrollado por Foltête *et al.* (2012). Las métricas utilizadas para calcular los valores de conectividad forman parte de los criterios de medición ponderada: distancia y capacidad de conexión que son ajustados de acuerdo con la especie utilizada (Foltête *et al.* 2012).

Métricas utilizadas

Probabilidad de Conectividad (PC): Se trata de una métrica a escala de paisaje (Ecuación 1) que según Foltête *et al.* (2012), está relacionada a la suma de los productos de la capacidad de todos los pares de parches de hábitat, ponderado por su probabilidad de interacción, dividido por el cuadrado del área de estudio. Esto demuestra la probabilidad que dos puntos seleccionados al azar en el área de estudio estén conectados. Mientras más distantes los nudos menor la probabilidad de interacción (Girardet y Clauzel 2018).

$$PC = \frac{1}{A^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j e^{-\alpha d_{ij}}$$

Ecuación 1 Métrica PC. El d es la distancia en costo entre parches i y j (Foltête *et al.* 2012).

Flujo de Interacción (FI): Se trata de una métrica a escala local (Ecuación 2) que corresponde a la suma de los productos de la capacidad de cada parche local con los píxeles de uso de suelo vecinos, ponderados por su interacción (Foltête et al. 2012). Su objetivo es evaluar la contribución de cada parche de hábitat a la conectividad global que es medida por el índice PC (Foltête et al. 2012; Sahraoui et al. 2017). En esa métrica todos los píxeles del área de estudio reciben un valor. Esos valores son intercalados partiendo del presupuesto que fuera del hábitat es posible que la especie también pueda estar presente. Mismo que la probabilidad de que eso ocurra sea menor que la presencia de la especie en su propio hábitat (Hirzel y Le Lay 2008).

Por esa razón ese índice permite obtener valores continuos en todo el territorio y hacer interpolación de los datos. Su valor fluctúa entre 0 y la suma de las capacidades de los puntos de hábitat y cuanto más lejos de las manchas del hábitat, más bajos serán los valores y la probabilidad de conectividad del paisaje para las especies que dependen de determinados tipos de hábitat (Ratel 2019).

$$IF_i = \sum_{j=i}^n a_i^\beta a_j^\beta e^{-\alpha d_{ij}}$$

Ecuación 2 Métrica FI. El a_i y a_j son las capacidades respectivas de las funciones del parche i y j . El d es la distancia en costo entre dos parches (Foltête et al. 2012).

Probabilidad de Conectividad Delta (dPC): El dPC (Ecuación 3) corresponde a análisis de escala local. Este utiliza el método de remoción de nudos o conexiones para conocer cuál es la importancia relativa de cada parche o de cada *link* a la conectividad global, utilizando la métrica PC. Para eso se hace un cálculo de la tasa de variación de la métrica con el apoyo de cada remoción. Por esa razón ese índice permite resultados a escala local, pero haciendo referencia a la escala global (Foltête et al. 2012).

$$dPCi = (PC - PC^i) / PC$$

Ecuación 3 Métrica dPC. El dPC es la tasa de variación entre el índice PC y el valor de PC^i que corresponde a la remoción del parche i (Foltête et al. 2012).

5.5 Etapa 3: Levantamiento de percepciones de productores agropecuarios

Esta presente etapa (Figura 6) buscó identificar las percepciones de productores agropecuarios sobre la presencia de las abejas en sus fincas y también explorar su percepción sobre los diferentes niveles de relación que factores ambientales o antrópicos pueden tener con esas especies. La selección de productores para la realización de entrevistas fue basada en un mapeo de actores realizado junto a miembros del Comité Gestor del CBVCT y parte de la ubicación geográfica de personas entrevistadas, durante la condición de pandemia, se definió con base en los mapas de flujo de interacción modelizados en la etapa previa.

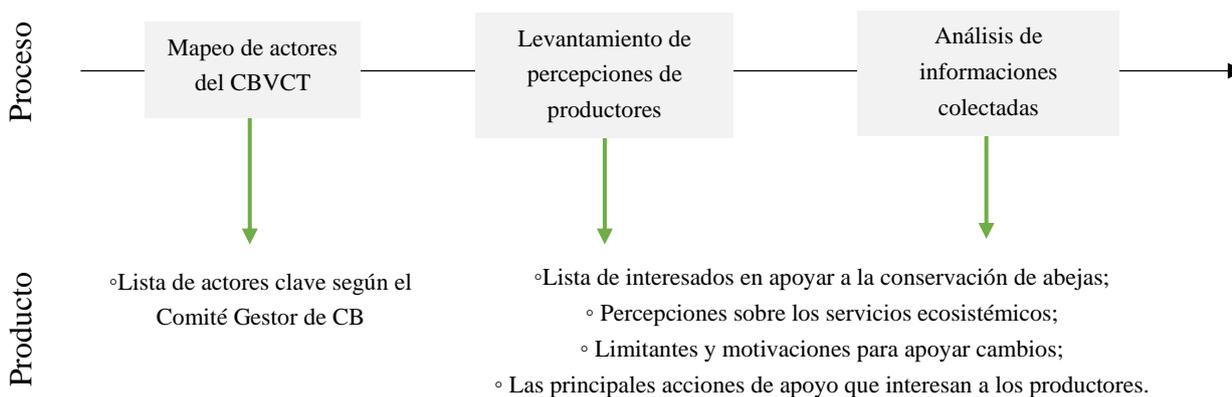


Figura 6 Procedimiento metodológico Etapa 3

5.5.1 Mapeo de actores del CBVCT

El mapeo se realizó con 12 miembros del Comité Gestor del CBVCT en el 29 de enero de 2020, en la sede de la UNED de Turrialba. La actividad contó con participantes de órganos públicos locales, representantes de organizaciones privadas, universidades y otros integrantes de la sociedad civil. La actividad consistió en construcción de un gráfico con los presentes, para ponderar el alto y bajo impacto e interés de los actores identificados con relación al Corredor. En esa misma actividad se ubicaron las zonas prioritarias (desde el punto de vista ambiental y social) para promover acciones relacionadas a la conservación, tomando en cuenta los estudios que ya se realizaron sobre el CBVCT. Ese mapeo facilitó contactos de representantes de agricultores de distintos enfoques productivos y permitió entender parte del contexto socioambiental en que se enmarcan los productores del Corredor para dar seguimiento a la etapa de entrevistas.

5.5.2 Levantamiento de percepciones de productores agropecuarios

Para conocer las percepciones se realizaron entrevistas semi estructuradas (Anexo 5) con 42 productores agropecuarios (21 hombres y 21 mujeres), tomando en cuenta el sexo, edad y enfoque productivo de cada entrevistado. La elección de individuos fue por muestreo no probabilístico, a través de la selección por: a) cuotas, que busca agrupar seleccionados según características y cualidades particulares y; b) bola de nieve, que consiste en acceder a diferentes actores a través de informantes clave, o mismo a través de las mismas personas entrevistadas que encadenan otras referencias durante el proceso. Esta última fue utilizada principalmente con contactos de representantes (integrantes de junta directiva) de asociaciones de productores. También se utilizó listas de contactos compartidas por organizaciones clave como MAG, INDER, Comité Gestor del CBVCT, además de otras listas compartidas por estudiantes de pasantía que realizaron trabajos de campo en la región. Para conocer el intervalo de confianza del muestreo utilizado, frente a la población total de productores atendidos por el MAG del cantón de Turrialba y Jiménez (MAG s.f.ab), se utilizó el programa *Surveysystem**, cuyo intervalo de confianza fue de 15%, considerando una población de aproximadamente 3554 productores. Las entrevistas realizadas ocurrieron en dos momentos distintos y con criterios de selección de entrevistados diferentes:

- 1) **Presencial (febrero de 2020):** Antes de las medidas de restricciones a consecuencia de la pandemia provocada por el COVID-19, el primer criterio de selección de entrevistados fue la

ubicación en una zona priorizada por el Comité Gestor del CBVCT. La primera zona elegida para las entrevistas era el subcorredor Suroeste (Pejibaye), por tratarse de una zona de baja conectividad de acuerdo con los mapas desarrollados en la etapa 2 y priorizada por el Comité Gestor por tratarse de una zona donde la población está interesada en desarrollar iniciativas sostenibles en su territorio. Las entrevistas se realizaron mayoritariamente de manera individual en la casa o finca de la persona entrevistada, con duración de aproximadamente 50 minutos. Apenas dos de las entrevistas se realizaron con la presencia de dos personas a la vez (una pareja y dos primos), pero para eso se utilizó protocolos distintos para diferenciar cada percepción. Se aplicaron preguntas cerradas y abiertas.

Vía teléfono/virtual (junio de 2020): Al llegar la pandemia, y consecuentemente las restricciones de actividades de talleres, los criterios utilizados para seleccionar productores cambiaron. La adaptación definida, para aprovechar las entrevistas que ya se habían realizado, fue seleccionar productores de acuerdo con los diferentes gradientes de conectividad presentados en los mapas de la etapa 2. El objetivo de este nuevo criterio fue comparar si había influencia entre la percepción de los productores y los grados de conectividad. Las entrevistas se realizaron por medio de llamadas por WhatsApp o, con el teléfono del Skype cuando la persona no tenía buena señal o internet accesible. En pocas ocasiones se hicieron video-llamadas. Las preguntas utilizadas han sido las mismas que en las entrevistas anteriores, pero para disminuir el tiempo de aplicación del protocolo han sido cortadas algunas preguntas de las tablas de valoración sobre la relación de las abejas con factores específicos.

Protocolo de entrevistas

La propuesta de contenido del protocolo (Anexo 5) fue fruto de un conjunto de informaciones colectadas en las entrevistas con personas expertas en ecología del paisaje y de abejas y de literaturas científicas relacionadas a las diferentes problemáticas que involucran esas especies. El protocolo se dividió en cuatro secciones:

- 1) Introducción a la entrevista: tratase de hacer una presentación personal y una breve explicación sobre el objetivo y la importancia del trabajo, dejando claro la confidencialidad de las personas entrevistadas y su libertad para renunciar o no responder las preguntas al momento que les pareciera necesario o, aclarar dudas durante el proceso.
- 2) Información personal: para conocer el perfil de entrevistados y el panorama de sus actividades agrícolas se realizaron las siguientes preguntas: i) localidad de la finca (normalmente ubicada en el programa Google *Maps* junto con los productores o los mismos enviaban la ubicación); ii) sexo y edad; iii) actividad principal que ejerce; iv) tamaño de finca y productos sembrados; v) organización que representa o participa y; vii) autorización para fotografía.
- 3) Percepción sobre los servicios ecosistémicos promovidos por las abejas: esta sección consistió en conocer más a fondo cuál es su relación con esos polinizadores y los conocimientos provenientes de sus experiencias diarias. Para eso se utilizaron preguntas abiertas y cerradas abordando: i) percepción general sobre la presencia de las abejas en la finca, su importancia para el medio ambiente o la finca y, como aprendió sobre ellas; ii) cuáles tipos de abejas observa en la finca y que plantas visita; iii) percepción sobre disminución o incremento de abejas en la finca y a que se relaciona y; iv) dos tablas de valoración numérica para conocer la percepción sobre la relación de determinados factores y las abejas. En este último caso la

primera tabla buscó valorar el nivel (1 a 5) de relación de la abeja con tipos de servicios o daños asociados a su presencia. La segunda tabla valoró el nivel (1 a 5) de relación de factores específicos (composición de la finca, tipo de manejo y otros) y las abejas, adjudicando una calidad "positiva", "negativa" o "neutra" para cada relación. Los significados de cada valoración se encuentran detallados en el protocolo.

- 4) Disponibilidad y cuellos de botella para acceder a cambios: esta última sección busca comprender cuales son las motivaciones o barreras para hacer cambios en la finca a través de preguntas abiertas y cerradas sobre: i) que estaría dispuesto a hacer para apoyar la presencia de abejas en la finca; ii) tabla con acciones que benefician a las abejas y su interés sobre esas; iii) principales dificultades para concretizar los intereses mencionados en las preguntas anteriores y; iv) interés en participar de proyectos relacionados a ese tema. Esta última pregunta permitirá una lista de interesados para compartir con organizaciones interesadas en implementar proyectos u otros tipos de acciones con ese enfoque.

5.5.3 Análisis de informaciones colectadas

Los resultados de las entrevistas han sido tabulados en un documento Excel posibilitando la comparación entre respuestas y datos para elaboración de gráficos y análisis de percepciones y de contenidos de gran parte de las respuestas. Para informaciones específicas relacionadas a preguntas abiertas, como tipos de abejas observadas en la finca o tipos de plantas visitadas, se elaboró una lista compartida en anexo. Preguntas cerradas como, tipo de entrevistado por sexo, tamaño de finca, edad y, algunas preguntas abiertas como, percepción sobre disminución o incremento de abejas y las razones para eso, han sido cuantificadas y graficadas en el Excel. Para la relación entre percepciones y el grado de conectividad del paisaje, se utilizó el mapa de Flujo de Interacción elaborado para la abeja *Tetragonisca angustula* y las percepciones asociadas a la cantidad de beneficios percibidos; frecuencia de observaciones sobre disminución o incremento de abejas y; cantidad de especies observadas en las fincas. Para eso se realizó un análisis de correspondencia entre las respuestas de entrevistados en los grados: bajo, medio y alto de conectividad. Para el análisis se utilizó el programa *IBM SPSS software*. Los datos colectados en las tablas de valoración de percepciones, sobre la relación de factores y las abejas, fueron ordenados y procesados en el programa Excel, donde se realizó gráficos de promedio y desviación estándar.

5.6 Comunicación de resultados a la comunidad no académica

El documento con resultados, análisis y productos generados serán compartidos con todos los participantes de este estudio (Investigadores, organizaciones locales, productores, entre otros). Para mejor comprensión de los resultados y su utilidad, se producirá un *Policy Brief* para organizaciones que actúan en el territorio de estudio (MAG, INDER, Comité Gestor del CBVCT), y videos cortos con informaciones para que los productores puedan acceder por Whatsapp. La base de datos con todos los documentos copilados en la etapa 1, estará accesible en la plataforma virtual del PCP (Plataforma Científica Mesoamericana para la Agroforestería), en la página web <https://www.pcpagroforestry.com/>. A parte, se realizará un infográfico con las principales abejas identificadas por los mismo productores y arboles melíferas recomendada por el CINAT, para distintas especies de abejas.

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 Panorama de conocimientos académicos desarrollados en el territorio y sus aportes para la conectividad de abejas en los agropaisajes del CBVCT

En este capítulo serán presentadas distintas perspectivas de las informaciones colectadas en el mapeo bibliográfico, con el propósito de responder la pregunta central y secundaria que han guiado el presente mapeo: **¿Cuál es el estado del conocimiento de estudios asociados al contexto ecológico y agrario desarrollados en Turrialba-Jiménez?** y ¿Cuál es la contribución de estudios sobre la mejora de la conectividad del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca y sus aportes a los servicios ecosistémicos generados por abejas? Para eso se describirá los resultados generales del mapeo, con respecto a cuáles los enfoques disciplinarios abordados, principales problemáticas, resultados y vacíos encontrados en esos estudios. También serán descritas características clave (principales cultivos, tipos de manejo, principales especies estudiadas para la conservación, entre otras) y cuáles son las relaciones normalmente establecidas entre tipos de estudio y la comunidad no académica. Finalmente, se analizará acerca de los aportes del conocimiento a la realidad agraria y ecológica del territorio y cuáles las posibles implicaciones para la conectividad funcional de abejas en el CBVCT.

6.1.1 Datos generales del mapeo

En total fueron analizados 310 documentos publicados, de 2005 a 2019. De esos, 182 son artículos de revistas científicas (AR) nacionales e internacionales; 102 son tesis de maestría académica (MA); 11 son tesis de maestría profesional (MP) y 15 son tesis de doctorado (TD). Los resultados de las búsquedas demuestran que 86% de las tesis mapeadas (TD, MA y MP) corresponden al repositorio del CATIE. Con relación a la cantidad de artículos de revistas encontradas, los canales que más contribuyeron han sido el Google Scholar, CIRAD, CABI, Springer y UCR. Los detalles del número de documentos levantados y palabras clave de búsqueda están presentados en el Anexo 1. Es importante considerar que el mapeo no toma en cuenta la sobre posición de artículos provenientes de tesis, por esa razón, y por representaren documentos distintos, sus informaciones han sido descriptas y graficadas separadamente.

En la Figura 7 se puede observar que el número de publicaciones a cada año fue bastante variable, con excepción de las publicaciones de AR que hasta el año de 2013 se mantuvieron relativamente constantes. El año de 2017 y 2018 se destacan con la mayor cantidad de publicaciones de artículos de revista ($n=25(13\%)/15(8\%)$). Para las tesis, los años de 2007 y 2012 fueron los más productivos ($n=12(9\%)/18(14\%)$). En este último caso, el número de TD y MP fue poco representativo en comparación a los demás tipos de estudio. Entre las tesis realizadas, el CATIE representa alrededor de 109 (85%) publicaciones en cuanto que la UNA y UCR suman apenas siete (6%) tesis y universidades extranjeras suman doce (9%); las tesis de doctorado compartidas por universidades extranjeras con el CATIE son Universidad de IDAHO-USA; Universidad de Bangor y Universidad de Kent-UK; Universidad de Lorraine y Montpellier SupAgro – Francia; Universidad Católica de Louvain – Bélgica y; Universidad de Valladolid – España.

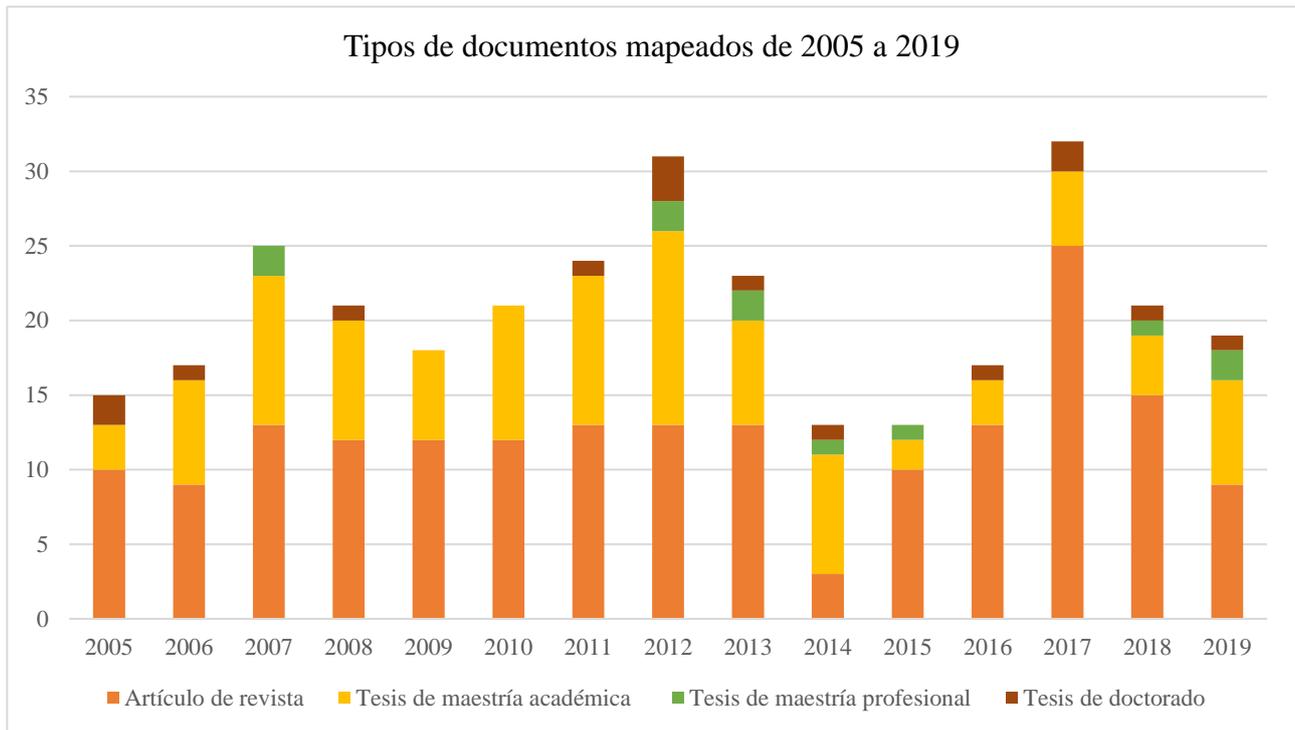


Figura 7 Tipos de documentos mapeados de 2005 a 2019.

Con relación a las idiomas de publicación, el inglés es el más utilizado entre los artículos de revista ($n=104$ (57%)) y doctorados ($n=12$ (85%)). Por otro lado, el español es el idioma que prevalece entre las maestrías académicas y profesionales ($n=94$ (92%)/ 11 (100%)). Otros idiomas como el francés y portugués han sido poco representativos, sumando apenas cuatro publicaciones entre las MA, TD y AR.

El cantón de Turrialba fue donde se realizó la mayor parte de las investigaciones de AR y tesis académicas ($n=153$ (84%)/ 88 (68%)) en comparación a Jiménez ($n=8$ /2). Distritos como Pavones, La Suiza, Santa Cruz, Turrialba, Santa Teresita, Tuis, Chirripó, entre otros, han sido frecuentemente visitados por esos estudios. Como se puede observar en la Figura 8, hubo trabajos que se realizaron en ambos cantones, en ese caso 31 tesis (24%) y 21 artículos (11%).

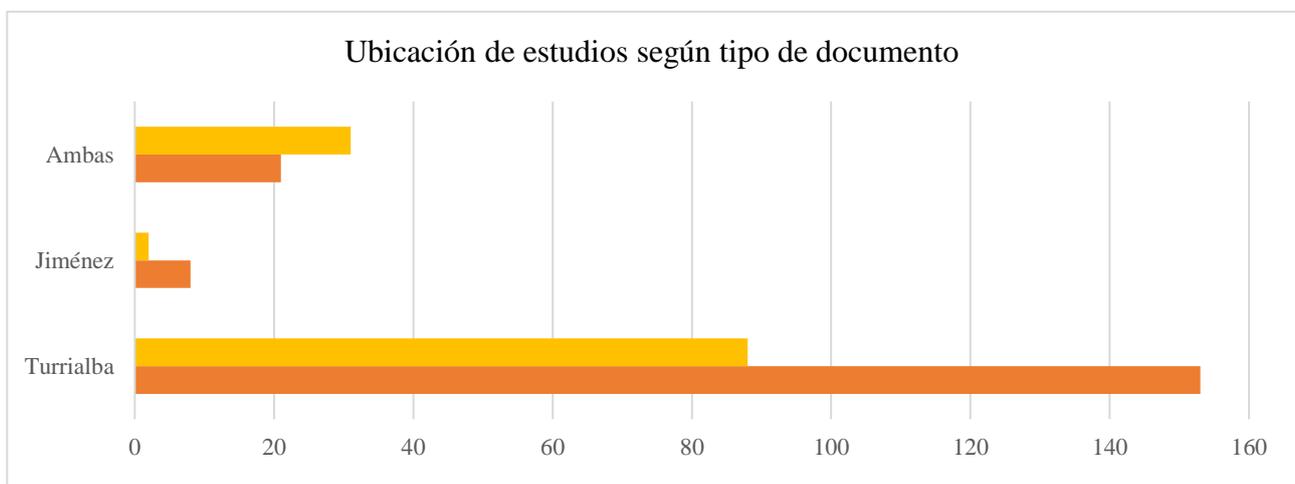


Figura 8 Ubicación de estudios según tipo de documento. En la sección "Tesis" están incluidas las tesis de maestría académica, profesional y de doctorado.

6.1.2 Principales enfoques disciplinarios estudiados de 2005 a 2019

En la diversidad de estudios colectados, bajo la perspectiva ecológica y agraria, se identificaron 23 tipos de enfoques disciplinarios. En el análisis de los temas de publicación del presente estudio, se priorizaron enfoques con por lo menos nueve publicaciones durante todo el período estudiado (considerando que el número de publicaciones total de cada enfoque no sea menor que la mitad del total de años estudiados).

El enfoque más publicado en las tesis ha sido el ecológico agronómico (n=37(29%)). Esa disciplina se presentó relativamente constante en el periodo, manteniendo mínimo dos publicaciones en casi todos los años. En seguida, el tema socioambiental y socioambiental agronómico fueron los más relevantes (n=16(12%)/18(14%)), pero su distribución en el tiempo fue bastante irregular comparado al ecológico agronómico. Los años de 2011 y 2012, son los que aportan la mayor diversidad de disciplinas publicadas (n=7/7)

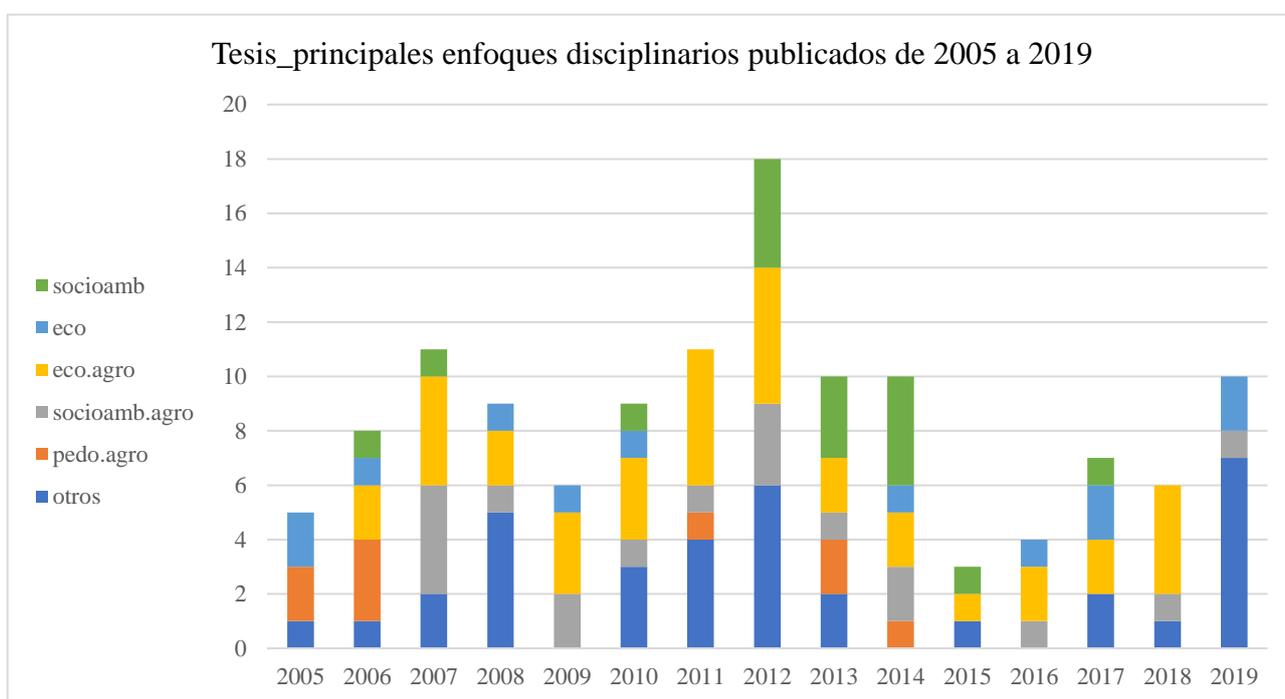


Figura 9 Principales enfoques abordados en las tesis. socioamb_sociambiental; eco_ ecológico; eco.agro_ ecológico agronómico; socioamb.agro_ socioambiental agronómico; pedo.agro_ pedológico agronómico; otros_ corresponde a otros 12 enfoques que tuvieron menos de 9 publicaciones cada, en el período estudiado: econ.agro_ económico agronómico; gen.agro_ genético agronómico; hidro.agro_ hidrológico agronómico; clim.agro_ climático agronómico; adm.agro_ administrativo agronómico; socioecon.agro_ socioeconómico agronómico; econ.eco_ económico ecológico; econ.acui_ económico acuícola; hidro_ hidrológico; geog.agro_ geográfico agronómico; hidro.socioamb_ hidrológico socioambiental; agro_ agronómico.

Entre los artículos de revista, como se puede observar en la Figura 9 el enfoque ecológico agronómico también tuvo destaque (n=68(37%)). Esta disciplina estuvo presente durante todos los años estudiados. En secuencia el tema pedológico agronómico, representó 28 del total publicado (15%), distribuyéndose de manera constante pero irregular a lo largo de los años. En el contexto general de los artículos, los años de 2017 y 2018 presentaron la mayor diversidad de disciplinas publicadas (n=12/10).

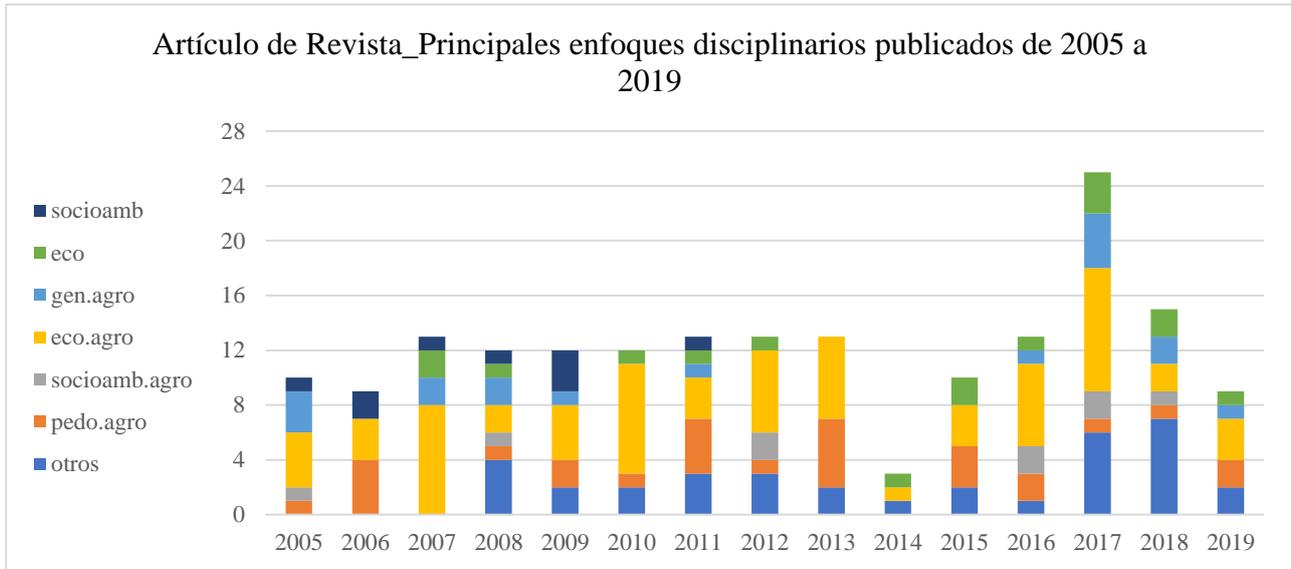


Figura 10 Principales enfoques abordados en artículos de revista. socioamb_sociambiental; eco_ ecológico; gen.agro_genético agronómico; eco.agro_ ecológico agronómico; socioamb.agro_socioambiental agronómico; pedo.agro_pedológico agronómico; otros_corresponde a otros 15 enfoques que tuvieron menos de 9 publicaciones cada, en el período estudiado: econ.agro_económico agronómico; socio.agro_social agronómico; hidro.agro_hidrológico agronómico; clim.agro_climático agronómico; adm.agro_administrativo agronómico; socioecon.agro_socioeconómico agronómico; adm.hidro_administrativo hidrológico; econ.eco_económico ecológico; geol_geológico; socioecon_socioeconómico; hidro.eco_hidrológico ecológico; geol.eco_geológico ecológico; geog.agro_geográfico agronómico; hidro.socioamb_hidrológico socioambiental; agro_agronómico.

6.1.3 Principales problemáticas abordadas según enfoques disciplinarios

Entre los principales enfoques, se identificó una diversidad de problemáticas con una distribución irregular de estudios asociados a cada problemática (Anexo 6 y 7). Son pocas las que mantuvieron el monopolio de publicaciones y que exploraron en profundidad cuestiones puntuales. Por esa razón, se escogió las que tienen mayor destaque en número de publicaciones para describir sus principales características.

6.1.3.1 Tesis Académicas (MA,MP y TD)

Ecológico agronómico:

En este tema se identificaron nueve problemáticas: a) impacto de enfermedades/plagas en cultivos; b) introducción de nuevos cultivos; c) seguridad de productos para comercialización; d) información sobre flora o silvicultura en SAF; e) impacto ambiental y productivo de las certificaciones de producción sostenible; f) relación carbono y planta; g) efecto del manejo en cultivos y productividad de cultivo; h) efecto del manejo de la finca en la producción animal; i) gases de efecto invernadero en producción.

De los 37 documentos, 20 (54%) están directamente relacionados a la problemática "a" (plagas y enfermedades en cultivos), de estos, más de la mitad (n=12) está asociado al cultivo de café. Estas investigaciones desarrolladas en cafetales tratan principalmente de la broca (*Hypothenemus hampei*) (n=5), la roya (*Hemileia vastatrix*) (n=7) y puntualmente de las hormigas forrajeras (*Atta spp.*) y leafhopper. La mayoría de los estudios con ese enfoque busca evaluar y hacer comparaciones para

entender la relación entre la presencia de la broca o roya y tipos de manejo (convencional u orgánico, sombra o pleno sol). Pocos de ellos tratan de explicar la relación de la presencia de esas especies con la estructura del paisaje. Otros estudios abordan esa problemática en cultivos de cacao (n=1), banano (n=3) y hortalizas/leguminosas (n=3). En esos casos el enfoque principal fue estudiar el control biológico de plagas, utilizando hongos, bacterias y otros medios como una alternativa a la aplicación de agroquímicos. Menos de la mitad de estos estudios se realizan bajo el contexto del CBVCT (n=6).

Las demás problemáticas buscan determinar los efectos de la sombra de los árboles en la productividad del café (n=4), los efectos de la fertilización en la calidad de la planta (n=3), evaluar si las fincas con diferentes tipos de certificación para el café realmente aportan en la productividad y calidad ambiental (n=2), generar informaciones para potencializar la introducción de nuevos cultivos (n=2).

Pedológico agronómico:

El par de cuestiones observadas en esa disciplina fue: a) efecto del manejo en la calidad del suelo y; b) suelos contaminados o degradados. En total son nueve documentos (7%), de los cuales ocho componen la problemática "a". De estos, siete están relacionados al cultivo de café y, en general, buscan caracterizar y evaluar el efecto de la sombra de árboles bajo el manejo convencional y orgánico, para comprender sus aportes a la nutrición del suelo (n=5). Apenas uno de estos está relacionado directamente al CBVCT.

Socioambiental agronómico:

Han sido identificados 18 documentos (14%) y seis problemáticas en ese contexto: a) conocimiento local y aprovechamiento de recursos naturales; b) percepción de impacto de sombra en fincas; c) efectos de cambio de uso de suelo a la conservación; d) cambio climático y adaptación; e) estrategias de medios de vida y conservación y; f) gobernanza en el manejo de recursos naturales.

Entre estas, la que se destaca es la "d" (cambio climático y adaptación), sumando seis documentos. Parte (n=4) está interesado en conocer la percepción de productores agropecuarios y la condición de vulnerabilidad frente al cambio climático, algunos (n=2) en sistemas convencionales y orgánicos, mencionando la diversificación de cultivos. Otra parte (n=2) busca alternativas para mitigar, compensar o identificar la cantidad de gases de efecto invernadero en fincas. Ninguno se enmarca en el contexto del CBVCT. Las demás problemáticas componen entre uno y cuatro documentos, entre ellos apenas ocho se asocian al CBVCT y tres al cultivo de café. En parte (n=4), buscan identificar los conocimientos locales y la forma como se da el aprovechamiento de recursos naturales en sus fincas u como hacen uso de los recursos del bosque en su día a día, otra parte conoce estrategias de medio de vida de productores en la interfaz de la conservación y los efectos de cambios de uso de suelo (n=3/2).

Ecológico:

Se identificaron 10 documentos (8%) con cinco diferentes cuestiones: a) impacto de especies introducidas; b) conocimiento y caracterización de especies; c) efecto de usos de suelo en la conectividad del paisaje; d) almacenamiento de carbono en ecosistemas forestales y; e) efectos climáticos en bosques. La problemática "c" fue la que concentró la mayor cantidad de estudios (n=7). La mayoría (n=4) relaciona el tipo de uso de suelo, principalmente el café, a la presencia o ausencia de determinadas especies como aves, mariposas y abejas. Entre estos, apenas un estudio diferenció la

presencia de especies en cultivos convencionales y orgánicos, por otro lado, todos están naturalmente asociados al contexto del CBVCT. Las demás problemáticas poseen entre uno a dos documentos cada y apenas una se relaciona con el corredor. Entre esas algunas buscan conocer y caracterizar especies funcionales de plantas y la población de árboles en bosques (n=2).

Socioambiental:

Entre los 16 documentos (12%) se identificó ocho problemáticas: a) gobernanza y manejo de instrumentos de protección ambiental; b) gestión e impacto institucional académico; c) seguridad alimentaria; d) planeamiento de gestión territorial; e) acceso a recursos financieros para la conservación; f) gestión de residuos sólidos y; g) gobernanza del agua.

La problemática en destaque fue la "a" (n=9), cuyos objetivos evidencian la necesidad de mejorar los mecanismos de participación en los procesos de planificación y gestión junto a instrumentos de conservación, además presenta estudios sobre la preocupación en conocer más a fondo como están pautadas las relaciones socioecológicas en la interfaz de la conservación de recursos, como por ejemplo en el CBVCT (n=5), y otras Áreas Protegidas (n=3). Las demás cuestiones contienen entre uno y dos documentos por problema. Entre esas, algunas se cuestionan entre uno y dos documentos por problema. Entre esas, algunas se preocupan en conocer más a fondo la estructura de planificación territorial y de servicios públicos para posibilitar impactos más sostenibles al medio (n=2).

6.1.3.2 Artículos de Revista

Ecológico agronómico:

En esta disciplina se identificaron 11 problemáticas, sumando 68 documentos (37%): a) impacto de enfermedades/plaga en cultivos; b) impacto de enfermedades/plaga en la producción animal; c) introducción de nuevos cultivos; d) seguridad de cultivos para comercialización; e) información de flora o silvicultura en SAF; f) impacto ambiental y productivo de las certificaciones de producción sostenible; g) relación carbono y planta; h) efecto del manejo en cultivos y productividad de fincas; i) gases de efecto invernadero en la producción; j) calidad de vermicompost producido y; k) calidad y propiedad nutricional de cultivos.

La problemática en destaque fue el " impacto de enfermedades/plaga en cultivos " (n=31(45%)). Poco menos de la mitad (n=15) de estos estudios están asociados a enfermedades y plagas en cultivos de café, como por ejemplo la roya (*Hemileia vastatrix*) (n=4), broca (n=4), nematodos (n=4), hormigas forrajeras (n=2) y ácaros (n=1). De esos, buena parte (n=14) busca entender y evaluar el efecto de tipos de manejo y de sombra sobre la presencia y la evolución de esas plagas y enfermedades. Los demás estudios están relacionados a cultivos como, banano, caña, pasto, hortalizas, leguminosas, cacao y macadamia. Mucho de ellos (n=8) buscan alternativas de bio control. Pocos estudian la relación bajo el contexto del paisaje. Estudios que comparan el manejo orgánico o convencional y en el ámbito del CBVCT, también son poco representativos (n=2/2).

La segunda problemática que se destaca trata de comprender los efectos del manejo en cultivos y productividad de fincas (n=17 (25%)). Entre estos, cinco estudian los efectos de la sombra de árboles en la productividad de café, cuatro buscan comprender como el manejo interfiere en la calidad del ciclo de la planta de banano y, otros tres estudian como las características de la hoja de la planta

apuntan a la productividad o el tipo de manejo que recibió. Solamente cuatro comparan manejo convencional u orgánico. Los demás estudios contienen entre uno y cinco documentos, donde apenas dos están asociados al CBVCT.

Pedológico agronómico:

Las cinco problemáticas observadas en ese enfoque son: a) efecto del manejo en la calidad del suelo; b) efecto de la descomposición de raíces en el suelo; c) impacto de las certificaciones de producción sostenible en la calidad de suelo; d) resistencia del suelo a eventos externos y; e) bioindicadores de calidad de suelo. Todas suman 28 documentos (15%). La que se destacó fue el "efecto del manejo en la calidad del suelo" (n=23(82%)), donde casi mitad (n=10) busco comprender la contribución de árboles de sombra de SAF con poró (*Erythrina poeppigiana*). Entre todos los estudios asociados a esa problemática, siete compararon efectos de manejo convencional y orgánico sobre el suelo y apenas uno estuvo relacionado al CBVCT. De ese total algunos están relacionados directamente a la retención y disponibilidad de elementos químicos (n=10), donde la mayoría (n=7) se relaciona con la capacidad de almacenamiento y disponibilidad de carbono en el suelo. Las demás cuestiones contienen de uno a dos estudios.

Socioambiental agronómico:

Este enfoque presenta cuatro cuestiones, sumando nueve documentos (5%): a) conocimiento local y aprovechamiento de recursos naturales; b) impacto de sombra en fincas; c) factores que influyen el cambio de uso de suelo y; d) cambio climático y la adaptación de productores. La que se destaca entre estas, "factores de cambio de uso de suelo", pose apenas tres estudios cuyos objetivos se direccionan a comprender sobre lo que incentiva los productores a cambiaren su uso de suelo. Todas relacionadas al contexto del CBVCT. Las demás problemáticas contienen dos documentos cada una y de estas, dos se enmarcan en el contexto del CBVCT o Reserva Indígena.

Genético agronómico:

De un total de 17 documentos (9%), las tres problemáticas identificadas son: a) resistencia de cultivo a plagas/enfermedades; b) expansión de conocimiento genético; c) genética de plagas en cultivos. Más de la mitad (n=11) de los estudios de este enfoque están relacionados a la necesidad de "expansión de conocimiento genético", buscando conocer cruces para mejores calidades comerciales, el historio genético de domesticación de determinada especie, o mismo establecer protocolos para conocer la diversidad genética de cultivos poco explorados. La mayoría relacionado a los cultivos de cacao (n=4) y café (n=3). Otros cultivos estudiados bajo esa perspectiva son el chayote, sapote, tacaco y eucalipto. Los demás problemas contienen tres documentos cada y ninguno tampoco se enmarca en el contexto del CBVCT.

Ecológico:

Esta disciplina presenta cuatro problemáticas sumando 16 documentos (8%): a) impacto de especies introducidas; b) expansión de conocimiento de especies; c) efectos de usos de suelo en la conectividad del paisaje y; d) influencia geográfica en la distribución de especies. La "a" fue la perspectiva más estudiada (n=8). La mayor parte de los trabajos (n=5) enfocan sobre los efectos de tipos de uso de suelo sobre diferentes especies como, aves, mamíferos, abejas y mariposas, principalmente en usos de suelo de cafetales (n=4). Entre los estudios apenas uno compara la relación de esas especies al manejo convencional u orgánico de fincas. Los demás documentos, enfocan en identificar áreas

prioritarias para reforestar y en propuestas de redes de conectividad estructural. Entre todos, la mayoría (n=6) trabaja bajo el contexto del CBVCT. La segunda problemática en destaque fue la "b" (n=6), asociado principalmente al registro e identificación de nuevas especies en el territorio, como orquídeas, mucuna y myxomicetes.

Socioambiental:

En este enfoque las problemáticas identificadas son: a) gobernanza y manejo de instrumentos de protección ambiental; b) gestión institucional en el manejo de recursos naturales; c) cambio de uso de suelo en áreas protegidas y; d) vulnerabilidad de poblaciones al cambio climático. Juntas suman 9 documentos (5%). La que tuvo destaque fue la "a" (n=5). Los estudios están direccionados a la mejora de la gestión e inserción de la sociedad civil para la consolidación de esos instrumentos, principalmente a la participación local en espacios de toma de decisión (n=3). Los instrumentos relacionados a esa problemática son Parques Nacionales, Bosque Modelo, Reservas Indígenas y CBVCT. Las demás cuestiones contienen solamente entre uno y dos documentos.

6.1.4 Panorama de la participación de enfoques en características clave de los estudios

Existen características importantes que son transversales a muchas disciplinas, abajo, en las Figuras 11 y 12, se observa el panorama general de la participación de los principales enfoques disciplinarios con relación a algunos de los temas clave del mapeo.

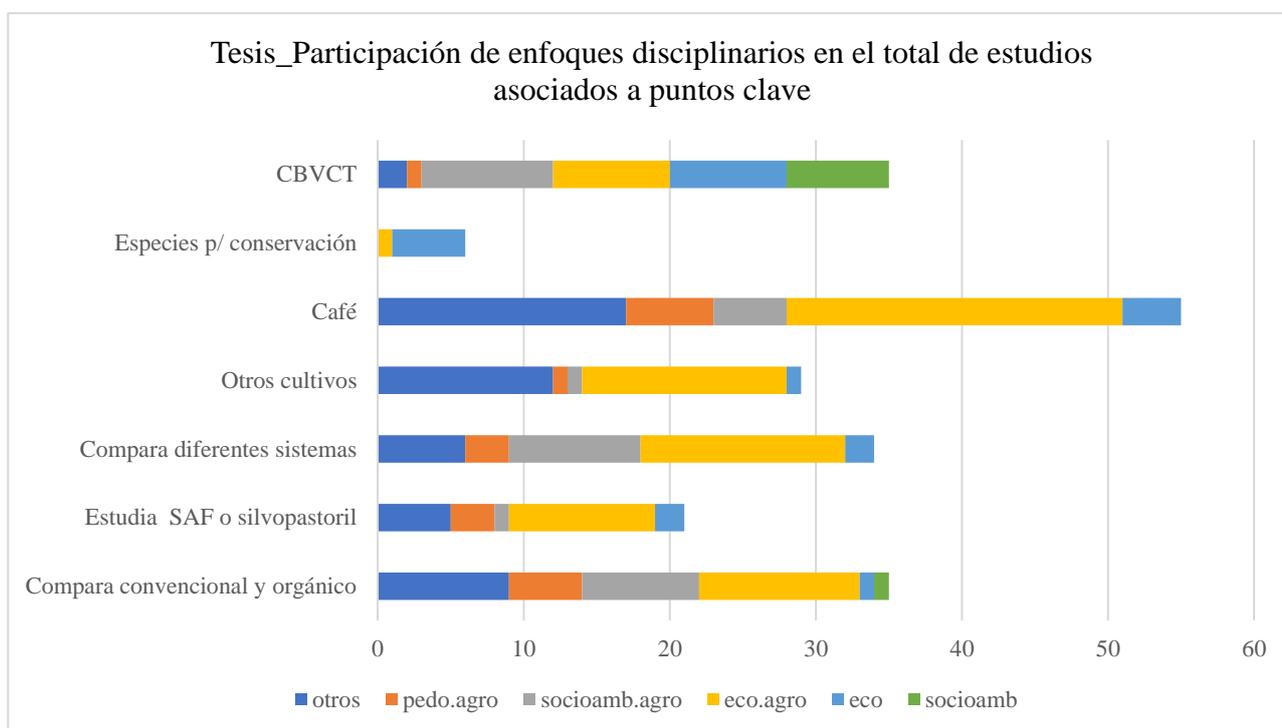


Figura 11 La participación de cada enfoque disciplinario de las tesis, en el total de estudios relacionados a puntos centrales, importantes para responder a los objetivos del mapeo. Los enfoques son abordados son: socioamb_socioambiental; eco_ ecológico; eco.agro_ ecológico agronómico; socioamb.agro_socioambiental agronómico; pedo.agro_pedológico agronómico; otros_corresponde a otros 19 enfoques que tuvieron menos de 9 publicaciones cada, en el período estudiado.

El total de tesis realizadas en el contexto del corredor (n=36(28%)), que representa menos de un tercio del total de estudios de posgrado (n=128), ocurre una participación amplia de disciplinas (n=8). Se percibe que estudios asociados a este tema se distribuyen principalmente entre los enfoques socioambiental agronómico, ecológico agronómico, ecológico y socioambiental. Las especies estudiadas para conservación se dividen entre dos disciplinas, presentando mayor aporte del enfoque ecológico. Con relación a los cultivos estudiados, el café es lo que tiene la mayor participación de enfoques disciplinarios (n=10) y cantidad de estudios (n=55(42%)), con destaque para el enfoque ecológico agronómico. Por otro lado, aunque la distribución de disciplinas que integran el estudio sobre "otros cultivos" (n=10), sea similar al de café, la cantidad de estudios para cada uno de los diferentes cultivos es mucho menor. "Otros cultivos" corresponden alrededor de 21 variedades; con un poco más de estudios para el banano (n=6) y cacao (n=6) que juntos representan casi la mitad del total de "otros cultivos" (n=29 (22%)). Trabajos que buscan comparar resultados según diferentes tipos de sistema (n=34(26%)) y que están enfocados en sistemas agroforestales o silvopastoriles (n=21(16%)), presentan participaciones similares de disciplinas (n=8/7). En esos casos el enfoque ecológico agronómico se destaca, así como en estudios que buscan comparar manejos "convencional y orgánico" (n=35(27%)), cuya distribución de enfoques es bastante alta (n=10).

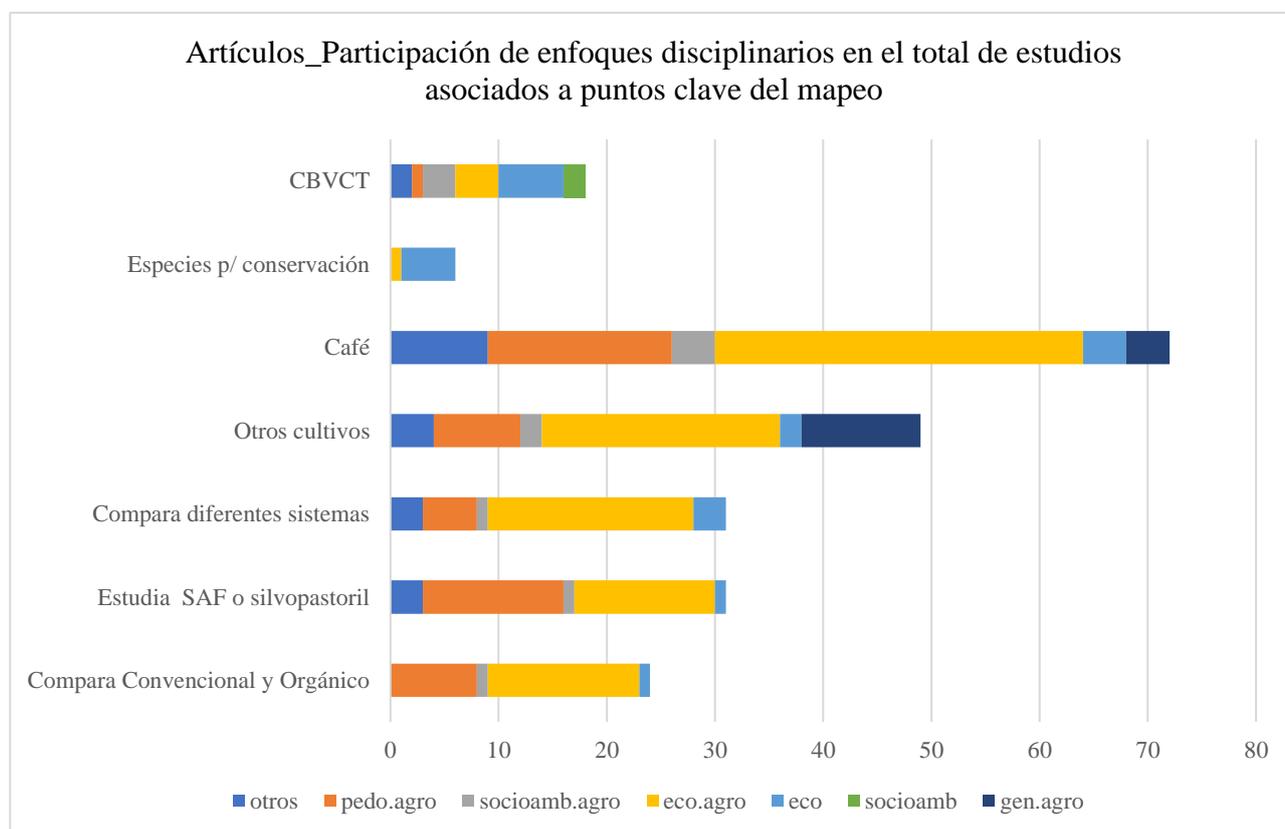


Figura 12 La participación de cada enfoque disciplinario, de artículos de revista, en el total de estudios relacionados a puntos centrales, importantes para responder a los objetivos del mapeo. Los enfoques abordados son: socioamb_socioambiental; eco_ ecológico; gen.agro_genético agronómico; eco.agro_ecológico agronómico; socioamb.agro_socioambiental agronómico; pedo.agro_pedológico agronómico; otros_corresponde a otros 18 enfoques que tuvieron menos de 9 publicaciones cada, en el período estudiado.

El total de artículos que se enmarcan en el contexto del CBVCT (n=18(10%)) es poco expresivo con base en el total de artículos mapeados (n=182). La participación de disciplinas en ese contexto (n=7) se concentra principalmente en ecológico, ecológico agronómico y socioambiental agronómico. El total de especies estudiadas para su conservación (n=6), se divide en dos enfoques solamente,

concentrándose principalmente en el tema ecológico. El cultivo de café lleva participación de 11 diferentes tipos de enfoques, siendo los temas ecológico agronómico y pedológico agronómico los más presentes. El total de estudios asociados al café representan casi la mitad ($n=72(39\%)$) del total de artículos mapeados. Estudios relacionados a otros tipos de cultivos ($n=49(27\%)$), representados por aproximadamente 33 especies, cuentan con la participación de ocho disciplinas en las que se destacan ecológico agronómico y genético agronómico. Publicaciones que comparan diferentes sistemas ($n=31(17\%)$), y trabajos realizados en sistemas agroforestales o silvopastoriles ($n=31(17\%)$), también tienen alta representatividad del enfoque ecológico agronómico. En el último caso, el tema pedológico agronómico también es bastante presente. La participación de diferentes tipos de disciplinas en los que comparan "diferentes sistemas", es parecida a las realizadas en SAFs o sistemas silvopastoriles ($n=7/8$). Estudios que toman en cuenta el manejo convencional y orgánico ($n=24$) también tienen destaque del enfoque ecológico agronómico, pero poca participación de disciplinas ($n=4$) comparado a los demás puntos clave.

6.1.5 Especificidades de resultados en el contexto del CBVCT

Estudios elaborados bajo el contexto del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, han sido poco representativos en el total mapeado a lo largo de los 15 años (Figura 13). Estos corresponden a menos de un tercio del total de tesis ($n=36(28\%)/128$) y aún menos de la cantidad total de artículos publicados ($n=18(10\%)/182$).

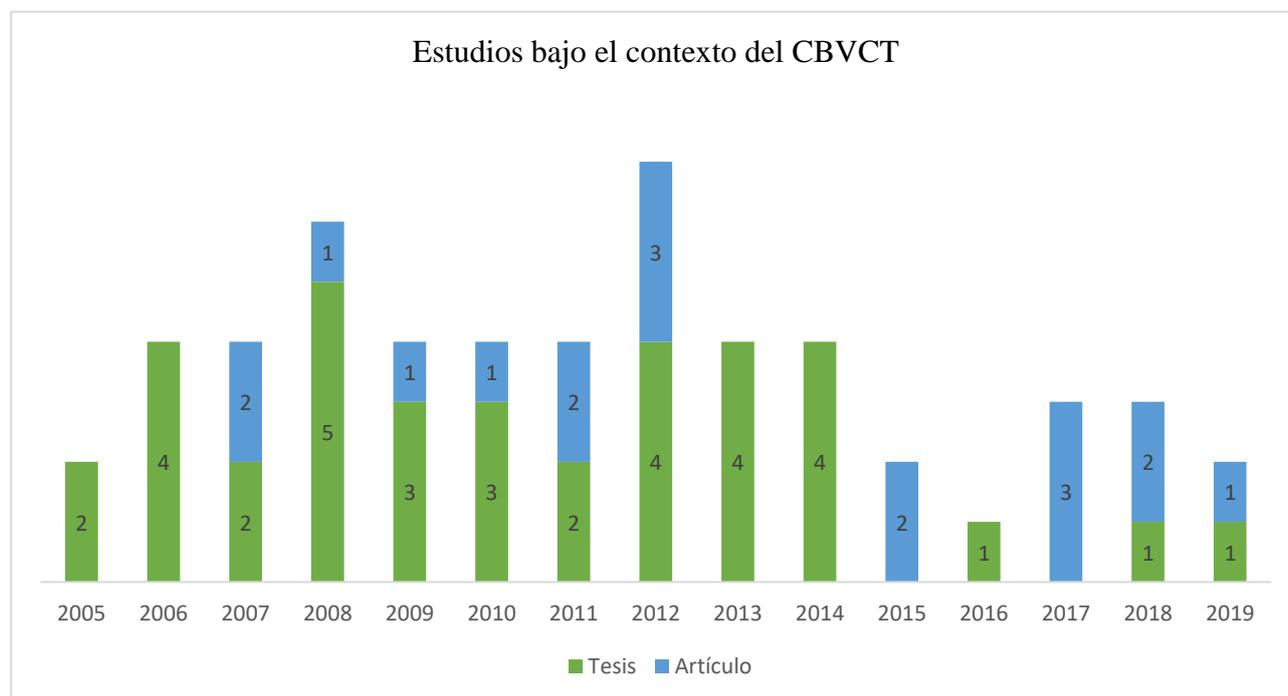


Figura 13 Total de tesis académicas (MA,MP y TD) y artículos de revista desarrollados bajo el contexto del CBVCT, según el año de publicación.

El número de tesis relacionadas al cultivo de café suma 15 (42%), casi la mitad del total de tesis en el corredor; y en algunos casos asociados a plagas como la broca ($n=4$), roya ($n=1$), hormigas ($n=1$), nematodos ($n=1$), leafhopper (salta montes) ($n=1$). Otros temas como ganado ($n=2$), son poco

presentes, así como variedades de especies con enfoque de conservación, que corresponden a abejas (n=2), aves (n=2), mariposas (n=1), mamíferos (n=1) y árboles (n=1). Por otro lado, alrededor de la mitad de esos estudios se enmarcan en diferentes sistemas experimentales (n=11(30%)) o en sistemas agroforestales (n=6 (16%)). De esos apenas ocho disocian tipos de manejo convencional u orgánico.

Con relación a los artículos publicados dentro del contexto del CBVCT, más de la mitad del total de artículos está asociado al cultivo de café (n=11(61%)). Los demás cultivos se distribuyen entre cacao (n=1), caña de azúcar (n=1), pasto (n=2) y ganado (n=1). Temas como la broca (n=2) y la roya (n=1), también asociados al café, son poco expresivos en ese total, así como estudios sobre aves (n=2), mariposas (n=1) y mamíferos (n=1). Similar a las tesis, la mitad del total de artículos enmarcados en el contexto del CBVCT, busca hacer diferenciación de sistemas (n=6(33%)) o estudiar los SAF (n=3(16%)). De esos, apenas cuatro (22%) diferencian manejos convencional y orgánico.

6.1.6 Principales resultados y vacíos identificados en enfoques

Las informaciones sugeridas fueron descritas de acuerdo con las problemáticas en destaque abordadas anteriormente en cada disciplina. Aquí los principales resultados respectivos a tesis y artículos han sido contextualizados en conjunto, pero los detalles de las referencias según tipos de documento y problemática es posible ver en los Anexos 6 y 7. En el Anexo 8 también es posible acceder a los principales resultados encontrados para los enfoques ecológico agronómico y pedológico agronómico, con importantes informaciones sobre el manejo de cafetales y temas asociados. Aquí se presentarán los principales resultados y vacíos de enfoques directamente ligados a las temáticas centrales del estudio. Las citas que presentan el símbolo “*”, están relacionadas a estudios desarrollados bajo el contexto del CBVCT.

Socioambiental agronómico

Cambio climático, adaptación y factores que influyen en los cambios de uso de suelo

Productores frente al cambio climático El cambio climático es un fenómeno que se destacó entre los estudios mapeados en el territorio Turrialba-Jiménez, principalmente por estar relacionado a efectos severos en los patrones de producción agropecuaria local. En cafetales, por ejemplo, Hethcote (2016) demuestra que la adaptación de agricultores fue principalmente relacionada a la altitud y al tipo de gestión que el productor maneja. Los productores seleccionaron variedades de cultivo adaptadas a esa condición y que al mismo tiempo cultivos que presentaron mayores posibilidades de diversificación y explotación comercial. El proceso de evaluación participativa de variedades, realizado en el estudio, fue considerado fundamental para ayudarlos a definir que variedades utilizar (Hethcote 2016). Otro estudio con caficultores también demuestra que la mayoría utiliza otros tipos de cultivos y animales para incrementar su condición, además de normalmente tener por lo menos ocho variedades de café plantadas. Pero, por otro lado, no se identificó un padrón de adaptabilidad al cambio según sus tipos de prácticas en la finca (sea orgánica o convencional), su capacidad de adaptarse, o mismo con el nivel de vulnerabilidad en que se encuentra (Simmons 2019). Según Simmons (2019) la probabilidad de haber cualquier conversión de cafetales hacia otros tipos de uso de suelo se presentó baja. Eso se dio por la escasez de mano de obra familiar, la edad avanzada de la

persona que comanda la producción, los precios bajos de café y el aprovechamiento de productos provenientes de los árboles de sombra.

Otro grupo de productores que también sufren efectos directos en la zona, son los productores de ganado. A través de encuestas realizadas con productores de carne y leche, se constató que fincas ganaderas de carne o doble propósito presentaron alta receptividad para mitigar los efectos y aumentar el *stock* de carbono, con la inserción de árboles en sus potreros (Castillo 2013*). Pero entre los diferentes grupos de productores, sean ganaderos o horticultores, se identificó que los grupos indígenas son los que más presentaron vulnerabilidad frente a los eventos climáticos. Eso debido a características endógenas al grupo y exógenas, como la falta de políticas bien definidas para ese tipo de población (Ríos 2010).

Entre esos resultados, se resaltó la importancia de arreglar estrategias diferentes según las debilidades y fortalezas de cada grupo, de adaptación frente al cambio climático (Ríos 2010). Como estrategias de diversificación de variedades genéticas y sistemas, se percibió la necesidad de capacitar agricultores a almacenar semillas de manera adecuada para que puedan reutilizarlas y probar nuevas variedades (Hethcote 2016). Además de fortalecer estudios que levanten el potencial financiero de un Pago por Servicio Ambiental (PSA) con modalidad de captura de carbono (Castillo 2013*). Finalmente, conocer la capacidad de recuperación en cada sistema y comprender qué prácticas funcionan para los productores y cuáles no, pueden permitir el desarrollo de soluciones viables en conjunto con las mismas familias productoras (Simmons 2019).

Acciones institucionales_ Guerra (2007) realizó un análisis sistémico para medir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por CATIE, institución académica de destaque dentro del territorio. En ese proceso se identificó que las plantaciones forestales y los sistemas agroforestales plantados en su terreno han sido responsables por gran parte de la captura de carbono. Demostrando que el capital natural fue primordial en ese balance. Pero, al mismo tiempo, se destacó necesario estudiar emisiones indirectas, lo que variaría ese balance general institucional permitiendo un mejor planteamiento de acciones adaptativas (Guerra 2007).

Gualpa Rivera (2015) demuestra la importancia del intercambio entre los académicos y las comunidades, para promover aportes sobre la adaptación al cambio climático. Para eso, en el ámbito de Bosque Modelo Reventazón, se promovió un taller de diálogo abierto, relacionado al proyecto piloto de ciencia abierta donde se realizó un intercambio de saberes académicos, urbanos y rurales. Los resultados demuestran que los productores han percibido los efectos del cambio climático en su vida en los últimos años, e identifican que eso es consecuencia de actitudes asociadas a la idea de que los recursos naturales eran inagotables. En ese camino el intercambio resultó en conocimientos valiosos para generación de nuevas ideas para fortalecer la adaptación de esas comunidades frente al cambio climático (Gualpa Rivera 2015).

Cambio de uso de suelo_ Bosselmann (2012) * indicó el PSA como un instrumento de política que puede favorecer los usos de suelo agroforestales o silvopastoriles. Al mismo tiempo, se observó que hace falta crear conciencia entre productores sobre el PSA, pues apenas 10% de personas entrevistadas conocía el programa (Bosselmann 2012*). Por otro lado, Pintos (2018) demostró en su estudio otros desafíos relacionados a la opinión de productores que se apoyan en el sistema de PSA que, en general, es de disconformidad y desacuerdo por la falta de seguimiento técnico recibida

durante todo el proceso de plantío y crecimiento. Este mismo estudio constató carencias en la gestión del programa resaltando la necesidad de mejorar urgentemente su gestión de manera a evitar la pérdida de dinero una vez que este no se puede reinvertir (Pintos 2018).

Louman et al. (2016 a y b) demuestran que más eficiente que el PSA, para aumentar la cobertura forestal, es fortalecer el capital humano (salud, educación, asistencia técnica) y social (capacidad de organización, intercambio de información). Pues se constató que esa combinación es la principal responsable por el aumento de cobertura forestal en fincas en el corredor, por lo tanto, fundamentales para promover la conservación (Louman et al. 2016 a y b*). Por esa razón se ve la necesidad que los programas nacionales que tienen interés en aumentar la cobertura forestal piensen en estrategias que consideren esos factores y especificidades regionales como impulsoras para la conservación (Louman et al. 2016 a y b*). Además, Louman *et al* (2016 b*), indica que sería interesante conocer como la nueva ruralidad impacta en el aumento de la cobertura forestal en la zona rural.

Socioambiental

Gobernanza y manejo de instrumentos de protección ambiental

Participación en el CBVCT_Según Ramírez (2006)*, en el periodo de estudio parte del territorio del corredor se encontraba en uso correcto (65%) y otra parte en sobreuso (31%). Este principalmente asociado a las zonas de pastizales en los distritos de Santa Cruz y Capellares, zona norte del corredor. Este resultado fue basado en una interpretación visual de la sobreposición de dos mapas: uno de capacidad de uso de la tierra y otro de uso de la tierra, basando sus interpretaciones en las intersecciones presentadas en estos mapas (Ramírez 2006*).

Ramírez (2006)* demostró que la población dentro del territorio tenía interés en desarrollar actividades de conservación y promover prácticas más amigables con el medio ambiente siempre y cuando hubiese apoyo financiero y seguimiento institucional. En ese contexto constató que había buena participación en el comité gestor y que hubo instituciones que canalizaron energía para promover esas iniciativas pero que al final la débil coordinación institucional llevo a una pérdida de recurso financiero y humano en ese período. Canet (2007)* y Canet *et al.* (2008)* demostró que el esfuerzo de participación en los primeros años del corredor se presentó más consistente que en los años en que realizó el estudio. Esta fase inicial de gestión se centró en fortalecer el capital social, político, humano y financiero, relacionado al esfuerzo organizacional del corredor. El capital natural tuvo muy baja inversión en ese periodo. En ese sentido para que hubiese consistencia no solo en la parte organizacional y de implementación, Canet *et al.* (2008)*, sugirieron que sería necesario el monitoreo de esa gestión a largo plazo, permitiendo que se complete el proceso lógico de desarrollo del corredor.

Seis años después del establecimiento del CBVCT, el estudio de Botelho *et al.* (2009)* aún identificaron debilidades relacionadas a la falta de participación de fincas agrícolas, y comunidades de base, además de la falta de capacitación sobre buenas prácticas agropecuarias a productores. El estudio constató también que la gestión del corredor estuvo centrada en el comité gestor principal y en ese sentido sugirió que, para promover el avance y su consolidación, era necesario establecer una cogestión adaptativa, que comparta protagonismo y acciones hacia los comités locales de otros subcorredores, alcanzando las mismas comunidades rurales, una vez que esas son, según su percepción, las que más contienen y pueden resguardar los servicios ambientales del territorio. En

ese contexto, Samayoa (2014)* identificó la falta de planificación de acciones en conjunto con otros planes territoriales de la región o de áreas protegidas circundantes también sugiriendo la necesidad de validar junto a los diferentes actores involucrados en el CBVCT, el modelo de planificación elaborado por su estudio, de manera que aporte a su implementación adecuada. En ese mismo estudio constató que el plan operativo utilizado por el CBVCT en la fecha, así como los planes de otros corredores, ha sido diseñado de manera descriptiva y poco operativa, dificultando su impacto sobre los recursos naturales. Samayoa (2014)* también, analizó que esta dificultad de implementación del plan en el tiempo podría estar asociada a la falta de enfoque estratégico, constatando que no hay la cultura de la planificación ni tampoco del monitoreo en su gestión.

Participación en Bosque Modelo_ Azuero *et al.* (2005), identificaron estrategias y mecanismos que facilitaron la participación de actores en la consolidación del Bosque Modelo Reventazón (BMR), cuyo territorio incluye la mayor parte del CBVCT. En el proceso de construcción de lineamientos, la importancia de la educación ambiental se sobresalió, junto con la participación social (Azuero *et al.* 2005). Más adelante, Durán Gárate (2010) identificó que el BMR visualizó la gobernanza a través del incentivo a la participación y construcción de estructuras de gestión y la aplicación de instrumentos para la planificación y dirección. El aumento de actores vinculados indicó un éxito, bien como el seguimiento en la participación de organizaciones de base, la continuación de proyectos e investigaciones y el fortalecimiento de las relaciones sociopolíticas para la incidencia en la gestión de esos recursos naturales (Durán Gárate 2010). Una de las necesidades pautadas fue la generación de espacios para el intercambio de opiniones, donde pudiese tener igualdad de expresión y lenguajes apropiadas a la discusión de temas relacionados al grupo participante o al BM como tal (Durán Gárate 2010).

Participación en Áreas Protegidas_ Un estudio sobre el Parque Nacional del Monumento Guayabo (ubicado dentro del CBVCT), demostró la fragilidad entre las relaciones de un Área Protegida y las comunidades vecinas, principalmente asociadas a la falta de participación de esa población en las actividades del parque y a la falta de beneficios económicos aportados por este. En ese contexto se percibió importante que el parque establezca lazos con las comunidades para que conozcan y participen de las actividades, principalmente para garantizar la sostenibilidad socioeconómica y ecológica local a largo plazo (Aguirre 2006). Pino (2012), en ese mismo contexto, identificó que las comunidades vecinas no reconocen los beneficios de vivir cerca de un Área Protegida. La autora resaltó que a nivel institucional el Parque Nacional Tapantí Macizo de la Muerte, y otros parques cercanos, tienen lineamientos para la participación de la sociedad civil en los procesos de toma de decisión de áreas protegidas, pero a nivel local esa participación es aún escasa. Pino (2012) también identificó que el tema de género en ese contexto, aunque esté presente en los lineamientos de esas áreas protegidas no son trabajadas en la práctica. En entrevistas con representantes de la área silvestre protegida y comunidades vecinas, entre ellas Pejibaye, observó que los actores reconocen la importancia de la participación de las mujeres en los procesos participativos y de manejo de recursos. Pino (2012) constató que los intereses entre hombres y mujeres se presentaron bastante diferentes y complementares al mismo tiempo. Por esa razón resaltó que el involucramiento de mujeres en procesos de tomas de decisión sobre el recurso natural es fundamental.

En lo que corresponde a las comunidades indígenas, Carrión (2012) identificó que su participación en los diálogos nacionales de Costa Rica ha sido históricamente débil, principalmente asociado a su condición sociocultural y geográfica, siendo excluidos de procesos de toma de decisión. La autora

resalta que los mecanismos creados e implementados en la comunidad son impuestos sin su participación mismo que sea establecido que ellos mismos son los que toman las decisiones y coordinan los recursos en su tierra. Los resultados sobre la percepción de indígenas del alto Chirripó indicaron que los mecanismos para una buena gobernanza dentro de la comunidad indicaron debilidades organizacionales, falta de fortalecimiento de capacidades y carencia de acompañamiento institucional para implementar políticas e iniciativas relacionadas a los recursos forestales de la Reserva (Carrión 2012). Frente a este gran vacío se constató que mientras no haya consensos interinstitucionales para reconocer los derechos privados de pueblos indígenas, no será posible contribuir con la construcción de programas o iniciativas para diversificar y aportar a los ingresos de esa población (Carrión 2012).

Ecológico

Conectividad del paisaje

Estructura del paisaje_ Murrieta *et al.* (2007)a* produjeron un análisis a escala de paisaje indicando que el CBVCT (sin el adicional del actual subcorredor Barbilla) se presentó altamente fragmentado, con una cobertura boscosa de 40% , seguidas de pasto y café. El estudio priorizo áreas para la conservación según su contribución a la conectividad estructural del corredor, para eso tomaron en cuenta la extensión de cobertura vegetal natural y los tipos de bosques. En total han sido identificadas nueve áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad: i) Volcán Turrialba e Irazú; ii) Finca cafetalera Aquiares; iii) Finca la Isabel; iv) Finca Paucare; v) Finca Balalaica; vi) Finca Florencia Industrial; vii) zona Cachí y Pejibaye; viii) Reserva La Marta y; ix) sector Tayutic (Murrieta *et al.* 2007a*). Para fomentar la conservación en esas áreas, el estudio indica que los PSA y esquemas de certificación agrícola pueden ser instrumentos potenciales (Murrieta *et al.* 2007*; Murrieta 2006*).

En un contexto más amplio de la conservación, en el Área de Conservación Volcánica Central Talamanca (tipo de unidad territorial de conservación a nivel nacional) Pedroni *et al.* (2008) realizaron una modelación espacial multicriterio donde se estratificó el área en diferentes categorías de amenaza de deforestación. La zona sudoriental (que se sobrepone a parte del CBVCT) fue considerada en ese estudio como una de las menos amenazadas una vez que las pendientes en ese sector son bastante empinadas y la distancia entre bosques y carreteras son mayores. Pedroni *et al.* (2008) identificó que al sobreponer esas áreas amenazadas con las características socioeconómicas del territorio fue posible constatar una relación y estimar la probabilidad de deforestación en determinados puntos del área.

Brenes (2009) desarrollo mapas proponiendo un análisis multitemporal de 1986 a 2008, del cambio de uso del suelo del CBVCT, donde presentó un trazado de redes de conectividad estructural en diferentes escenarios históricos. Este estudio indicó que la "estabilidad" de la cobertura boscosa en los 22 años investigados se relacionó a la dinámica de conversión de usos de suelo de pasto a charral y de charral a bosque, bien como de pérdidas de bosque a pasto (cambiando paralelamente entre uno y otro). Por otro lado, Brenes (2009) indicó que la disminución de la deforestación y aumento de la cobertura boscosa en los últimos años están también relacionados a leyes y políticas nacionales de incentivo a conservación de bosques y desincentivo a cambios de uso de suelo. Según su estudio, la urbanización fue el uso de suelo que más se incrementó en tamaño en ese periodo, provenientes de usos de suelo como caña y café principalmente. También se constató que suelos en sobreuso correspondían a 29.5% del territorio, principalmente en las faldas del Volcán Turrialba, donde, según

los modelos de conectividad estructural, representa las zonas de mayor costo de acceso. El análisis de paisaje indicó, así como el estudio Murrieta *et al.* (2007)^{a*}, que el corredor se encontró en proceso de fragmentación, pues aumentaron los números de parches al mismo tiempo que ha disminuido su tamaño (Brenes 2009^{*}).

Uso de suelo y Aves_ Diferentes estudios mostraron la importancia de la matriz que compone el paisaje para la conservación de aves en el CBVCT. Rivero (2005)^{*} identifica 101 especies de aves en los agropaisajes del corredor, donde los cafetales agroforestales complejos albergaron la mayor abundancia y número de especies colectadas (n=84) y un mayor número de aves dependiente de bosques; más que cafetales bajo sombra simple (n=56) (café-poró). Además, se identificó que cuanto mayor la presencia de la cobertura forestal alrededor de esos cultivos mayor la presencia de especies especialistas (ej.: *Contopus borealis* y *Amazona autumnalis*), dependientes del bosque. Con base en eso se han sugerido esfuerzos en la diversificación de plantaciones de café y protección del bosque circundante, apoyando la conectividad estructural y funcional en el paisaje del corredor (Rivero 2005^{*}). Martínez-Salinas y DeClerck (2010)^{*} identificaron hasta 121 especies de aves en el CBVCT. En este caso, pruebas realizadas en cercas vivas utilizadas en cultivos, demostraron que ahí se ubicaron la mayor cantidad de especies esperadas, demostrando la importancia de esas cercas vivas para su conservación. En el bosque, así como en el estudio de Rivero (2005)^{*}, se encontraron especies únicas de aves, mostrando la importancia de conservar bosques en la matriz del paisaje (Martínez-Salinas y DeClerck 2010^{*}). Complementar a ese contexto, Martínez-Salinas (2016^{*}) compartió informaciones sobre rasgos funcionales para más de cien especies de aves. Finalmente, Estrada *et al.* (2019)^{*} constató que, a pesar de la dependencia al bosque, las cercas vivas multiestrato alrededor de cultivos han sido más eficientes para el movimiento de aves que los propios sistemas agroforestales de café. Aún, así como ha sido recomendado ampliamente, conservar parches de bosque y promover la conectividad de sistemas agrícolas con cercas vivas, facilitaría el movimiento de las diferentes especies (Estrada *et al.* 2019^{*}).

En ese contexto se resaltó la necesidad de más estudios académicos que evalúen con más detalles el efecto del paisaje y su composición sobre la presencia de esas especies en cafetales (Rivero 2005^{*}). Además, se constató necesario la aplicación de estaciones para identificar aves tropicales a lo largo de los trópicos americano, para disminuir la laguna de conocimientos sobre las aves tropicales en paisajes agrícolas (Martínez Salinas 2016^{*}).

Uso de suelo y Abejas_ Solis Rodríguez (2014)^{*} en su estudio identificó 23 especies de abejas (Anexo 14) cuya diversidad es mayor dentro de la red de conectividad trazada en el CBVCT que fuera de esta red. Se constató que cuanto mayor la cobertura de bosque y charrales circundantes a los puntos de muestreo mayor la diversidad y abundancia de esas especies. En ese sentido Solis Rodríguez (2014)^{*} resaltó que variables del paisaje, como: cobertura de malezas, cobertura vegetal y plantas, distancia de altura del pecho de árboles, cobertura de bosque, charrales y, distancia y densidad de parches de hábitat, tienen una relación con el aumento de la riqueza o abundancia de la comunidad de abejas. Además, Solis Rodríguez (2014)^{*} constató en sus resultados el potencial de las abejas como promotoras efectivas del servicio de polinización en los cafetales.

El autor indica que puede ser interesante tipificar de manera completa cómo el manejo agronómico de los cafetales afecta a la comunidad de abejas, una vez que no logro hacerlo en su estudio (Solis Rodríguez 2014^{*}). En un contexto macro, Hannah *et al.* (2017) demostraron que elaborar modelos a

diferentes escalas puede dar soporte en la adopción de decisiones con respecto a la agricultura y ecosistemas. Se indicó que es importante conocer las interacciones entre cultivos, polinizadores y hábitats, para elaborar principios de adaptación y aplicarlos en un proceso de gestión adaptativa que se base en la modelación y monitoreo del terreno (Hannah et al. 2017). En este último estudio los datos de presencia de abejas no fueron validados en campo por recursos limitados, pero se ve necesario invertir en la validación, pues brindaría una mejora en la planificación adaptativa en la práctica (Hannah et al. 2017).

Otras especies presentes en el CBVCT_ Pérez García *et al.* (2018)*; Pérez García (2008)* identificaron que las mariposas diurnas, demostraron tener alta relación con los bosques. Fue mayor la riqueza de especies en fragmentos forestales que en sistemas agroforestales tradicionales. Por otro lado, en bosques fragmentados, los sistemas en fincas que hacen combinación de café con especies de tipo árbol frutal o planta nativa, favorece mariposas de bosque, en comparación con la combinación simple de café con exótica (Pérez García *et al.* 2018*; Pérez García 2008*).

En estudios sobre mamíferos, Caudill *et al.* (2015)* identificó 17 especies de mamíferos en el CBVCT y Salom (2019)* identificó 24 especies en el contexto del subcorredor Barbilla y en porciones territoriales circundantes. Caudill *et al.* (2015)* constató que los bosques y cafetales presentaron la mayor cantidad de especies y mayor abundancia dentro de los usos de suelo, especialmente comparado a cultivos de café a pleno sol. La cantidad y riqueza de mamíferos pequeños fue mayor en los cultivos donde la vegetación baja (hierbas, plantas, arbustos) estuvo presente. Por otro lado, cuanto más bosque había más aumentaba la proporción de pequeños mamíferos. Por esa razón se recomendó mantener coberturas de sombra y cobertura de suelo en cultivos, además, conservar bosques en esos paisajes. En ese caso, se señaló la importancia de agregar la distancia a la ciudad y el contexto más amplio del paisaje para conocer el efecto de esas variables sobre las especies, ya que el estudio se limitó solamente a tres lugares específicos (Caudill *et al.* 2015*). Salom (2019) *, constató que el estado de conexión del territorio estudiado, para mamíferos de medio y largo porte, se encuentra en estado precario. El estudio identificó cambios en la ocupación media de mamíferos, a depender de la especie, después de la implementación de una hidroeléctrica en el subcorredor, entre los años de 2010 y 2015. Por otro lado, en el caso específico del mamífero *Leopardus pardalis*, se encontró niveles relativamente altos de diversidad genética indicando que el territorio estudiado no presenta barreras acentuadas para su flujo. En ese contexto Salom (2019)* sugiere que enfoques comunitarios pueden ser utilizados para vigilar la diversidad biológica, medir efectos de la infraestructura sobre la vida silvestre y, evitar impactos a través de la planificación de medidas de mitigación. Además, Salom (2019)* sugiere que se realicen futuros estudios que consideren otros grupos de fauna y flora silvestres para conocer los posibles impactos que el proyecto hidroeléctrico puede tener sobre otros grupos.

6.1.7 Relaciones entre las problemáticas socioambientales y la respuesta desde la academia

Para responder a esa pregunta se levantó puntos centrales que posibilitan una idea sobre cómo se establecen las relaciones entre las investigaciones y el contexto de problemáticas socioambientales presentes en el territorio; sea en el ámbito del posgrado o de grandes proyectos de investigación y desarrollo. Para entender mejor esa relación se identificaron trabajos cuyo objetivo fue dar insumos para promover cambios en prácticas de grupos sociales u organizaciones, para mejorar sus acciones.

Recomendaciones académicas para prácticas más sostenibles

En la figura 14, se observa que más de la mitad de las tesis y poco más de la mitad de los artículos ($n=112(87\%)/98(54\%)$), tienen trabajos cuyos resultados y conclusiones proponen recomendaciones directas para distintos tomadores de decisión sobre prácticas, estrategias u otros medios más sostenibles. Con relación a las tesis, los enfoques que más produjeron ese tipo de información han sido el ecológico agronómico, socioambiental agronómico y socioambiental ($n=37(33\%)/16(14\%)/16(14\%)$), seguidos del ecológico y pedológico agronómico ($n=11(10\%)/9(8\%)$). Los demás enfoques ("otros") ($n=22$) corresponden a siete disciplinas. Las que no visibilizan, suman 16 trabajos (13%) y siete enfoques. Por otro lado, entre los artículos, la distribución de trabajos que visibilizan ese tipo de información y los que no visibilizan directamente, son bastante parejas ($n=98(54\%)/84(46\%)$). Entre las que visibilizan, se destacan las disciplinas ecológico agronómico, pedológico agronómico y ecológico ($n=37/19/11$), seguidas de socioambiental agronómico y socioambiental ($n=9/8$). Las demás ($n=14$), aglomeran 10 enfoques. Artículos que no visibilizan ($n=83(46\%)$) son principalmente asociados a las disciplinas ecológico agronómico y genético agronómico ($n=31/17$), seguidas de pedológico agronómico, ecológico y socioambiental ($n=9/5/1$). Los demás corresponden a 10 disciplinas.

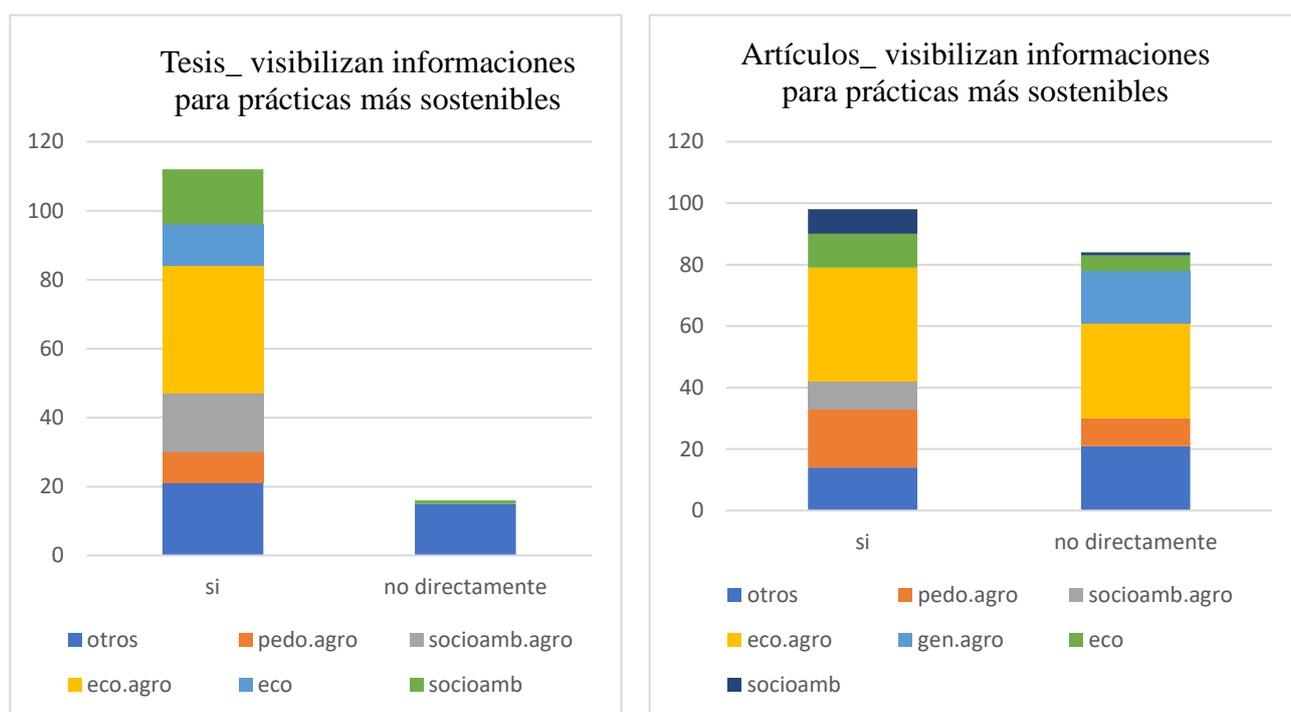


Figura 14 Total de estudios que visibilizan informaciones para practicas más sostenibles, según tipos de documentos (tesis o artículo) y según la participación de cada enfoque disciplinario.

6.1.8 Análisis y discusión

Perspectivas generales del mapeo

Las principales organizaciones de posgrado presentes en Turrialba son la UCR, UNED y CATIE. Adicionalmente, también están presentes otras instituciones internacionales, que igualmente

desarrollan estudios en el territorio (especialmente el CIRAD como socio de CATIE). En el caso de muchas de esas organizaciones, la aplicación de trabajos a nivel local depende de fondos internacionales y proyectos interesados en invertir en ese contexto. Aproximadamente 61% del total de tesis académicas y 45% de los artículos son financiados con fondos extranjeros. Aún que buena parte de ese tipo de información no está claro en los documentos publicados, se puede constatar que la participación de este tipo de fondo es bastante relevante para la generación de conocimiento en el territorio.

El mapeo de estudios realizados en el presente trabajo posibilitó ver diferencias significativas entre los principales centros de posgrado del país, en lo que se refiere a conocimientos sobre Turrialba-Jimenez. Se observa que estudios bajo el contexto ecológico y agrario, son mayoritariamente publicados por el CATIE. En un periodo de 15 años, instituciones como la UCR, UNA y UNED presentan números poco expresivos en ese contexto. Esa gran diferencia puede estar asociada a que el CATIE enfoca principalmente sus estudios en los temas investigados del mapeo, pero también puede estar relacionada a la amplitud de disciplinas ofertadas por las demás instituciones públicas. Es importante considerar también, que los campus de posgrado de la UCR y UNA no se ubican en Turrialba-Jiménez.

Entre los documentos compilados, sean artículos o tesis, más de la mitad ubicó alguna parte de su investigación en el cantón de Turrialba. Esto se da posiblemente, porque el cantón es casi seis veces el tamaño de Jiménez. En general, dentro de los límites del mapeo, fue posible tener una idea de donde se concentran esos conocimientos y cuáles son sus principales intereses de investigación. El procedimiento de organización de documentos y filtros utilizados en esa metodología posibilitó priorizar y caracterizar contextos centrales en un corto tiempo de trabajo. Con base en eso fue posible identificar las tendencias predominantes en un conjunto de 23 enfoques disciplinarios levantados, donde apenas seis concentran mucho más de la mitad del total de tesis o artículos. Ese monopolio es evidente en la disciplina ecológico agronómico que, sumando tesis y artículos, representa un tercio del total (n=105 (34%)) de los documentos revisados. Seguida por los enfoques pedológico agronómico, ecológico, socioambiental agronómico, socioambiental y genético agronómico. Dentro de esos mismos enfoques también ocurre el monopolio de problemáticas, principalmente en los enfoques ecológico agronómico y pedológico agronómico, que poseen el mayor número de documentos por problema comparados a los demás. En cambio, las demás disciplinas, en general, presentan una distribución moderada de trabajos por tipo de problema.

Conocimientos generados y demandas latentes en el territorio

Con base en la realidad socioeconómica y ambiental de Turrialba-Jiménez (MIDEPLAN 2018; INDER 2014), los principales enfoques identificados en el mapeo abordan, en mayor o menor medida, problemáticas relacionadas directamente a cuestiones latentes en el territorio. Según los reportes elaborados por las Agencias de Extensión Agropecuaria (AEA) de Turrialba y Jimenez (MAG s.f.a y b), el café, la caña y la ganadería son actividades predominantes. Estas presentan debilidades, que desafían gestores locales a buscar nuevas alternativas para solventar problemas, como por ejemplo: los efectos del cambio climático sobre los sistemas de producción tradicionales, donde precipitaciones abundantes o sequías fuertes perjudican las plantaciones; bajo valor agregado a la producción agropecuaria local, ya que el costo de producción muchas veces es mayor de lo que se recibe por el producto; funcionamiento deficiente de organizaciones de productores, asociado a la falta de visión agroempresarial para acceder a mercados; falta de acceso a créditos para reactivación de la

económica agropecuaria; enfermedades en cafetales y cultivos envejecidos con poca asistencia agronómica por parte de los mismos productores; entre otros.

Las expectativas para solventar esos problemas presentadas por las AEA del MAG diseñan un escenario de transición lo cual el territorio está pasando, sea a nuevos cultivos o prácticas. Esa perspectiva de cambios pautada por los técnicos vislumbra sistemas de producción más sostenibles, que disminuyan y optimicen los costos de producción agropecuaria; que promuevan la diversificación de productos expandiendo la cadena de valor y seguridad alimentaria en la región; y que sean resilientes a los eventos climáticos que afectan la zona. De esos problemas y soluciones mencionadas por los técnicos, las enfermedades en cafetales y los efectos del cambio climático son los que más aparecen entre los principales enfoques identificados en el mapeo.

El mayor aporte de esos estudios se da alrededor del café. Tanto en tesis como en artículos, este tema está presente en casi la mitad de total de trabajos. Las plagas en los cafetales, como la broca y la roya, fueron ampliamente estudiadas en ese periodo proporcionando informaciones importantes sobre los impactos de manejos y alternativas para adaptar los cultivos a diferentes condiciones. Por otro lado, cultivos y producciones también predominantes en los usos de suelo del territorio, como la caña y pecuaria, son poco explorados como enfoque central en los estudios. En el caso de la caña, las problemáticas abordadas son dispersas y poco profundizadas. En la ganadería de leche o corte, hay estudios que coinciden intereses con los que demanda el territorio, sea relacionado a la presencia de árboles en potreros, o para entender los efectos del clima sobre la calidad de la leche. Pero aún representan una pequeña parcela comparado a la importancia e impacto que esa actividad tiene en la región. Así como hay la carencia de estudios sobre producciones predominantes en el territorio, se observa una debilidad de estudios acerca de otros tipos de cultivos, de manera que el aporte a los intereses expresados por las AEA, es poco representativo.

Sobre otra perspectiva, el hecho de que Turrialba-Jiménez está prácticamente inserido en el CBVCT, además de estar rodeado por otras áreas protegidas, conlleva a estudios direccionados a la gestión de esos instrumentos y al mismo tiempo a estudios que buscan explorar vínculos entre la realidad sociocultural y económica con el desarrollo y conservación del territorio. Esa conjuntura es abordada principalmente en los enfoques socioambiental, ecológico y socioambiental agronómico. La gobernanza y participación de poblaciones locales en espacios de tomas de decisión, es ampliamente reforzada en los estudios socioambientales. En el enfoque socioambiental agronómico muchos estudios buscan comprender mejor cuáles son las condiciones sociales que implican en la adaptación de productores frente al cambio climático; los factores sociales que interactúan con el cambio de uso de suelo; y el conocimiento local sobre el manejo del recurso. Dentro del enfoque ecológico, la problemática que más concentra estudios es la conectividad del paisaje, que también reúne estudios direccionados a comprender como los agropaisajes contribuyen a la conservación de especies. Esa coyuntura, aún que, en menor medida, también ha contribuido con demandas latentes en el Plan Estratégico del CBVCT y el Plan de Desarrollo Territorial Turrialba Jiménez.

Sin embargo, se constató que el conocimiento generado en los últimos 15 años, dentro de los 23 enfoques disciplinarios, no acompaña de manera equilibrada otras demandas que urgen en el territorio, tanto las presentadas en el Plan de Desarrollo Rural de Turrialba-Jiménez (2015-2020) (INDER 2015) y Agencias de Extensión Agropecuaria de los cantones, como en el Plan Estratégico del CBVCT. Enfoques en contextos específicos económicos, hidrológicos y administrativos, que complementan otros contextos amplios, como el agronómico y ecológico, son poco explorados.

Igualmente los enfoques ecológico agronómico y pedológico agronómico, que reúnen las principales problemáticas del mapeo, centran sus estudios en diagnosticar y recomendar alternativas alrededor de los mismos tipos de sistemas que presentan mayoritariamente las mismas combinaciones de cultivos, sea en monocultivos, sistemas agroforestales o silvopastoriles, haciendo falta estudios que exploren diseños diversificados de producción, con combinaciones pautadas en otros cultivos no convencionales y técnicas de manejo. Además, estudios económicos que demuestren el costo-beneficio de otros modelos de producción sobre nuevos cultivos, mercados y cadenas de valor, o estudios que enlacen alternativas de manejo de los recursos con la disminución de la fragilidad socioeconómica que abunda las zonas rurales e indígenas del territorio, entre otros. Lo mismo pasa con problemáticas poco exploradas dentro del enfoque ecológico, dejando a desear otros temas (relacionados a otros tipos de especies o ecosistemas) demandados en el Plan Estratégico para mejorar las condiciones ecológicas de conectividad del corredor.

Por otro lado, aportar a esas demandas latentes, provenientes de diferentes actores tomadores de decisión, no depende solamente de la producción de conocimientos direccionados a acciones más asertivas. Estas demandas dependen también de cuanto accesible son esas informaciones producidas y de qué modo se establece el intercambio de producciones generadas dentro de los centros de investigación y la comunidad no académica. En el mapeo de tesis y artículos fue posible observar que una parte insignificante de trabajos deja claro la intención y la forma como el estudio será comunicado. Es cierto que, en muchos casos, aunque no esté claro en el documento, la comunicación puede existir. Sin embargo, misma buena parte de los estudios de tesis que consideran la participación de sujetos para colecta de informaciones no está claro ese retorno. En ese sentido hay un desbalance aparente en el retorno académico y la cantidad de tiempo que es tomada de esos sujetos para fomentar trabajos científicos. Por lo tanto, si el objetivo de la gran parte de los trabajos es generar conocimiento para promover prácticas más sostenibles, la comunicación y la inserción de la ciencia sobre problemas locales no solo es fundamental para una adaptación al cambio climático basada en los ecosistemas (Vignola *et al* 2009) como también en un deber ético de la ciencia para con la sociedad (Praia y Cachapuz 2005).

Relación del conocimiento con tendencias presentadas por expertos

En entrevista con representantes del MAG Tucurrique⁵, se pudo comprender que el proceso de transición del territorio hacia nuevos paradigmas es evidente e incierto al mismo tiempo. La disminución de productores rurales y la falta de una política nacional frente a la debilidad del sector agropecuario, deja aún más dudas sobre cuáles serán las tendencias. Con base en ese panorama, creen que posiblemente pequeños productores de caña transitaran a la ganadería o al café; y productores de café transitarán a la ganadería; los únicos que probablemente no cambiaran sus sistemas son los grandes productores de caña. Desde su punto de vista, la ganadería es una tendencia, porque está arraigada a la cultura local, pero al mismo tiempo muchos productores vienen diversificando cultivos en las fincas y muchos de esos cultivos parten de ideas de los mismos productores, sin necesariamente consultar técnicos.

En Turrialba, según la entrevista realizada con representante del ICAFE⁶, entre 2004 y 2005 ocurrió una disminución drástica de cafetales. Las fincas restantes mantuvieron el mismo diseño, sin mucha

⁵ Entrevista con dos representantes del MAG Tucurrique, realizada presencialmente en el CATIE, en la fecha 04 de marzo de 2020

⁶ Entrevista realizada durante la pasantía con el PCP (04/2019 – 12/2019) para colecta de percepciones de expertos locales sobre las tendencias de cambios de uso de suelo en el territorio de Turrialba.

diversificación, normalmente con el mismo tipo de combinación (café-poró). Según su percepción, las áreas de cafetales abandonadas posiblemente se transformaron en charales, bosques secundarios, o potreros. Aunque, también observó una pérdida de sombra. Pero resalta que los pequeños productores están desapareciendo y los que se quedan son grandes productores, como es el caso de las haciendas de Juan Viñas y Aquiares. Estas tendencias presentadas por técnicos locales, de organizaciones de desarrollo coinciden con las percepciones apuntadas por investigadores⁷ del CATIE e CIRAD que desarrollan o desarrollaron proyectos en el territorio.

La tendencia de transformación de usos de suelo hacia potreros, charrales o bosques secundarios fue bastante evidente en las percepciones presentadas por investigadores en las entrevistas. Por otro lado, la inserción de otros tipos de prácticas también fue percibida, como la urbanización, producción de cafés especializados (de alta calidad u orgánicos), revaloración del cacao que actualmente presenta mejores precios en el mercado y la explosión del turismo en la zona. Esas tendencias acompañan, según diferentes punto de vista, otros desafíos en el territorio, como la poca diversificación de sistemas tradicionales o mismo de otros sistemas de cultivo; el uso intensivo de agroquímicos, que contraponen las tendencias de conservación propuestas por el país; los altos costos para acceder a una producción orgánica certificada y problemáticas relacionadas al incentivo del PSA y su implementación en fincas.

Los relatos ayudan a reforzar que los cambios que ya están ocurriendo y las tendencias esperadas ciertamente no van de manera equilibrada con la generación de conocimientos en el territorio. Situaciones que necesitan apoyo y otras que ya están en transformación, demandan otras preguntas de investigación aun poco exploradas. Como es el caso de la diversificación de cultivos, exploradas en el cantón de Jiménez y en algunos sectores de Turrialba; la valoración de cultivos de cacao como alternativas adaptadas al clima; el café especializado; la incertidumbre del cultivo de caña; el éxodo de jóvenes del medio rural; el agroturismo creciente en la zona; y otros factores asociados a la pobreza rural y oportunidades de desarrollo.

Implicaciones de los conocimientos generados para la conectividad del CBVCT y los servicios ecosistémicos proporcionados por abejas.

Los trabajos realizados con el objetivo de aportar directamente al contexto de Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca han sido poco expresivos a lo largo de los años, comparado al total de estudios mapeados y al total de instituciones académicas sondeadas. Por otro lado, muchas publicaciones que no están directa o explícitamente asociadas tienen potencial de contribuir a sus objetivos. Principalmente considerando que la mayor parcela de estudios mapeados busca visibilizar informaciones para que prácticas, en los diferentes espectros del conocimiento, sean más sostenibles en el territorio.

En general, los conocimientos relacionados al corredor aportan a los objetivos estratégicos a al elemento focal de "conectividad" propuesto por esas herramientas de gestión del CBVCT presentados por Canet 2008 y Jiménez *et al.* (2016). Ofreciendo elementos de base muy importantes para implementar acciones en ese sentido. Ese conjunto de conocimientos está centralizado en: la conectividad e influencia de agroecosistemas sobre plagas de cultivos y a la conservación de especies

⁷ Entrevista realizada durante la pasantía con el PCP (04/2019 – 12/2019) para colecta de percepciones de expertos locales sobre las tendencias de cambios de uso de suelo en el territorio de Turrialba.

que brindan SE; además, al mejoramiento de mecanismos de gestión y al fortalecimiento de la participación social en las decisiones para la conservación de recursos.

Pero al mismo tiempo, esa condición centralizadora, muestra aún vacíos de conocimiento sobre otros temas importantes en las demandas del corredor, como, por ejemplo, estudios relacionados a incentivos y estrategias de producciones amigables con el medio, o asociados a la gestión de los recursos hídricos y conservación de cuencas. De la misma manera, elementos focales abordados relacionados a otras especies de animales, entre ellas especies emblema amenazadas por extracción ilegal y sistemas ecológicos fundamentales para el territorio, como el Rio Pacuare y Reventazón, humedales y bosques nubosos, no se relacionan directamente a ningún estudio mapeado bajo el contexto del CBVCT; con excepción del elemento focal jaguar.

Otros estudios que no están directamente ligados al corredor, aportan en mayor o menor medida a la conectividad de ese sistema, sea estructural o funcional; a medida que algunos de ellos, promueven informaciones proveniente de comparaciones entre diferentes sistemas agrícolas, bajo sombra y sol; conociendo mejor los aportes de sistemas agroforestales; o haciendo comparación entre manejos convencionales y orgánico; entre otros. Los resultados demostrados por muchos de esos trabajos resaltan la importancia de los árboles de sombra en cultivos y en potreros, los beneficios funcionales de fragmentos de bosque en las fincas, los efectos benéficos de manejo orgánico para la salud de suelo, o alternativas biológicas de manejo de plagas, entre otros resultados. Ese tipo de información proporciona elementos que apoyan directamente la conectividad estructural y funcional para diferentes especies.

Las abejas en ese contexto participan de apenas tres trabajos en el total mapeado. Uno de estos identificó 23 especies presentes en el corredor y demostró la relación significativa de componentes del paisaje con la riqueza, abundancia y composición de la comunidad de abejas, y la importancia de bosques en la matriz agrícola (Solís Rodríguez 2014). Estos polinizadores tienen un rol imprescindible para la agricultura (Nery *et al.* 2018) y manutención de ecosistemas naturales (Murray *et al.* 2009), pero los diseños tradicionales y poco diversificados de sistemas agrícolas y el manejo intensivo dependiente de altas cantidades de agroquímico, afectan su salud (Hladik *et al.* 2016; Goulson *et al.* 2015).

Por esa razón, aunque otros estudios no se enmarquen directamente al contexto del CBVCT, pueden de alguna manera contribuir para cambiar los patrones predominantes en el territorio. Los estudios mapeados que buscan alternativas al uso de agroquímicos aportan en gran medida, ya que esa práctica puede afectar a las abejas. Estudios que demuestran la importancia de parches de bosque e incremento de árboles en fincas o potreros, aportan directamente en la manutención de hábitat de nidificación de muchas de esas especies (Barquero-Elizondo *et al.* 2019). Además, estudios inseridos en los enfoques ecológico o socioambiental agronómico, los cuales buscan beneficiar especies de aves o que buscan incentivos hacia otros tipos de manejo de fincas o revaloración de cultivos ancestrales, también contribuyen transversalmente a ese tema. En ese sentido, como mencionado anteriormente, los efectos de los conocimientos generados sobre la realidad del territorio solo serán concretos a la medida que se fortalece los enlaces con la comunidad no académica. Pero el hecho que gran parte de los estudios busque prácticas más sostenibles, sin duda, puede traer beneficios a la presencia y movimiento de polinizadores en el CBVCT.

6.2 Conectividad funcional en el CBVCT y la percepción de productores agropecuarios sobre los servicios ecosistémicos promovidos por abejas

6.2.1 Clasificación de uso de suelo del CBVCT

Para realizar los análisis de conectividad se elaboró un mapa de uso de suelo del corredor (Figura 15), con imágenes satelitales Sentinel 2 de 2018.

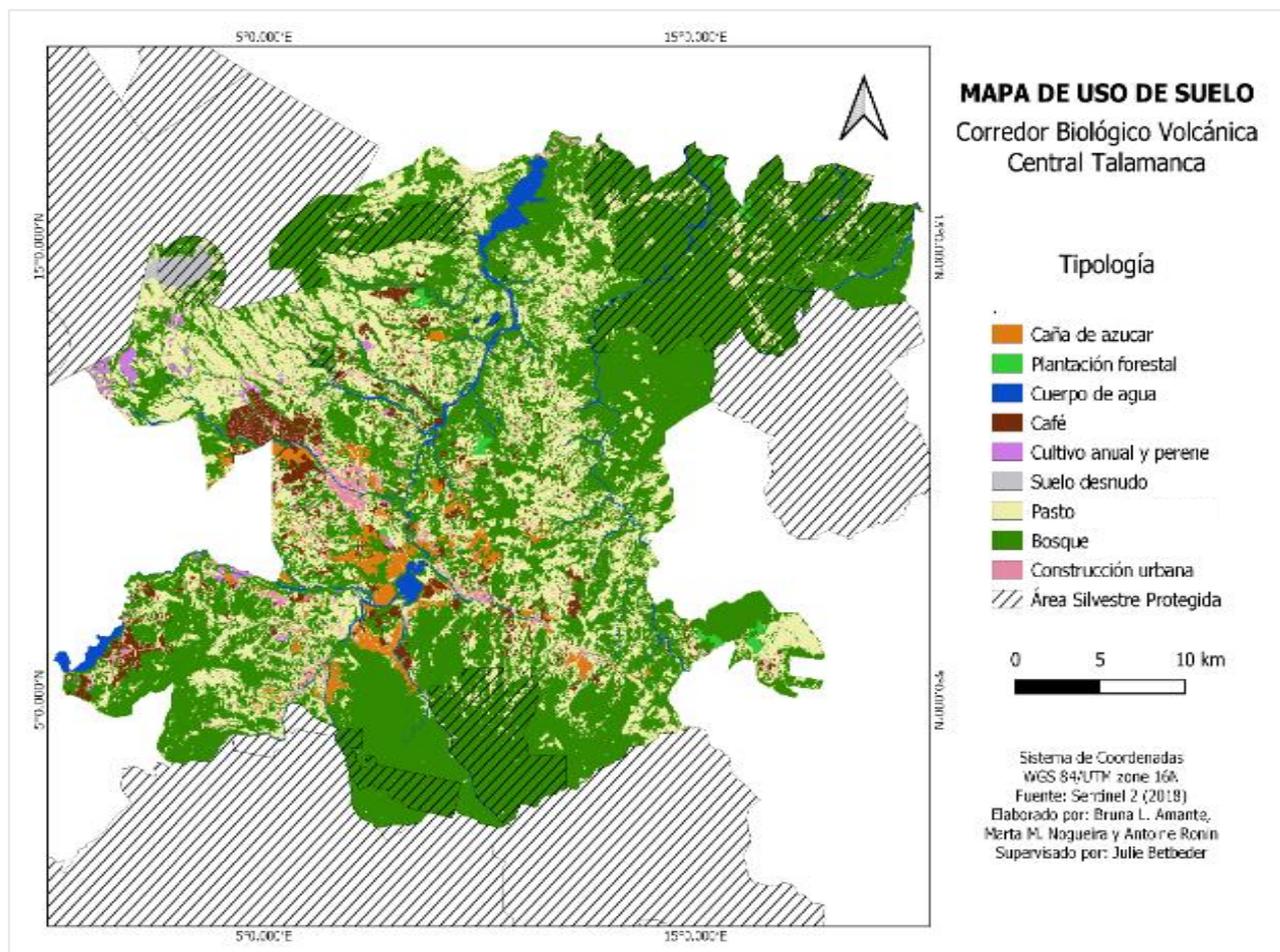


Figura 15 Mapa de uso de suelo del Corredor Biológico Volcánica Central Tamanca 2018

En el Cuadro 5, es posible observar que el área total clasificado corresponde a aproximadamente 115,017.91 hectáreas. De este total, alrededor de 61 % del territorio es compuesto por cobertura de bosque, seguido de pasto que, por su vez, representa 27.4% de la cobertura mientras que el café y la caña se aproximan del 3% y 2.6%, respectivamente. Estos últimos se destacan como principales cultivos en la superficie, comparados a otras coberturas como las de cultivos anuales y perenes o plantaciones forestales que suman menos de 1% del territorio.

Cuadro 5 Área total en hectáreas de tipos de uso de suelo del CBVCT

Tipo de uso de suelo	Área en hectáreas	%
Bosque	70120.639038	61
Plantación forestal	412.249828	0.35
Pasto	31559.741841	27.4
Caña	2328.395977	2
Café	3577.555627	3.10
Cultivo anual y perene	754.088607	0.65
Cuerpo de agua	2448797075	2.60
Suelo desnudo	779.096916	0.67
Construcción urbana	2500.571893	2

La clasificación supervisada presenta buena precisión (Kappa: 0,97 y precisión de 98%). La mayor cantidad de errores de la clasificación están relacionados al uso de suelo Pasto en comparación al Bosque y Construcción urbana (Cuadro 6).

Cuadro 6 Matriz de confusión de la clasificación del Randon Forest

Clasificación	Cod	8	9	7	Total
Bosque	8	112		3	115
Construcción urbana	9		212	4	216
Pasto	7	1	2	287	290
Total		113	214	294	

6.2.2 Conectividad funcional para las especies *Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula* y *Trigona fulviventris*

Especies de estudio

Las especies presentadas en el Cuadro 7 han sido seleccionadas por la abundancia de informaciones disponibles, basado en una revisión bibliográfica sobre informaciones fenológicas de especies abundantes en territorio y del aporte de expertos del CINAT (Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales) y de Richard Joyce, naturalista con experiencia en investigación de abejas nativas de Mesoamérica.

De una lista inicial de 22 especies (basada en un muestreo realizado por Solis Rodríguez (2014), se escogió estas tres por presentar informaciones bibliográficas que discuten todos los diferentes aspectos ecológicos utilizados en los mapas y por su presencia frecuente en las actividades agrícolas, siendo popularmente conocidas por productores agropecuarios. Las tres especies pertenecen a la subfamilia Apinae. *Apis mellifera* es la abeja africanizada proveniente del cruzamiento de abejas exóticas, integrante de la tribu Apini. Las demás especies corresponden a abejas nativas de la tribu Meliponini. Es posible observar que, entre esas, la *Apis* presenta el mayor rango de dispersión comparado a las demás especies y todas presentan una relación con árboles y bosques como hábitat de nidificación (Cuadro 7).

Cuadro 7 Descripción de especies estudiadas y características de su ecología.

	<i>Apis mellifera</i>	<i>Tetragonisca angustula</i>	<i>Trigona fulviventris</i>
Especies			
Hábitat	Área de bosque denso que bordean ríos; áreas adyacentes a cultivos; áreas urbanas	Cavidad en áreas urbanas; áreas de bosque; tronco de arboles	Base de árboles; pared de borde de río; áreas naturales; cavidades subterráneas
Referencias	Moritz 2007; Decourtye <i>et al.</i> 2010; Klein <i>et al.</i> 2003; Kristen A. Baum <i>et al.</i> 2007	Velez-Ruiz <i>et al.</i> 2013; Slaa <i>et al.</i> 2006; Klein <i>et al.</i> 2003; Fierro <i>et al.</i> 2012	Fierro <i>et al.</i> 2012; Brosi 2009; Siqueira <i>et al.</i> 2007; Slaa <i>et al.</i> 2006
Rango de dispersión	media: 6km máxima: 10km	media: 300m máxima: 600m	media: 300m máxima: 500m
Referencia	Beekman y Ratnieks 2000	Nieuwstadt y Iraheta 1996; Araújo <i>et al.</i> 2004	Averbeck 2003
Abundancia local	alta	alta	alta
Referencia	Ngo <i>et al.</i> 2013; Solis Rodríguez 2014; Datos de proyecto no publicado*	Solis Rodríguez 2014; Brosi 2009; Datos de proyecto no publicado *	Ngo <i>et al.</i> 2013; Brosi 2009; Datos de proyecto no publicado*

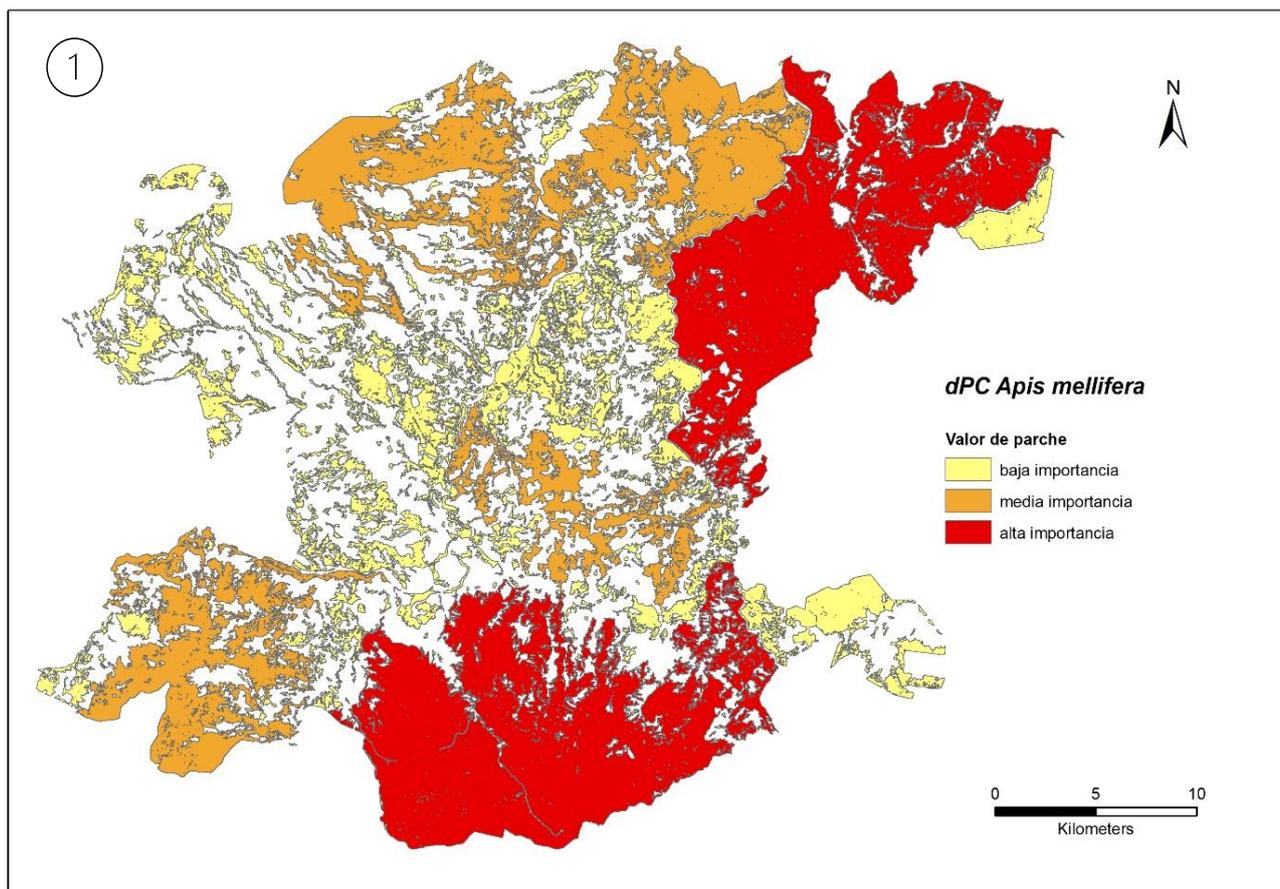
Probabilidad de Conectividad (PC) a escala global

La conectividad a una escala de paisaje global se presenta en el valor de PC global. Cuyo resultado demuestra una probabilidad de conectividad más elevada para la abeja *T. angustula*, seguida de la *T. fulviventris* y *A. mellifera*. Los valores más próximos de uno representan mayor la probabilidad.

<i>Apis mellifera</i>	<i>Tetragonisca angustula</i>	<i>Trigona fulviventris</i>
0.08	0.11	0.08

Delta de Probabilidad de Conectividad (dPC) de parches a la escala global

A través de este índice se observa cuáles son los parches de hábitat más importantes para la conectividad de las tres especies en el corredor. Los parches en color amarillo representan baja importancia en la conectividad global, el naranja corresponde a una importancia mediana, y en rojo son los parches de alta importancia. La degradación o ausencia de hábitats de color naranja o roja posiblemente representará efectos significativos en la conectividad global de la especie estudiada en todo el territorio.



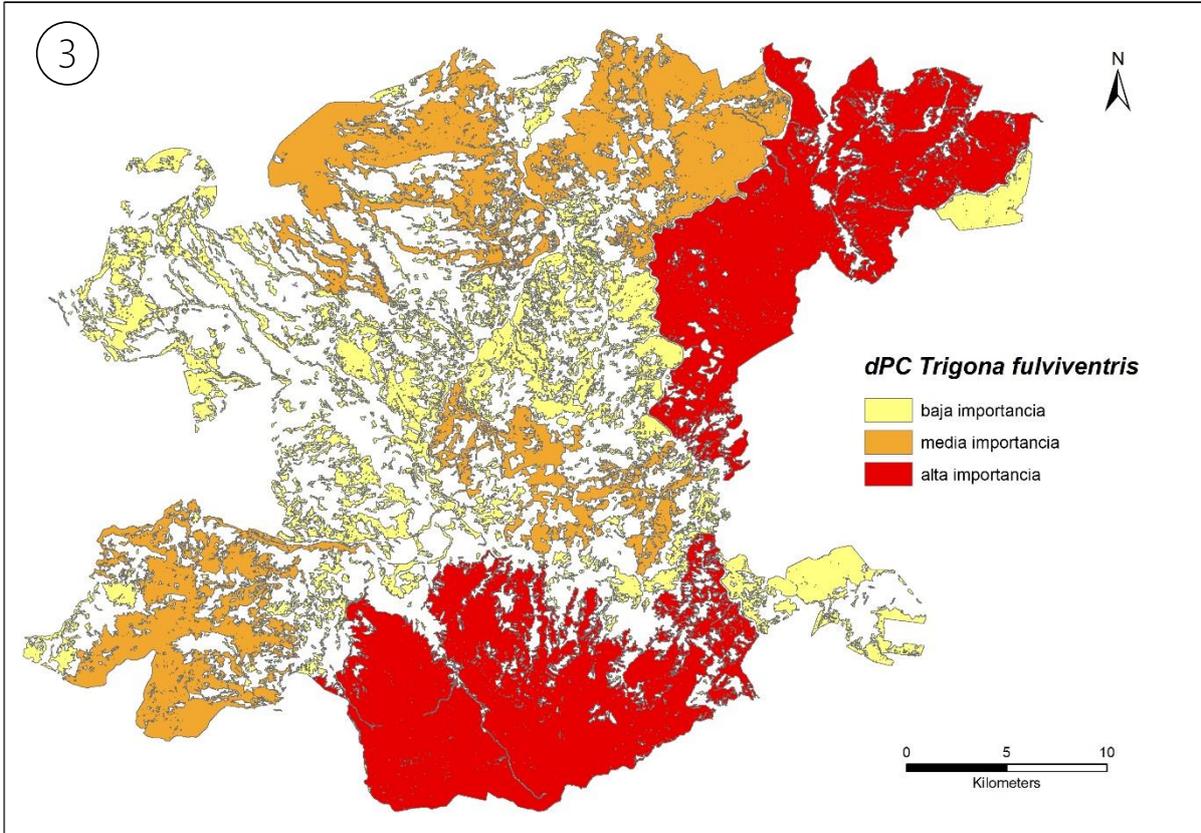
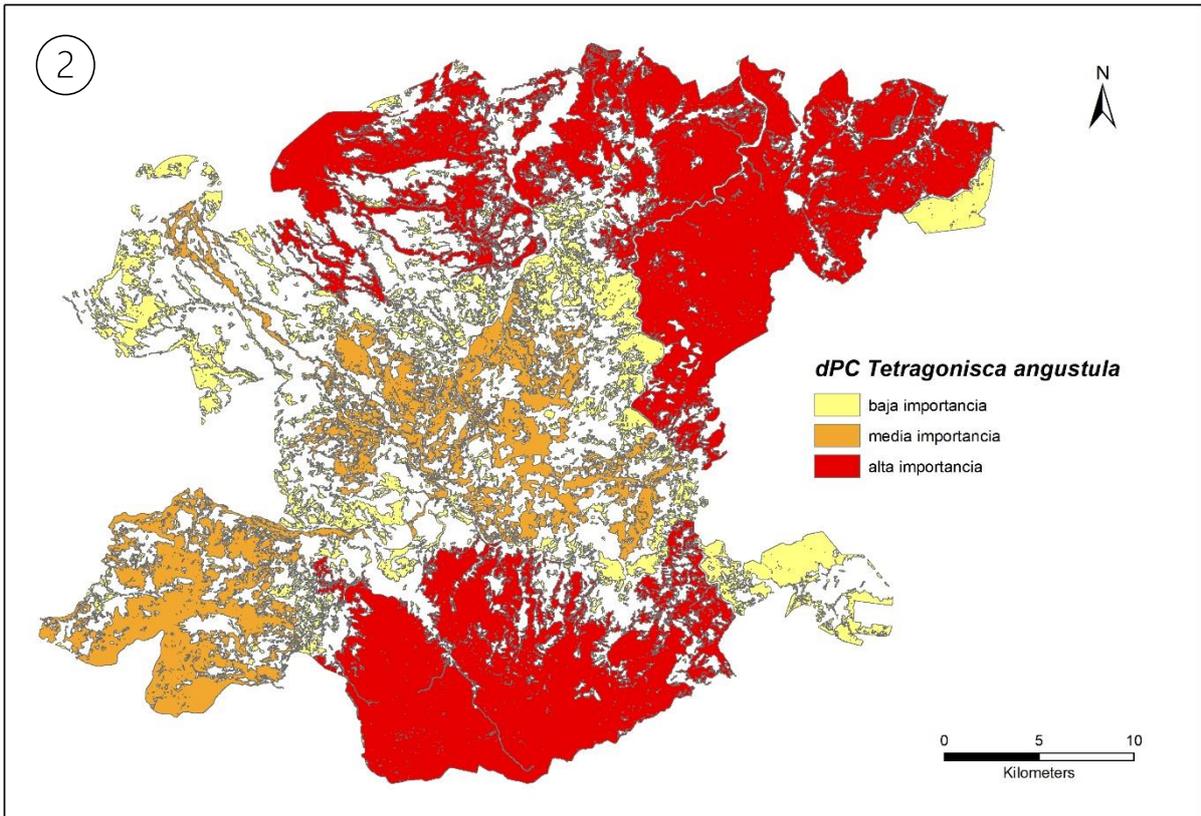
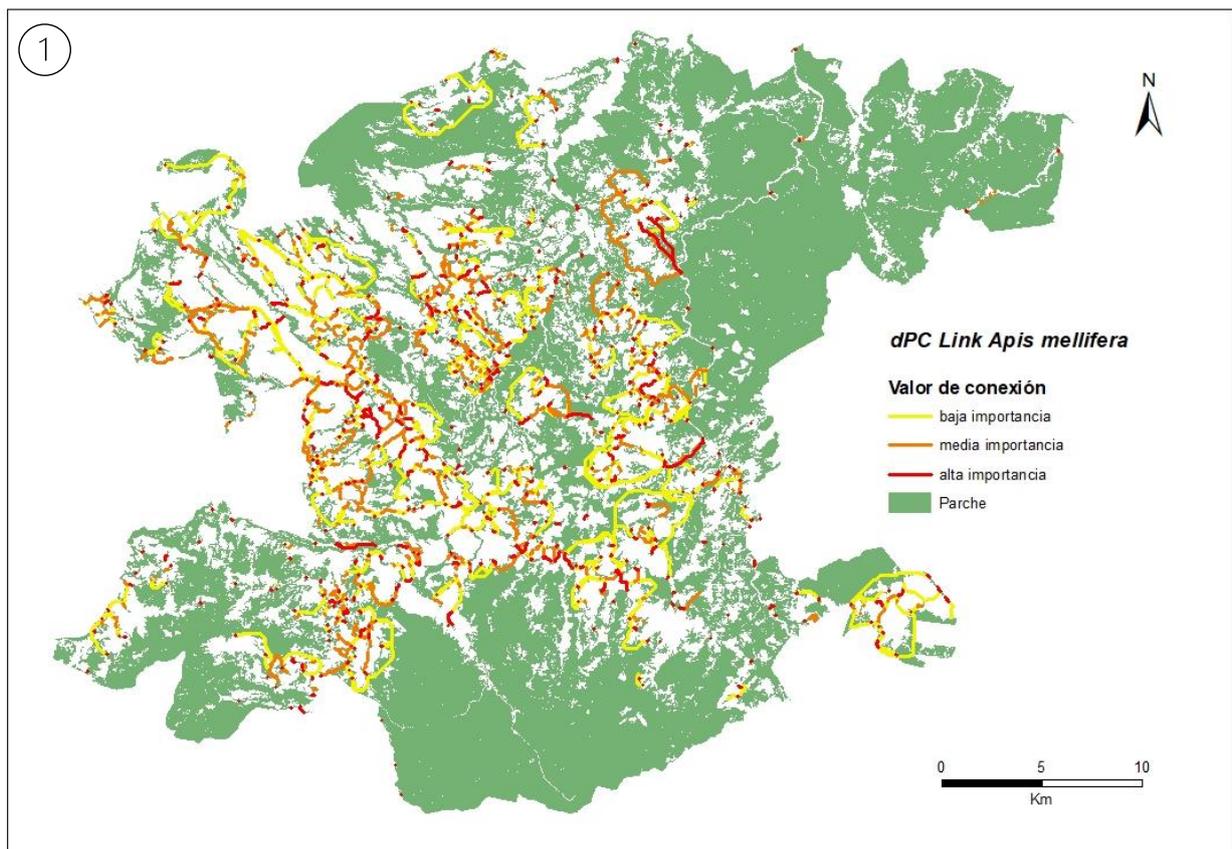


Figura 16 Mapas que demuestran los parches de hábitat más y menos importantes para las especies 1) *Apis mellifera*; 2) *Tetragonisca angustula* y; 3) *Trigona fulviventris*

En la Figura 16, es posible observar que los parches más importantes para la *A.mellifera* y *T.fulviventris* son los mismos y corresponden a dos subcorredores potenciales en la zona sur y a la parte noroeste del subcorredor Barbilla. Con respecto a la *T. angustula*, los parches de hábitat más importantes se ubican en casi toda la extensión del subcorredor Barbilla, en las dos zonas potenciales al sur y en parte del subcorredor Pejibaye. La parte central del territorio presenta un elevado valor de importancia mediana principalmente porque uno de los hábitats considerados para esta especie son los centros urbanos. En los tres casos las zonas con parches de menor importancia coinciden. Estos parches se ubican principalmente en la parte norte del subcorredor centroeste; casi todo el subcorredor norte y centro; y el punta suroeste.

Delta de Probabilidad de Conectividad (dPC) de links a la escala global

Los enlaces de conectividad resultantes de esa métrica demuestran cuales los probables caminos de las especies para movilizarse por todo el CBVCT. Cada camino presenta un nivel de importancia con relación a la conectividad global de determinada especie. Las rutas en color amarillo representan baja importancia, las en color naranja son de media importancia y, las rutas en rojo son consideradas de alta significancia. Los efectos de la ausencia de caminos de alta o media importancia pueden afectar la facilidad de movimiento de un parche a otro.



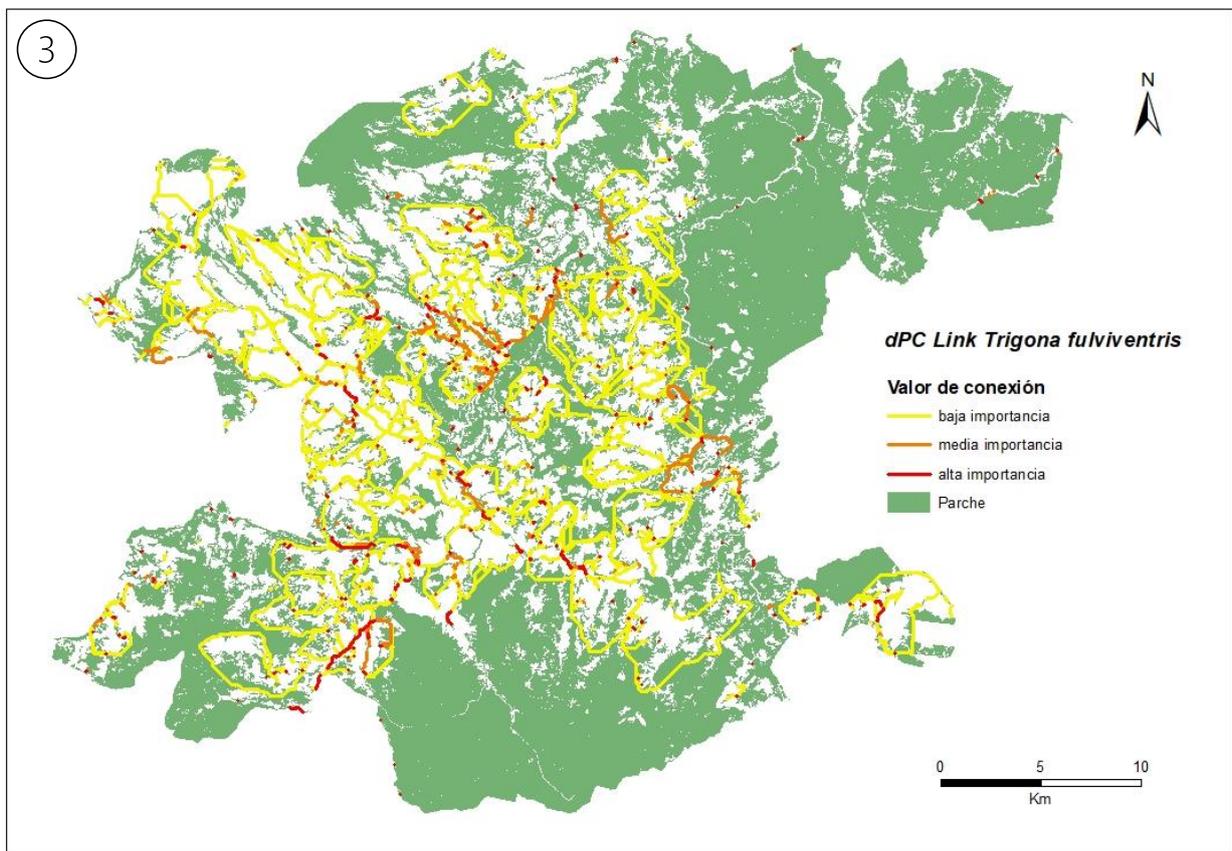
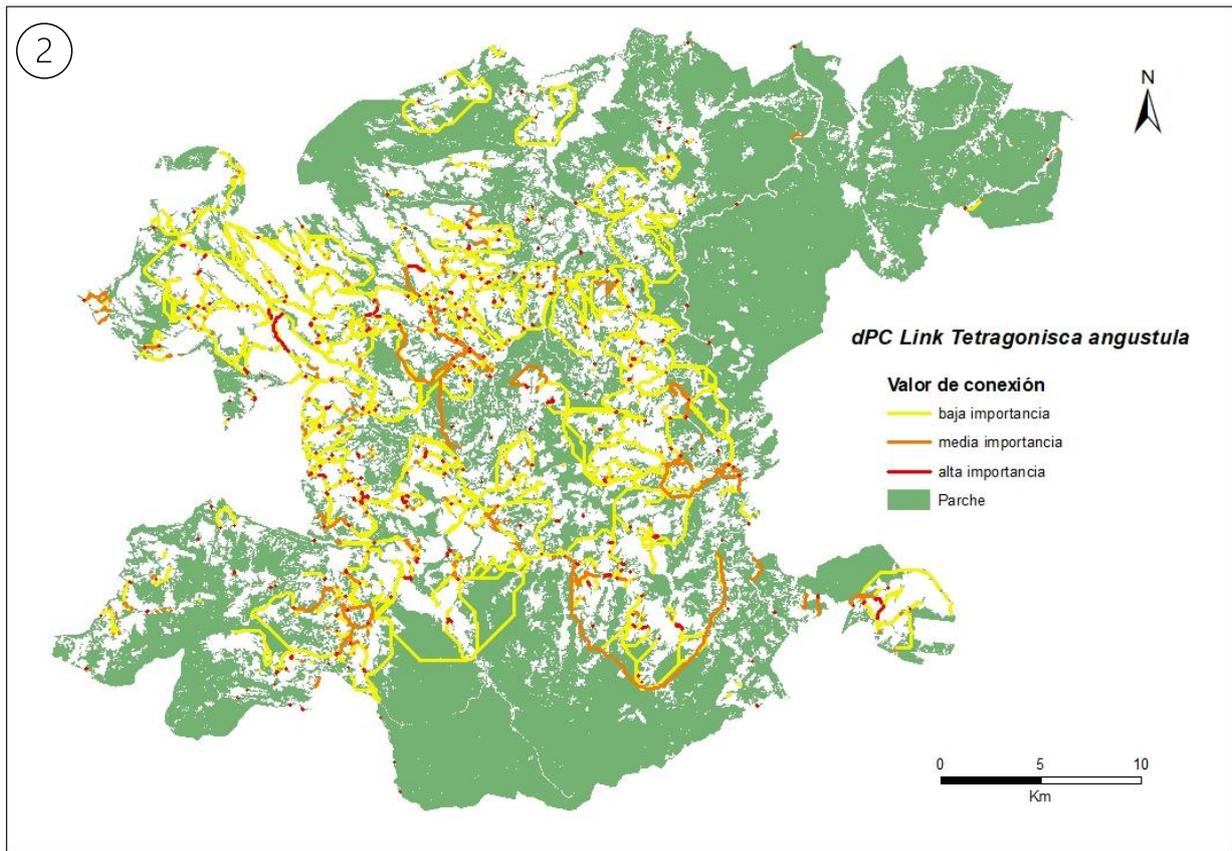
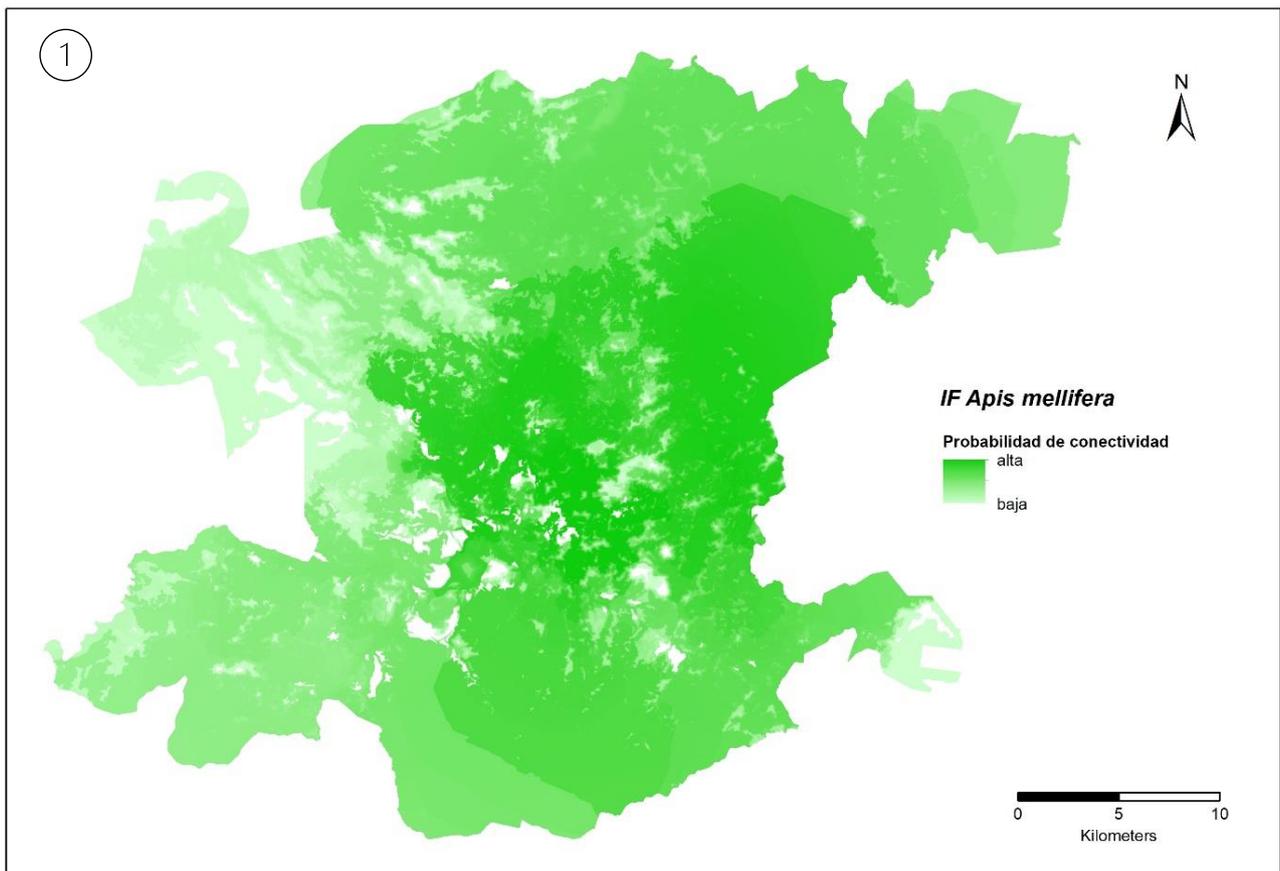


Figura 17 Mapas que presentan los caminos de mayor y menor importancia para las especie: 1) *Apis mellifera*; 2) *Tetragonisca angustula* y; 3) *Trigona fulviventris*

El camino de baja importancia, como se observa en la Figura 17, es el que se sobresale para las especies *T.angustula* y *T.fulviventris*. El mapa de la *A.mellifera*, es el mapa que presenta mayor cantidad de caminos de alta importancia pues el cálculo de la métrica considera los *stepping stones* o trampolines, cuanto mayor la distancia recorrida por la especie (Saura y Rubio, 2010).

Flujo de Interacción (IF) a la escala local

La presente métrica demuestra la probabilidad de conectividad de determinada especie tomando en cuenta no solo su hábitat natural, sino todos los demás usos de suelo que de alguna manera pueden servir o no de paso y por lo tanto demostrar en cuáles regiones se presentan mayor probabilidad de movimiento de las abejas. Cuanto más verde más alto el flujo y los valores mínimos en ese contexto representan barreras de movimiento, indicando si el conjunto de usos de suelo puede dar soporte a la permeabilidad de determinada especie.



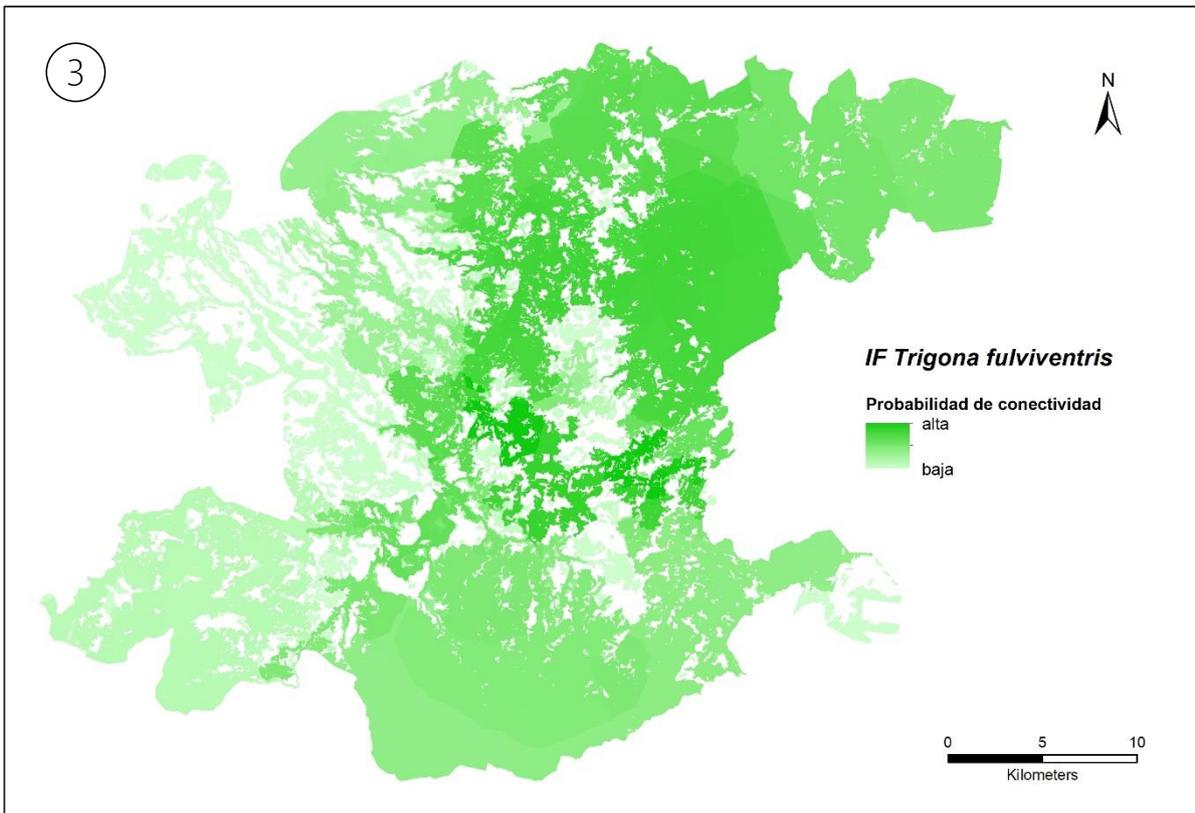
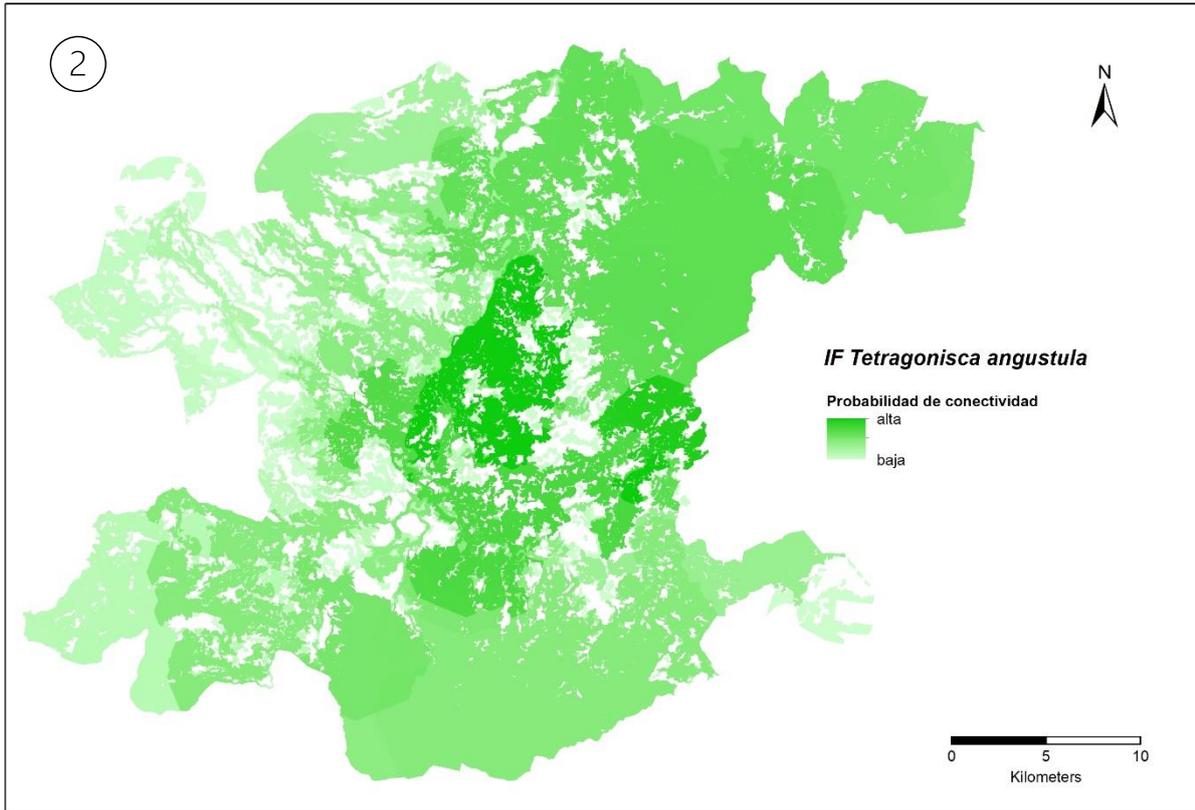


Figura 18 Mapas que demuestran las zonas con mayor o menor probabilidad de conectividad para las especies 1) *Apis mellifera*; 2) *Tetragonisca angustula* y; 3) *Trigona fulviventris*.

Los valores resultantes para cada abeja son bastante distintos (Figura 18). La matriz de uso de suelo presente en los subcorredores centroeste y en la parte sur del Barbilla demuestran alta probabilidad de conectividad para la *A. mellifera*. Se observa que para la *T. angustula* y *fulviventris* la probabilidad de movimiento se concentra en la parte centroeste también, pero presenta menor continuidad de conectividad, respectivamente. En los tres casos las zonas que corresponden a las faldas del volcán Turrialba (donde se ubica el subcorredor norte y centro) y al subcorredor Punta sureste, son donde ocurre el menor flujo de interacción. Apenas en el caso de la *T. fulviventris*, el subcorredor Pejibaye (Suroeste) y la zona potencial de Cachi presentan baja probabilidad.

6.2.3 Percepción de productores agropecuarios y su relación con los gradientes de conectividad del paisaje

Perfil de personas entrevistadas

En total han sido entrevistados 42 productores agropecuarios, entre hombres (n=21) y mujeres (n=21), totalizando 38 fincas de las cuáles cuatro fueron entrevistadas dos personas. Como se puede observar en la Figura 19 la mayor parte de entrevistados hombres se concentra entre los 51 y 70 años y las mujeres se distribuyen entre los 21 y 60 años. Para la mayoría de los hombres, el tamaño de sus fincas varía entre 4 y 9 hectáreas, en cambio, casi la mitad de entrevistadas poseen menos de una hectárea. De este total, dos no supieron responder.

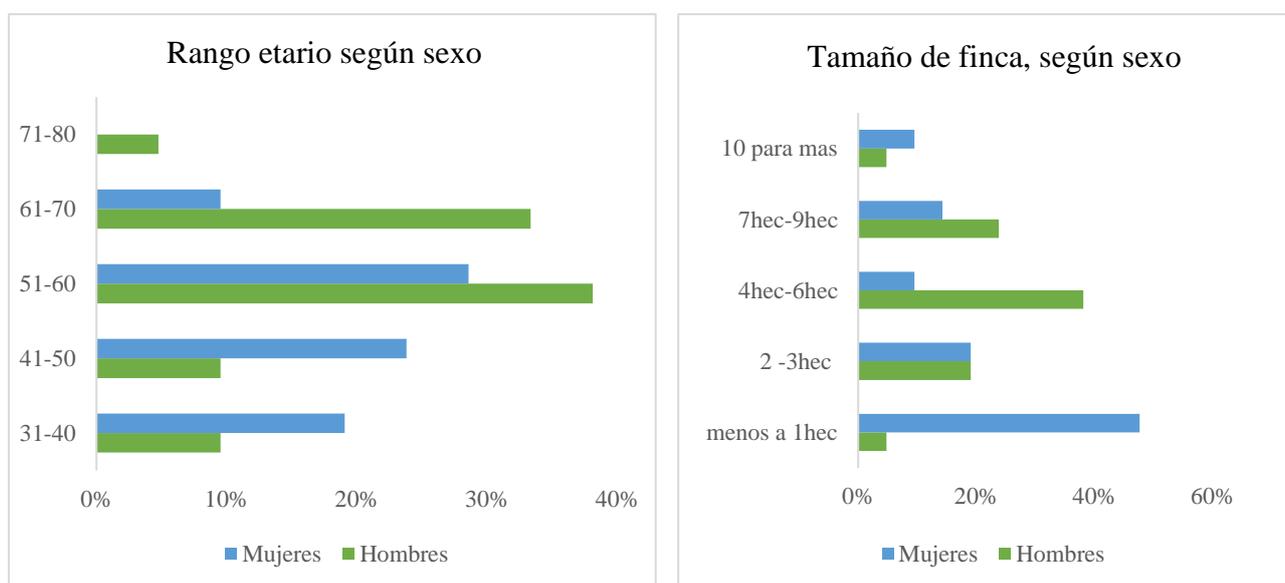


Figura 19 Rango etario de entrevistados y tamaño de fincas de entrevistados según sexo.

Entre las personas entrevistadas, seis se dedican a un solo tipo de cultivo, normalmente creación animal o café. Los demás productores distribuyen su inversión en otras variedades de ingresos o subsidios para el auto consumo. En la Figura 20 es posible observar los tipos de productos identificados en el conjunto de fincas y la cantidad de productores que invierten en cada uno de esos tipos. En ese caso, el café y el banano, específicamente, son tipos de productos bastante utilizados, principalmente por productores hombres. La producción específica de caña, cacao, frutales variados y creación animal (normalmente asociada a vacas lecheras, ganado de engorde y en pocos casos cabras) son menos presentes entre los entrevistados. Por otro lado, alimentos básicos como granos,

hortalizas, leguminosas, tubérculos y otros tipos, acompañan por lo menos mitad del total de fincas, principalmente en el caso de las mujeres. Se resalta también que pocos entrevistados dividen su trabajo en la finca con otros sectores económicos. Con excepción de las mujeres, que, aunque no trabajen fuera de la finca, normalmente dividen su labor con cuidados domésticos.

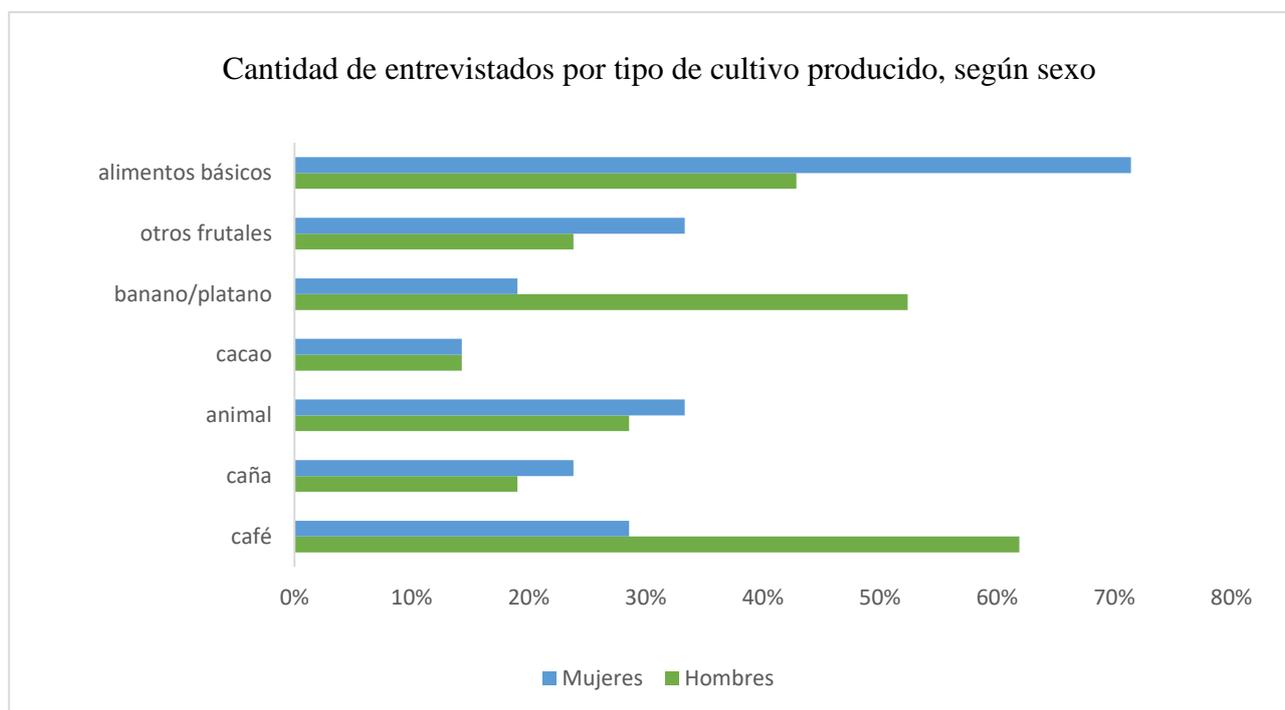


Figura 20 Cantidad de entrevistados que producen tipos de cultivos, según sexo.

Relación entre percepción y el grado de conectividad

Como se puede observar en la Figura 21, las personas entrevistadas se distribuyen en diferentes grados de conectividad; entre alto (n=9), medio (n=16) y bajo (n=17). Para buscar la relación, se optó por el uso del mapa base de Flujo de Interacción elaborado para la abeja *Tetragonisca angustula*, porque el grado de conectividad presentado por esa especie permitió distribuir mejor la cantidad de productores por niveles de flujos.

Prácticamente todos los productores entrevistados, tanto hombres como mujeres presentaron algún tipo de conocimiento básico sobre la existencia de las abejas y su importancia en las fincas y para el medio ambiente como un todo. Su presencia fue principalmente relacionada al servicio de polinización de cultivos en general, siendo para muchas personas un servicio fundamental a la vida del ser humano. En algunas palabras: “si se desaparece la abeja no vivimos un mes”, “son muy importante para el equilibrio del ecosistema”, “es lo que mueve el mundo, sin polinización no hay cultivos ni bosques”, “son generadoras de salud” y “aunque todas no producen la miel, ellas se encargan que la plantas tengan vida (...) si ellas no existiesen no habría vida en la tierra”.

Otros beneficios resultantes de la polinización han sido mencionados como, la mejora en la productividad y calidad de cultivos, generando así ingresos económicos para el productor y la contribución de esa función para la cobertura y diversidad de bosques en general. Además, se identificaron otros beneficios provenientes de los productos generados por las abejas, como la cera, el polen y la miel, que en los dos últimos casos están asociados a la elaboración de cosméticos, función

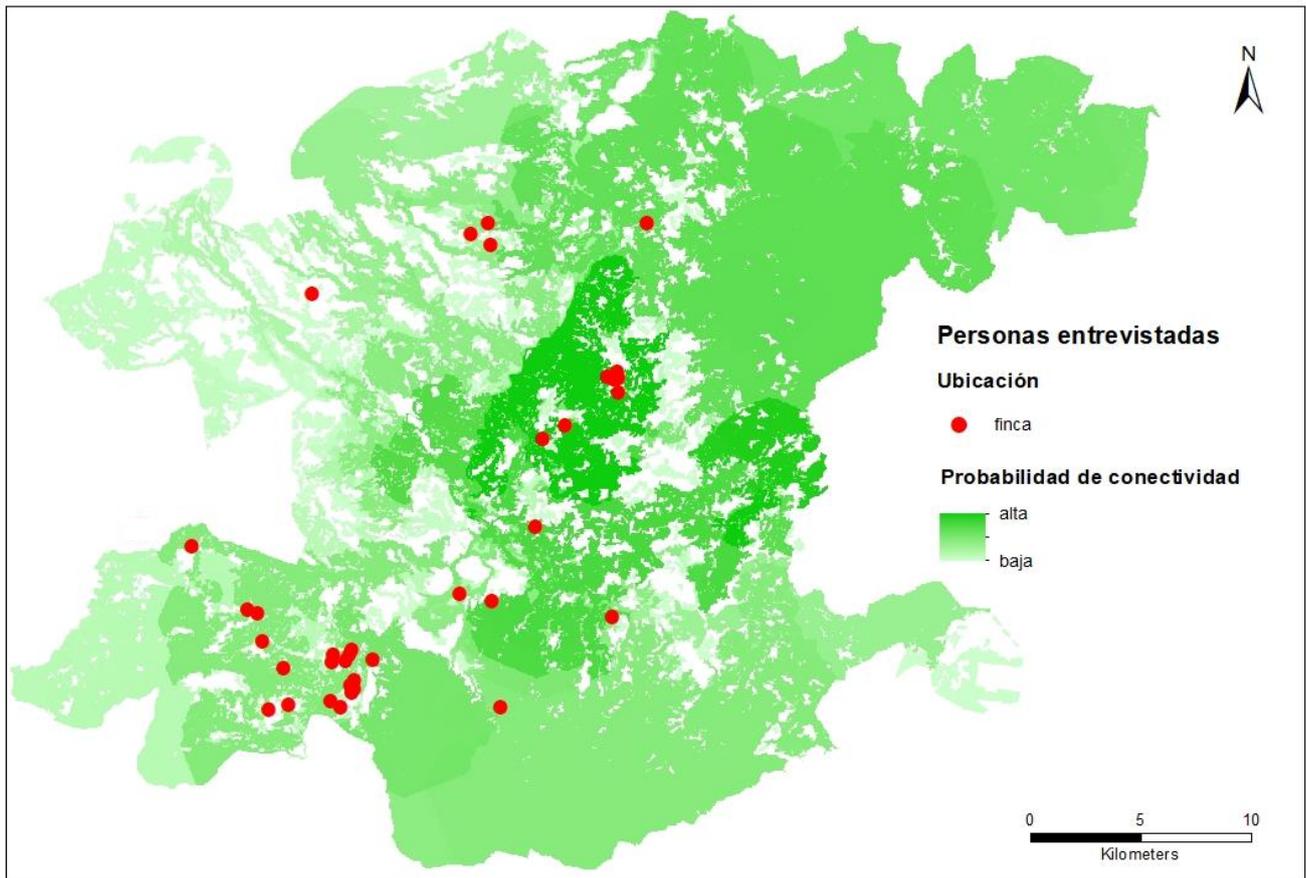


Figura 21 Ubicación de las fincas de entrevistados sobre el mapa de flujo de interacción (FI) de la *Tetragonisca angustula* para el CBVCT.

medicinal y nutricional. Ese conjunto de conocimientos básicos presentados por los productores, para casi mitad de ellos, viene de una relación cultural ligada a sus antepasados, familiares que transmitieron informaciones sobre la polinización, uso medicinal y la crianza de abejas nativas.

Desde otro punto de vista, aunque se reconozca su importancia para la polinización, en algunos casos las percepciones vienen relacionadas a factores negativos, como daños a cultivos de banano, maracuyá, papaya y cítricos. Normalmente esa visión se direcciona a tipos específicos de abejas y no a la totalidad. Algunas personas mencionaron matar esas especies por esa razón. Otro sentimiento también presente es el miedo, principalmente relacionado a las abejas africanizadas, conocidas como "abejas asesinas". Este miedo se asocia a casos puntuales que ocurrieron en su red de contactos de personas que vinieron a fallecer por las picaduras. En las palabras de un productor: "fuimos creados con la idea de que esas bichas eran peligrosas" y por esa razón llegó a quemar muchos panales.

Junto a las percepciones presentadas, han sido identificados alrededor de 23 nombres populares de abejas (Anexo 9), de los cuales algunos coinciden con el mismo nombre científico. Entre las más citadas están la abeja africanizada (*Apis mellifera*) (n=26), sumamente relacionada a la alta productividad de miel y al peligro eminente que genera a productores; la mariola, mariquita, maría seca y angelita, que corresponden a la *Tetragonisca angustula* (n=32), asociada a su miel medicinal, tanto para los ojos como para los bronquios y mucho presente en los hábitos de los familiares antepasados; la abeja arragre, posiblemente relacionada a las especies *Trigona corvina* o *Trigona silvestriana* (n=22), apuntada como la principal responsable por daños a cultivos, algunos mencionan sobre daños en flores y frutos y; la chiquisá (n=16), abeja de género *Bombus*, considerada en peligro

de extinción, es identificada como polinizadora del maracuyá y en algunos casos asociada a su dolorosa picadura. Apenas dos entrevistados pudieron referirse a nombres.

En ese contexto alrededor de 70 plantas visitadas por estas abejas (Anexo 10) han sido observadas por productores. Entre ellas, árboles frutíferas, árboles de poda, cereales, hortalizas y leguminosas. La disminución de visitación de esas especies en sus fincas es percibida por la gran mayoría (Figura 22). En este caso, principalmente asociada al uso excesivo de agroquímicos y a los efectos del cambio climático en las estaciones de verano e invierno. Desde de su punto de vista esta variación entre momentos de mucha lluvia y seca, afectan la rutina de alimentación de esas especies, ocasionando su mortandad. Por otro lado, el incremento de visitaciones de abejas observado fue relacionado con la presencia de apiarios en la región y a la disminución de uso de agroquímicos en la vecindad. También, con el aumento de árboles en la finca y con el cambio hacia cultivos que despiertan más interés para esas (ej.: árboles de guaba, sota caballo, cítricos, maracuyá).

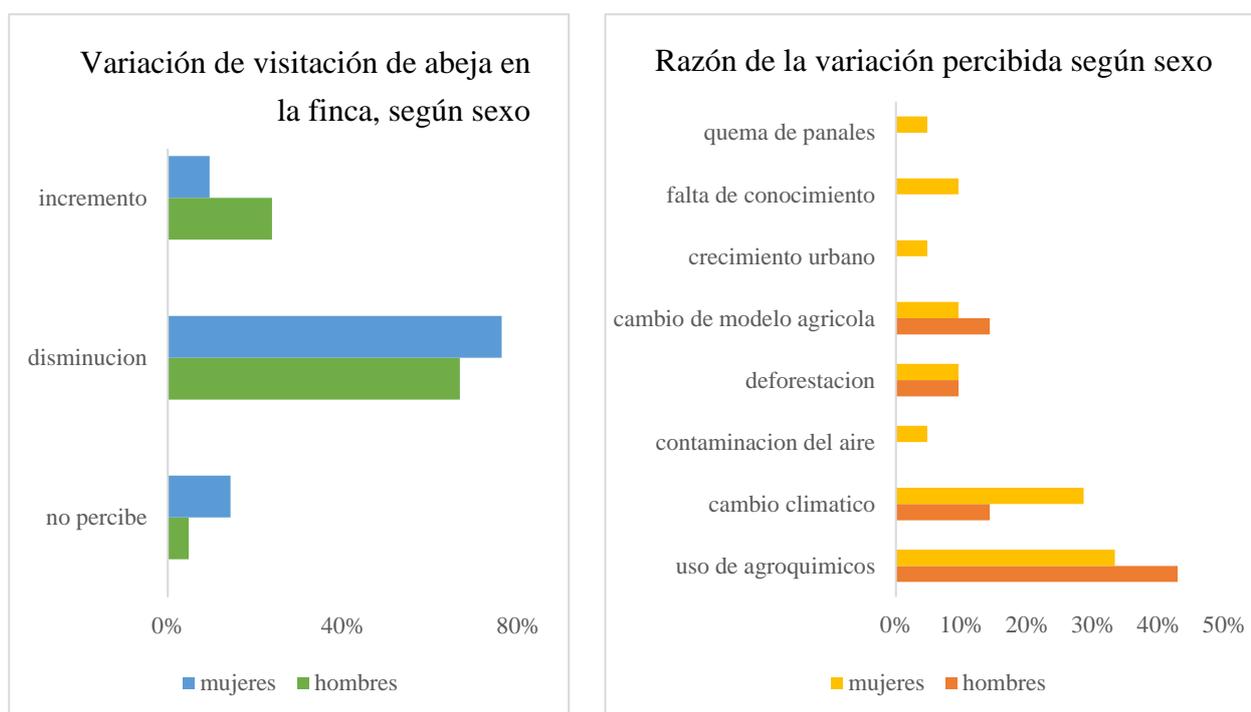


Figura 22 Percepción de productores sobre el incremento o disminución de abejas en su finca y el tipo de problema asociado a su disminución.

Con base en ese conjunto de percepciones se buscó, a través de algunos factores clave, identificar la correspondencia del conocimiento compartido y el grado de conectividad del paisaje. Los factores centrales utilizados han sido: 1) la percepción sobre el aumento o disminución de abejas en la finca; 2) la complejidad de servicios y beneficios que cada productor percibe; 3) y cantidad de abejas identificadas. Los datos de frecuencia utilizados para el análisis de correspondencia se pueden observar en el cuadro.

Cuadro 8 Frecuencia de percepciones de acuerdo con el grado de conectividad. Las frases abreviadas de cima para bajo significan: a) No perciben aporte; b) Perciben por lo menos un aporte; c) Perciben más de un aporte; d) Perciben disminución de abejas; e) Perciben incremento de abejas; f) No perciben variación, aumento o disminución; g) Perciben hasta 3 especies; h) Perciben más de 3 especies y; i) No identifican ninguna especie.

Percepción	Probabilidad de conectividad			Margen activo
	baja	media	alta	
No p. aporte	2	0	0	2
P. un aporte	5	10	3	18
P. más de uno	11	5	6	22
Dism. de abejas	11	14	5	30
Increm. de abejas	3	1	3	7
Sin variación	2	1	1	4
P. hasta 3 esp.	8	7	4	19
P. más de 3 esp.	8	8	4	20
No identifica esp.	1	0	0	1
Margen activo	51	46	26	123

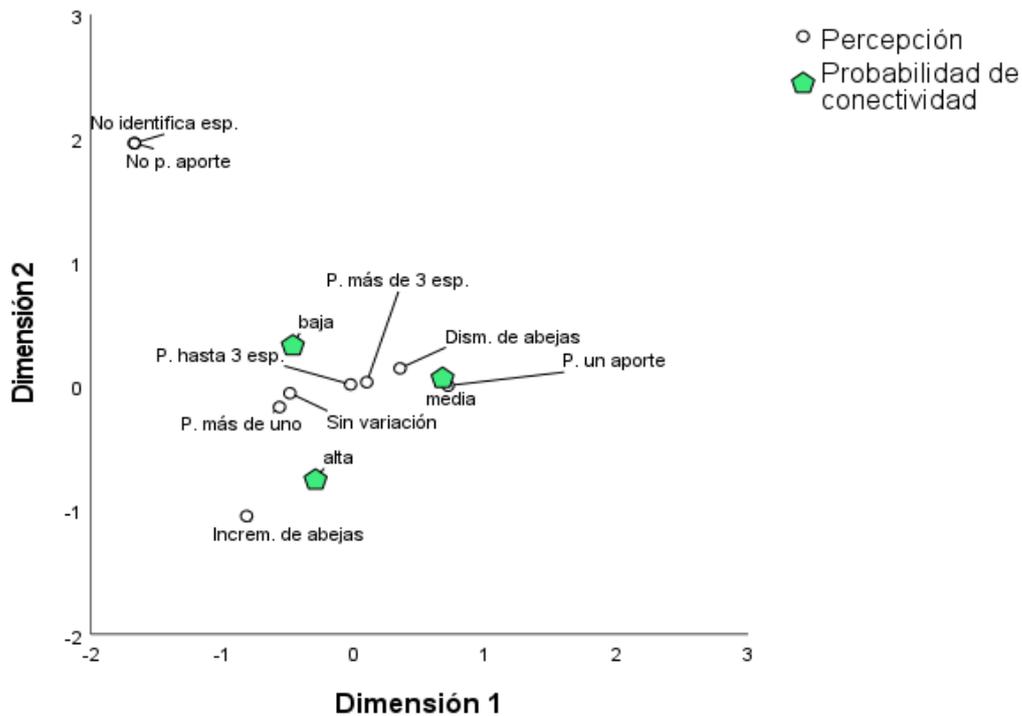


Figura 23 Análisis de correspondencia entre percepciones clave y el grado de probabilidad de conectividad del CBVCT.

En la figura 23 es posible observar que quién percibe por lo menos un servicio o beneficio aportado por las abejas se relaciona al grado medio. En cuanto que las percepciones de más de un aporte tienen más relación con el bajo grado. La disminución de abejas es bastante percibida en las diferentes zonas y el incremento de especies, aunque esté más próximo de la probabilidad alta, se distribuyen proporcionalmente entre las regiones de baja y alta conectividad. Finalmente, la cantidad de especies observadas se concentra entre las tres zonas presentando una distribución relativamente pareja. Ese conjunto de percepciones y su distribución según

Percepción de productores agropecuarios sobre la relación entre las abejas y factores internos y externos a la finca.

Para complementar con más detalles el entendimiento previo presentado por productores sobre las relaciones de la abeja con su entorno, se levantó opiniones sobre como estos perciben las relaciones que prácticas agrícolas, tipos de sistemas y calidades de ecosistemas podrían tener con los polinizadores. Para eso los entrevistados adjudicaron valores de 1 a 5 para cada relación, en algunos casos asociando los valores hacia una calidad positiva, negativa o neutra. En este caso, la opción "neutra" fue utilizada en situaciones en que el productor reconoció que la relación entre factores es existente, pero, no supo ponderar entre positiva o negativa. Otras opciones como "no hay relación" y "no se responder", también han sido utilizadas y están especificadas en el Anexo 11.

Ese ejercicio, en general, fue bien asimilado por las personas permitiendo fluidez en su aplicación. Para poder aplicar la valoración en gráficos de media y desvío padron, fue necesario cambiar los valores hacia un número abajo del originalmente utilizado en los protocolos de entrevista. En este caso se cambió el rango de 1-5 para 0-4, manteniendo las mismas descripciones y calidades asociadas a cada número. Eso permitió centralizar la opción "no hay relación" en el valor 0, facilitando la interpretación de gráficos que presentan valores negativos y positivos a la vez.

En el Gráfico 26 abajo es posible observar cual es la asociación percibida entre la abeja con el servicio ecosistémico de polinización y factores resultantes de ese servicio. Las respuestas, entre hombres y mujeres, han sido bastante similares para cada relación.

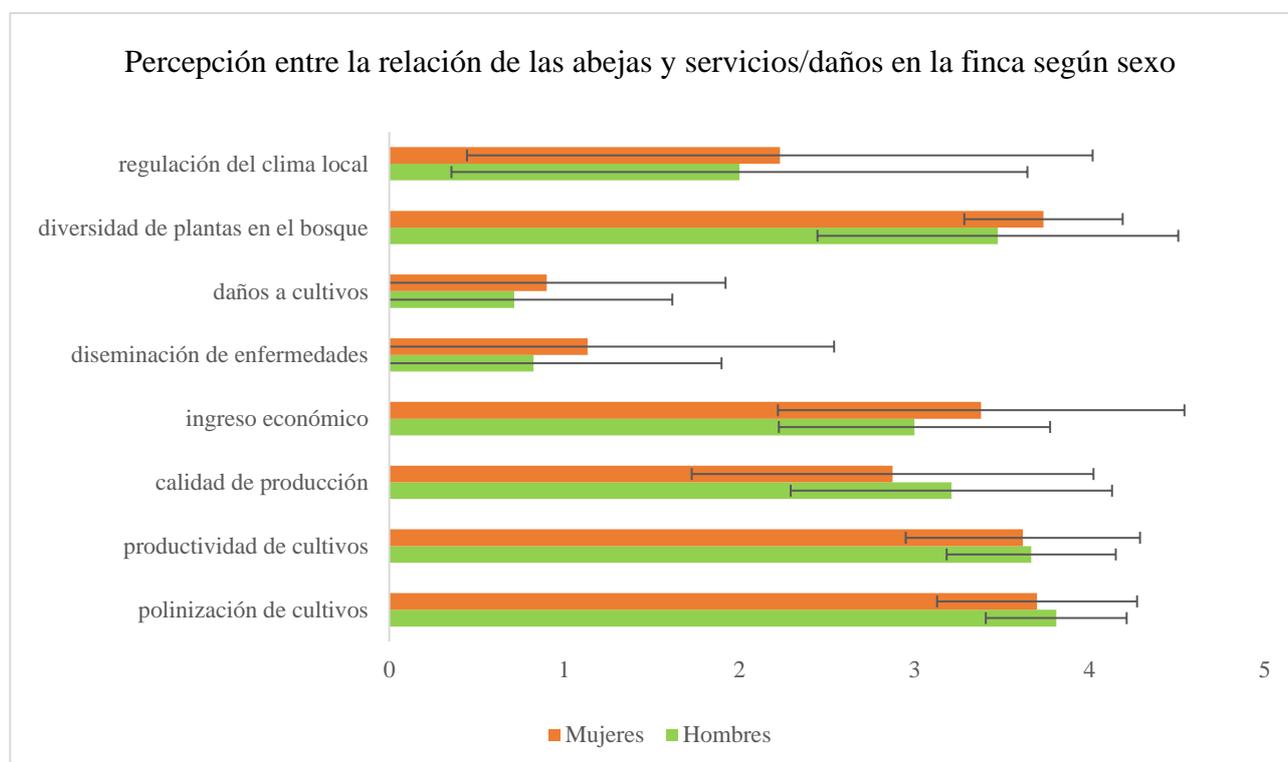


Figura 24 Gráfico que representa los valores medios y la desviación padrón de la relación la abeja con el servicio ecosistémico de polinización y factores resultantes de ese servicio, según sexo. Los valores van de 0 a 4 (positivo o negativo), donde 0 "no tiene relación ninguna"; 1 "baja relación"; 2 "relación regular"; 3 "alta relación" y 4 "muy alta relación".

De manera general, las personas entrevistadas identifican en media una alta relación de las abejas con el servicio de polinización, productividad de cultivos, calidad de frutos, aporte en el ingreso económico del productor y diversidad de plantas encontradas en los bosques. La media de esas respuestas está alrededor de 3 y 4, que representan "relación alta" y "muy alta" respectivamente. Es interesante observar también, que existe una percepción sobre la relación de la abeja con la regulación del clima, entre regular (2) y alta (3), donde asocian que si las abejas son fundamentales para mantener a los bosques ellas naturalmente son fundamentales para mantener la regulación del clima, incluso como una especie indicadora de ese factor. Sin embargo, la desviación padrón demuestra que una buena parte no ve ninguna relación entre esos factores. Por otro lado, la percepción de productores sobre la relación hacia daños a cultivos y diseminación de enfermedades entre plantas fue bastante baja. Para ellos, aunque ocurran los daños a cultivos eso pasa en situaciones específicas y no en lo general, así como para la diseminación de enfermedades. En los dos casos la desviación padrón demuestra que las opiniones no son bien definidas.

Los tres gráficos abajo presentan otra perspectiva de sus percepciones, principalmente asociadas a la relación de prácticas y elementos existentes en la finca y fuera de esta con las abejas. En la Figura 27 es posible observar que la mayor parte de opiniones asocian positivamente (entre 3 y 4) la presencia de bosques en las fincas, pues entienden que son importantes para la diversidad de especies de abejas y también sirven como microclima para su presencia. El alto valor se mantiene también para la presencia de cercas vivas, árboles de sombra dispersos, la diversidad de cultivos plantados y la presencia de huertos caseros. En este último caso, la media y la desviación presentada por hombres sobre esa relación se aproxima del valor "bajo" y "regular" positivo principalmente porque algunos creen que los beneficios de los huertos dependen mucho de los componentes cultivados. Con respecto a las plantas que crecen entre los cultivos, habitualmente conocidas como "malezas", la media estanca en una relación positiva "muy baja".

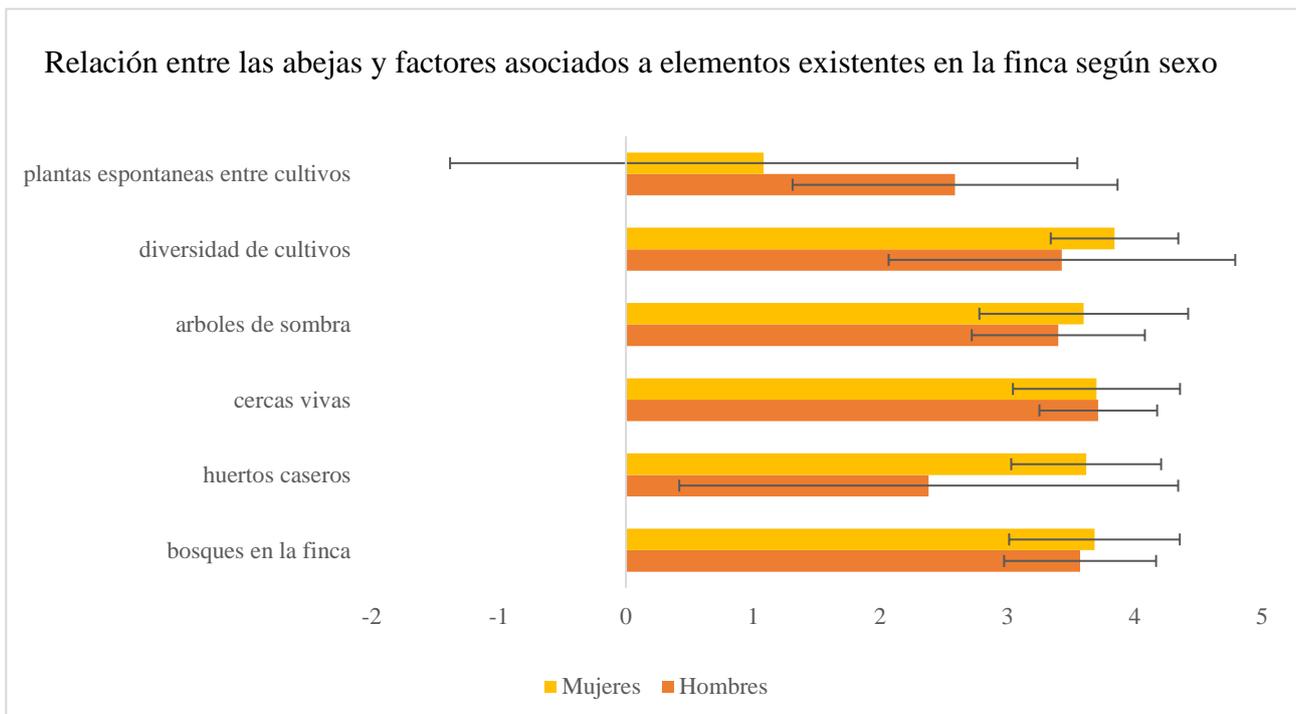


Figura 25 Gráfico que representa los valores medios y la desviación padrón de la relación percibida entre elementos estructurales de la finca con las abejas, según sexo. Los valores van de 0 a 4 (positivo o negativo), donde 0 "no tiene relación ninguna"; 1 "baja relación"; 2 "relación regular"; 3 "alta relación" y 4 "muy alta relación".

Esa tendencia, también se relaciona al hecho de que las opiniones son bastante divididas, influenciadas por la idea de que depende del tipo de planta que ahí este, o por la irrelevancia de su existencia para la alimentación de las abejas.

Sobre otra perspectiva, los productores también perciben la influencia de los manejos comúnmente realizados en prácticas convencionales sobre los polinizadores. En el gráfico abajo se observa que en general los manejos relacionados al uso de herbicidas, insecticidas fungicidas y contaminación de aguas con los desechos químicos utilizados en cultivos, son considerados negativos, oscilando entre el valor 3 (alto) y 4 (muy alto). La valoración alta fue asociada principalmente al uso intensivo de agroquímicos que normalmente es hecho por productores. Entre los tres tipos de agroquímicos, no hay diferencias de percepciones relevantes. Por otro lado, la media de la relación negativa del uso de semillas tratadas y de fertilizantes químicos ya son percibidos en menor intensidad, y la desviación padrón demuestra la falta de una opinión consolidada sobre el tema, sea para hombres o mujeres. Pero, la tendencia hacia una baja influencia ocurre principalmente porque tanto la semilla como los abonos químicos son aplicados directamente al suelo, eso difícilmente se relacionaría de manera tan dañina a las abejas; en otros casos, perciben relaciones positivas con el fertilizante, que, según algunos entrevistados, posiblemente aportaría al desarrollo de una buena planta y flores.

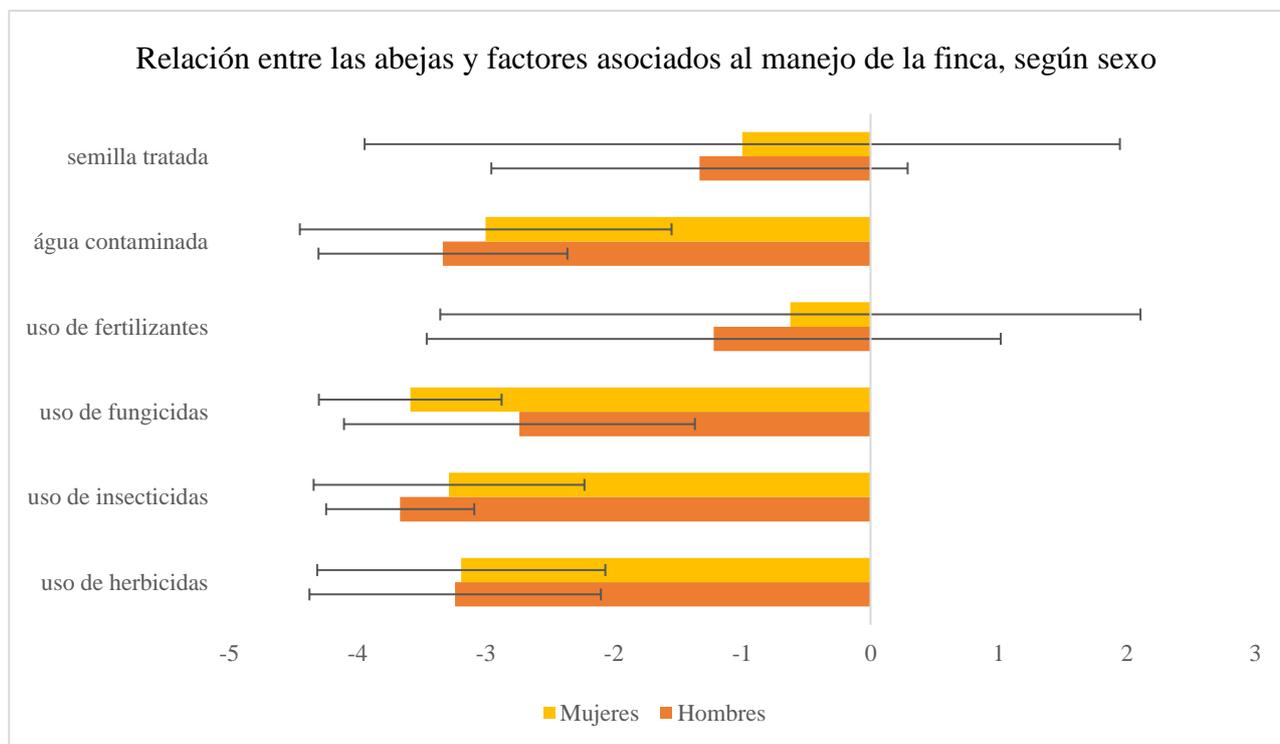


Figura 26 Gráfico que representa los valores medios y la desviación padrón de la relación percibida entre manejos de la finca con las abejas, según sexo. Los valores van de 0 a 4 (positivo o negativo), donde 0 "no tiene relación ninguna"; 1 "baja relación"; 2 "relación regular"; 3 "alta relación" y 4 "muy alta relación".

También es posible observar, otros factores aleatorios ponderados en las valoraciones que demuestran que el cambio climático (altamente reconocido entre los entrevistados) y la quema de la caña son percibidos de manera negativa con relación a las abejas. Los efectos de variaciones climáticas asociados con lluvias intensas y periodos largos de sequía son considerados dañinos a esas especies, bien como el humo intenso proveniente de la quema de la caña que puede afectarlas y matarlas. En ese último caso, la desviación padrón para los hombres está asociada a que algunos también perciben la quema como algo positivo, principalmente porque los días siguientes a la quema el cañaveral se

llena de abejas en busca de la miel de la caña. Los demás factores presentaron una media positiva entre "regular" y "alto", aunque la desviación demuestre, principalmente en el caso de las mujeres, que hay discordancia de opiniones. La crianza de abejas para la producción de la miel en la media es considerada benéfica por tratar de fomentar nido y alimento a esas especies, sin embargo, también tiende a valores bajos por reconocieren posibles daños a depender del manejo dado por cada creador. Para los charrales la relación es bastante similar. Lo consideran normalmente un ambiente positivo para las abejas por la diversidad de especies de plantas que aportan en su alimentación, pero también depende de que etapa de charral se habla, pues estos en fase inicial no son considerados tan positivos en su dieta según las personas entrevistadas.

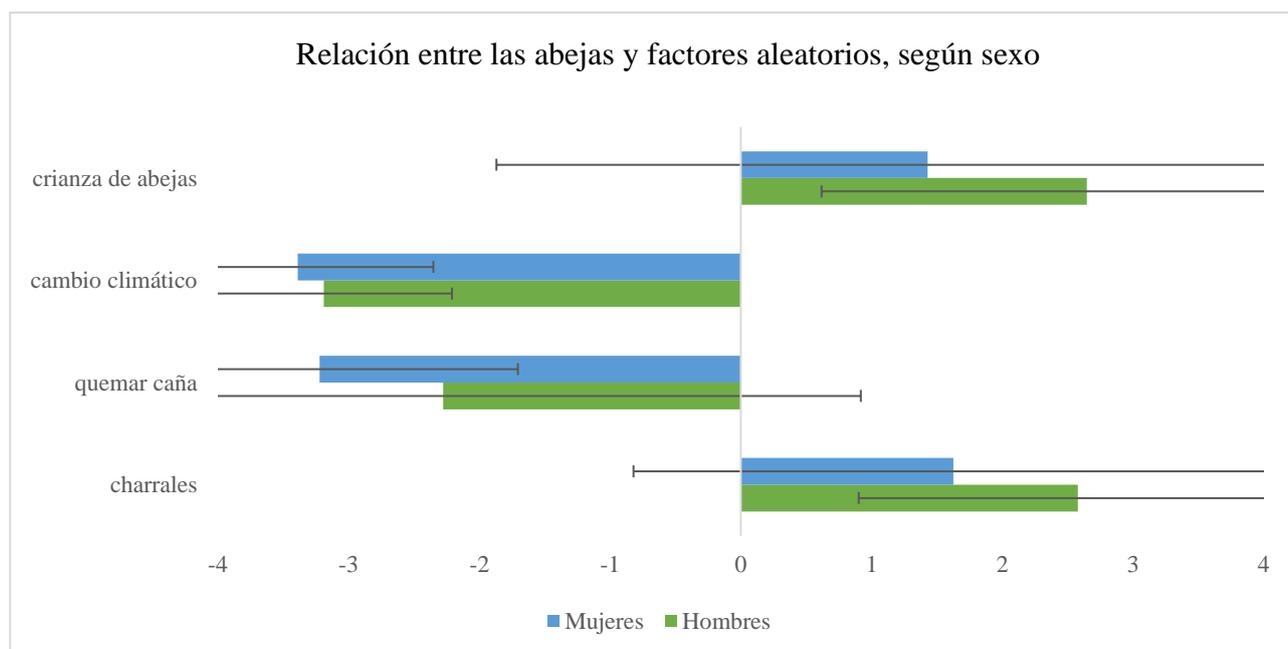


Figura 27 Gráfico que representa los valores medios de la relación percibida entre factores aleatorios y las abejas. Los valores van de 0 a 4 (positivo o negativo), donde 0 "no tiene relación ninguna"; 1 "baja relación"; 2 "relación regular"; 3 "alta relación" y 4 "muy alta relación".

Intereses y limitaciones presentadas por productores agropecuarios para acceder a cambios en sus fincas.

Las personas entrevistadas, en general, cuando preguntadas sobre qué estarían dispuestas a hacer para aportar a la conservación de las abejas, compartieron una serie de intereses y disponibilidades relacionadas a cambios en su manejo e incremento de nuevas prácticas en sus fincas. La crianza de abejas fue una de las cuatro prácticas más mencionadas. Esta se relacionó al aporte que las abejas brindan a la polinización de sus cultivos y al ingreso económico extra que podrían generar a través de la producción de la miel. En secuencia, el sembrío de árboles y flores en la finca también fue bastante abordado, con el objetivo de promover cercas vivas con árboles melíferos u otras plantas que podrían servir para otros fines agrícolas, como las fructíferas y forrajeras para el consumo animal. Se aportó la idea de sembrar árboles con periodos de floración más largos, permitiendo alimento a largo plazo para las abejas, además de buscar cada vez más incentivar vecinos y otros productores para aplicar esa práctica.

Disminuir el uso de agroquímicos en los cultivos fue la tercera disponibilidad más mencionada. En pocos casos se habla en la eliminación completa del uso, una vez que muchos reportan las dificultades

de mantener el cultivo integralmente sobre manejo orgánico, pero, sugirieron eliminar productos específicos que podrían tener efectos negativos sobre ellas, o tratar de controlar la aplicación, evitando atomizar directamente en las flores, por ejemplo. Finalmente, la capacitación constituyó uno de los principales intereses, que, en las palabras de una productora, resumen el sentimiento de quién está dispuesto a repensar sus prácticas y sacar provecho en ese objetivo. "Nunca estuve preparada para eso. No sé nada de ellas. ¡Pero al momento que me expliquen, yo me entregaría completamente! Pienso principalmente para salir adelante". A parte de estos, otros intereses y disponibilidades también estuvieron presentes, como por ejemplo la diversificación de cultivos en la finca, recuperación de áreas degradadas, dejar de quemar y talar los bosques, incrementar huertos caseros y, en el caso de los creadores de abejas africanizadas, aportar junto a los bomberos, con el rescate de colmenas en las fincas o zonas de riesgo para las personas, evitando quemar panales.

Para complementar estas informaciones espontáneamente sugeridas por los productores, se utilizó una lista de acciones que aportan a la conservación de esos polinizadores, elaborada a partir de recomendaciones del CINAT. De esta lista, todos los entrevistados demostraron interés en recibir capacitaciones sobre la conservación de abejas. La gran mayoría mostró disponibilidad para apoyar a investigaciones científicas con ese objetivo; interés en plantar árboles con fines comerciales, principalmente nativos e; incrementar cercas vivas y diversificar sus cultivos. Se tuviesen la oportunidad, esa gran mayoría, también estaría dispuesta a dar preferencia al uso de semillas criollas y al manejo integral de orgánicos en su finca. Cuando preguntados sobre el interés de capacitarse para la creación de abejas africanizadas o nativas, la gran mayoría optó por conocer más sobre las abejas nativas. En ese caso, como mencionado anteriormente, mucho asociado por el miedo que tienen de las africanizadas.

Por otro lado, muchas de esas prácticas se ven limitadas principalmente a dos grandes factores. El recurso económico y la falta de conocimiento y capacitación para promover cambios. El primer caso ha sido relacionado a la falta de capital inicial para invertir en diferentes prácticas, como: comprar insumos orgánicos para promover cultivos más sostenibles; adquirir plántulas para el sembrío de fructíferas; acceder a estructuras para poder crear y comprar colmenas de abejas y además, adecuarse a normas sanitarias para invertir en la miel; dificultades para conseguir financiamiento a través de proyectos gubernamentales por la cantidad de trabas burocráticas demandadas; entre otras ocurrencias que en la percepción de los productores ;no les permite alcanzar muchos cambios. En las palabras de una entrevistada "Uno tiene voluntad, pero somos una familia que vivemos en pobreza extrema (...) si no, tendríamos todo el compromiso".

La capacitación y falta de conocimiento también es una limitante que, desde su punto de vista, no les permite saber hacia como proceder para aportar a ese tema. Como mencionado por una entrevistada "la mentalidad de uno está a contrario de esas cosas. A uno le enseñaron que deben tener todo limpio". Eso se relaciona a la respuesta de otro entrevistado que menciona que la cultura local limita cambios más allá de las prácticas convencionales, "no me animo a recogerlo (los panales) porque no tengo la capacitación. Pero en lugar de eso yo los quemo". Para las personas entrevistadas esa falta de conocimiento les impide tomar medidas adecuadas, sea simplemente para conservarlas sin ningún fin económico, sea para poder sacar provecho y salir adelante con más ingresos.

En ese contexto es importante considerar también otras limitaciones mencionadas, como: la edad avanzada, asociada a la dificultada de hacer trabajos pesados, sea con colmenas o seguimiento en la

fincas; la falta de tiempo que ya es normalmente ocupado por la diversidad de labores que tienen; el mercado para el producto de la miel, saber si es posible o no invertir en productos derivados de las abejas; la dificultad de organizar productores para promover acciones colectivamente y; la falta de políticas de estado que incentiven prácticas con ese enfoque y puedan aportar en el seguimiento de las actividades que se hacen en campo. Aunque estas y otras dificultades estén presentes día a día en la vida de esos productores, en general demuestran tomar iniciativas por interés propio, sea para conservar abejas, otras especies o mismo por los beneficios económicos que perciben al realizar prácticas más sostenibles en sus fincas, que de alguna manera están bastante plasmadas en sus respuestas.

6.2.4 Análisis y discusión

Aspectos generales de los mapas de conectividad y uso de suelo

La aplicación de esta metodología para elaborar los modelos de conectividad con especies de abejas es de carácter innovador. Aunque se trate de un estudio exploratorio con base en informaciones bibliográficas y de expertos, las métricas calculadas en el programa Graphab, permitieron visualizar diferentes variaciones de conectividad aportando a una aproximación de como el uso de suelo actual contribuye a especies con características fenológicas distintas. Este es el primer estudio de carácter funcional realizado con abejas en el Corredor, los demás son basados en la conectividad estructural del territorio.

Con respecto al mapa de uso de suelo, por limitantes de tiempo no fue posible clasificar de manera más detallada los usos. Pero vale resaltar la importancia de incrementar otras tipologías en la clasificación, como por ejemplo charrales y otros cultivos específicos, que pueden tener efectos distintos de acuerdo con la ecología de cada especie. Eso permitiría tener una idea más aproximada sobre su permeabilidad en determinadas zonas. Además, para la modelización de los mapas de conectividad, los perfiles y características de manejo de cada tipo de uso también serían importantes de tener en cuenta, una vez que pueden interferir considerablemente en los resultados. Un cafetal, por ejemplo, aunque pueda aparentemente aportar en la conectividad de algunas especies, su manejo (uso de agroquímicos, diseño del sistema y otros) podría ser una barrera impidiendo su presencia. Lo mismo podría ocurrir en cualquier otro tipo de uso de suelo, como por ejemplo el centro urbano, que, aunque sea considerado por algunos estudios (Wojcik 2011; Frankie *et al.* 2013) como un hábitat para especies como *T. angustula*, si no hay la presencia de recursos para su subsistencia, esa condición cambiaría. En el caso del presente estudio, se consideró la zona urbana como un hábitat para esta abeja, principalmente porque en este territorio son frecuentes los huertos caseros y jardines de flores.

Otro factor importante observado fue la transición de usos de suelo del Corredor, en el tiempo. La actual clasificación demuestra diferencias relevantes con respecto al área total de algunos tipos de uso presentados en la ficha técnica del CBVCT en el año de 2008 (Canet 2008). Aparentemente, la caña y el café tuvieron una baja significativa, alrededor de 2% y 5% respectivamente. En cambio, el bosque y los pastos presentaron incrementos de aproximadamente 10% y 2%. Ese panorama coincide con las percepciones y tendencias presentadas por técnicos e investigadores del MAG, Icafé y CATIE en entrevistas realizadas en el año de 2019. Entre las constataciones estaba la disminución de la

cobertura de cafetales y cañaverales, además del incremento de potreros, siendo una actividad alternativa a la caída en las producciones de esos cultivos tradicionales.

Ese proceso de transición donde ocurre el aumento del área de pastizales puede reflejar en una mayor fragmentación del paisaje. En los mapas relacionados al Flujo de Interacción es posible observar el impacto que las zonas que presentan ese tipo de uso de suelo pueden tener en la probabilidad de conectividad de cada abeja, principalmente para las que presentan mayor sensibilidad a los diferentes tipos de uso de suelo, como es el caso de las Trigonas. En ese contexto, los subcorredores Norte, Centro y Punta Sureste son los que presentan usos de suelo menos atractivos para dichas especies según el mapa de Flujo de Interacción. Por otro lado, se constató que los subcorredores Barbilla, zonas potenciales ND y Sureste y parte del subcorredor Pejibaye, es donde se encuentran los parches de mayor importancia para la conectividad global de las tres especies de abejas estudiadas.

Las zonas que demuestran menor probabilidad de conectividad presentada en los mapas FI, coinciden con estudios realizados, sobre la conectividad estructural del Corredor. En los resultados presentados por Murrieta *et al.* 2007a, la parte Norte y Centro, se encuentran altamente fragmentadas, en el caso de Brenes 2009, las zonas de mayor costo de acceso también están relacionadas a esas áreas, donde la abundancia de abejas se demostró bastante baja (Solis Rodríguez 2014). Conocer la calidad de la matriz del paisaje y la ecología de cada especie constituyen elementos importantes para la conservación de esas ya que muchos estudios corroboran que las alteraciones en sus hábitats tienen efectos en la estructura de sus comunidades (Reyes-Novelo *et al.* 2009).

Las especies utilizadas para esos modelos presentan características generalistas (Flores y Sánchez 2010; Oliveira *et al.* 2009; Chapman *et al.* 2007), siendo capaces de acceder a diferente tipos de flora para su subsistencia. En el caso de la *Apis*, se consideró esta especie principalmente porque informaciones básicas sobre su ecología, están más accesibles, en comparación a otras especies nativas con rangos altos de dispersión. Aún que se conozca las polémicas asociadas a su presencia invasiva y a los impactos que pueden generar sobre especies nativas (Paini 2004) los resultados de los modelos pueden de alguna manera contribuir a entender los efectos del uso de suelo a especies con características semejantes, ya que esta también demuestra sensibilidad a la matriz del paisaje (Decourtye *et al.* 2010).

Por otro lado, para las abejas sin aguijón (*T.angustula* y *T.fulviventris*), los efectos de las alteraciones de uso de suelo e interferencias en sus hábitats naturales de nidificación, puede impactar su abundancia pues están estrechamente relacionadas a la presencia de cobertura forestal (Brosi 2009). Así como estas especies nativas estudiadas, hay otras especies con características especialistas aún más sensibles, incluso especies que se encuentran en la lista roja de la UICN, como es el caso de algunas *Bombus*. Es muy probable que los modelos de conectividad experimentados para esas especies podrían reflejar otros niveles de sensibilidad a los diferentes usos de suelo.

En ese sentido, esta investigación no pudo conocer la contribución del CBVCT hacia una variedad de especies con respuestas realmente significantes, principalmente por la falta de informaciones bibliográficas que demuestren características fenológicas importantes para elaborar los modelos; principalmente informaciones dentro del mismo territorio de investigación. Pero, con base en los resultados es posible tener una base inicial para actuar en regiones y usos de suelo específicos, de modo a contribuir a la conectividad de abejas en el Corredor. Además de zonas de baja conectividad, también es importante considerar regiones donde la conectividad abunda, tanto para fortalecer la

importancia de los parches de hábitats, como para promover el desarrollo de comunidades en situación extrema pobreza, que contradictoriamente se encuentran en muchas de esas zonas.

Abejas y los cultivos desde las perspectivas de productores entrevistados

Es importante constatar que casi la totalidad de entrevistados reconoce de manera espontánea el servicio de polinización y la importancia de las abejas para los cultivos. Eso de alguna manera demuestra la proximidad de este insecto en la vida y labor diario del productor y consecuentemente la empatía sobre su presencia, aún que identifiquen daños o peligros provenientes de esas. A la medida que se transitó de las preguntas abiertas sobre sus percepciones hacia preguntas específicas relacionadas a la valoración de la relación entre determinados factores y abejas, la inseguridad fue bastante presente. Pero en general, las valoraciones asignadas por los mismos entrevistados han sido altamente sensibles a lo que, según los expertos y la bibliografía, se considera relaciones positivas o negativas para con las abejas.

Con respecto a la relación de esas percepciones con el grado de conectividad, se constató que no hay una relación concreta con los grados presentados por la abeja *T. angustula*. El hecho de no tener cantidades equivalentes de entrevistados para cada grado o mismo un numero de muestreo representativo al territorio no permitió determinar si esa relación existe o no. Además, la dificultad de realizar las entrevistas por teléfono no permitió, en tres casos, lograr el punto de GPS específico de ubicación de la finca. Para analizar esa relación entre los grados de conectividad y las percepciones de los productores, se concluyó que es importante considerar por lo menos dos condiciones base: una, que para determinar esa relación es necesario explorar no solo el grado de conectividad de una especie, pero de una diversidad de especies de abejas con comportamientos y necesidades ecológicas distintas; y dos, es necesario analizar a una escala mayor, si la matriz que circunda esas fincas presentan recursos y calidades de fragmentos y usos de suelo que explican algún tipo de relación.

Además de las percepciones, vale destacar que el conjunto de intereses compartidos por entrevistados permitió identificar perfiles de interés acerca de ese tema: 1) Personas interesadas directamente en la producción de miel, en la gran mayoría asociada a la creación de abejas nativas y en menor escala de abejas africanizadas; 2) Personas interesadas en incrementar árboles en sus fincas (maderables o fructíferas) y si posible compartir ingresos con la producción de miel; 3) Intereses en diversificar cultivos y promover sus prácticas hacia una transición agroecológica de manejo, pero también si posible interesadas en compartir ingresos con la producción de miel y; 4) Personas curiosas en conocer un poco más sin necesariamente tener objetivos claro sobre el tema.

Oportunidades y desafíos para la conservación de abejas en el CBVCT y el desarrollo del territorio Turrialba-Jiménez

Actualmente existe un vacío de incentivos nacionales relacionados a la conservación de las abejas en las políticas gubernamentales del país. En 2018, la organización Apicultores de Costa Rica, intentó aprobar un proyecto de ley que busca *declarar de interés público y conveniencia nacional la protección y conservación de las abejas y el reconocimiento de la polinización como servicio ambiental en Costa Rica*. En esta propuesta se busca promover ambientes propicios a través de reglas agrícolas que orienten la integración de las abejas en las prácticas de cultivo, reduciendo riesgos causados por usos de agroquímicos nocivos a esos insectos u otros patógenos que pueden impactarlos y sugiere también la adhesión de incentivos para productores de abejas en el programa de Pagos por

Servicios Ambientales. Además, busca beneficiar apicultores y meliponiculturas (crianza de abejas nativas) con el objetivo de enlazar la idea de desarrollo y promover la conectividad del país que según el representante de la organización "representa un puente ecológico de biodiversidad" (Alvarado 2018).

La aprobación de este proyecto a nivel nacional podría resultar en lineamientos importantes para que el territorio de Turrialba-Jiménez establezca incentivos en esa dirección. Sin embargo, aunque propuestas como esa no entren en vigor, es importante considerar iniciativas locales endógenas, que empiecen sus experiencias de promoción a la conservación de polinizadores. Como observado en entrevistas y reuniones con representantes del CBVCT, INDER y del MAG Jiménez, el interés en implementar prácticas agrícolas y de desarrollo que estén asociadas a ese tema, es latente. Además, se constató a través de este estudio exploratorio el interés de prácticamente todos los 42 entrevistados en involucrarse en temas asociados a las abejas, sea con enfoque en prácticas económicas o en la conservación. En el primer caso se observó que los intereses y disponibilidades entre los productores es diverso y se podría explorar enfoques en el territorio según las características socioeconómicas y ambientales inherentes al contexto de productores. Es importante observar también, que, aunque sus intereses tengan en la mayor parte de los casos un propósito económico, en su discurso esa idea normalmente viene acompañada del interés en conservarlas, conscientes de que se trata de hacer cambios en prácticas y patrones construidos.

Por otro lado, los desafíos a nivel territorial para promover iniciativas en esa dirección están asociadas, antes de todo, a la falta de conocimiento de representantes de municipalidades locales, técnicos y extensionistas sobre aspectos fundamentales para la conservación de abejas. Consecuentemente ese vacío de conocimiento se extiende por las comunidades rurales que se apoyan en sus experiencias y observaciones, pero reportando una necesidad urgente de comprender más a fondo sobre su conservación. Además, existe la carencia de estructuras necesarias para implementar propuestas de conservación y creación de abejas nativas o africanizadas. Estructuras que orienten buenas prácticas de manejo que tomen en cuenta aspectos ecológicos fundamentales que estén plasmados claramente en los lineamientos de normas sanitarias u de otras herramientas político-legales. Finalmente, la falta de estudios en ese enfoque, pueden ser una barrera para el desarrollo de propuestas con estrategias más asertivas para su conservación a nivel territorial. Principalmente estudios asociados a las especies de abejas y su ecología, o que exploren de manera más amplia, intereses y propuestas de cambio a partir del punto de vista de comunidades locales, u otros estudios sobre la cadena de valor de la miel (de abejas nativas o africanizadas) a nivel regional y nacional.

7. CONCLUSIONES

- 1) Entre los documentos analizados, se pudo evidenciar que el CATIE aporta con hasta 85% de la producción de conocimientos de maestrías académicas y tesis de doctorados, acerca de los contextos ecológico y agrario, comparado a otras instituciones nacionales. Lo que demuestra su significativo aporte al territorio. De las bases de datos asesadas el Google Scholar, CIRAD, CABI, Springer y UCR fueron los que más contribuyeron en cantidad de artículos identificados. En ese sentido, se percibe necesario expandir la investigación para comprobar si los estudios colectados corresponden a la cantidad real de documentos que pueden existir dentro del periodo estudiado.
- 2) En el conjunto de documentos analizados se pudo identificar 23 enfoques disciplinarios, siendo evidente la diversidad de contenidos ya trabajados en el territorio. Pero, al mismo tiempo, se constató un desbalancee en la concentración de estudios por tipos de enfoque, donde las tesis y artículos están mayoritariamente asociados a estudios dentro de las disciplinas ecológico agronómica. Mismo dentro de esta disciplina, se observó el monopolio de problemáticas estudiadas cuyos temas se concentran en: plagas y enfermedades en cultivos, normalmente en cultivos de café y los mismos sistemas agroforestales de café con poró.
- 3) El conocimiento generado en los últimos 15 años, dentro de los 23 enfoques disciplinarios, no acompaña de manera equilibrada otras demandas que urgen en el territorio, presentadas en el Plan de Desarrollo Rural de Turrialba-Jiménez (2015-2020) y en las demandas descriptas por las Agencias de Extensión Agropecuaria de los cantones (MAG s. f.a y b). Principalmente porque esas demandas y tendencias también resaltan la necesidad por estudios aún poco presentes, que trabajen diferente sistemas de producción y combinaciones de cultivos, técnicas de manejo, mercados y cadenas de valor para productos agrícolas y también, estudios que enlacen alternativas de manejo sostenible de los recursos y el desarrollo del territorio.
- 4) El número de tesis que se enmarca directamente al contexto de CBVCT han sido poco representativos con relación a la totalidad de documentos analizados. Representando 28% del total de tesis y poco menos de 10% de la cantidad total de artículos publicados. Tampoco se evidenció una relación significativa entre las demandas y elementos focales de manejo presentados en el Plan Estratégico de CBVCT (2016-2021). Por otro lado, entre los principales resultados de estudios enmarcados en el contexto del corredor es posible tener una buena base de informaciones y direccionamiento para poder promover mejoras y avances en su gestión. Sean informaciones asociadas a mejores formas de manejar las fincas y enfermedades, sean formas de conservar especies fundamentales para la promoción de servicios ecosistémicos o mismo para la estructura organizacional y de gobernanza del propio corredor.
- 5) En general fue posible concluir que, entre todos los estudios analizados, si existe algún aporte a la conectividad de las abejas en el CBVCT. Dado que aproximadamente 67% de todos los documentos visibilizan algún tipo de información para prácticas más sostenibles (tipos de manejo, sistemas, gobernanza de recursos, etc.) en el territorio lo que puede impactar positivamente a las abejas. Por otro lado, no fue posible constatar si la gran mayoría de los estudios informa sus resultados y recomendaciones a la comunidad no académica y a

tomadores de decisión. Para eso sería necesario expandir el mapeo y conocer mejor el alcance de la academia a las buenas prácticas del territorio.

- 6) Se constató que el actual uso de suelo de CBVCT corresponde a 61% de área de bosque, 27% pasto, 3% café, 2% caña, 2% construcción urbana. Los demás usos de suelo representan menos de 1% del área total del territorio, con excepción del cuerpo de agua, que representa aproximadamente 2.6%.
- 7) Los mapas de Flujo de Interacción demuestran que el actual uso de suelo del CBVCT es menos favorables para el movimiento de abejas nativas (*T.angustula* y *T.fulviventris*) en comparación a la abeja exótica *A.mellifera*. En este caso, quedó evidente que el uso de suelo "pasto" tiene influencia significativa en los mapas de conectividad analizados; asociado principalmente a su estructura y disposición en el paisaje y a la permeabilidad de las especies de moverse en ese escenario.
- 8) La composición de uso de suelo de las zonas de los subcorredores Norte, Centro y Punta Sureste son poco o nada favorables para la *T.angustula* y *T.fulviventris*. Por otro lado, se constató que los parches de mayor importancia para favorecer la conectividad de las tres especies están en los subcorredores Barbilla, en las zonas potenciales ND y Sureste y en parte del subcorredor Pejibaye.
- 9) Se constató que hay un vacío de conocimientos acerca de la abundancia y riqueza de especies en el territorio, bien como otras informaciones ecológicas fundamentales para elaborar modelos de conectividad más robustos, que puedan promover mejores informaciones para la conservación de distintas especies de abejas nativas en el corredor.
- 10) La mayor parte de entrevistados tiene algún conocimiento básico sobre los servicios ecosistémicos proporcionados por abejas y alta sensibilidad sobre las relaciones positivas o negativas que las abejas pueden tener en el contexto agrícola y ecológico. Al explorar esas percepciones fue posible constatar que existen oportunidades para desarrollar distintas acciones con el enfoque en la conservación de abejas en el CBVCT. Pues, el interés de casi la totalidad de entrevistados en involucrarse a algún tipo de actividad es evidente, sea de capacitación sobre la conservación de abejas o acciones que incentiven nuevas prácticas en la finca. Se constató también que la situación económica y la falta de conocimiento son las principales barreras para acceder a cambios e invertir en nuevas ideas.
- 11) Desafíos asociados a la falta de capacitación, sea de técnicos que actúan en el territorio o productores, la falta de legislaciones y normas direccionadas a la crianza o conservación de abejas, falta de estudios entre otros, son necesarios tomar en cuenta si el interés es implementar acciones comprometidas con las necesidades y fragilidades ecológicas de las diferentes especies, pero también con las barreras socioeconómicas y culturales que impiden cambios de paradigmas.
- 12)

8. RECOMENDACIONES

8.1 Recomendaciones para la Alianza Territorial en el ámbito del PCP

- Se recomienda que el PCP tome en cuenta la participación de organizaciones base, como el MAG, INDER, Municipalidades y Comité Gestor de CBVCT, desde el inicio de la construcción de la propuesta de una Alianza Territorial, favoreciendo al desarrollo de investigaciones más coherentes a la diversidad de demandas actuales del territorio y favoreciendo a que las acciones de esas mismas organizaciones estén más fortalecidas por los conocimientos generados por las instituciones académicas. Ese enlace también incentivaría una mayor participación y responsabilización de tomadores de decisión hacia mejores prácticas para un beneficio común;
- Se recomienda que la base de datos generada en el presente estudio pueda ser ampliamente actualizada en alianza con otras instituciones del territorio (universidades y órganos públicos) permitiendo monitorear los aportes del conocimiento al territorio y facilitando informaciones para tomadores de decisión e investigadores; Adicionalmente, se sugiere adherir a esa misma base otros tipos de documentos, sean técnicos, libros, trabajos de pregrado, entre otros que pueden aportar a la expansión del conocimiento local;
- Considerando que buena parte de fondos destinados para investigaciones de posgrado provienen de fondos internacionales, se sugiere pensar estrategias que incentiven la participación de organizaciones gubernamentales y privadas, actuantes en el territorio, para el financiamiento u otras formas de aportar a los trabajos de posgrado direccionados a demandas del territorio;
- Se sugiere invertir en un diagnóstico más amplio acerca de la percepción de productores agropecuarios e instituciones públicas y privadas que actúan localmente, sobre la presencia o importancia de la abeja a las fincas y al medio ambiente. Además, implementar ejercicios de Análisis Prospectiva Participativa con esos diferentes actores locales para desarrollar estrategias y diseñar un camino de impacto común acerca de ese tema en el territorio.
- Finalmente, se sugiere fuertemente que las investigaciones realizadas en el ámbito del PCP o directamente dentro de la Alianza Territorial propuesta, considere en el planeamiento de investigaciones y proyectos la comunicación de los resultados hacia la comunidad no académica, con lenguaje adecuada al público, dando sentido a su aplicación frente a las problemáticas estudiadas;

8.2 Recomendaciones para instituciones gubernamentales y otras de incidencia territorial

- Se recomienda que las organizaciones mencionadas consideren en sus objetivos y estrategias dentro del territorio, la inversión financiera o algún otro tipo de aporte a la generación de conocimientos direccionados a problemáticas de interés. Una vez que maestrías profesionales,

académicas y tesis de doctorado, pueden generar tipos de trabajos distintos (planes estratégicos, diagnósticos territoriales, estudios sobre cadenas de valor, experimentos de modelos de producción agrícola, entre otros) que pueden ser muy útiles para el desarrollo y conservación del territorio;

- Se recomienda también que las mismas organizaciones puedan hacer el puente, junto a las instituciones académicas, para que los conocimientos generados en el territorio sean compartidos con productores. Eso podría ocurrir a partir de eventos comunitarios dinámicos en lugares estratégicos, una o dos veces al año, reuniendo temáticas e intereses y aproximando la población a la importancia de la ciencia generada, además, aproximando la comunidad académica a los conocimientos e inquietudes directamente vivenciados por productores;
- Se sugiere explorar aún más la promoción de acciones directamente ligadas a la conservación de abejas en el territorio, considerando que se percibe un potencial en la adhesión de prácticas por parte de productores agropecuarios. Eso permitiría generar beneficios a la conectividad funcional y estructural del corredor y al mismo tiempo, mejorar la calidad del servicio ecosistémico brindado por abejas y aportar al ingreso económico de productores. Para eso se recomienda también que las organizaciones busquen instituciones como GIZ, PNUD, UICN y otras incidentes en el territorio, que puedan aportar en la promoción de proyectos con este enfoque;
- Pero, para promover tales acciones, se recomienda que las organizaciones promotoras conozcan previamente cuáles serían las condiciones ideales, desde el punto de vista ecológico de las abejas, para establecer prácticas verdaderamente comprometidas con su conservación en el CBVCT. Para eso se recomienda la capacitación y alianza de esas organizaciones promotoras junto al CINAT (Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales de la UNA) que por su vez tiene una serie de recomendaciones (Anexo 12 y 13) que posibilitarían acciones bien elaboradas;
- Es importante en ese contexto que las organizaciones aprovechen el hecho de que 83% de las personas entrevistadas presentan interés en conocer más sobre las abejas nativas y la práctica de meliponicultura (relacionada a crianza de abejas nativas). Ese enfoque, aplicado con orientaciones de expertos como mencionado en la recomendación anterior, puede traer beneficios inestimables para los ecosistemas en el territorio;
- Se recomienda el uso de los mapas generados en el presente trabajo, como herramientas importantes para el planeamiento de acciones y estrategias. A partir de los mapas se puede ubicar las zonas que presentan baja probabilidad de conectividad y las zonas donde se encuentran los parches y links de alta importancia para la conectividad de abejas. Pero al mismo tiempo se resalta la importancia de pensar acciones también en zonas donde la probabilidad de conectividad es alta, una vez que es fundamental mantener la vigorosidad de esas fuentes de recursos y también porque se tratan de zonas donde las condiciones socioeconómicas de las comunidades son bastante frágiles. Principalmente en el contexto indígena;

- Se recomienda el uso de la lista de actores entrevistados interesados en promover prácticas amigables a las abejas. Una vez que estas personas presentan predisposición en el tema y además ya se conoce sus intereses y limitaciones para cambios. Adicionalmente, las mismas personas entrevistadas, presentan recomendaciones que pueden ser interesantes para desarrollar ese tipo de práctica en el territorio, como es el caso de certificaciones a productos y fincas que aporten a ese tema.
- Finalmente, si se quiere promover ese tipo de práctica en el territorio es fundamental que paralelamente a las acciones, se establezca reglamentos o legislaciones a nivel de municipalidades que permitan el direccionamiento y la garantía de prácticas adecuadas al objetivo de conservación y aprovechamiento de los recursos provenientes de las abejas. Además, es importante involucrarse en esfuerzos nacionales que buscan aportar a ese tema.

8.3 Recomendaciones para futuros estudios con enfoque en abejas

- Se sugiere adjudicar más detalles al mapa de uso de suelo del CBVCT, como charrales, tacotales, tipos de bosque, entre otros que permitirán una mejor representación de la movilidad de las abejas en el paisaje;
- Se recomienda experimentar modelos de conectividad en escalas de paisaje menores, utilizando variables de calidad de los tipos de uso de suelo, como conjunto de productos específicos sembrados, intensidad de uso de agroquímicos, tipos de agroquímicos utilizados o tipos de manejo específicos, entre otras, que permitirían comprender la conectividad de esas especies en un contexto más aproximado a la realidad. Ese tipo de información complementaria estudios a escalas más amplias y aportaría a las tomas de decisiones más coherentes frente a ese tema;
- Se sugiere hacer estudios sobre la abundancia y riqueza de abejas en el territorio o estudios relacionados a la capacidad de dispersión de abejas nativas especialistas y poco frecuentes. Eso permitiría explorar otros modelos de conectividad y por lo tanto aportar a acciones más asertivas para la conservación de especies altamente sensibles a cambios;
- Para complementar estudios de carácter ecológico, se recomienda otras investigaciones sobre la cadena de valor de los productores generados por abejas en el territorio o a nivel nacional. Bien como estudios más profundizados en diagnosticar las percepciones de productores acerca de la presencia de las abejas, o en construir caminos de impacto y planes estratégicos junto a los diferentes tomadores de decisión del territorio; e finalmente otros que puedan aportar en el diseño de fincas productivas diversificadas con componentes fundamentales a la conservación de distintas especies.

9. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Ackerman, JD; Montalvo, AM. 1985. Longevity of Euglossine Bees. *Biotropica* 17(1):79-81
- Acosta Almánzar, HA. 2011. Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 100p.
- Acosta, ACE. 2012. Uso del suelo, actividades productivas agropecuarias a nivel cantonal y el potencial de conectividad ecológica entre Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 108p.
- Aguirre, JA. 2006. Estado de las relaciones del Parque Nacional Monumento Arqueológico Guayabo con las comunidades de Santa Cruz de Turrialba y Guayabo, Costa Rica. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural* 4(1):69-83.
- Alvarado, A; Iturriaga, I; Smyth, JT; Portuguese, E; Ureña, JM. 2009. Efecto residual del fertilizante fosfatado adicionado al cultivo de la papa en un andisol de Juan Viñas, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 33(1):73-76.
- Alvarado, JB. 2018. Por las abejas (en línea, sitio web). Costa Rica, *elmundo.cr*. 8 jul. Consultado 1 ago. 2020. Disponible en <https://www.elmundo.cr/opinion/por-las-abejas/>.
- Angulo, Y. 2019. Costa Rica aumentó importación de plaguicidas desde aprobación de ‘polémicos reglamentos’, denuncia Fecon (en línea, sitio web). Costa Rica, *El Mundo.cr*. 27 feb. Consultado 1 ago. 2020. Disponible en <https://www.elmundo.cr/costa-rica/costa-rica-aumento-importacion-de-plaguicidas-desde-aprobacion-de-polemicos-reglamentos-denuncia-fecon/>.
- Aquino, AM; Virgínio Filho, EM; Ricci, MSF; Casanoves, F. 2008. Populações de minhocas em Sistemas Agroforestais com café convencional e orgânico. *Ciencia y Agrotecnología* 32(4):1184-1188.
- Arana, A; Campos, JJ; Velásquez, S; Villalobos, R; Días, A. 2007. Dinámica y factores determinantes de los cambios de la cobertura forestal en el área colindante al Parque Nacional Tapantí Macizo de la Muerte, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* (51-52):77-84.
- Araújo, ED; Costa, M; Chaud-Netto, J; Fowler, HG. 2004. Body size and flight distance in stingless bees (hymenoptera: meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. *Brazilian Journal of Biology* 64(3B):563-568.
- Arboleda, FM. 2006. Descomposición y liberación de nutrientes desde las raíces finas de los sistemas agroforestales de cacao con sombras de poró y laurel, en Turrialba, Costa Rica. *Acta Agronómica* 55(2):15-23.
- Arce, RG. 2008. De flores, brotes y palmitos: alimentos olvidados. *Agronomía Costarricense* 32(2):183-192.
- Argeñal Vega, P. 2011. Contribución de las cercas vivas para controlar el estrés calórico en vacas lecheras en el trópico húmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 89 p.

- Ashman, T-L; Knight, TM; Steets, JA; Amarasekare, P; Burd, M; Campbell, DR; Dudash, MR; Johnston, MO; Mazer, SJ; Mitchell, RJ. 2004. Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences *Ecology* 85(9):2408-2421.
- Avelino, J; Bouvret, ME; Salazar, L; Cilas, C. 2009. Relationships between agro-ecological factors and population densities of *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus coffeae* sensu lato in coffee roots, in Costa Rica. *Applied Soil Ecology* 45:95-105.
- Avelino, J; Cabut, S; Barboza, B; Barquero, M.; Alfaro, R; Esquivel, C; Durand, JF; Cilas, C. 2007. Topography and crop management are key factors for the development of American leaf spot epidemics on coffee in Costa Rica. *Phytopathology* 97:1532-1542.
- Avelino, J; Romero-Gurdián, A; Cruz-Cuellar, HF; Declerck, FAJ. 2012. Landscape context and scale differentially impact coffee leaf rust, coffee berry borer, and coffee root-knot nematodes. *Ecological Applications* 22(2):584-596.
- Averbeck, MH. 2003. Resource Partitioning Between *Trigona fulviventris* and *Scaptotrigona mexicana* With Overlapping Flight Ranges. *Tropical Ecology Collection* mai.2003.
- Azuero, AFG; Campos, JJ; Villalobos, R. 2005. Lineamientos para la planificación del Bosque Modelo Reventazón, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 45:74-80.
- Baccini, A; Walker, W; Carvalho, L; Farina, M; Sulla-Menashe, D; Houghton, R. 2017. Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss *Science* 358(6360):230-234.
- Bagnarello, G; Hilje, L; Bagnarello, V; Cartín, V; Calvo, M. 2009. Actividad fagodisuasiva de las plantas *Tithonia diversifolia* y *Montanoa hibiscifolia* (Asteraceae) sobre adultos del insecto plaga *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Biología Tropical* 57(4):1201-1215.
- Barbosa, NM. 2013. Efecto de preparados homeopáticos en indicadores de calidad de suelos provenientes de manejo convencional. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 117p.
- Barquero-Elizondo, AI; Aguilar-Monge, I; Méndez-Cartín, AL; Hernández-Sánchez, G; Sánchez-Toruño, H; Montero-Flores, W; Herrera-Gonzales, E; Sánchez-Chavez, LA; Barrantes-Vásquez, A; Leitón-Gutierrez, M; Mesén-Montano, I; Bullé-Bueno, F. 2019. Asociación entre abejas sin aguijón (Apidae, Meliponini) y la flora del bosque seco de la región norte de Guanacaste, Costa Rica. *Revista de Ciencias Ambientales* 53(1)-70-91.
- Baum, KA; Tchakerian, MD; Thoenes, SC; Coulson, RN. 2008. Africanized honey bees in urban environments: A spatio-temporal analysis. *Landscape and Urban Planning* 85:123-132.
- Beekman, M; Ratnieks, FLW. 2000. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L.. *Functional Ecology* 14:490-496.
- Bennett, AF. 2004. Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. IUCN.
- Bermeo Estrella, DF. 2010. Determinación y caracterización de tipos funcionales de plantas (TFPs) en bosques secundarios dentro de un gradiente altitudinal y su relación con variables bioclimáticas. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 126p.

- Biesmeijer, JC; Roberts, SP; Reemer, M; Ohlemüller, R; Edwards, M; Peeters, T; Schaffers, A; Potts, SG; Kleukers, R; Thomas, C. 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313(5785):351-354.
- Blackman, A; Naranjo, MA. 2010. Does Eco-Certification Have Environmental Benefits? *Organic Coffee in Costa Rica. Resources for the future* nov.2010.
- Blanco-Metzler, H; Watt, AD; Cosens, D. 2013. The effect of quality of food source on macadamia nut damage by *Gymnandrosoma aurantianum* (Lepidoptera: Tortricidae). *Agronomía Costarricense* 37(2):83-90.
- Bodin, O; Norberg, J. 2007. A network approach for analyzing spatially structured populations in fragmented landscape. *Landscape Ecology* 22:31-44.
- Bolaños, NC; Fernández, ACT; Soto, G; Virgínio Filho, EM. 2012. Efecto de diferentes sistemas de manejo sobre la calidad del suelo, en fincas cafetaleras de la zona de Turrialba y Orosi. *Intersedes* 13(26):85-105.
- Boscolo, D; Tokumoto, PM; Ferreira, PA; Ribeiro, JW; dos Santos, JS. 2017. Positive responses of flower visiting bees to landscape heterogeneity depend on functional connectivity levels. *Perspectives in Ecology and Conservation* 15(1):18-24.
- Bosselmann, AS. 2012. Mediating factors of land use change among coffee farmers in a biological corridor. *Ecological Economics* 80:79-88.
- Botelho, ACB; Mejía, MA; Campos, JJ. 2008. Cogestión adaptativa incluyente en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* (56-57): 143-149.
- Boudrot, A; Pico, J; Merle, I; Granados, E; Vílchez, S; Tixier, P; Virgínio Filho, EM; Casanoves, F; Tapia, A; Allinne, C; Rice, RA; Avelino, J. 2016. Shade effects on the dispersal of airborne *Hemileia vastatrix* uredospores. *Phytopathology* 106(6):572-580.
- Brancalion, PH; Niamir, A; Broadbent, E; Crouzeilles, R; Barros, FS; Zambrano, AMA; Baccini, A; Aronson, J; Goetz, S; Reid, JL. 2019. Global restoration opportunities in tropical rainforest landscapes *Science advances* 5(7):1-11.
- Brenes, CF. 2009. Análisis multitemporal de cambio de uso del suelo y dinámica del paisaje en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. CATIE. 123p.
- Brenes, WS; Garita, VS. 2006. Avances en el control biológico de *Botrytis cinerea* en chile y tomate cultivados bajo techo. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. (78):56-62.
- Brenes-Gamboa, S. 2017. Parámetros de producción y calidad de los cultivares de banano FHIA-17, FHIA-25 y Yangambi. *Agronomía Mesoamericana* 28(3):719-733.
- Brenis, EC. 2007. Conocimiento local de especies del bosque en relación con los medios de vida en Sharabata, Chirripó, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.
- Broadbent, EN; Asner, GP; Keller, M; Knapp, DE; Oliveira, PJ; Silva, JN. 2008. Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Brazilian Amazon *Biological conservation* 141(7):1745-1757.

- Brosi, BJ. 2009. The complex responses of social stingless bees (Apidae: Meliponini) to tropical deforestation. *Forest Ecology and Management* 258:1830-1837.
- Brown, JS; Phillips-Mora, W; Power, EJ; Krol, C; Cervantes-Martinez, C; Motamayor, JC; Schnell, R. 2007. Mapping QTLs for resistance to frosty pod and black pod diseases and horticultural traits in *Theobroma cacao* L. *Crop Science* 47(5):1851-1858.
- Buchanan, S; Isaac, ME; Meersche, KV; Martin, AR. 2019. Functional traits of coffee along a shade and fertility gradient in coffee agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 93(4):1261-1273.
- Bye, R; Lot, A; Fa, J; Conzalez-Montagut, R. 1993. Biological diversity of Mexico: origins and distribution. T. P. Ramamoorthy. New York, USA, Oxford University Press. 227p.
- Caballero Hernández, AJ. 2011. Uso de hongos endofíticos de *Trichoderma* spp., para el biocontrol del Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense) raza tropical 1 en vitroplantas del cultivar Gros Michel (AAA). Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 90p.
- Cabon, M. 2015. Effet de l'ombrage sur le microclimat, la fertilité du sol et la production du caféier au Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Angers, Francia, Agrocampus Ouest. 43p.
- Cabrera, CRC. 2007. Conocimiento local sobre servicios ecosistémicos de cafecultores del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 69p.
- Cabrera, CRC. 2012. Local knowledge regarding trade-offs among coffee productivity and other ecosystem services in a range of different agroforestry systems in Central America. Tesis Ph.D. Bangor, Reino Unido, Prifysgol Bangor University. 162p.
- Cameron, SI. 2010. Plant regeneration in Spanish cedar, *Cedrela odorata* L., using zygotic embryo explants from mature seed and improvement of embryogenic nodule initiation by heat shock. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 46:126-133.
- Campos, DS. 2013. Contribución a la fase inicial de la planificación del desarrollo territorial del territorio clave Inder: Turrialba-Jiménez, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 135p.
- Canet, LD. 2007. Herramientas para el Diseño, Gestión y Monitoreo de Corredores Biológicos en Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 207p.
- Canet, LD. 2008. Corredor biológico volcánica central–Talamanca. Perfil Técnico Programa de Investigación y Gestión de Corredores Biológicos. CATIE Turrialba, Costa Rica:2-97.
- Canet, LD; Finegan, B; Bouroncle, C; Gutiérrez, I; Herrera, B. 2008. El monitoreo de la efectividad del manejo de corredores biológicos: Una herramienta basada en la experiencia de los comités de gestión en Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 54:51-58.
- Carrión, ME. 2012. Participación indígena en el desarrollo de políticas y en la gobernanza local sobre los recursos forestales. Caso de estudio: Reserva Indígena Cabécar de Alto Chirripó, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 124p.

- Castillo, JMD. 2013. Provisión de los servicios ecosistémicos carbono y madera en pasturas activas del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 61p.
- Caudill, SA; DeClerck, FJA; Husband, TP. 2015. Connecting sustainable agriculture and wildlife conservation: Does shade coffee provide habitat for mammals? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 199:85-93.
- CEE (Centre for Evidence-Based Conservation). 2013. Guidelines for systematic reviews in environmental management: Versión 4.2. Bangor, Reino Unido, CEE, Bangor University. 80 p.
- Cerda, R; Alline, C; Gary, C; Tixier, P; Harvey, CA; Krolczyk, L; Mathiot, C; Clément, E; Aubertot, JN; Avelino, J. 2016. Effects of shade, altitude and management on multiple ecosystem services in coffee agroecosystems. *European Journal of Agronomy* 32B:308-319.
- Cerdán, CR; Rebolledo, MC; Soto, G; Rapidel, B; Sinclair, FL. 2012. Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems. *Agricultural Systems* 110:119-130.
- Céspedes, CR, Fernández, ACT; Brenes, PC. 2010b. Evaluación de la calidad de fruta de banano de altura que se produce en el cantón de Turrialba, Costa Rica. *InterSedes* 6:107-127.
- Céspedes, CR; Fernández, ACT; Gamboa, SB. 2010a. Desarrollo del ciclo productivo y ubicación geográfica del banano de altura que se produce en el cantón de Turrialba, Costa Rica. *InterSedes* 6:96-113.
- Chacón-Góngora, PA. 2018. Uso de *Tithonia diversifolia* como forraje alternativo para la reducción de emisiones de óxido nitroso en excretas de vacas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 76p.
- Chain-Guadarram, A; Martínez-Salinas, A; Aristizábal, N; Ricketts, TH. 2019. Ecosystem services by birds and bees to coffee in a changing climate: A review of coffee berry borer control and pollination. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 280:53-67.
- Chamayou, L. 2011. Farmers' perceptions of trees on their land in the Santa Cruz area, Biological Corridor Volcanica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag, Sc. Canterbury, Reino Unido, University of Kent. 30p.
- Chapman, NC; Oldroyd, BP; Hughes, WO. 2007. Differential responses of honeybee (*Apis mellifera*) patrines to changes in stimuli for the generalist tasks of nursing and foraging. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61:1185-1194.
- Charbonnier, F ; Roupsard, O ; Le Maire, G ; Guillemot, J ; Casanoves, F ; Lacoite, A ; Vaast, P ; Allinne, C ; Audebert, L ; Cambou, A ; Clement, A ; Defrenet, E ; Duursma, RA ; Jarri, L ; Jourdan, C ; Khac, E ; Leandro, P ; Medlyn, BE ; Saint-André, L ; Thaler, P ; Van Den Meersche, K; Barquero Aguilar, A ; Lehner, P ; Dreyer, E . 2017. Increased light-use efficiency sustains net primary productivity of shaded coffee plants in agroforestry system. *Plant, Cell and Environment* 40(8):1592-1608.

- Charbonnier, F. 2013. Measuring and modeling light, water and carbon balance and net primary productivity in a coffee-based agroforestry system of Costa Rica. Tesis Ph.D. Lorraine, Francia, Université de Lorraine. 34p.
- Charbonnier, F; Maire, G; Dreyer, E; Casanoves, F; Christina, M; Dauzat, J; Eitel, JUH; Vaast, P; Vierling, LA; Roupsard, O. 2013. Competition for light in heterogeneous canopies: Application of MAESTRA to a coffee (*Coffea arabica* L.) agroforestry system. 181:152-169.
- Chesney, P. 2008. Nitrogen and fine root length dynamics in a tropical agroforestry system with periodically pruned *Erythrina poeppigiana*. *Agroforestry Systems* 72:149-159.
- Chesney, P; Vasquez, N. 2007. Dynamics of non-structural carbohydrate reserves in pruned *Erythrina poeppigiana* and *Gliricidia sepium* trees. *Agroforestry Systems* 69:89-105.
- Chevallier T., Fujisaki K., Roupsard O., Guidat F., Kinoshita R., de Melo Virginio Filho E., Lehner P., Albrecht A. 2019. Short-range-order minerals as powerful factors explaining deep soil organic carbon stock distribution: the case of a coffee agroforestry plantation on Andosols in Costa Rica. *Soil*, 5(2):315-332.
- Clauzel, C; Bannwarth, C; Foltete, J-C. 2015. Integrating regional-scale connectivity in habitat restoration: An application for amphibian conservation in eastern France *Journal for Nature Conservation* 23:98-107.
- Condor, FML. 2009. Uso de extractos acuosos de raquis de banano y *Tagetes* spp. enriquecidos con bacterias y hongos endofíticos para el control biológico de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 79p.
- Correa, VR; Santos, MFA; Almeida, MRA; Peixoto, JR; Castagnone-Sereno,P; Carneiro, RMDG. 2013. Species-specific DNA markers for identification of two root-knot nematodes of coffee: *Meloidogyne arabicida* and *M. izalcoensis*. *European Journal of Plant Pathology* 137:305-313.
- Daily, G; Alexander, S; Ehrlich, PR; Goulder, L; Lubchenco, J; Matson, PA; Mooney, HA; Postel, S; Schneider, SH; Tilman, D. 1997. Servicios de los ecosistemas: beneficios que la sociedad recibe de los ecosistemas naturales *Tópicos en ecología* 2:1-16.
- Decourtye, A; Mader, E; Desneux, N. 2010. Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie* 41:264-277.
- Defrenet, E ; Roupsard, O ; Van den Meersche, K ; Charbonnier, F ; Pastor Pérez-Molina, J ; Khac, E ; Prieto, I ; Stokes, A ; Roumet, C ; Rapidel, B ; Virginio Filho, EM ; Vargas, VJ ; Robelo, D ; Barquero, A ; Jourdan, C. 2016. Root biomass, turnover and net primary productivity of a coffee agroforestry system in Costa Rica: effects of soil depth, shade trees, distance to row and coffee age. *Annals of botany*, 118(4), 833–851.
- Delevaux, M. 2019. Analyse-diagnostic de système agricole : crise du modèle agro-exportateur et diversité de stratégies d'adaptation dans les exploitations agricoles de la zone de Turrialba, Costa Rica. Mémoire de fin d'études Diplôme Ing. Montpellier, France, Montpellier SupAgro. 115 p.
- Donkersley, P. 2019. Trees for bees *Agriculture, Ecosystems & Environment* 270:79-83.

- Durán Gárate, L. 2010. Estrategia y mecanismos para la gobernanza de los recursos naturales en los Bosques Modelo Prince Albert (Canadá), Reventazón (Costa Rica) y Araucarias del Alto Malleco (Chile). Tesis Mag.Sc. CATIE. Turrialba, CR. 152 p.
- Durán, L; Henríquez, C. 2007. Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1):41-51.
- Durán, L; Henríquez, V. 2009. Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33(2):275-281.
- Durando, W ; Uribe, L ; Henríquez, C ; Mata, R. 2015. Respiración, biomasa microbiana y actividad fosfatasa del suelo en dos agroecosistemas y un bosque en Turrialba, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 39(1) :37-46.
- Durán-Quirós, A; González-Lutz, MI; Vargas-Hernández, G; Mora-Acedo, D. 2017. Situaciones de riesgo potencial relacionadas con la aplicación de agroquímicos en los sistemas hortícolas. *Agronomía Costarricense* 41(2):67-77.
- Durán-Umaña, L; Henríquez-Henríquez, C. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía Costarricense* 21(1):85-93.
- Escobar, KM. 2012. Modelos de distribución de la broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae) en diferentes usos de suelo, en el cantón de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 82p.
- Escobar, MBS. 2017. Efectos de la sombra de cashá (*Chloroleucon eurycyclum*) en el cultivo del café (*Coffea arabica*) sobre los procesos de esporulación, dispersión a través del agua y deposición de *Hemileia vastatrix*, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 51p.
- Estrada, NC. 2009. Identificación de áreas prioritarias en la oferta de servicios ecosistémicos para establecer esquemas de Pagos (PSA) direccionados, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 79 p.
- Estrada, NC; Martínez-Salina, A; DeClerck, FAJ; Vélchez-Mendoza, S; Garbach, K. 2019. Managing the farmscape for connectivity increases conservation value for tropical bird species with different forest-dependencies. *Environmental Management* (250):2-11.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2011. Costa Rica: Número uno del mundo en uso de agroquímicos (en línea, sitio web). Mesoamérica, FAO, Agronoticias: Actualidad agropecuaria de América Latina y el Caribe. 6 set. Consultado 1 ago. 2020. Disponible en <http://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/508248/>.
- FAO. 2016. El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. FAO Roma.
- Feeley, KJ; Malhi, Y; Zelazowski, P; Silman, MR. 2012. The relative importance of deforestation, precipitation change, and temperature sensitivity in determining the future distributions and diversity of Amazonian plant species *Global Change Biology* 18(8):2636-2647.

- Ferraz, G; Nichols, JD; Hines, JE; Stouffer, PC; Bierregaard, RO; Lovejoy, TE. 2007. A large-scale deforestation experiment: effects of patch area and isolation on Amazon birds *Science* 315(5809):238-241.
- Fierro, MM; Cruz-López, L; Sánchez, D; Villanueva-Gutiérrez, R; Vandame, R. 2012. Effect of Biotic Factors on the Spatial Distribution of Stingless Bees (Hymenoptera: Apidae, Meliponini) in Fragmented Neotropical Habitats. *Neotropical Entomology* 41:95-104.
- Flores, DSC. 2012. Seguridad alimentaria en comunidades indígenas de Costa Rica: el caso de comunidades Cabécar de Alto Chirripó. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 171p.
- Flores, FF; Sanchez, AN. 2010. Primeros resultados de la caracterización botánica de mieles producidas por *Tetragonisca angustula* (Apidae, Meliponinae) en Los Naranjos, Salta, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 45(1-2):81-91.
- Florez, JA; Muschler, R; Harvey, C; Finegan, B; Roubick, DW. 2002. Biodiversidad funcional en cafetales: el rol de la diversidad vegetal en la conservación de abejas. *Agroforestería en las Américas* 9(35-36):29-36.
- Foltête J.C., Clauzel C., Vuidel G., 2012. A software tool dedicated to the modelling of landscape networks, *Environmental Modelling & Software*, 38: 316-327.
- Forero-Medina, G; Vieira, MV. 2007. Conectividade funcional ea importância da interação organismo-paisagem *Oecologia Brasiliensis* 11(4):493-502.
- Frankie, GW; Vinson, SB; Rizzardi, MA; Griswold, TL; Coville, RE; Grayum, MH; Martinez, LES; Foltz-Sweat, J; Pawelek, JC. 2013. Relationships of Bees to Host Ornamental and Weedy Flowers in Urban Northwest Guanacaste Province, Costa Rica. *Journal of the Kansas Entomological Society* 86(4):325-351.
- Fung, E; Imbach, P; Corrales, L; Vilchez, S; Zamora, N; Argotty, F; Hannah, L; Ramos, Z. 2017. Mapping conservation priorities and connectivity pathways under climate change for tropical ecosystems *Climatic Change* 141(1):77-92.
- Furcal-Beriguete, P. 2017. Extracción de nutrientes por los frutos de cacao en dos localidades en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 28(1):113-129.
- Gagliardi, S. 2014. Intraspecific trait plasticity in coffee agroforestry systems of Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Toronto, Canada, University of Toronto. 72p.
- Gagliardi, S; Martin, AR; Virgínio Filho, EM; Rapidel, B; Isaac, ME. 2015. Intraspecific leaf economic trait variation partially explains coffee performance across agroforestry management regimes. *Agriculture, Ecosystems & Environmental* 200:151-160.
- Gamboa, SB. 2005. Caracterización vegetativa y productiva del cultivar MD-2 de piña (*Ananas comosus*) bajo las condiciones climáticas de Turrialba. *InterSedes* 6:27-34.
- Garitas Rojas, C. 2016. Efecto de los áfidos, las hormigas y su asociación sobre el aborto de los cojines florales en híbridos de *Theobroma cacao*. Tesis Mag. Sc. Heredia, CR, Universidad Nacional. 82 p.

- George, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 101p.
- Gilbert, F; Gonzalez, A; Evans-Freke, I. 1998. Corridors maintain species richness in the fragmented landscapes of a microecosystem Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences 265(1396):577-582.
- Gilbert-Norton, L; Wilson, R; Stevens, JR; Beard, KH. 2010. A meta-analytic review of corridor effectiveness Conservation biology 24(3):660-668.
- Girardet, X; Clauzel, C. 2018. Graphab: 14 réalisations à découvrir. Besançon, France, Laboratoire ThéMA. 56 p.
- Gómez-Delgado, F; Roupsarg, O; le Maire, G; Taugourdeau, S; Pérez, A; van Oijen, M; Vaast, P; Rapidel, B; Harmand, JM; Voltz, M; Bonnefond, JM; Imbach, P; Moussa, R. 2011. Modelling the hydrological behaviour of a coffee agroforestry basin in Costa Rica. Hydrology and Earth System Science 15:369-392.
- Gómez-Gómez, PP. 2019. Análisis dendroclimático en el trópico húmedo de Centroamérica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 36p.
- González, ES. 2011. Efecto de la sombra y del manejo del café sobre la dinámica poblacional de (*Hypothenemus hampei* Ferrari) en frutos nuevos y remanentes en Turrialba. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 106p.
- González, JAA. 2009. A Practical Application of Statistical Gap Analysis in National Park Management in Costa Rica. Revista de Turismo y Patrimonio Cultural 7(2):141-161.
- González, VH; Griswold, T; Engel, MS. 2013. Obtaining a better taxonomic understanding of native bees: where do we start? Systematic Entomology (38)4:645-653.
- Goulson, D; Nicholls, E; Botías, C; Rotheray, EL. 2015. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers Science 347(6229):1255957.
- Gualpa Rivera, RL. 2015. Diálogo de saberes en el proyecto piloto de ciencia abierta y colaborativa para la adaptación al cambio climático en el Bosque Modelo Reventazón, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 120p.
- Guerra, LA. 2007. Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 94p.
- Guerrero, GFA. 2005. Caracterización poblacional de cinco especies arbóreas ecológicamente importantes en el Corredor Biológico Turrialba Jiménez, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 58p.
- Gutiérrez-Montes, IA; Piniero, MC. 2006. El enfoque de género en CATIE: reflexión sobre los aspectos éticos y humanos del manejo de recursos naturales. Recursos Naturales y Ambiente 48:4-9.
- Gutiérrez-Sanabria, DR. 2017. Evaluación del riesgo de las carreteras nacionales para la fauna silvestre y el uso de ciencia ciudadana como herramienta para el monitoreo de fauna silvestre atropellada en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Heredia, CR, Universidad Nacional. 95 p.

- Guyer, HE; Rojas, PA; Rollins, AW; Rojas, C. 2017. Mycetozoan incidence in soils and their potential for ecosystem quality assessment. *Cream* 7(4):322-330.
- Haggar, J; Asigbaase, M; Bonilla, G; Pico, J; Quilo, A. 2015. Tree diversity on sustainably certified and conventional coffee farms in Central America. *24*:1175-1194.
- Haggar, J; Barrios, M; Bolaños, M; Merlo, M; Moraga, P; Munguia, R; Ponce, A; Romero, S; Soto, G; Staver, C; Filho Virgínio, EM. 2011. Coffee agroecosystem performance under full sun, shade, conventional and organic management regimes in Central America. *Agroforestry Systems* 82:285-301.
- Hannah, L; Steele, M; Fung, E; Imbach, P; Flint, L; Flint, A. 2017. Climate change influences on pollinator, forest, and farm interactions across a climate gradient. *Climatic Change* 141:63-75.
- Harvey, CA; Martínez-Rodríguez, MR; Cárdenas, JM; Avelino, J; Rapidel, B; Vignola, R; Donatti, CI; Vilchez-Mendoza, S. 2017. The use of Ecosystem-based Adaptation practices by smallholder farmers in Central America. *Agriculture, Ecosystem and Environmental* 246:279-290.
- Harvey, CA; Saborio-Rodríguez, M; Martínez-Rodríguez, MR; Viguera, B; Chain-Guadarrama, A; Vignola, R; Alpizar, F. 2018. Climate change impacts and adaptation among smallholder farmers in Central America *Agriculture & Food Security* 7:57. 20 p.
- Heard, TA. 1994. Behaviour and pollinator efficiency of stingless bees and honey bees on macadamia flowers. *Journal of Apicultural Research* 33(4):191-198.
- Hedström, I. 1986. Polen carriers of *Cocos nucifera* L. (Palmae) in Costa Rica and Ecuador (Neo Tropical region). *Revista de Biología Tropical* 34(2) :297-301.
- Henreaux, J. 2012. Efecto del biocarbón combinado con fertilizantes orgánicos y microorganismos benéficos sobre el desarrollo, productividad y resistencia de las plantas, Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 99p.
- Henríquez, C ; Méndez, JC ; Masís, R . 2013. Interpolación de variables de fertilidad de suelo mediante el análisis Kriging y su validación. *Agronomía Costarricense* 37(2) :71-82.
- Henríquez, C ; Ortiz, O ; Largaespada, K ; Portugués, P ; Vargas, M ; Villalobos, P ; Gómez, D. 2011. Determinación de la resistencia a la penetración, al corte tangencial, densidad aparente y temperatura en un suelo cafetalero, Juan Viñas, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 35(1) :175-184.
- Henríquez, C. 2005. Sorción y desorción de fósforo en un Andisol de Costa Rica dedicado al cultivo del café, caña de azúcar y bosque. *Agronomía Costarricense* 29(3) :97-105.
- Herrera, AMD. 2008. Incentivos económicos para la producción ecoamigable en fincas cafetaleras en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 200 p.
- Herrera, EE; Sánchez, V; Blanco, H. 2013. Formulación de gránulos bases para la incorporación de ingredientes activos con efecto biológico sobre el hongo simbiótico cultivado por las hormigas forrajeras del género *Atta*. *Agronomía Costarricense* 37(2):55-69.

- Herrera, JCG. 2003. Corredor Biológico Mesoamericano: Iniciativa de Integración Regional para Promover la Conservación del Bosque (Québec, Canadá). Québec, Canadá, XII World Forestry Congress. Consultado 14 nov. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/xii/ms15-s.htm>.
- Herrera-Salazar, EE. 2009. Desarrollo de una formulación granular base para el control biológico de las hormigas forrajeras (*Atta* spp.). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 85 p.
- Hethcote, LA. 2016. How does increased vegetable varietal choice influence coffee farmers' on-farm diversification strategies in the face of changing climate conditions? Tesis Msc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 84 p.
- Hidalgo, M; Tapia, A; Rodríguez, W; Serrano, E. 2006. Efecto de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) sobre la fotosíntesis y transpiración foliar del banano (*Musa* sp. AAA, cv. Valery). *Agronomía Costarricense* 30(1):35-41.
- Hilje, L; Stansly, PA. 2011. Influencia de coberturas en suelo sobre la selección del hospedante por *Bemisia tabaci*, en condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense* 35(2):89-96.
- Hilje, L; Stansly, PA. 2018. Preferencia de hospedantes por dos biotipos de *Bemisia tabaci* en Costa Rica y Florida. *Agronomía Costarricense* 29(3):585-595.
- Hill, R. 2014. Integrating Insights for Complex Problem Solving: Applications for Interdisciplinary Pedagogy and Water Governance. Tesis Ph.D. Idaho, EUA, University of Idaho. 165p.
- Hirzel, AH; Le Lay, G. 2008. Habitat suitability modelling and niche theory *Journal of Applied Ecology* 45(5):1372-1381.
- Hladik, ML; Vandever, M; Smalling, KL. 2016. Exposure of native bees foraging in an agricultural landscape to current-use pesticides *Science of the Total Environment* 542:469-477.
- Holtschuh, A; Steffan-Dewenter, I; Kleijn, D; Tschardtke, T. 2007. Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context *Journal of Applied Ecology* 44(1):41-49.
- ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2019. Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica. Heredia, Costa Rica, Icafe. 111 p.
- Imbach, PA; Locatelli, B; Molina, LG; Ciais, P; Leadley, PW. 2013. Climate change and plant dispersal along corridors in fragmented landscapes of Mesoamerica. *Ecology and Evolution* 3(9):2917-2932.
- INDER (Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica). 2015. Plan de desarrollo rural del territorio Turrialba-Jiménez 2015-2020. Turrialba-Jiménez, Costa Rica, Inder. 156 p.
- INDER (Instituto de Desarrollo Rural). 2014. Informe de Caracterización Integral Básica Territorio Turrialba-Jiménez. San José, Costa Rica. 132 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2019. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (en línea, sitio web). Consultado 18 nov. 2019. Disponible en <http://inec.cr/>.
- Isaac, ME; Cerda, R; Rapidel, B; Martin, AR; Dickinson, AK; Sibelet, N. 2017. Farmer perception and utilization of leaf functional traits in managing agroecosystems. *Journal of Applied Ecology* 55:69-80.

- Ito, S. 2006. Caracterización y evaluación de los factores que determinan la calidad nutricional e inocuidad en la Producción de fertilizantes orgánicos fermentados. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 107p.
- James, KL; Randall, NP; Haddaway, NR. 2016. A methodology for systematic mapping in environmental sciences. *Environmental Evidence* 5:7. 13 p.
- Jiménez, M; Zamora, V; Salazar, M; Castillo, M; Duran, L; Umanã, I; Salom, R; Canet-Desanti, L. 2016. Plan Estratégico Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca (2016 – 2021). Turrialba, Costa Rica, CATIE. 73 p.
- Jiménez-Ferrer, G; Mendoza-Martínez, G; Soto-Pinto, L; Alayón-Gamboa, A. 2015. Evaluation of local energy sources in milk production in a tropical silvopastoral system with *Erythrina poeppigiana*. *Tropical Animal Health and Production* 47:903-908.
- Jiménez-Rocha, AE; Arguello-Vargas, S; Romero-Zuñiga, JJ; Sequeira-Avalos, JA; Dolz, G; Montenegro-Hidalgo, V; Schnieder, T. 2017. Environmental factors associated with *Dictyocaulus viviparus* and *Fasciola hepatica* prevalence in dairy herds from Costa Rica. *Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports* 9:115-121.
- Karremans, AP ; Bogarín, D ; Fernández, M ; Smith, CM ; Blanco, MA. 2012. New species and records of Orchidaceae from Costa Rica. II. *Lankesteriana* 12(1) :19-51.
- Keeley, AT; Basson, G; Cameron, DR; Heller, NE; Huber, PR; Schloss, CA; Thorne, JH; Merenlender, AM. 2018. Making habitat connectivity a reality *Conservation biology* 32(6):1221-1232.
- Keenan, RJ; Reams, GA; Achard, F; de Freitas, JV; Grainger, A; Lindquist, E. 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015 *Forest Ecology and Management* 352:9-20.
- Kennedy, CM; Lonsdorf, E; Neel, MC; Williams, NM; Ricketts, TH; Winfree, R; Bommarco, R; Brittain, C; Burley, AL; Cariveau, D. 2013. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems *Ecology letters* 16(5):584-599.
- Kinoshita, R; Roupsard, O; Chevallier, T; Albrecht, T; Taugourdeau, S; Ahmed, Z; van Es, HM. 2016. Large topsoil organic carbon variability is controlled by Andisol properties and effectively assessed by VNIR spectroscopy in a coffee agroforestry system of Costa Rica. *Geoderma* 262:254-265.
- Klein, AM; Steffan-Dewenter, I; Tschardtke, T. 2003. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. *Applied Ecology* 40:837-845.
- Klein, AM; Vaissiere, BE; Cane, JH; Steffan-Dewenter, I; Cunningham, SA; Kremen, C; Tschardtke, T. 2006. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops *Proceedings of the royal society B: biological sciences* 274(1608):303-313.
- Kloepper, JW; Saborío, F; Bustamante, E; Polston, JE; Sánchez, E; Umaña, G. 2010. Fern distortion syndrome of leatherleaf fern in Costa Rica: Symptoms, incidence, and severity. *Plant Disease* 94:940-951.

- Köberl, M; Dita, M; Martinuz, A; Staver, C; Berg, G. 2017. Members of Gammaproteobacteria as indicator species of healthy banana plants on *Fusarium* wiltinfested fields in Central America. *Scientific Reports* 1-9.
- Kremen, C; Williams, NM; Aizen, MA; Gemmill-Herren, B; LeBuhn, G; Minckley, R; Packer, L; Potts, SG; Roulston, Ta; Steffan-Dewenter, I. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change *Ecology letters* 10(4):299-314.
- Lado, C; Estrada-Torres, A; Rojas, C. 2018. New records of genera and species of myxomycetes (Amoebozoa) from the Neotropics. *Check List* 14(3):509-518.
- Lara Fiallos, DF. 2009. Uso de bacterias endofíticas para el control biológico del Mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* f. sp. cubense) en el cultivar Gros Michel (AAA). Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68p.
- Laurance, WF; Camargo, JL; Luizão, RC; Laurance, SG; Pimm, SL; Bruna, EM; Stouffer, PC; Williamson, GB; Benítez-Malvido, J; Vasconcelos, HL. 2011. The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation *Biological conservation* 144(1):56-67.
- Lenguía, EJ; Locatelli, B; Imbach, P; Pérez, CJ; Vignola, R. 2008. Servicios ecosistémicos e hidroenergía en Costa Rica. *Revista Ecosistemas* 17(1):16-23.
- Loaiza, AB. 2017. Efecto de la sombra de Cashá (*Chloroleucon eurycyclum*) sobre los procesos de colonización, esporulación y dispersión aérea de la roya (*Hemileia vastatrix*) sobre plantas de café (*Coffea arabica*) en la zona de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 51p.
- Locatelli, B; Imbach, P. 2010. Migración de ecosistemas bajo escenarios de cambio climático: el rol de los corredores biológicos en Costa Rica *Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina*:44.
- López, MA; Campos, JJ; Stoian, D; Villalobos, R. 2005. Uso de productos forestales en la Reserva Indígena Cabécar de Alto Chirripó, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 45:105-111.
- López-Bravo, DF. 2010. Efecto de la carga fructífera sobre la roya (*Hemileia vastatrix*) del café, bajo condiciones microclimáticas de sol y sombra, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 99p.
- López-Bravo, DF; Virgínio-Filho, EM; Avelino, J. 2012. Shade is conducive to coffee rust as compared to full sun exposure under standardized fruit load conditions. *Crop Protection* 38:21-29.
- Louis, J; Debaecker, V; Pflug, B; Main-Knorn, M; Bierniarz, J; Mueller-Wilm, U; Cadau, C; Gascon, F. 2016. Sentinel-2 SEN2COR: L2A processor for users. Proceedings 'Living Planet Symposium 2016'. Praga, República Checa. 8 p.
- Louman, B; Gutiérrez, I; Le Cocq, JF; Brenes, C; Wulfhorst, JD; Casanoves, F; Yglesias, M; Rios, S. 2016a. Avances en la comprensión de la transición forestal en fincas costarricenses. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 26:191-206.

- Louman, B; Gutiérrez, I; Le Cocq, JF; Wulfhorst, JD; Yglesias, M; Brenes, C. 2016b. El enfoque de medios de vida combinado con la indagación apreciativa para analizar la dinámica de la cobertura arbórea en fincas privadas: el caso de Costa Rica. *Ciencias Naturales y Agropecuarias* 23(1):58-66.
- Lyra, A; Imbach, P; Rodriguez, D; Chou, SC; Georgiou, S; Garofolo, L. 2017. Projections of climate change impacts on central America tropical rainforest *Climatic Change* 141(1):93-105.
- Madrigal, JB. 2017. El coquí común (*Eleutherodactylus coqui*) en Costa Rica: selección de hábitat, etapa de invasión y aspectos sociales antrópicos que podrían influir en su dispersión y manejo. Tesis Mag. Sc. Heredia, Costa Rica, Universidad Nacional. 70 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica). s. f.a. Caracterización del área de influencia de la agencia de extensión agropecuaria. Turrialba, Costa Rica, Agencia de Extensión Agropecuaria MAG Turrialba. 24 p.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica). s. f.b. Caracterización del área de influencia de la agencia de extensión agropecuaria. Jiménez, Costa Rica, Agencia de Extensión Agropecuaria MAG Jiménez. 15 p.
- Malhi, Y. 2012. The productivity, metabolism and carbon cycle of tropical forest vegetation *Journal of Ecology* 100(1):65-75.
- Malhi, Y; Gardner, TA; Goldsmith, GR; Silman, MR; Zelazowski, P. 2014. Tropical forests in the Anthropocene *Annual Review of Environment and Resources* 39:125-159.
- Martin, AR; Rapidel, B; Roupsard, O; Van der Meersche, K; Virginio Filho, EM; Barrios, M; Isaac, ME. 2017. Intraspecific trait variation across multiple scales: the leaf economics spectrum in coffee. *Functional Ecology* 31(3) :604-612.
- Martínez Melo, YV. 2012. Vínculo entre la conectividad social y la conectividad ecológica en los corredores biológicos: el caso de San Juan la Selva y Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 161 p.
- Martínez-Salinas, A. 2016. Contribution of agricultural land uses to bird conservation: a case study of ecosystem service provisioning. Tesis Ph.D. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 158p.
- Martínez-Salinas, A; DeClerck, A. 2010. El Papel de los Agroecosistemas y Bosques en la Conservación de Aves Dentro de Corredores Biológicos. *Mesoamericana* 14(3):35-50.
- MEA, M. 2005. Ecosystems and human well-being *Synthesis*:1-85.
- Medellín Moreno, CP. 2013. Sistematización de iniciativas activas de manejo de residuos sólidos ordinarios en el cantón Turrialba, Cartago, C.R.. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 84 p.
- Mejía Pineda, N. 2014. Sostenibilidad Socioecológica de la Reforestación y su Aporte a la Conservación del Agua en Balalaica, Costa Rica: un análisis sistémico y participativo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 74 p.
- Mena, VE. 2008. Relación entre el carbono almacenado en la biomasa total y la composición fisionómica de la vegetación en los sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.

- Mena, VE; Andrade, HJ; Navarro, CM. 2011. Biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios e un gradiente altitudinales en Costa Rica. *Agroforesteria Neotropical* sep. 2011 (1). 12 p.
- Mendes, FN ; Rêgo, MMC; Carvalho, CC. 2008. Abelhas Euglossina (Hymenoptera, Apidae) coletadas em uma monocultura de eucalipto circundada por Cerrado em Urbano Santos, Maranhão, Brasil. *Iheringia* 98(3):285-290.
- Merlo Caballero, ME. 2007. Comportamiento productivo del café (*Coffea arabica* var caturra), el poró (*Erythrina poeppigiana*), el amarillón (*Terminalia amazonia*) y el cashá (*Chloroleucon eurycyclum*) en sistemas agroforestales bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 92 p.
- MIDEPLAN (Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica de Costa Rica). 2018. Índice de Desarrollo Social 2017. San José, Costa Rica, MIDEPLAN. 126 p.
- Milet-Pineiro, P; Schlindwein, C. 2005. Do euglossine males (Apidae, Euglossini) leave tropical rainforest to collect fragrances in sugarcane monocultures? *Revista Brasileira de Zoologia* 22(4):853-858.
- Minor, ES; Urban, DL. 2008. A Graph-Theory Framework for Evaluating Landscape Connectivity and Conservation Planning. *Conservation Biology* 22(2):297-307.
- Mitchell, MG; Bennett, EM; Gonzalez, A. 2014. Forest fragments modulate the provision of multiple ecosystem services *Journal of Applied Ecology* 51(4):909-918.
- Montaigu, T; Goulson, D; 2020. Identifying agricultural pesticides that may pose a risk for birds. *Peer J*. 14 p.
- Mora, A. 2011. Characterization of the spatial variability of soil properties and Coffee fine roots in shade tree- coffee associations under organic and conventional management practices. Dissertation PhD. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 111 p.
- Mora, A; Beer, J. 2013. Geostatistical modeling of the spatial variability of coffee fine roots under *Erythrina* shade trees and contrasting soil management. *Agroforestry Systems* 87:365–376.
- Morales, FZ. 2007. El Agroecoturismo en Costa Rica: Propuestas para maximizar el desarrollo de la actividad ‘agroecoturística’ en el país. Tesis Mag. Sc. Heredia, Costa Rica, Universidad de Costa Rica. 181 p.
- Moran, MD; Monroe, A; Stallcup, L. 2019. A proposal for practical and effective biological corridors to connect protected areas in northwest Costa Rica *Nature Conservation* 36:113.
- Moreira-Soto, RD; Sanchez, E; Currie, CR; Pinto-Tomás, AA. 2017. Ultrastructural and microbial analyses of cellulose degradation in leaf-cutter ant colonies. *Microbiology* 163:1578–1589.
- Moritz, RFA; Kraus, FB; Kryger, P; Crewe, RM. 2007. The size of wild honeybee populations (*Apis mellifera*) and its implications for the conservation of honeybees. *Journal of Insect Conservation* 11:391–397.

- Munroe, JW; Soto, G; Virginio Filho, EM; Fulthrope, R; Isaac, ME. 2015. Soil microbial and nutrient properties in the rhizosphere of coffee under agroforestry management. *Applied Soil Ecology* 93:40–46.
- Murray, TE; Kuhlmann, M; Potts, SG. 2009. Conservation ecology of bees: populations, species and communities *Apidologie* 40(3):211-236.
- Murrieta, E. 2006. Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 125 p.
- Murrieta, E; Finegan, B; Delgado, D; Villalobos, R; Campos, JJ. 2007a. Propuesta para una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 51-52:69-76.
- Murrieta, E; Finegan, B; Delgado, D; Villalobos, R; Campos, JJ. 2007b. Identificación y caracterización florística de bosques naturales en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* 51-52:57-68.
- Mustonen, PSJ. 2005. Biomass production, nutrients and root characteristics of fallow species and the utilization of its biomass as a phosphorus source for the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Dissertation PhD Bangor, United Kingdom, University of Wales Bangor, Turrialba, Costa Rica, CATIE. 227 p.
- Myers, N; Mittermeier, RA; Mittermeier, CG; Da Fonseca, GA; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities *Nature* 403(6772):853.
- Naranjo Zúñiga, VR. 2018. Evaluación del efecto de diferentes manejos de nutrición y sombra sobre la resistencia fisiológica de la planta de café (*Coffea arabica*) a la roya (*Hemileia vastatrix*), en discos de hoja en condiciones controladas de laboratorio. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68 p.
- Nascimento, S; Canale, GR; Silva, DJ. 2015. Abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae) asociadas à monocultura de eucalipto no cerrado mato-grossense. *Revista Árvore* 39(2):263-273.
- Nery, LS; Takata, JT; de Camargo, BB; Chaves, AM; Ferreira, PA; Boscolo, D. 2018. Bee diversity responses to forest and open areas in heterogeneous Atlantic Forest *Sociobiology* 65(4):686-695.
- Nevárez, GG. 2018. Evaluación de la calidad y métodos de producción de bioplaguicidas para el manejo de *Hemileia vastatrix* en plantaciones de café. Tesis Ph.D. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 62p.
- Ngo, HT; Gibbs, J; Griswold, T; Packer, L. 2013. Evaluating bee (Hymenoptera: Apoidea) diversity using Malaise traps in coffee landscapes of Costa Rica. *Canadian Entomologist* 145(4):435–453.
- Noh, JK. 2009. Conocimiento local sobre plantas medicinales y su relación con las estrategias de vida de los caficultores del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 99p.
- Nieuwstadt MGL; Ruano Iraheta, CE. 1996. Relation between size and foraging range in stingless bees (Apidae, Meliponinae). *Apidologie* 27:219-228.

- Noponen, MRA; Edward-Jones, G; Hagggar, JP; Soto, G; Attarzadeh, N; Healey, JR. 2012. Greenhouse gas emissions in coffee grown with differing input levels under conventional and organic management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 151:6–15.
- Noponen, MRA; Healey, JR; Soto, G; Hagggar, JP. 2013. Sink or source—The potential of coffee agroforestry systems to sequester atmospheric CO₂ into soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 175:60–68.
- Ocampo González, CM. 2012. Lineamientos para la creación de capacidades en Agricultura Urbana y Periurbana: Estudio de caso Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 147 p.
- Odio Echeverría, F. 2014. Evaluación de prácticas de producción agropecuaria para el mantenimiento de la conectividad ecológica a escala de paisaje en corredores biológicos de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 101 p.
- Oelbermann, M; Voroney, RP. 2011. An evaluation of the century model to predict soil organic carbon: examples from Costa Rica and Canada. *Agroforestry Systems* 82:37–50.
- Oelbermann, M; Voroney, RP; Gordon, AM; Kass, DCL; Schlongvoigt, AM. 2005. Above- and below-ground carbon inputs in 19-, 10- and 4-year-old Costa Rican Alley cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 105:163–172.
- Oelbermann, M; Voroney, RP; Thevathasan, NV; Gordon, AM; Kass, DCL; Schlongvoigt, AM. 2006. Soil carbon dynamics and residue stabilization in a Costa Rican and southern Canadian alley cropping system. *Agroforestry Systems* 68:27–36.
- Oijen, M; Dauzat, J; Harmand, JM; Lawson, G; Vaast, P. 2010. Coffee agroforestry systems in Central America: I. A review of quantitative information on physiological and ecological processes. *Agroforestry Systems* 80:341–359.
- Oijen, M; Dauzat, J; Harmand, JM; Lawson, G; Vaast, P. 2010. Coffee agroforestry systems in Central America: II. Development of a simple process-based model and preliminary results. *Agroforestry Systems* 80:361–378.
- Olivas, AP. 2010. Efecto del uso del suelo adyacente al cafetal sobre la dispersión y dinámica poblacional de la broca *Hypothenemus hampei* Ferrari y la abundancia de enemigos naturales en el cantón de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 134 p.
- Oliveira, FPM; AbsyII, MA; Miranda, IS. 2009. Recurso polínico coletado por abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponinae) em um fragmento de floresta na região de Manaus – Amazonas. *Acta Amazonica* 39(3):505-518.
- Paini, D. 2004. Impact of the introduced honey bee (*Apis mellifera*) (Hymenoptera: Apidae) on native bees: A review. *Austral Ecology* 29(4):399 – 407.
- Payán, F; Jones, DL; Beer, J; Harmand, JM. 2009. Soil characteristics below *Erythrina poeppigiana* in organic and conventional Costa Rican coffee plantations. *Agroforestry Systems* 76:81–93.
- Payan-Zelaya, F. 2005. Effects of *Erythrina poeppigiana* pruning residues on soil organic matter in organic coffee plantations. Thesis PhD. Turrialba, Costa Rica, CATIE, Bangor, United Kingdom, University of Wales Bangor. 285 p.

- Payan-Zelaya, F; Harmand, JM; Flores-Macías, A; Beer, J; Ramos-Espinoza, G; González, FL. 2013. Soil nutrient availability and CO₂ production in agroforestry systems after the addition of *Erythrina poeppigiana* pruning residues and native microbial inocula. *Agroforestry Systems* 87:439–450.
- Pedroni, L; Imbach, P; Rodríguez, J. 2008. Finding threatened forest areas in the central volcanic mountain range conservation area in Costa Rica. *Environmental Monitoring and Assessment* 141:245-255.
- Pérez García, O. 2008. Evaluación de la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en sistemas agroforestales modernos con café en el Corredor Biológico Volcánica Central- Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 69p.
- Pérez García, O; Benjamin, TJ; Tobar, DEL. 2018. Los agroecosistemas cafetaleros modernos y su relación con la conservación de mariposas en paisajes fragmentados. *Biología Tropical* 66(1):394-402.
- Pérez, E. 2012. Respuesta de nueve cultivares de musáceas en la etapa vegetativa a cuatro niveles de sombra agroforestal. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 69 p.
- Perez, J; Eingenbrode, S; Hilje, L; Tripepi, R; Aguilar, ME; Mesén, F. 2010. Leaves from grafted Meliacear species and performance of *Hypsipyla grandella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. *Journal of Pest Science* 83:95-104.
- Pérez-Molina, JP. 2013. Variabilidad temporal y espacial de la respiración del suelo y su partición en respiración autotrófica y heterotrófica, necromasa y tasas de liberación de nutrientes de la hojarasca, en un sistema agroforestal de café, comparado a bosque de origen. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 82 p.
- Perfecto, I; Vandermeer, J; Hanson, P; Cartín, V. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem *Biodiversity & Conservation* 6(7):935-945.
- Perrens Bonavia, SE. 2013. Disponibilidad y acceso a recursos financieros en corredores biológicos de Costa Rica: Experiencias y lecciones aprendidas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 88 p.
- Pico Mendoza, JN. 2011. Evaluación de servicios ambientales en sistemas agroforestales con café en fincas bajo diferentes tipos de certificaciones en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 93 p.
- Pimm, SL; Raven, P. 2000. Biodiversity: extinction by numbers *Nature* 403(6772):843.
- Pino, JMG. 2012. La participación con enfoque de género dentro de los procesos de toma de decisión en el manejo de las Áreas Silvestres Protegidas y su relación con los beneficios que genera a las comunidades locales en Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 140p.
- Pintos, JCM. 2018. Diagnóstico de las plantaciones forestales en Turrialba y Jiménez (Cartago, Costa Rica) para consolidar el Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca. Tesis Mag.Sc. Valladolid, España, Universidad de Valladolid. 101 p.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2011. Atlas del Desarrollo Humano Cantonal de Costa Rica 2011. Primera edición. San José, Costa Rica, UCR. 112 p.

- Poggio, SL. 2015. Los desafíos de aumentar la productividad agrícola y también conservar la biodiversidad en los paisajes rurales:6-12.
- Porras Vanegas, CM. 2006. Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba–Jiménez, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 131 p.
- Prada, JA. 2012. Regeneración de plantas vía organogénesis y crioconservación de *Jatropha curcas* L. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 85 p.
- Praia, J; Cachapuz, A. 2005. Ciência-Tecnologia-Sociedade: um compromisso ético. Revista CTS 6(2):173-194.
- Programa n° 33106, 2006. Programa Nacional de Corredores Biológicos (en línea). Costa Rica. 9 feb. 2006. Consultado 22 dic. 2019. Disponible en http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NR TC&nValor1=1&nValor2=57278&nValor3=62843&strTipM=TC.
- Quispe Guanca, JP. 2007. Caracterización del impacto ambiental y productivo de las diferentes normas de certificación de café en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 137 p.
- Ramírez J. 2006. Prioridades sociales y arreglos institucionales para la gestión local del Corredor Biológico Volcánica Central – Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 112 p.
- Ramos, M. 2008. The effects of local and landscape context on leafhopper (Hemiptera: Cicadellinae) communities in coffee agroforestry systems of Costa Rica. Dissertation PhD. University of Idaho. 169 p.
- Ratel, O. 2019. Analyse de la connectivité multi-espèces pour accompagner les enjeux de restauration forestière: Le cas de la municipalité de Paragominas en Amazonie brésilienne. Master. Montpellier, Francia, Université de Montpellier. 61 p.
- Reece, JB; Wasserman, SA; Urry, LA; Cain, ML; Minorsky, PV; Jackson, RB. 2015. Biología de Campbell. Artmed Editora.
- Reyes-Novelo, E; Ramírez, VM; Gonzalez, HD; Ayala, R. 2009. Abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) como bioindicadores en el neotrópico. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10(2009):1-13.
- Ricci, MSF; Virgínio Filho, EM; Costa, JR. 2008. Diversidade da comunidade de plantas invasoras em sistemas agroflorestais com café em Turrialba, Costa Rica. Pesquisa Agropecuária Brasileira 43(7):825-834.
- Ricketts, TH; Daily, GC; Ehrlich, PR; Michener, CD. 2004. Economic value of tropical forest to coffee production Proceedings of the national academy of sciences 101(34):12579-12582.
- Ricketts, TH; Lonsdorf, E. 2013. Mapping the margin: comparing marginal values of tropical forest remnants for pollination services. Ecological Applications, 23(5):1113–1123.

- Rincón, M ; Roubick, DW ; Finegan, B ; Delgado, D ; Zamora, N. 1999. Understory bees and floran resources in logged and siculturally treated Costa Rican rainforest plots. *Journal of the Kansas entomological society*. 72(4) :379-393.
- Ríos, S; Louman, B; Jiménez, M. 2011. Vulnerabilidad al cambio climático en comunidades indígenas cabécares de Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente* (63):21-29.
- Ríos, SJT. 2010. Vulnerabilidad al Cambio Climático de tres grupos de productores agropecuarios en el Área de influencia del Bosque Modelo Reventazón (BMR) - Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 120p.
- Risser, PG; Karr, JR; Forman, RTT. 1984. *Landscape Ecology: directions and approaches*. Illinois Natural History Survey Special Publ. 2, University of Illinois, Urbana.
- Rivero, EMF. 2005. Tropical bird assemblages in coffee agroforestry systems: exploring the relationships between landscape context, structural complexity and bird communities in the Turrialba - Jiménez Biological Corridor, Costa Rica. Tesis Msc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 87 p.
- Rodríguez, AG. 2013. Estudio de conectividad de parcelas cafetaleras y propuestas de restauración para limitar la dispersión de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) mediante parches de bosque tropical (Turrialba) Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Alcalá de Henares, España, Universidad de Alcalá. 51p.
- Rojas, C; Morales, R; Walker, LM; Valverde, R. 2017. New records of myxomycetes for Central America and comments on their regional distribution. *Journal on New Biological Reports* 6(2):63-70.
- Rojas, C; Valverde, R; Stephenson, SL. 2015. New additions to the myxobiota of Costa Rica. *Mycosphere* 6(6):709–715.
- Rojas, M. 2012. Manejo sostenible de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) mediante poda sistemática del cafeto en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 36(2):71-79.
- Rojas-Alvarado, G; Karremans, AP. 2017. Additions to the costa rican *Myoxanthus* (Orchidaceae: Pleurothallidinae). *LANKESTERIANA* 17(2):203–214.
- Rojas-Araya, D; Montero, A; León, D; Romero, J. 2016. Prevalencia de fasciolosis en bovinos de Costa Rica (2014): Comparación de cuatro técnicas diagnósticas. *Revista Veterinaria* 27(2):80-85.
- Romero Gurdíán, A. 2010. Efecto de los sistemas agroforestales del café y del contexto del paisaje sobre la roya, (*Hemileia vastatrix*), broca (*Hypothenemus hampei* (Ferrari) y los nematodos *Meloidogyne* spp.), con diferentes certificaciones en la provincia de Cartago Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 74 p.
- Romero López, SA. 2006. Aporte de biomasa y reciclaje de nutrientes en seis sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica* var. Caturra), con tres niveles de manejo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 110 p.
- Rosado, JTP. 2014. Efecto de la sombra del café y el manejo sobre la incidencia, severidad, cantidad de inóculo y dispersión de *Hemileia vastatrix* en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 65 p.

- Roubik, DW. 1995. Pollination of cultivated plants in the tropics. Food & Agriculture Org.
- Ruenes Vargas, V. 2016. Diversidad en sistemas agroforestales de Centroamérica una aproximación desde el enfoque funcional. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 91 p.
- Sahraoui, Y; Foltête, J-C; Clauzel, C. 2017. A multi-species approach for assessing the impact of land-cover changes on landscape connectivity Landscape ecology 32(9):1819-1835.
- Salazar, E; Hernández, R; Tapia, A; Gómez-Alpízar, L. 2012. Identificación molecular del hongo *Colletotrichum* spp., aislado de banano (*Musa* spp) de altura en la zona de Turrialba y determinación de su sensibilidad a fungicidas poscosecha. Agronomía Costarricense 36(1):53-68.
- Salazar, LF; Nobre, CA; Oyama, MD. 2007. Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America Geophysical Research Letters 34(9):1-6.
- Salom, RP. 2019. Using Medium and Large-Sized Mammals as Indicator Species to Measure Connectivity and Large Infrastructure Impacts in Costa Rica. Tesis Ph.D. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 115p.
- Samayoa D. 2014. Lineamientos para el diseño de procesos de planificación efectiva y monitoreo de corredores biológicos que apoyen a la consolidación de Sistemas de Áreas Protegidas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 101 p.
- Sanchez-de León, Y; De Melo, E; Soto, G; Johnson-Maynard, J; Lugo-Pérez, J. 2006. Earthworm Populations, Microbial Biomass and Coffee Production in Different Experimental Agroforestry Management Systems in Costa Rica. Caribbean Journal of Science 42(3):397-409.
- Saura, S; Rubio, L. 2010. A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. Ecography 33:523.
- Sauvadet, M; Van den Meersche, K; Alline, C; Gay, F; Virginio Filho, EM; Chauvat, M; Becquer, T; Tixier, P; Harmand, JM. 2019. Shade trees have higher impact on soil nutrient availability and food web in organic than conventional coffee agroforestry. Science of the Total Environment 649:1065–1074.
- Schnabel, F; Virginio Filho, EM; Xu, S; Fisk, ID; Rouspar, O; Hagggar, J. 2018. Shade trees: a determinant to the relative success of organic versus conventional coffee production. Agroforestry Systems 92:1535-1549.
- Segura, MA; Andrade, HJ. 2012. Huella de carbono en cadenas productivas de café (*Coffea arabica* l.) con diferentes estándares de certificación en Costa Rica. Revista Luna Azul (35):60-77.
- Segura, MB. 2017. Efectos de la sombra de cashá (*Chloroleucon eurycyclum*) en el cultivo del café (*Coffea arabica*) sobre los procesos de esporulación, dispersión a través del agua y deposición de *Hemileia vastatrix*, en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 101 p.
- Sepúlveda López, CJ; Ibrahim, MA. 2013. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas: como una medida de adaptación al cambio climático en América Central.

- Serra, BDV; Drummond, MS; Lacerda, LM; Akatsu, IP. 2009. Abundância, distribuição espacial de ninhos de abelhas Meliponina (Hymenoptera, Apidae, Apini) e espécies vegetais utilizadas para nidificação em áreas de cerrado do Maranhão. *Iheringia Sér. Zool* 99(1):12-17.
- Sibaja-Matarrita, R; Barboza-Chinchilla, L; Rojas, C. 2018. ¿Pueden los micetozoos ser usados como indicadores de salud del suelo en el contexto agrícola de Costa Rica? *Revista de Ciencias Ambientales* 52(1): 161-174.
- Sibelet, N; Chamayou, L; Newing, H; Gutierrez, I. 2017. Perceptions of Trees Outside Forests in Cattle Pastures: Land Sharing Within the Central Volcanic Talamanca Biological Corridor, Costa Rica. *Human Ecology* 45:499-511.
- Simmons, FG. 2019. Analysis of climate change vulnerability and adaptive capacity of small coffee producers in Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 83 p.
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2019. Sistema Nacional de Áreas de Conservación (en línea). Costa Rica; Consultado 18 nov. 2019. Disponible en <http://www.sinac.go.cr/ES/correbiolo/Paginas/default.aspx>
- Siqueira, EL ; Martines, RB ; Nogueira-Ferreira, FH. 2007. Ninhos de abelhas sem ferrão (Hymenoptera, Meliponina) em uma região do Rio Araguari, Araguari-MG. *Bioscience Journal* 23, supl. 1, (0):38-44.
- Slaa, EJ; Sánchez Chaves, LA; Malagodi-Braga, KS; Hofstede, FE. 2006. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie* 37:293-315.
- Smith-Pardo, A; Gonzalez, VH. 2007. Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) en estados sucesionales del bosque humedo tropical. *Acta biol. Colomb* 12(1):43-56.
- Solano, DH; Arias, AM. 2011. Peces diablo (Teleósteo: Siluriformes: Loricariidae) en la cuenca del Río Reventazón, Costa Rica. *Biocenosis* 25(1-2):79-86.
- Solis Rodriguez, E. 2014. Contribución de una red de conectividad ecológica para el servicio ecosistémico de polinización en cultivos agrícolas, caso de estudio: el café en el corredor biológico volcánica central Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE.104p.
- Soto, GC. 2014. Propuesta y validación metodológica con enfoque de resiliencia para el análisis de las dinámicas socioecológicas de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 68p.
- Steffan-Dewenter, I; Potts, SG; Packer, L. 2005. Pollinator diversity and crop pollination services are at risk *Trends in ecology & evolution* 20(12):651-652.
- Suni, SS. 2016. Dispersal of the orchid bee *Euglossa imperialis* over degraded habitat and intact forest. *Conservation Genetics* 18:621-630.
- Tacán, MV. 2007. Caracterización agromorfológica e identificación de zonas potenciales de conservación y producción de guanábana (*Annona muricata*) y chirimoya (*Annona cherimola*) en fincas de agricultores y condiciones ex situ en Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 97 p.

- Tangmitcharoen, S ; Takaso, T ; Siripatanadilox, S ; Tasen, W ; Owens, JN. 2006. Insect biodiversity in flowering teak (*Tectona grandis* L.f.) canopies: Comparison of wild and plantation stands. *Forest Ecology and Management* 222(1–3):99-107.
- Taugourdeau, S ; le Maire, G; Avelino, J; Jones, JR; Ramirez, LG; Jara Quesada, M; Charbonnier, F; Gómez-Delgado, F; Harmanda, JM ; Rapidel, B; Vaasta, P; Rounsard, O. 2014. Leaf area index as an indicator of ecosystem services and management practices: An application for coffee agroforestry. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 192:19-37.
- Tenorio, C; Moya, R. 2019. Evaluation of wood properties of four ages of *Cedrela odorata* trees growing in agroforestry systems with *Theobroma cacao* in Costa Rica. *Agroforestry Systems* 93:973-988.
- Tewksbury, JJ; Levey, DJ; Haddad, NM; Sargent, S; Orrock, JL; Weldon, A; Danielson, BJ; Brinkerhoff, J; Damschen, EI; Townsend, P. 2002. Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes *Proceedings of the national academy of sciences* 99(20):12923-12926.
- Thompson, V; León, R. 2005. La identificación y distribución de los salivazos de la caña de azúcar y los pastos (Homoptera: Cercopidae) en Costa Rica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (75):43-51.
- Tilman, D; Fargione, J; Wolff, B; D'antonio, C; Dobson, A; Howarth, R; Schindler, D; Schlesinger, WH; Simberloff, D; Swackhamer, D. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change *Science* 292(5515):281-284.
- Tommasi, D ; Miro, A ; Higo, HA ; Winston, ML. 2004. Bee diversity and abundance in an urban setting. *The Canadian Entomologist* 136 :851-869.
- Tortós, CL ; Correa, MT ; Guerra, HC ; Caballero, M. 2006. Estudio sobre los patrones de uso de antibióticos y los factores de relevancia en el surgimiento de la resistencia bacteriana en fincas lecheras artesanales de Costa Rica. *Ciencias Veterinarias* 24(2) :151-165.
- Tscharntke, T; Tylianakis, JM; Rand, TA; Didham, RK; Fahrig, L; Batary, P; Bengtsson, J; Clough, Y; Crist, TO; Dormann, CF. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes eight hypotheses *Biological reviews* 87(3):661-685.
- Tully, KL; Lawrence, D. 2011. Closing the Loop: Nutrient Balances in Organic and Conventional Coffee Agroforests. *Journal of Sustainable Agriculture* 35:671–695.
- Tully, KL; Lawrence, D; Wood, SA. 2013. Organically managed coffee agroforests have larger soil phosphorus but smaller soil nitrogen pools than conventionally managed agroforests. *Biogeochemistry* 115:385–397.
- Tully, KL; Wood, SA; Lawrence, D. 2013. Fertilizer type and species composition affect leachate nutrient concentrations in coffee agroecosystems. *Agroforestry Systems* 87:1083–1100.
- Turner, MG; Gardner, RH. 2015. *Landscape ecology in theory and practice: Pattern and process*. Springer 2-482.
- Valdiviezo, DDG. 2016. Análisis del aporte de las personas graduadas del CATIE en el desarrollo sostenible de la región. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 86p.

- Varón, EH. 2006. Distribution and foraging by the leaf-cutting ant, *Atta cephalotes* L., in coffee plantations with different types of management and landscape contexts, and alternatives to insecticides for its control. Tesis Ph.D. Idaho, USA, University of Idaho. 130 p.
- Varón, EH; Barbera, N; Hanson, P; Carballo, M; Hilje, L. 2005. Potencial de depredación de *Hypsipyla grandella* por hormigas en cafetales de Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (74):17-23.
- Varón, EH; Eigenbrode, SD; Bosque-Pérez, NA; Hilje, L. 2007. Effect of farm diversity on harvesting of coffee leaves by the leaf-cutting ant *Atta cephalotes*. Agricultural and Forest Entomology 9:47-55.
- Varón, EH; Eigenbrode, SD; Bosque-Pérez, NA; Hilje; Jones, J. 2011. Coffee Farm Diversity and Landscape Features Influence Density of Colonies of *Atta cephalotes* (Hymenoptera: Formicidae). Journal of Economic Entomology 104(1):164-172.
- Varón, EH; Hanson, P; Longino, JT; Borbón, O; Carballo, M; Hilje, L. 2007. Distribución espacio-temporal de hormigas en un gradiente de luz, dentro de un sistema agroforestal de café, en Turrialba, Costa Rica. Revista de Biología Tropical 55(3-4):943-956.
- Vásquez Vela, A.L.M. 2014. Valoración comparativa de la macrofauna de lombrices en sistemas agroforestales de café orgánico y convencional, en contraste con cultivos a pleno sol y bosque, durante la época lluviosa y seca en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 85 p.
- Vega, FE; Ochoa, R; Astorga, C; Walter, DE. 2007. Mites (Arachnida: Acari) inhabiting *Coffea domatia*: a short review and recent findings from Costa Rica. International Journal of Acarology 33(4):291-295.
- Velez-Ruiz, RI; Gonzalez, VH; Engel, MS. 2013. Observations on the urban ecology of the Neotropical stingless bee *Tetragonisca angustula* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). Journal of Melittology (15):1-8.
- Vignola, R; Locatelli, B; Martinez, C; Imbach, P. 2009. Ecosystem-based adaptation to climate change: what role for policy-makers, society and scientists? Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 14:691-696.
- Villain, L; Sarah, JL; Hernández, A; Bertrand, B; François Anthony, F; Lashermes, P; Charmetant, P; Anzueto, F; Carneiro, RMDG. 2013. Diversity of root-knot nematodes parasitizing coffee in Central America. Nematropica 43(2):194-206.
- Villalobos, A. 2007. Evaluación del efecto de fertilización y caracterización de vegetación asociada al cultivo de *Dracaena marginata* y sus periferias. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 110 p.
- Villalobos, MM. 2017. Relación entre la biomasa arriba del suelo y la retrodispersión del sensor ALOS PALSAR en un gradiente de tipos de bosque, como base para el estudio de degradación de carbono en ecosistemas forestales de Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 85 p.
- Villalobos, W; Bottner-Parker, K; Lee, IM; Montero-Astúa, M; Albertazzi, FJ; Coto-Morales, T; Sandoval-Carvajal, I; Garita, L; Moreira, L. 2019. *Catharanthus roseus* (Apocynaceae) naturally infected with diverse phytoplasmas in Costa Rica. Revista de Biología Tropical 67(1):321-336.

- Wallace, HM ; Trueman, SJ. 1995. Dispersal of *Eucalyptus torelliana* seeds by the resin-collecting stingless bee, *Trigona carbonaria*. *Oecologia* 104:12-16.
- Wille, A. 1983. Biology of the stingless bees. *Annual Review of Entomology* 28:41-64.
- Williams, NM; Crone, EE; T'ai, HR; Minckley, RL; Packer, L; Potts, SG. 2010. Ecological and life history traits predict bee species responses to environmental disturbances *Biological conservation* 143(10):2280-2291.
- Winfree, R; Aguilar, R; Vázquez, DP; LeBuhn, G; Aizen, MA. 2009. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance *Ecology* 90(8):2068-207
- WingChing-Jones, R ; Monge-Meza, J ; Pérez-Salas, R. 2009. Roedores pequeños en un sistema de producción de ganado lechero. *Agronomía Mesoamericana* 20(2):127-133.
- WingChing-Jones, R ; Uribe, L. 2015. Biomasa y actividad microbiana en suelos de uso ganadero y en regeneración de bosque. *Cuadernos de Investigación UNED* 8(1):107-113.
- WingChing-Jones, R; Uribe, L; Castro, L. 2016. Uso de *Azospirillum spp.* como biofertilizante en la producción de estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). *Cuadernos de Investigación UNED* 8(2):259-265.
- Wojcik, V. 2011. Resource abundance and distribution drive bee visitation within developing tropical urban landscapes. *Journal of Pollination Ecology* 4(7):48-56.
- Xiu, PA. 2018. Efectos de bioles en brócoli (*Brassica oleracea*) y lechuga (*Lactuca sativa*) en la zona hortícola de Cartago, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 96p.
- Zamora, NA; Moura, TM. 2014. *Mucuna tapantiana* (Fabaceae: Faboideae: Phaseoleae), a new species from Costa Rica. *Kew Bulletin* 69:9490. 5 p.

10. ANEXOS

En la suma de la cantidad total de documentos encontrados para cada repositorio o base de datos, no está contabilizado la repetición de documentos entre repositorios y base de datos. El total deja claro la cantidad de documentos que eran de interés de manera aislada.

Anexo 1 Base de datos de búsqueda de documentos para el mapeo

https://drive.google.com/file/d/12VrG9xIzljKcBeZm9_oL7I9pJVraEHuc/view?usp=sharing

Anexo 2 Base de datos del mapeo bibliográfico

<https://www.pcpagroforestry.com/>

Anexo 3 Bibliografías sobre la relación de las especies o género con los usos de suelo del CBVCT

	<i>Tetragonisca angustula</i>	<i>Apis mellifera</i>	<i>Trigona fulviventris</i>
Bosque	Donkersley 2019; Ricketts and Lonsdorf 2013; Klein et al. 2003; Florez et al 2002	Ricketts and Lonsdorf 2013; Klein et al. 2003; Florez et al 2002;	Ricketts and Lonsdorf 2013; Fierro et al. 2012; Klein et al. 2003; Florez et al 2002; Brosi et al. 2009
Café	Ricketts and Lonsdorf 2013; Florez et al 2002; Solis Rodriguez 2014; Chain-Guadarrama et al. (2019)	Ricketts and Lonsdorf 2013; Florez et al 2002; Solis Rodriguez 2014; Chain-Guadarrama et al. (2019)	Ricketts and Lonsdorf 2013; Florez et al 2002; Solis Rodriguez 2014; Chain-Guadarrama et al. (2019)
Charral	Donkersley 2019	Donkersley 2019	Donkersley 2019
Caña	Solis Rodriguez 2014	Solis Rodriguez 2014; Milet.Pineiro_2005	Solis Rodriguez 2014
Pasto	Brosi 2009; Smith-Pardo et al. 2007	Brosi 2009; Smith-Pardo et al. 2007	Brosi 2009; Smith-Pardo et al. 2007
Infraestructura	Velez-Ruiz et al. 2013; Serra 2009; Wojcik 2011; Frankie et al. 2013	Wojcik_2011; Tommasi et al 2004; Frankie et al. 2013	Wojcik_2011; Frankie et al. 2013
Plantación forestal	Bye et al. 1993; Rincón et al. 1999; Wallace y Trueman 1995; Tangmitcharoen et al. 2006; Mendes et al. 2008	Heard et al. 1994; Tangmitcharoen et al. 2006	Rincón et al. 1999; Nascimento et al. 2015; Wallace y Trueman 1995; Tangmitcharoen et al. 2006; Mendes et al. 2008
Horticultura	Hladik et al. 2016; Holzschuh et al. 2007; Slaa et al. 2006	Wille 1983; Hedström 1986; Holzschuh et al.2007 ; Slaa et al. 2006	Hladik et al. 2016; Hedström 1986; Holzschuh et al. 2007; Suni et al. 2016
Agua	Suni et al. 2016; Ackerman and Montalvo 1985	Suni et al. 2016; Ackerman and Montalvo 1986	Suni et al. 2016; Ackerman and Montalvo 1987
Terreno descubierto	x	x	x

Anexo 4 Tabla de permeabilidad utilizada para modelar mapas de conectividad

	<i>Apis_melifera</i>	<i>Trigona_angustula</i>	<i>Trigona_fulviventris</i>
Bosque	1	1	1
Pasto	100	1000	1000
Plantación forestal	10	10	10

Cultivos	10	10	100
Urbano	10	1	100
Café	100	100	100
Cana	1000	10000	1000
Suelo desnudo	100	1000	100
Agua hasta 1k	10	1000	10
Cuerpo de agua más de 1km	10	10000	100
Distancia media	6km	300m	300m
Distancia máxima	10km	600m	500m

Anexo 5 Protocolo de entrevista

Protocolo de entrevista

Perfil de la persona entrevistada: Productores agropecuarios interesados en conocer o promover acciones que apoyen la conservación de las abejas en el CBVCT.

Tiempo medio: 1h

1. Presentación personal, explicación del trabajo, importancia y consentimiento informado
2. Información personal

Nombre completo	Localidad (ubicar en el mapa)	Sexo	Edad	Actividad principal que ejerce	Tamaño de finca y productos	Organización que representa o participa	Autorización para fotografía

3. Percepción sobre los servicios ecosistémicos promovidos por las abejas

¿Qué le parece la presencia de las abejas en su finca? ¿Cuál es su importancia para el medio ambiente y para los seres humanos? ¿Cómo fue que conoció sobre abejas (sus abuelos, papas, tenían colmenas, vendían miel, etc.)?

¿Cuáles son las abejas que usted más observa en su finca (nombre popular)? ¿En cuáles plantas o cultivos usted más las observa?

Nombres de abejas	Plantas/cultivos visitadas
-------------------	----------------------------

¿Ha notado si ha aumentado o disminuido la cantidad de abejas en su finca? ¿Usted cree que este aumento/disminución está asociado a qué (prácticas agrícolas, cambios de cultivos, cambio climático, etc.)?

Las respuestas que usted me va a dar para las siguientes preguntas van a ser valores numéricos (Dar un ejemplo y las opciones: 1 ninguna, 2 alguna, 3 regular, 4 bastante, 5 muchísimo, o NS no sabe responder) ¿Desde su percepción, de **1 a 5**, cuál es la importancia/influencia de las abejas sobre los siguientes factores

Factores	Valor	Observaciones
Polinización de cultivos		
Productividad de cultivos		
Calidad de productos cultivados (frutos)		
Ingreso económico del productor (más prod. más ventas/ alternativa de ingreso con la miel)		
Diseminación de enfermedades en cultivos		
Daños a cultivos (en hojas, semillas, flores)		
Diversidad de plantas en los bosques		
Regulación del clima local		
Otros sugeridos		
Factores	Valor	Observaciones

¿Usted cree que el factor x tiene influencia **negativa, positiva o neutra** para las abejas? ¿Qué valor de **1 a 5**, usted daría para esa influencia? (Recordarles los valores y dejar claro que estos se aplican a las diferentes calidades)

Factores	Valor	Calidad	Observaciones
Tener bosques en la finca			
Huertos caseros			
Arboles de sombra (cultivos en asocio o disp. en potreros)			
Cercas vivas en potreros o cultivos			
Diversificación de cultivos			
Malezas que crecen entre cultivos			
Charrales			
Quema para cosecha de la caña			
Uso de herbicidas			
Uso de insecticidas			
Uso de fungicidas			
Uso de fertilizantes			
Cuerpos de agua contaminados			
Uso de semillas tratadas			

Cambio climático/ cambio en los patrones climáticos de la zona			
Producción de miel			
Otros sugeridos			
Factores	Valor	Observaciones	

4. Disponibilidad y cuellos de botella para cambios

¿Qué estaría dispuesto a hacer para apoyar el bienestar de las abejas?

¿Si tuviera la oportunidad, tendría interés o estaría dispuesto a realizar las siguientes acciones?

Acciones		si	no	observaciones
Capacitarse sobre la conservación de abejas				
Dejar en su finca áreas de regeneración natural				
Plantar bosques	Con intereses maderables u otro retorno \$			¿preferencia a plantas nativas?
	Sin intereses necesariamente			
Incrementar árboles en potreros y cultivos				
Incrementar cercas vivas				
Diversificar cultivos				
Cultivar sin agroquímicos				
Daría preferencia a semillas criollas				
Capacitarse acerca de la apicultura (abeja africanizada)				
Capacitarse acerca de la meliponicultura (abejas nativas)				
Apoyaría estudios académicos relacionados al tema				

¿Qué necesitarías para realizar las acciones que usted mismo propuso y las mencionadas en las preguntas anteriores? ¿Cuál sería la mayor dificultad en promover esos cambios?

¿Si hubiera algún proyecto con ese enfoque usted estaría interesado en participar? ¿Puedo poner su nombre en una lista de interesados que será compartida con la organización demandante del trabajo (CIRAD-PCP), CBVCT, u otras organizaciones interesadas en apoyar cambios con ese enfoque?

Anexo 6 Problemáticas abordadas en los principales enfoques disciplinarios de las Tesis

eco.agro	MA	MP	TD	Referencias
Impacto de enfermedades en cultivos	17		3	Escobar 2012; Rodriguez 2013; Romero Gurdían 2010; Olivas 2010; González 2011; Varón 2006; Ramos 2008; Herrera-Salazar 2009; Lara Fiallos 2009; Condor 2009; López-Bravo 2010; Caballero Hernández 2011; Rosado 2014; Loaiza 2017; Segura 2017; Xiu 2018; Nevárez 2018; Naranjo Zúñiga 2018; Garitas Rojas 2016; Henreaux 2012
Introducción de nuevos cultivos	2			Prada 2012; Tacan 2007
Seguridad de productos para comercialización	1			Ito 2006
Falta de información de flora o silvicultura en SAF	1			Ruenes Vargas 2016
Impacto ambiental y productivo certificadoras	2			Pico Mendoza 2011; Quispe Guanca 2007
Relación carbono y planta	1			Mena 2008
Efecto del manejo en la productividad de cultivo	6		1	Pérez 2012; Merlo Caballero 2007; Charbonnier 2013; Gagliardi 2014; Cabon 2015; Villalobos, 2007; Acosta Almánzar 2012
Efecto del manejo de la finca en la creación animal	2			Argeñal Vega 2011; Chacón Góngora 2018
Gases de efecto invernadero en producción	1			Gómez 2011
pedo.agro	MA	MP	TD	Referencias
Efecto del manejo en la calidad del suelo	6		2	Payan Zelaya 2005; Mora 2011; Vásquez Vela 2014; George 2006; Porras Vanegas 2006*; Romero López 2006; Pérez-Molina 2013; Mustonen 2005
Suelos contaminados o degradados	1			Barbosa 2013
socioamb.agro	MA	MP	TD	Referencias
Conocimiento local y aprovechamiento de recursos naturales	4			Brenis 2007; Cabrera 2007; Noh 2009; Cabrera 2012
Percepción de impacto de sombra en fincas	1			Chamayou 2011
Efectos de cambio de uso de suelo a la conservación	3			Acosta 2012; Odio Echeverría 2014; Pintos 2018
Cambio climático y adaptación	6			Guerra 2007; Ríos 2010; Castillo 2013; Gualpa Rivera 2015; Hethcote 2016; Simmons 2019
Estrategias de medios de vida y conservación	3			Morales 2007; Estrada 2009; Ocampo González 2012
Gobernanza en el manejo de recursos naturales	1			Botelho 2008
socioamb	MA	MP	TD	Referencias

Gobernanza y manejo de instrumentos de protección ambiental	9			Canet 2007; Durán Gárate 2010; Pino 2012; Carrión Narváez 2012; Samayoa 2014*; Ramírez 2006*; Martínez Melo 2012*; Soto 2014; Mejía Pineda 2014*
Gestión e impacto institucional académico	1			Valdiviezo 2015
Seguridad alimentaria	1			Flores 2012
Planeamiento de gestión territorial	2			Campos 2013; Gutiérrez-Sanabria 2017
Acceso a recursos financieros para la conservación	1			Perrens Bonavia 2013
Gestión de residuos sólidos	1			Medellín Moreno 2013
Gobernanza del agua	1			Hill 2014
eco	MA	MP	TD	Referencias
Impacto de especies introducidas	1			Madrigal 2017
Conocimiento y caracterización de especies	2			Guerrero Aguirre 2005; Bermeo Estrella 2010
Efectos de usos de suelo en la conectividad del paisaje	5		2	Rivero 2005; Murrieta 2006; Pérez García 2008; Brenes 2009; Solís Rodríguez 2014; Martínez Salinas 2016, Salom 2019
Almacenamiento de carbono en ecosistemas forestales	1			Villalobos 2017
Efectos climáticos en bosques	1			Gómez Gómez 2019

Anexo 7 Problemáticas abordadas en los principales enfoques disciplinarios de artículos

eco.agro	AR	Referencias
Impacto de enfermedades/plaga en cultivos	31	Varón et al. 2007a; Varón et al 2007b.; Varón et al. 2011; Brenes y Garita 2006; Avelino et al. 2007; Avelino et al. 2012; Avelino et al. 2009; Thompson y León 2005; Varón et al. 2005; Hidalgo et al. 2006; Kloepper et al. 2010; Hilje y Stansly 2011; Salazar et al.2012; Rojas 2012; Herrera et al. 2013; Villalobos et al. 2019; Köberl et al.2017; Vega et al. 2007; Perez et al. 2010; Correa et al.2013; López-Bravo et al. 2012; Villain et al. 2013; Martínez-Salinas 2016; Bagnarello et al. 2009; Moreira-Soto et al. 2017; Brown et al. 2007; Hilje y Stansly 2018; Escobar et al. 2017; Blanco Metzler et al. 2013; Boudrot et al. 2016; WingChing-Jones et al. 2016;
Impacto de enfermedades/plaga en la creación animal	5	Rojas-Araya et al. 2016; Jiménez-Ferrer 2015; Tortós et al. 2006; Brown et al. 2007; Wingching-Jones et al. 2009; Jiménez-Rocha et al. 2017
Introducción de nuevos cultivos	1	Gamboa 2005
Seguridad de cultivos para comercialización	1	Durán-Quirós et al. 2017
Falta de información de flora o silvicultura en SAF	3	Oijen et al. 2010a; Oijen et al. 2010b; Ricci et al. 2008

Impacto ambiental y productivo de las certificadoras	3	Haggar et al. 2015; Blackman y Naranjo 2010; Segura y Andrade 2012
Relación carbono y planta	1	Oelbermann et al. 2005
Efecto del manejo en cultivos y productividad de fincas	17	Cameron 2010; Céspedes et al. 2010a; Céspedes et al. 2010b; Brenes-Gamboa S. 2017; Martin et al. 2017; Taugourdeau et al. 2014; Gagliardi et al. 2015; Chesney y Vasquez 2007; Haggar et al. 2011; Schnabel et al. 2018; Buchanan et al. 2019; Charbonnier et al. 2013; Charbonnier et al. 2017; Isaac et al. 2017; Aquino et al. 2008; Cerda et al. 2016; Martin et al. 2017;
Gases de efecto invernadero en producción	2	Noponen et al. 2012; Noponen et al. 2013
Calidad de vermicompost producido	2	Durán y Henríquez 2007; Durán y Henríquez 2009
Calidad y propiedades de cultivos	2	Furcal-Beriguete P. 2017; Tenorio y Moya 2019
pedo.agro	AR	Referencias
Efecto del manejo en la calidad del suelo	23	Henríquez 2005; Henríquez et al. 2013; Tully y Lawrence 2011; Alvarado et al. 2009; WingChing-Jones y Uribe 2015; Oelbermann et al. 2006; Chesney 2008; Payán et al. 2009; Oelbermann y Voroney 2011; Tully et al. 2013a; Mora y Beer 2013; Payan-Zelaya et al. 2013; Tully et al. 2013b; Defrenet et al. 2016; Durán-Umaña y Henríquez-Henríquez 2010; Chevallier et al. 2019; Sánchez-de León 2006; Sauvadet et al. 2019; Oelbermann et al. 2006; Mena et al. 2011*; Munroe et al. 2015; Durango et al. 2015; Kinoshita et al. 2016.
Efecto de la decomposición de raíces en el suelo	1	Arboleda 2006
Impacto de las certificadoras en la calidad de suelo	1	Bolaños et al. 2012
Resistencia del suelo a eventos externos	1	Henríquez et al. 2011
Bioindicadores de calidad de suelo	2	Guyer et al. 2017; Sibarra-Matarrita et al. 2018
socioamb.agro	AR	Referencias
Conocimiento local y aprovechamiento de recursos naturales	2	López et al. 2005; Arce 2008;
Impacto de sombra en fincas	2	Sibelet et al. 2017; Cerdán et al. 2012
Factores que influyen en el cambio de uso de suelo	3	Louman et al. 2016a; Louman et al. 2016b; Bosselmann 2012
Cambio climático y la adaptación de productores	2	Harvey et al. 2018; Harvey et al. 2017
socioamb	AR	Referencias
Gobernanza y manejo de instrumentos de protección ambiental	5	Azuero et al. 2005; Aguirre 2006; González 2009; Canet et al. 2008; Botelho et al. 2009

Gestión institucional privada en el manejo de recursos naturales	2	Gutiérrez-Montes y Piniero 2006; Vignola et al. 2009
Cambio de uso de suelo en áreas protegidas	1	Arana et al. 2007
Vulnerabilidad de poblaciones al cambio climático	1	Ríos et al. 2011
eco	AR	Referencias
Impacto de especies introducidas	1	Solano y Arias 2011
Expansión de conocimiento de especies	6	Rojas et al. 2015; Rojas-Alvarado y Karremans 2017; Rojas et al. 2017; Lado et al. 2018; Zamora y Moura 2014; Karremans et al. 2012
Conectividad del paisaje	8	Murrieta et al. 2007b; Pérez-García et al 2018; Murrieta et al 2007a; Pedroni et al. 2008; Hannah et al. 2017; Estrada et al. 2019; Martínez-Salinas y DeClerck 2010; Caudill et al. 2015
Efecto geográfico en la distribución de especies	1	Rojas et al. 2016;

Anexo 8 Principales resultados de tesis y artículos de los enfoques ecológico agronómico y pedológico agronómico

Ecológico agronómico

Impacto de enfermedades/plagas en cultivos

Broca Estudios indican que la presencia de la broca (*Hypothenemus hampei*) en cafetales está relacionada al contexto del paisaje (Romero Gurdíán 2010*; Avelino *et al.* 2012*) y que para ayudar a contener su dispersión y al mismo tiempo aumentar los bosques, es necesario trabajar a esta escala (Rodríguez 2013*). La literatura señala que los efectos de usos de suelo agropecuarios adyacentes a los cafetales, como caña y pasto, son diferentes de los de bosques. Los bosques representan una barrera física para el movimiento de la plaga entre los parches de café y pueden favorecer la presencia de controladores naturales, como aves y hormigas por ejemplo (Olivas 2010*; Avelino *et al.* 2012*; Rodríguez 2013*; Escobar *et al.* 2017*). Con respecto a las hormigas, estas también presentan preferencias por áreas soleadas, como demuestra el estudio de Varón *et al.* (2007)*, constatando que las especies que más abundan están ubicadas en el suelo y por eso están más abundantes en parches de café manejado bajo sol. Otros controladores naturales como las aves están positivamente influenciadas por la presencia de cercas vivas y bosques adyacentes en abundancia y diversidad de especies (Martínez-Salinas 2016*).

Al mismo tiempo, González (2011) demuestra los efectos antagónicos de la sombra sobre la broca, que contribuyeron al aumento de población en este tipo de sistema. Además, el manejo convencional u orgánico sobre esa plaga señala, según Romero Gurdíán (2010*) niveles de interferencia distintos. En ese contexto, estudios identificaron formas que pueden ser eficaces para el control de la broca. Por ejemplo, Rojas (2012) indica la poda por lote y por hilera como una medida de contención de la broca, que permite concentrar la población de la plaga en espacios reducidos y además reducir costos con insecticidas, uso de agua y tiempo de aplicación. Adicionalmente Avelino *et al.* (2012) *

demuestran el interés de fragmentar las parcelas de café utilizando corredores forestales como barreras para controlar la broca. Finalmente Escobar *et al.* (2017) * sugieren que tener bosques como uso de suelo adyacente ayuda a contener su tránsito.

Algunos estudios relacionados al manejo de esta plaga demuestran la necesidad de comprobar relaciones del contexto paisajístico sobre la broca (Romero Gurdián 2010*; Escobar 2012*), además de comprender las relaciones entre la estructura del paisaje y la biota antagónica (*Beauveria bassiana*) y (*Lecanicillium lecanii*) (Romero Gurdián 2010*). Otro vacío es la necesidad de conocer árboles con el objetivo de proponer paisajes que impidan la permeabilidad de la broca y al mismo tiempo promuevan hábitat para sus controladores naturales (Romero Gurdián 2010*; Olivas 2010*; Escobar 2012*).

Roya_ El paisaje también presentó relación positiva a la presencia de la roya (*Hemileia vastatrix*). Se observó que adyacencias con espacios abiertos, como pastos, por ejemplo, pueden favorecer su incidencia principalmente porque se dispersan por viento (Romero Gurdián 2010*; Avelino *et al.* 2012*). La carga fructífera y el uso de fungicidas también han sido factores que favorecieron la severidad de la roya, a parte del efecto de la sombra, en comparación a sistemas a pleno sol (López-Bravo 2010; Rosado 2014). En estos últimos se presentó mayor incidencia de viento, favorables a su presencia (Boudrot *et al.* 2016). La sombra fue asociada al proceso de conservación e intensidad de esporulación en los cafetos (Segura 2017) y a la distribución de gotas de lluvia sobre el café que también resulto impulsora (Boudrot *et al.* 2016). Un estudio no identificó diferencias significativas entre manejo bajo sol y sombra (Loaiza 2017).

Por otro lado, autores resaltan que, aunque la sombra propicie un hábitat bueno para la roya, esta también ayuda a controlar la carga fructífera del café. Además, de traer beneficios de diferentes servicios ecosistémicos (Loaiza 2017), favorecen también la presencia de controladores naturales (Rosado 2014), que demostró ser más eficiente que el uso de bioplaguicidas (Nevárez 2018). Avelino *et al.* (2012)* indican que tener corredores entre los cafetales limitaría la dispersión de la roya por el viento, o utilizar arboles de sombra bajas que sean fácilmente manejables, con hojas pequeñas, recortadas y flexibles podrían permitir un mejor lavado de plaga (Segura 2017). Manejar la cobertura de sombra de acuerdo con los periodos de lluvia y seca también se identificó como una buena práctica (Boudrot *et al.* 2016).

En ese contexto, se hace necesario conocer mejor los efectos del paisaje, en su complejidad, sobre la dispersión de la roya (Romero Gurdián 2010*), pues hace falta estudios que trabajen ese enfoque conociendo los efectos directos del paisaje sobre esa plaga (Avelino *et al.* 2012*). Otros, identifican importante entender más a fondo el efecto de la sombra en los procesos de dispersión de esta roya (Rosado 2014; Segura 2017). Además, hace falta conocer los porcentajes de sombra óptimos para proporcionar condiciones adecuadas de buena producción y de poca incidencia de la plaga (López-Bravo 2010), estudiar mejor sobre los aportes de enemigos naturales en la regulación de la roya (Nevárez 2018).

Hormigas_ Según estudios asociados a ese insecto, tipos de sistemas diferentes de manejo presentan efectos distintos sobre las comunidades de hormigas. En el monocultivo de café fue donde se identificó la mayor ocurrencia de *Atta cephalotes* en comparación con manejo bajo sombra (Varón Devia 2006*). En sistemas de sombra esta especie demostró preferir las hojas del poró que las de café (Varón *et al.* 2007). A parte del manejo local de sombra, el paisaje parece jugar un importante rol en

la densidad de esas especies (Varón *et al.* 2011*). Los daños, sin embargo, no ocurren solo en cafetales, otro estudio demuestra que hormigas también son responsables por pérdidas de las estructuras florales del cacao, por otro lado, promueven servicios ecosistémicos como biocontrol y polinización del cultivo (Garitas Rojas 2016).

En el caso del cacao se indica que utilizar un enfoque de manejo integrado de esa y otras plagas asociadas puede aumentar en hasta 67,0 Kg/ha la producción de cacao (Garitas Rojas 2016). En el caso del café, tipos de sombra que sean preferibles para las hormigas pueden evitar el daño al cultivo (Varón *et al.* 2007), de preferencia sombras que tengan baja importancia económica para servir como hospederas (Varón 2006*). Otra práctica fue asociada a la fórmula de gránulos elaborados con citropulpa, que presentaron efectos biológicos eficientes contra las hormigas forrajeras del género *Atta* (Herrera-Salazar 2009). Para eso, conocer estrategias de manejo agroecológicas de hormigas (Garitas Rojas 2016) y cuál es la mejor época del año en el territorio para controlarlas aún son vacíos que deben ser explorados, posibilitando disminuir costos y uso de insecticidas por parte de productores (Varón 2006*); aunque es posible que existan estudios realizados en otros sitios que identifiquen las mejores fechas para su control.

Efectos del manejo sobre otras plagas del café _Se identificó que la intensidad del hongo *Mycena citricolor* asociado al *American Leaf Spot*, tiene relación con el porcentaje de sombra, altura del cafeto, tipo de sombra y la forma como se maneja la poda. El uso de fertilización y los periodos de seca entre la época de lluvias se demostraron críticos para el desarrollo del hongo. En ese caso, para reducir los riesgos y la aplicación de químicos, los autores recomiendan la sombra de la luz en la plantación y podar los cafetales (Avelino *et al.* 2007). Los nemátodos, también son plagas, pero incidentes en las raíces del café. Se identificó que cuanto más intensivas las prácticas en los cafetales, como por ejemplo la reducción de árboles de sombra en el cultivo y la aplicación intensiva de agroquímicos, mayor presencia de nemátodos (Avelino *et al.* 2009), por otro lado, no se identificó una relación del paisaje con la presencia del nematodo, que está probablemente asociada a su baja capacidad de dispersión (Avelino *et al.* 2012*). En el caso del Leafhopper, Ramos (2008) identifica el aumento de la sombra como una estrategia para reorganizar esas especies en los SAFs de café y al mismo tiempo promover otros servicios dentro del CBVCT. En ese periodo, estudiar más a fondo el efecto de las prácticas de poda de los árboles de sombra sobre las Leafhopper se entendió como importante, pues la disminución de esa plaga pareció estar en los mismos meses en que se produce la poda (Ramos 2008*). En este último caso es posible que haya estudios actuales realizados en otros territorios que den soporte a ese conocimiento.

Enfermedades del Banano _Manejos alternativos sobre los diferentes tipos de enfermedades de este cultivo han sido estudiadas en el territorio. La enfermedad que más se destacó fue el Mal de Panamá, cuyos estudios identificaron que las bacterias y hongos endofíticos retrasan el periodo de desarrollo de la plaga y severidad de síntomas, además, protegen los bananos y promueven mejor calidad en el tamaño de la planta, hojas, peso total, y en otros factores (Lara Fiallos 2009; Caballero Hernández 2011). Otra enfermedad, como el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* fue identificada en el banano de altura, en Turrialba. El estudio apunta la necesidad de utilizar estrategias no químicas de combate, como por ejemplo buscar medidas preventivas en el campo y en las empacadoras, técnicas de almacenamiento, y métodos físicos y biológicos de combate (Salazar *et al.* 2012). La incidencia de nemátodos en bananos también fue estudiada y se demostró que el uso de extractos acuosos de plantas tiene efectos positivos sobre la plaga (Condor 2009). Frente a la complejidad de enfermedades, se

observó que la comunidad de *Gammaproteobacteria* pueden ser indicadores de buena salud entre los bananos. En los sanos es donde se encontraron una alta diversidad microbiana, sugiriendo que buenas prácticas de gestión, como el uso de cultivos intercalados, agrosilvicultura o enmiendas orgánicas del suelo, pueden mejorar la salud y productividad de la planta (Köberl *et al.* 2017).

Alrededor de esas informaciones, se identificó la necesidad de más investigaciones para entender la actividad de biocontrol de bacterias endofíticas (Lara Fiallos 2009), bien como repetir pruebas de biocontrol con grupos eficientes de hongos endofíticos para afirmar la calidad antagonista como biocontrolador (Caballero Hernández 2011). En el caso de los tratamientos de nematodos con extractos acuosos se mostró necesario el uso de otros métodos para obtener mayores cantidades de metabolitos secundarios (Condor 2009). Así como investigar más medidas de combate al *Colletotrichum gloeosporioides* en bananos de altura para obtener buena calidad comercial (Salazar *et al.* 2012). Es posible que ya existan esas informaciones, desarrolladas en otros territorios, sobre el conjunto de vacíos de esos estudios.

Enfermedades del tomate y leguminosas_Estudios relacionados al tomate y otros cultivos se enfocaron también en identificar alternativas de manejo de plagas. Uno de estos constató que diferentes tipos de coberturas vivas de suelo presentan resultados positivos para el manejo de moscas blancas, *Bemisia. tabaci*, pues se trata de un vector de virus en tomate y otros cultivos. En ese caso se sugiere complementar ese tipo de manejo alternativo con otras estrategias de manejo integrado de plagas para garantizar mejor calidad (Hilje y Stansly 2011). El uso de cultivos trampa, como la berenjena, por ejemplo, fue observado como otra alternativa para evitar ataques de esta plaga, no solo en tomate como otros tipos de hortalizas (Hilje y Stansly 2018), también el uso de biocarbon tuvo resultados positivos (Henreaux 2012). Los hongos tizón temprano (*Alternaria solani*) y tizón tardío (*Phytophthora infestans*) son otros tipos de enfermedades comunes en el territorio. El uso de extractos de planta y minerales como azufre, ceniza y cobre han sido identificados como una alternativa de manejo de estas plagas (Brenes y Garita 2006).

En este último caso, se constató la necesidad de estudiar la compatibilidad de la aplicación de antagonistas en complemento a fungicidas químicos en producciones convencionales (Brenes y Garita 2006). En el caso de las moscas blancas, hizo falta determinar la mortandad de *Bemisia. Tabaci* relacionada al calentamiento de la cobertura de protección utilizada en invernadero para contraponer esa condición con la disminución de la presencia (Hilje y Stansly 2011). En los dos casos anteriormente mencionados es posible que estudios realizados en otros territorios respondan esos vacíos. Otra necesidad actual es entender cómo llevar los experimentos del cultivo trampa y de la aplicación del biocarbon para el campo abierto trabajado por agricultores, pues las respuestas pueden ser bien diferentes de la de un ambiente controlado (Henreaux 2012, Hilje y Stansly 2018).

Enfermedades en cultivos poco convencionales_ Los salivazos son enfermedades normalmente presentes en pastizales que, según Thompson y León (2005), en la zona de Turrialba su incidencia fue poquísimamente activa y se sugiere que esta situación casi no se da por el efectivo control natural o plantas que hospedan la población de plagas. Para tal, los autores sugieren que este fenómeno de poca incidencia debe ser mejor estudiado, posibilitando aportes a otras regiones que sufren con esa enfermedad (Thompson y León 2005). Las macadamias, son otro cultivo poco incidente en el territorio, que sufren con la presencia de larvas conocidas como *Gymnandrosoma aurantianum*. Se constató que cuanto mayor la cantidad de materia seca abajo y mejor calidad de fuente de alimento, más difícil la llegada de estas larvas a las nueces, permitiendo su mejor aprovechamiento (Blanco

Metzler *et al.* 2013). En el caso de plantaciones maderables valiosas, como el cedro y la caoba, la *Hypsipyla grandella*, conocida como broca del credo, también genera serias consecuencias en la calidad de la madera para su comercialización. Para eso se identificó por lo menos tres tipos de hormigas generalistas que inciden en las diferentes fases de vida de la broca (Varón *et al.* 2005), así como el uso de injertos de especies resistentes y que su hoja puede afectar a la supervivencia y performance de las larvas de esa broca (Perez *et al.* 2010).

Pedológico agronómico

Efecto de manejo en la calidad del uso de suelo

Lombrices_De manera general los estudios demuestran efectos distintos, asociados a tipos de sistemas (bajo sol o sombra) o tipos de manejo (convencional y orgánico). El manejo orgánico presentó una mayor producción biológica y prevalencia de funciones básicas fundamentales para el ecosistema, comparado a fincas de manejo convencionales y a pleno sol (George 2006). La abundancia de lombrices en sistemas agroforestales bajo ese sistema también fue mayor, principalmente en la época de lluvia y seca, diferente de sistemas a pleno sol, donde ocurrió la menor cantidad (Vásquez Vela 2014). También se constató que la sombra existente en sistema orgánico favoreció la alta densidad y biomasa de esas especies, posibilitando que los rendimientos del café orgánico puedan ser casi iguales a los de los sistemas convencionales (Sánchez-de León 2006). En ese contexto la cantidad de lombrices es considerada fundamental para medir la calidad del suelo, bien como la densidad aparente de este, su contenido de magnesio y potasio, carbono orgánico y biomasa microbiana (Porrás Vanegas 2006*).

se identificó la necesidad de estudios que establezcan índices de calidad de suelo más robustos para los cafetales de la región (George 2006), dando seguimiento a los indicadores de calidad de suelo en diferentes sistemas a través del tiempo, pues las diferencias en periodos de lluvia y seca se presentan marcantes (Porrás Vanegas 2006*).

Raíces_La respuesta de las raíces a tipos de manejo y competitividad por nutriente con árboles de sombra, se mostró diferente entre los resultados. Según Mora (2011), la cantidad de nutrientes en el suelo mostró correlación espacial positiva con la densidad de raíces final del café, por otro lado, mostro correlación negativa con relación a la acidez. Cuanto menos acido el suelo más proliferación de raíces que buscaran por recursos. Esa densidad no se vio afectada por el tipo de manejo. Pero la presencia y competencia del árbol de sombra influyo en el grosor de las raíces del café. Para eso árbol de sombra *Terminalia.amazonia* fue el que se destacó con características deseables para el manejo agroforestal con café (Mora 2011). Por otro lado, las relaciones espaciales entre la densidad de longitud de la raíz del café, demostró que la absorción de nutrientes si depende del manejo, sea orgánico o convencional, asociados a la sombra de *Erythrina poeppigiana*, cuya competitividad para acceder nutrientes en sistemas agroforestales se presentó baja (Mora y Beer 2013). Otro estudio identificó que el efecto de la sombra es significativo sobre la biomasa de las raíces finas, pero demuestra que estas son bastante competitivas en la superficie, posiblemente asociada a la presencia de la *Erythrina* (Defrenet *et al.* 2016).

Para tal se sugiere que en próximos estudios se distinga mejor necromasa y la decomposición de la raíz fina (Defrenet *et al.* 2016). Además, se recomienda utilizar el análisis geoestadístico para estimar las escalas de heterogeneidad espacial de las raíces finas de las plantas, pues pueden proporcionar

informaciones sobre los estudios acerca de las interacciones planta-suelo y cultivo-árbol, bajo tierra en los sistemas agroforestales (Mora 2011). Puede ser que estudios que respondan este último vacío haya sido realizado en otros territorios.

Carbono y nutrientes_Se constató que bosques secundarios presentaron mayor almacenamiento de carbono, luego los sistemas agroforestales de café con poró y laurel. En ese caso los pisos altitudinales de la zona no incidirán significativamente sobre su almacenamiento (Mena *et al.* 2011*). Por otro lado, algunas cuencas estudiadas presentaron mayor reserva de carbono comparado a la cantidad encontrada en la biomasa vegetal, en ese caso la topografía y pedogénesis del suelo se destacaron como factores importantes para evaluar la existencia regional de C (Chevallier *et al.* 2019). En cultivos de café, sistemas convencionales presentaron mayor concentración de C y N cerca de árboles *E. poeppigiana*, diferente de sistemas orgánicos que presentaron los elementos bien distribuidos en diferentes partes del suelo y consecuentemente una mayor tendencia de concentración de esos elementos (Payan *et al.* 2009). Asimismo, se demostró que los cafetales pueden ser buenos candidatos a secuestro de carbono generado en agropaisajes (Oelbermann *et al.* 2006, Defrenet *et al.* 2016).

En sistemas orgánicos o convencionales el proceso de recuperación de nutrientes se presentó relativamente proporcional, pero en manejos convencionales la tendencia en perder mayor cantidad de nutrientes en agua subterráneas es mayor. Al contrario de sistemas orgánicos, donde no se espera tanta pérdida. Pero, por otro lado, presenta rendimiento productivo más bajo. En ese caso el autor concluye que sistemas sin fertilización no son sostenibles en el tiempo (Tully y Lawrence 2011). Otro estudio del mismo autor demuestra también que las concentraciones de N y P han sido mayores en monocultivos y que la mayor cantidad de N y C se presentaron mayores bajo la *Erythrina poeppigiana*. Para eso se mostró que tanto el tipo de fertilizante como el tipo de especie utilizadas (*Erythrina poeppigiana* o *Musa acuminata*) en agroecosistemas de café, afectan las concentraciones de N y P en el lixiviado (Tully *et al.* 2013a). En contrapartida, en otro estudio el sugiere que la combinación de banano con café es la que presentó mayor capacidad orgánica de intercambio de carbono y cationes, comparado a otras sombras (Tully *et al.* 2013b). En los sistemas convencionales se identificó menor cantidad de N inorgánico y de densidad de nematodos, pero, bajo sombra el suelo de esos sistemas presenta mejor nutrientes y fauna. En este estudio la *Erythrina* presentó mejores resultados como sombra en comparación a la *T. amazonia*. Este estudio resalta la importancia de elegir bien el tipo de especie para sombra, especialmente en sistemas de bajo uso de insumos (Sauvadet *et al.* 2019).

Con relación a los minerales del suelo, aún se ve necesario determinar las reales pérdidas de P y N en diferentes gestiones de sistema y conocer estrategias que aumenten la eficiencia de esos elementos en SAF (Tully y Lawrence 2011). Otro estudio también resalta que es necesario utilizar el enfoque de la pedogénesis en próximos estudios, para tener una mejor comprensión sobre la variabilidad y la distribución de la existencia de carbono orgánico en el suelo (Chevallier *et al.* 2019).

Anexo 9 Lista de abejas identificadas en las entrevistas con productores

Abejas identificadas en las entrevistas (nombre popular)	hombres	mujeres
Africanizada mansa	1	
Africanizada (<i>Apis mellifera</i>)	16	10

Congo	2	1
Cachua	1	
Zancoano/Sanjuano (<i>Scaptotrigona pectoralis</i>)	3	1
Picúsara (<i>Scaptotrigona subabscuripennis</i>)	1	
Jicote manso	2	
Arragre (<i>Trigona corvina</i> o <i>Trigona silvestriana</i>)	14	8
Mariola, Maria seca, Mariquita, Angelita (<i>Tetragonisca angustula</i>)	19	13
Jicote Congo (<i>Melipona fallax</i>)	1	
Extranjero	1	
Jicote barcino (<i>Melipona costaricensis</i>)	2	2
Chiquisá (<i>Bombus</i>)	9	7
Jicote	1	2
Abeja que quema	1	
Criolla	3	
Papelillo	1	
Jicote extranjero	1	1
Culo de vaca (<i>Trigona fulviventris</i>)	1	
Abeja fuego		1

Anexo 10 Lista de plantas visitadas por abejas, observadas por productores	Rabo de gato	Pitaya	Frijoles	Nona.
Girasol		Pejibaye	Plátano	Árbol de nance
Café		Canela planta	banano	caimito
Laurel		Limón,	chile,	Plantas de mora
Cacao		Guayaba	tomate,	Gavilana
Poro		Matas del jardín	palo de guagua	Naranja
Panlonia		Hortalizas	Lengua de vaca	Mango
Baton de oro		Chile dulce	Amelia	Manzana de agua
Caña quemada		Papaya	Heliconia	Granadilla
Caña cortada		Aguacate	Uruca	Targua
Maracuyá		Mangostán	Guabas	Chancho blanco
Flor de Tao (Nicaragua)		Culantro Coyote	Ingas	Chancho colorado
Ayote		Amapola	Tithonia	Pilones
Bromelias		mandarino	Pepino,	Fruta Pan
Platanillas		Maíz	Tronpeta de ángel.	Chayote
				uña de gato

Anexo 11 Frecuencia de respuestas asociadas a la valoración de la relación abeja y factores específicos

	bosq_finca		huert_casero			cerca_viva		arb_sombre				
	positivo	no sabe	positivo	negativo	no hay	positivo	no sabe	positivo	neutro	no sabe		
Hombres	22		19	3	1	22		21	1			
Mujeres	19	2	21			20	1	20		1		
	diver_cult			plant_cult								
	positivo	negativo	no sabe	positivo	negativo	neutro	no hay	no sabe				
Hombres	21	1		17	1	4						
Mujeres	19	2	2	7	2	7	3	2				
	charrales				quema_cana							
	positivo	negativo	neutro	no hay	no sabe	positivo	negativo	neutro				
Hombres	17	1	2	1		4	14	3				
Mujeres	10	2	3	4	2	2	16	3				
	camb_clim				crear_abeja							
	negativo	neutro	no sabe	no hay	positivo	negativo	neutro	no hay	no sabe			
Hombres	20			1	14	1	4	2				
Mujeres	18	2	1		8	4	4	2	3			
	uso_herb		uso_insect	uso_fung				uso_fert				
	negativo	no hay	negativo	negativo	neutro	no sabe	no hay	positivo	negativo	neutro	no hay	no sabe
Hombres	20	1	21	17	2		2	2	10	3	6	
Mujeres	21		21	17	1	3		5	9	3	2	2
	agua_cont				semill_trat							
	negativo	neutro	no sabe	no hay	positivo	negativo	neutro	no hay	no sabe			
Hombres	17	1	2	1	1	11	1	8				
Mujeres	20			1	2	9	4	2	4			
	poli_cult	cali_prod		ingr_eco	dise_ene		dan_cult		div_plant		reg_clim	
	no sabe	no sabe	no hay	no hay	no sabe	no hay	no sabe	no hay	no sabe	no hay	no sabe	no hay
Hombres		2			3	9		12		1	3	6
Mujeres	1	5	1	1	6	8	1	10	2		8	4

Anexo 12 Lista de acciones para promover la conservación de abejas, sugerida por el CINAT

1) Políticas municipales en cuanto al uso de herbicidas en zonas públicas, 2) A nivel de MAG capacitar productores en manejos con menos uso de agroquímicos, 3) Promover huerta en hogares y escuelas (educación ambiental), 4) Legislar la actividad de la meliponicultura (trampas y extracción de recursos), 5) Fomentar protección de polinizadores en áreas públicas con siembra de flores y "hoteles"

para abejas, 6) Educación en uso de plantas melíferas y reforestación a nivel local y provincial, 7) Regulación de la actividad de meliponicultura, 8) Implementación de una estrategia nacional o local de protección de polinizadores, 9) SENASA debe trabajar por la disminución de uso e importación de plaguicidas e impedir la importación de abejas exóticas (*Bombus*) y buscar alternativa local, 10) Educación asociada e implementar programa en el MEP, 11) Permisos para realizar nuevos proyectos (estudios de impacto) que contemplen el impacto en poblaciones de abejas, 12) Promover el reciclado, 12) Empoderar, educar y organizar a las comunidades en la conservación y uso nacional de los recursos.

Buenas prácticas
Incremento de cercas vivas alrededor de cultivos o en potreros
Combinación de cultivos, diversificación
Arbustos atractivos para abejas, dispersos en la finca, formando pequeñas islas
Evitar el uso de pesticidas (Gliphosate, Neonicoides, Piretroides, Piretrinas) u otros agroquímicos.
Evitar la quema de caña.
Evitar la quema de malezas
Rotación de cultivos
Manejo adecuado de los recipientes de residuos químicos que se lavan en ríos.
Cuidar c/ el procesamiento del café en los ríos.
Dar preferencia a plantación forestal con árboles nativas.
Uso de semillas no tratadas, preferiblemente nativas.
Promover abundancia de flores en los jardines.

Anexo 13 Lista de cultivos y arboles melíferas que contribuyen a la presencia de abejas

Lista cultivos	Abejas visitantes
Caimito (<i>Chrysophyllum cainito</i>)	<i>Apis mellífera</i> . Es posible que otras, no saben pues las flores están en el alto.
Banano	<i>Trigona fulviventris</i> , <i>Trigona silvestriana</i> , <i>Trigona corvina</i> .
Carao (<i>Cassia grandis</i>)	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona Costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
Chile dulce	<i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Paratetrapedia</i> .
Tomate	<i>Melipona constaricensis</i> , <i>Bombus</i> , <i>Nanotrigonas</i> . Mueren cuando hay fumigación.
Pimienta	<i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Trigona fulviventris</i> .
Papaya	<i>Trigona angustula</i> , <i>Trigona fulviventris</i> . Trigonas de manera general.
Papa	<i>Apis mellífera</i> y <i>Bombus</i> .
Pejybaye	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .

Guayaba de Costa Rica – Cas (<i>Psidium friedrichsthalianum</i>)	<i>Apis mellífera</i> , <i>Trigona fulviventris</i> y <i>Melipona costaricensis</i> .
Guanabana (<i>Anona muricata</i>)	<i>Trigona fulviventris</i> y <i>Trigona angustula</i> a coleccionar resina
Manzana de agua (<i>Zygiium malaccense</i>)	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
Aguacate	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
Frijol verde	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
<i>Ceiba pentandra</i>	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
Guayaba (<i>Psidium guajava</i>)	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
Poró (<i>Erythrina poeppigiana</i>)	<i>Apis mellífera</i> , <i>Trigona fulviventris</i> , <i>Trigona angustula</i> y <i>Nanotrigonas</i> .
Chayote	<i>Trigona fulviventris</i> , <i>Trigona angustula</i> .
Pepino	<i>Apis mellífera</i> , <i>Trigona fulviventris</i> , <i>Trigona angustula</i> . Cuando hay fumigación mueren.
Pastos quicuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	Si logran florecer es posible que las <i>Apis mellífera</i> estén más presentes.
Pastos estrella (<i>Cynodon plectostachyus</i>)	

Árboles y flores de bosque maduro y secundario	Abejas visitantes
<i>Ocotea nicaragüenses</i>	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
<i>Vismia macrophylla</i> - achiotillo	<i>Apis mellífera</i>
<i>Cecropia obtusifolia</i> - guarumo colorado	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
<i>Croton draco</i> – targuá - tartaragua	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
<i>Citharexylum caudatum</i> - dama – huele noche	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
<i>Cecropia peltata</i>	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> .
<i>Croton megistocarpus</i>	Todas: <i>Trigona angustula</i> , <i>Apis mellífera</i> , <i>Melipona costaricensis</i> y <i>Trigona fulviventris</i> . Es posible que los <i>Croton</i> de manera general sean polinizadas por todas.
<i>Cornus peruviana</i>	Es posible que la <i>Apis mellífera</i> .
<i>Ficus caldasiana</i>	<i>Apis mellífera</i> .
<i>Ficus crassivenosa</i>	<i>Apis mellífera</i> .
<i>Inga allenii</i>	<i>Melipona costaricensis</i> y otras meliponas de manera en general.
<i>Inga exalata</i>	<i>Melipona costaricensis</i> y otras meliponas de manera en general.
<i>Ocotea stenoneura</i> – quisarrá amarillo - yayo	Es posible que todas.
<i>Ocotea pullifolia</i>	Es posible que todas.

Anexo 14 Lista de abejas identificadas por Solis Rodriguez 2014, segun su abundancia por tipo de uso de suelo

