

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**



**VALORACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN PROVISTO POR
ABEJAS EN EL CULTIVO DE MELÓN EN EL DEPARTAMENTO DE ZACAPA
DURANTE 2019 MEDIANTE LA ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS COLMENAS
MANEJADAS Y LA POLINIZACIÓN MANUAL COMO APOORTE A LA CUENTA
EXPERIMENTAL DE ECOSISTEMAS DE GUATEMALA**

LIC. SARA VERÓNICA ORTIZ DE LEÓN

**GUATEMALA, JUNIO DE 2020.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN ECONOMÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES**



**VALORACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN PROVISTO POR
ABEJAS EN EL CULTIVO DE MELÓN EN EL DEPARTAMENTO DE ZACAPA
DURANTE 2019 MEDIANTE LA ESTIMACIÓN DEL COSTO DE LAS COLMENAS
MANEJADAS Y LA POLINIZACIÓN MANUAL COMO APOORTE A LA CUENTA
EXPERIMENTAL DE ECOSISTEMAS DE GUATEMALA**

Informe final de tesis para la obtención del Grado Académico de Maestro en Ciencias, con base en el Instructivo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, el 15 de octubre de 2015, según Numeral 7.8 Punto SÉPTIMO del Acta No. 26-2015 y ratificado por el Consejo Directivo del Sistema de Estudios de Postgrado -SEP- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, según Punto 4.2, subincisos 4.2.1 y 4.2.2 del Acta 14-2018 de fecha 14 de agosto de 2018.

Asesor

DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS

Autor:

LIC. SARA VERÓNICA ORTIZ DE LEÓN

GUATEMALA, JUNIO DE 2020.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

Decano: Lic. Luis Antonio Suárez Roldán
Secretario: Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
Vocal I: Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez
Vocal II: MSc. Byron Giovani Mejía Victorio
Vocal III: Vacante
Vocal IV: BR. CC.LL. Silvia María Oviedo Zacañas
Vocal V: P. C. Omar Oswaldo García Matzuy

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ
EL EXAMEN GENERAL DE TESIS SEGÚN
EL ACTA CORRESPONDIENTE

Presidente: MSc. José Ramón Lam Ortiz
Secretario: MSc. Walter Adrián Ruiz Alvarado
Vocal I: MSc. Mario Alejandro Arriaza Salazar



ACTA No. 05-2020

ACTA/EP No. 0911

De acuerdo al estado de emergencia nacional decretado por el Gobierno de la República de Guatemala y a las resoluciones del Consejo Superior Universitario, que obligaron a la suspensión de actividades académicas y administrativas presenciales en el campus central de la Universidad, ante tal situación la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ciencias Económicas, debió incorporar tecnología virtual para atender la demanda de necesidades del sector estudiantil, en esta oportunidad nos reunimos de forma virtual los infrascriptos miembros del Jurado Examinador, el **15 de mayo** de 2020, a las **18:00** horas para practicar el **EXAMEN GENERAL DE TESIS** de la Licenciada **Sara Verónica Ortiz de León**, carné No. **100024172**, estudiante de la Maestría en Economía Ambiental y de Recursos Naturales de la Escuela de Estudios de Postgrado, como requisito para optar al grado de Maestro en Economía Ambiental y de Recursos Naturales. El examen se realizó de acuerdo con el Instructivo de Tesis, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ciencias Económicas, el 15 de octubre de 2015, según Numeral 7.8 Punto SÉPTIMO del Acta No. 26-2015 y ratificado por el Consejo Directivo del Sistema de Estudios de Postgrado -SEP- de la Universidad de San Carlos de Guatemala, según Punto 4.2, subincisos 4.2.1 y 4.2.2 del Acta 14-2018 de fecha 14 de agosto de 2018-----

Cada examinador evaluó de manera oral los elementos técnico-formales y de contenido científico profesional del informe final presentado por el sustentante, denominado **"VALORACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN PROVISTO POR ABEJAS EN EL CULTIVO DE MELÓN EN EL DEPARTAMENTO DE ZACAPA POR MEDIO DEL MÉTODO DE COSTOS DE REEMPLAZO COMO APOORTE A LA CUENTA EXPERIMENTAL DE ECOSISTEMAS DE GUATEMALA"**, dejando constancia de lo actuado en las hojas de factores de evaluación proporcionadas por la Escuela. El examen fue **APROBADO** con una nota promedio de **76** puntos, obtenida de las calificaciones asignadas por cada integrante del jurado examinador. El Tribunal hace las siguientes recomendaciones: Que el sustentante incorpore las enmiendas señaladas dentro de los 15 días calendario.

En fe de lo cual firmamos la presente acta en la Ciudad de Guatemala, a los quince días del mes de mayo del año dos mil veinte.



MSc. José Ramón Lam Ortiz
Presidente



MSc. Walter Adrian Ruiz Alvarado
Secretario



MSc. Mario Alejandro Arriaza Salazar
Vocal I



Licda. Sara Verónica Ortiz de León
Postulante

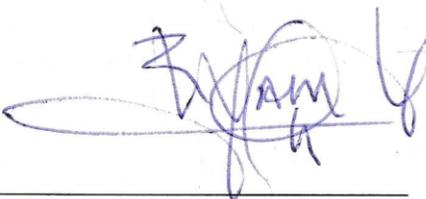


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ADENDUM

El infrascrito Presidente del Jurado Examinador CERTIFICA que la estudiante Sara Verónica Ortiz de León, incorporó los cambios y enmiendas sugeridas por cada miembro examinador del Jurado.

Guatemala, 1 de junio de 2020.

(f) 

MSc. José Ramón Lam Ortiz
Presidente



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS

Edificio "s-8"
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

J.D-TG. No. 00575-2020
Guatemala, 02 de septiembre del 2020

Estudiante
Sara Verónica Ortiz de León
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estudiante:

Para su conocimiento y efectos le transcribo el Punto Sexto, inciso 6.1, subinciso 6.1.1 del Acta 15-2020, de la sesión celebrada por Junta Directiva el 14 de agosto de 2020, que en su parte conducente dice:

"SEXTO: ASUNTOS ESTUDIANTILES

6.1 Graduaciones

6.1.1 Elaboración y Examen de Tesis

Se tienen a la vista las providencias de las Escuelas de Contaduría Pública y Auditoría y Estudios de Postgrado; en las que se informa que los estudiantes que se indican a continuación, aprobaron el Examen de Tesis, por lo que se trasladan las Actas de los Jurados Examinadores de Tesis y expedientes académicos.

Junta Directiva acuerda: 1°. Aprobar las Actas de los Jurados Examinadores de Tesis. 2°. Autorizar la impresión de tesis y la graduación a los siguientes estudiantes:

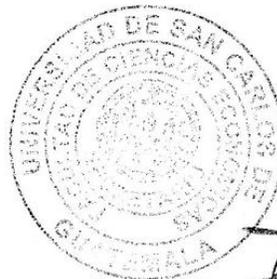
Maestría Economía Ambiental y de Recursos Naturales:

Estudiante:	Registro Académico:	Tema de Tesis:
Ref. 19-2020 <u>Sara Verónica Ortiz de León</u>	<u>100024172</u>	VALORACIÓN DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN PROVISTO POR ABEJAS EN EL CULTIVO DE MELÓN EN EL DEPARTAMENTO DE ZACAPA POR MEDIO DEL MÉTODO DE COSTOS DE REEMPLAZO COMO APOORTE A LA CUENTA EXPERIMENTAL DE ECOSISTEMAS DE GUATEMALA

3°. Manifestar a la estudiante que se le fija un plazo de seis meses para su graduación".

"D Y ENSEÑAD A TODOS"

LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO



AGRADECIMIENTOS

- | | |
|--------------------------------------|--|
| A mis padres | Por apoyarme siempre y acompañarme en cada paso de mi vida, gracias a ustedes he logrado todo lo que me he propuesto |
| A mi asesor y amigo, Ottoniel | Gracias por el apoyo y por creer en mí siempre |
| A Ángel | Por acompañarme y ayudarme a localizar a los productores y a entender el proceso de producción de melón en Zacapa, te estaré por siempre agradecida |
| A los productores de melón de Zacapa | Por sus aportes a esta investigación y por su apertura |
| A mis amigas Sara y Daniela | Que estuvieron conmigo durante el proceso de elaboración de esta tesis y que, con sus investigaciones y apoyo, me ayudaron a comprender el rol de las abejas en nuestros ecosistemas |
| A mi pareja, Hes | Que aguanto los desvelos y me acompaño en el trabajo de campo, me apoyas mucho, y lo agradezco |
| A mis amigos en general | Que apoyaron y sufrieron de forma directa o indirecta todo o parte del proceso |
| A los ecosistemas y las abejas | Por permitirnos vivir y apreciar su majestuosidad, sin ustedes, no podemos vivir |

CONTENIDO

	Páginas
ACRÓNIMOS.....	i
RESUMEN.....	i
INTRODUCCIÓN.....	iv
1. ANTECEDENTES	7
2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	6
2.1 Ecosistemas y servicios ecosistémicos.....	6
2.1.1 Definición de ecosistema y de servicio ecosistémico	6
2.1.2 Servicio ecosistémico de polinización	11
2.1.3 Ecosistemas de Guatemala	14
2.2 Valoración económica y métodos de valoración del ambiente	17
2.2.1 El valor económico total de un bien ambiental	17
2.2.2 Métodos de valoración	22
2.2.3 Valoración de servicios ecosistémicos para contabilidad ambiental.....	26
2.2.4 Método de costo de reemplazo	28
2.3 Contabilidad ambiental y de ecosistemas	29
2.3.1 Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico: Marco Central.....	30
2.3.2 Contabilidad de ecosistemas y su aproximación en Guatemala	32
2.4 Agricultura en Guatemala y el servicio de polinización	36
2.4.1 Cultivo de melón	38
3. METODOLOGÍA.....	42
3.1 Definición del problema	42
3.2 Objetivos	46
3.2.1 <i>Objetivo General</i>	46
3.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	46
3.3 Hipótesis de investigación	46
3.4 Variables	47
3.5 Área de estudio	47
3.6 Diseño utilizado	50
3.7 Objeto de investigación	50

3.8 Instrumento de medición	51
3.9 Resumen del procedimiento metodológico.....	52
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	55
4.1 Describir el proceso y los factores de producción utilizados en el cultivo de melón en Zacapa.....	55
4.2 Estimar la producción de melón dependiente de la polinización por abejas en 2019 ...	63
4.3 Identificar las técnicas alternativas que pueden ser utilizadas para la polinización de melón	65
4.4 Determinar el costo de reemplazo del servicio ecosistémico de la polinización provisto por las abejas en el cultivo de melón usando como alternativa las colmenas manejadas y la polinización manual	67
4.4.1 Colmenas manejadas.....	67
4.4.2 Polinización manual	69
4.5 Aportar a la Cuenta Experimental de Ecosistemas, parte del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico de Guatemala, con métodos, costos, resultados y lecciones aprendidas de la aplicación de la valoración.....	72
5. CONCLUSIONES.....	76
6. RECOMENDACIONES	79
7. FUENTES DE INFORMACIÓN	81
ANEXOS.....	89
Anexo 1. Borrador inicial de instrumento para recolección de información de producción de melón.....	89
Anexo 2. Versión final de instrumento para recolección de información de producción de melón.....	92
Anexo 3: Valoraciones económicas de los servicios ecosistémicos reportados en quetzales equivalentes de 2019.....	94
Anexo 4. Estado de contabilidad de los ecosistemas a nivel mundial, ejemplos de algunos países.....	96
Anexo 5. Mapa de ecosistemas	98
Anexo 6. Fotografías del área de estudio	99

Índice de Cuadros

	Páginas
Índice de Cuadros	
Cuadro 1. Relación entre las funciones, procesos y componentes de un ecosistema.....	9
Cuadro 2. Comparación entre clasificaciones de ecosistemas para Guatemala	15
Cuadro 3. Ejemplos de valores de uso y de no uso	19
Cuadro 4. Métodos usados en la valoración del servicio ecosistémico de polinización en el mundo.....	24
Cuadro 5. Tipos de melones más comunes cultivados en el mundo.....	38
Cuadro 6. Datos de producción del cultivo de melón en el departamento de Zacapa durante 2019	59
Cuadro 7. Datos de colmenas reportados por productores de melón en 2019	68
Cuadro 8. Valoración de servicios ecosistémicos de Guatemala en quetzales nominales 2019	73

Índice de Figuras

Páginas

Índice de Figuras

Figura 1. Funciones y valores de los ecosistemas	8
Figura 2. Excedentes del consumidor y del productor	20
Figura 3. Flujos físicos de insumos naturales, productos y residuos.....	31
Figura 4. Modelo básico de los stocks y flujos de los ecosistemas	33
Figura 5. Relación entre las subcuentas que confirman la Cuenta Experimental de Ecosistemas	34
Figura 6. Municipios del departamento de Zacapa.....	48
Figura 7. Área cultivada de melón durante 2019 por tipo de productor	57
Figura 8. Ingresos, costos y utilidades reportadas por los productores de melón durante 2019	61
Figura 9. Producción de melón en el periodo 2014-2018	64
Figura 10. Estructura floral de melón.....	66
Figura 11. Siembra de maíz en uno de los terrenos ocupados para el cultivo de melón durante el invierno 2019	99
Figura 12. Canal de conducción de riego para el área de cultivo	99
Figura 13. Siembra de melón parcialmente cubierto con manta flotante	100
Figura 14. Cultivo de melón.....	100
Figura 15. Colmenas en medio de dos parcelas de cultivo de melón.....	101

ACRÓNIMOS

AP	Áreas protegidas
BANGUAT	Banco de Guatemala
BM	Banco Mundial
CE	Comisión Europea
CEE	Cuenta experimental de ecosistemas
CICES	Clasificación Internacional Común de Servicios Ecosistémicos
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas
COU	Cuadro de oferta y utilización
EPA	Agencia de Protección Ambiental
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INE	Instituto Nacional de Estadística
MEA	Evaluación de Ecosistemas del Milenio
MINFIN	Ministerio de Finanzas Públicas
PIB	Producto Interno Bruto
PTEC	Comité de Políticas y Expertos Técnicos de WAVES
SCAE	Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica
SCN	Sistema de Cuentas Nacionales
SE	Servicios ecosistémicos
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia
SIG	Sistema de Información Geográfica
TEEB	<i>The Economics of Ecosystems and Biodiversity</i>
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
WAVES	Alianza Mundial para la Contabilidad de la Riqueza y la Valoración de los Servicios de los Ecosistemas

RESUMEN

Los ecosistemas, a través de su estructura y funciones, proveen una variedad de servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar humano de forma directa e indirecta. Sin embargo, el cambio de uso de la tierra, la fragmentación de hábitats, la contaminación y la explotación de los recursos, afectan a los ecosistemas y la provisión de los servicios ecosistémicos, disminuyendo la cantidad y calidad de beneficios que percibe la humanidad.

Uno de estos servicios es la polinización, que es prerequisite para la reproducción sexual de muchas plantas y que se relaciona con la producción de semillas y frutos, aumentando la productividad o mejorando la apariencia de la fruta. De los distintos polinizadores, las abejas son consideradas las más importantes influyendo en la producción de variedad de frutas, vegetales, semillas oleaginosas, forraje, fibras y especies, entre las cuales se encuentra el melón. Sin embargo, alrededor del mundo se ha visto una disminución en la población de abejas, tanto melíferas como silvestres, debido al incremento en uso de pesticidas, cambio de uso de la tierra y la eliminación de su hábitat de forrajeo y anidación, además de enfermedades y plagas que las afectan.

Por otro lado, el Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) no contabiliza los procesos de degradación y agotamiento de los ecosistemas, por lo que se hace necesario usar otras iniciativas que permitan medir y valorar los beneficios que provee el ambiente y que de otra forma permanecerían sin reconocer y sin tomarse en cuenta en la política pública. Una de estas alternativas es la contabilidad ambiental, que, en la cuenta experimental de ecosistemas, permite registrar los cambios en la provisión de servicios ecosistémicos derivados de cambios en la extensión y condición de los ecosistemas.

Esta tesis confirmó la hipótesis de investigación, comprobando que el valor del servicio ecosistémico de polinización por abejas en el cultivo de melón ha sido revelado en el costo de renta de colmenas, por lo que fue posible estimarlo con el método de costos de

reemplazo, midiendo el costo de la renta de colmenas manejadas que actualmente es utilizado como parte de los insumos de producción del cultivo en el departamento de Zacapa durante 2019.

La información para evaluar la hipótesis y alcanzar los objetivos de investigación de esta tesis proviene de una investigación bibliográfica e información de fuentes primarias a través de una encuesta realizada a los productores de melón en el área.

De acuerdo con la información recopilada durante el trabajo de campo, se logró determinar que en el departamento de Zacapa se encuentran 16 productores de melón, de los cuales doce son productores independientes y cuatro son empresas agroexportadoras. Se entrevistó al universo completo, mediante una boleta compuesta de 14 preguntas obteniendo la información de la producción de melón, la importancia y uso de colmenas con abejas melíferas utilizada en el proceso y la información de los costos de producción.

Se determinó por medio del método de costos de reemplazo que el valor del servicio para el cultivo de melón durante el 2019 fue de Q1,403,099 para el total de la producción de melón equivalente a 414,003 toneladas métricas que se sembraron durante 2019. El costo promedio fue equivalente a Q10.00 por tonelada métrica producida o Q352.85 por hectárea. Todo esto calculado para 16,132 hectáreas sembradas de melón en el departamento de Zacapa con un rendimiento promedio de 33 toneladas métricas por hectárea.

INTRODUCCIÓN

El Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) no contabiliza los procesos de degradación y agotamiento que sufren los ecosistemas y que inciden en una disminución de la calidad y cantidad de beneficios que la sociedad obtiene del ambiente natural (Barbier, 2014). Como alternativa para poder evidenciar estas contribuciones de la naturaleza al bienestar humano, se promueve el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico (SCAE), que mide y valora los activos de los ecosistemas y sus contribuciones a la humanidad en la forma de servicios ecosistémicos que se aprovechan de forma directa o indirectamente (Naciones Unidas [ONU], Comisión Europea [CE], Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], Fondo Monetario Internacional [FMI], Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] y Banco Mundial [BM], 2014a).

Uno de los servicios ecosistémicos más importantes es el de la polinización, que permite la producción y mejora los rendimientos de cultivos agrícolas, siendo responsable de la reproducción de aproximadamente 90% de las 250,000 especies de angiospermas (plantas con flores) y al menos un 35% de la producción mundial de alimentos (Aizen, Garibaldi, Cunningham y Klein, 2009). Esta interacción afecta la supervivencia humana a través de su rol en el sostenimiento de la biodiversidad y contribuye a la integridad de la mayoría de los ecosistemas terrestres (Aizen et al., 2009).

Para poder llevar a cabo el proceso de polinización, las plantas requieren de dos clases de agentes externos: los agentes abióticos (gravedad, viento y agua) y/o los agentes bióticos (insectos, invertebrados y vertebrados), de los cuales la más efectiva es la polinización por abejas (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018), resaltando la importancia la conservación de polinizadores y su impacto en la conservación de las plantas y ecosistemas.

Entre los productos agrícolas que necesitan de las abejas para su polinización y reproducción se puede mencionar el melón (FAO, 2018), que es un cultivo importante en

la economía y las exportaciones en Guatemala, siendo el segundo mayor exportador a nivel mundial en 2017 (FAOSTAT, s.f.). Este cultivo es dependiente de la polinización por abejas para generar frutos.

Sin embargo, alrededor del mundo se ha visto una disminución en la población de abejas, tanto melíferas como silvestres, debido al incremento en uso de pesticidas, cambio de uso de la tierra y la eliminación de su hábitat de forrajeo y anidación, además de enfermedades y plagas que las afectan (FAO, 2018).

Esta tesis parte de la pregunta de investigación, ¿cuál es el valor económico del servicio ecosistémico de polinización para el cultivo de melón? de la cual se desprende la hipótesis de que el valor del servicio ecosistémico de polinización por abejas en el cultivo de melón ha sido revelado en el costo de renta de colmenas, por lo cual fue posible estimarlo con el método de costos de reemplazo, midiendo el costo de la renta de colmenas manejadas que actualmente es utilizado como parte de los insumos de producción del cultivo en el departamento de Zacapa durante 2019.

La tesis tuvo un objetivo general y cinco objetivos específicos, siendo el objetivo principal valorar el servicio ecosistémico de polinización por abejas en el cultivo de melón en el departamento de Zacapa en Guatemala durante el año 2019 a través del método de costos de reemplazo utilizando las alternativas de colmenas manejadas y polinización manual. Los objetivos específicos, son: 1) Describir el proceso y los factores de producción utilizados en el cultivo de melón en Zacapa, 2) Estimar la producción de melón dependiente de la polinización por abejas en 2019, 3) Identificar las técnicas alternativas que pueden ser utilizadas para la polinización de melón, 4) Determinar el costo de reemplazo del servicio ecosistémico de la polinización provisto por las abejas en el cultivo de melón usando como alternativa las colmenas manejadas y la polinización manual y 5) Aportar a la Cuenta Experimental de Ecosistemas, parte del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico de Guatemala, con métodos, costos, resultados y lecciones aprendidas de la aplicación de la valoración.

El informe se compone de seis capítulos, donde el primer capítulo se conforma de los antecedentes, que describen la problemática alrededor de la importancia que tiene el servicio de polinización por abejas para la sociedad y la disminución que se está teniendo en sus poblaciones, así como la falta de estimación del valor de los servicios ecosistémicos, que actualmente no se incluyen en las medidas de riqueza de los países, y que debido a su falta de entendimiento y valoración, se están perdiendo.

El segundo capítulo es el marco teórico y conceptual, en el cual se incluyen las teorías existentes en cuanto a los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos; la valoración económica y los métodos de valoración para servicios ecosistémicos; la alternativa del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico para incluir la información del estado y evolución del ambiente y los ecosistemas como una cuenta satélite y cómo se ha desarrollado el tema de la cuenta de ecosistemas en Guatemala, finalizando con una descripción de la importancia de la agricultura y el cultivo de melón para la economía guatemalteca.

El tercer capítulo describe la metodología utilizada, que consistió en el método de costos de reemplazo. Se utilizaron fuentes secundarias a través de una investigación bibliográfica y fuentes primarias por medio de una encuesta realizada al universo de productores de melón en el departamento de Zacapa.

El cuarto capítulo consta de la discusión de los resultados obtenidos como producto del desarrollo de la tesis, los cuales se presentan de acuerdo a los objetivos planteados, e incluyen una descripción del proceso y factores de producción utilizados en el cultivo de melón en el departamento de Zacapa, el cálculo de la producción dependiente de polinización por abejas para el año 2019, el valor del servicio de polinización por medio del método de costo de reemplazo y cómo los resultados de esta tesis aportan a la cuenta experimental de ecosistemas de Guatemala.

El quinto capítulo contiene las principales conclusiones que surgieron a partir de la hipótesis planteada, de los objetivos y de la discusión de resultados. Y el sexto, y último

capítulo, contiene las recomendaciones para la aplicación del método de costo de reemplazo y para mantener la salud de las abejas para la continuidad del servicio de polinización.

El resultado principal de esta tesis es el valor del servicio de polinización para la producción total del cultivo de melón para el 2019, estimado en Q1,403,099 para las 16,132 ha cultivadas y las 414,003 toneladas métricas de producto, evidenciando la importancia del servicio para este cultivo en particular.

1. ANTECEDENTES

Los servicios ecosistémicos brindan múltiples beneficios directos e indirectos a la humanidad, entre los que se puede mencionar la provisión de agua y alimentos, la protección contra tormentas, la captura de carbono y la recreación, así como los aspectos culturales dadas ciertas características naturales como belleza escénica o importancia histórica.

Dado la importancia de los servicios ecosistémicos, se han realizado diversos estudios para valorar los servicios de provisión, regulación y culturales (Kroupová, Havlíková, Hálová y Malý, 2016; La Notte et al., 2014; Paletto et al., 2015; Watson, Ricketts, Galford, Polasky y O'Neil-Dunne, 2016 y Whitham, Shi y Riordan, 2015). Adicionalmente, se pueden mencionar varios estudios que han intentado calcular activos o flujos ambientales con fines de incluirlos en la contabilidad ambiental (Campbell y Brown, 2012; Fenichel y Abbott, 2014; Lachaud y Maldonado, 2011; Singh, Kotwal y Mali, 2010 y Xu, Yu, Yue y Xie, 2013).

De acuerdo con FAO (2018), uno de los servicios ecosistémicos más importantes es el de la polinización, que influye en la diversidad genética y la conservación de los ecosistemas, al mismo tiempo que impacta en la productividad y continuidad de la agricultura. La polinización puede ser provista por factores abióticos (viento, agua o gravedad) o bióticos (animales), siendo las abejas los principales polinizadores animales, en especial en el área del trópico. La importancia de la polinización en la agricultura es ampliamente reconocida dado que la lista de cultivos que depende total o parcialmente de los polinizadores ha ido en aumento (FAO, 2018).

Sin embargo, el servicio de polinización provisto por abejas se encuentra amenazado, principalmente por el incremento en el uso de pesticidas, la destrucción de su hábitat, enfermedades y competencia por otros polinizadores introducidos. Al mismo tiempo, la falta de reconocimiento de la labor de las abejas nativas y su aporte a la polinización de cultivos, siendo en algunos casos mejores que las abejas melíferas, también ha ocasionado un declive en las poblaciones silvestres por falta de información y destrucción

de los ecosistemas que necesitan para su anidación y alimentación (FAO, 2018).

Dada la importancia para la agricultura y para los ecosistemas, el servicio ecosistémico de polinización ha sido valorado por diferentes métodos a nivel mundial, a saber: análisis de productividad (Garratt, Breeze, Jenner, Polce, Biesmeijer y Potts, 2014; Greenleaf y Kremen, 2006 y Olschewski, Tschardtke, Benítez, Schwarze y Klein, 2006); a través de estimar la dependencia del cultivo en la polinización, multiplicando el valor del producto agrícola por la proporción del rendimiento que se perdería sin polinizadores (Brading, El-Gabbas, Zalat y Gilbert, 2009; Calderone, 2012 y Losey y Vaughan, 2006); los cambios del excedente del consumidor y/o del productor (Gallai, Salles, Settele y Vaissiere, 2009 y Kasina, Mburu, Kraemer y Holm-Mueller, 2009); precios de mercado en colmenas manejadas (Burgett, Daberkow, Rucker y Thurman, 2010) y función de producción o costos de reemplazo (Allsopp, de Lange y Veldtman, 2008 y Winfree, Gross y Kremen, 2011). La aplicación de los diferentes métodos se puede observar con detalle en la sección 2.2.2 en la página 24 donde se amplía la explicación de la valoración de este servicio ecosistémico.

Los resultados de las valoraciones a nivel mundial mencionadas anteriormente han variado entre US\$ 33.00 a US\$ 2,583.00 por hectárea, y han determinado el valor total anual del servicio desde US\$ 0.21 millones a US\$ 209 mil millones, dependiendo del cultivo, el país y el método de valoración utilizado. En Guatemala, Fernández (2016) realizó un modelo para conocer la dinámica bioeconómica del servicio de polinización, proponiendo un ejercicio de valoración de polinización en cultivos agrícolas utilizando como estudio de caso un rango de influencia de 10 km alrededor del Parque Nacional Laguna Lachuá. Fernández (2016) utilizó el método de costos de reemplazo, pero con estimaciones de experto sobre los costos de renta de colmenas promedio en Guatemala, sin tomar en cuenta otros métodos de reemplazo de la polinización, como la polinización manual o el esparcimiento de polen. Aunque el modelo de la dinámica de polinización es de una relevancia importante, la valoración monetaria fue preliminar por lo que aún es necesario complementar y ajustar sus resultados.

La presente investigación profundiza en la valoración del servicio ecosistémico de polinización, tomando como estudio de caso el cultivo de melón en Guatemala, que es un importante producto de exportación (BANGUAT, 2019b). Guatemala fue el segundo mayor exportador de melón del mundo en 2017, con el 12% de las exportaciones mundiales y 511,716 toneladas exportadas (FAOSTAT, s.f.). Las sandías y melones representaron el 0.30% del producto interno bruto (PIB) en el periodo 2013-2018 (BANGUAT, 2019a). Asimismo, se reportaron \$134,667,590 de ingresos por su exportación en 2018, equivalente al 1.23% de las exportaciones del país (BANGUAT, 2019b). Al mismo tiempo, la tesis provee información para considerar el aporte de este servicio ecosistémico en las cuentas nacionales, a través de su incorporación a la cuenta experimental de ecosistemas de Guatemala.

El Sistema de Contabilidad Nacional (SCN) no toma en cuenta los costos privados y públicos del uso de los recursos naturales y la degradación del medio ambiente, a pesar de que estos proveen bienes y servicios que benefician a la producción y al consumo humano (ONU, 2000). De esta forma, surgió la contabilidad ambiental como una alternativa para contabilizar, de manera amplia y comprensiva, la sostenibilidad del crecimiento económico y del desarrollo, tomando en cuenta los activos naturales no comercializables y las pérdidas derivadas del agotamiento y degradación del capital natural (ONU et al, 2014a).

En cuanto al tema específico de ecosistemas, Naciones Unidas publicó el manual SCAE 2012: Contabilidad experimental de ecosistemas, que sirve como un marco estadístico para organizar, medir y darle seguimiento a los activos y servicios de los ecosistemas. Sin embargo, es importante mencionar que aún no es considerado un estándar internacional, ya que es un tema relativamente nuevo que aún necesita avanzar en términos de conceptos y teorías, así como de los métodos para su medición. La presente investigación parte de la necesidad de medición de los ecosistemas y su valoración de forma consistente con los principios de valoración de mercado y de la falta de información sobre los servicios ecosistémicos.

Asimismo, algunos países han avanzado en la compilación de la cuenta experimental de ecosistemas y de servicios ecosistémicos, como en el caso de Perú que valoró los servicios de provisión (madera, agua, animales silvestres y leña), regulación (hidrológica, de sedimentos y clima) y culturales (ecoturismo) de una provincia (Conservación Internacional Perú, 2016). Otro ejemplo que se puede mencionar es Australia, que midió los servicios de la pesca deportiva y comercial, la regulación del cambio climático y de recreación de una bahía en términos físicos (Eigenraam, Chua y Hasker, 2013). El resumen completo del estado de la contabilidad de ecosistemas en otros países puede consultarse en el Anexo 4. Sin embargo, aún quedan muchos vacíos en cuanto a la metodología de compilación y análisis de los servicios ecosistémicos, y especialmente las metodologías de valoración, por lo que es necesario continuar en la investigación de estos temas (ONU et al., 2014a).

A nivel mundial ONU (2018) ha reportado complicaciones y debate alrededor de la compilación de la cuenta experimental de ecosistemas, entre las que se pueden mencionar las principales, a saber: i) la definición de la clasificación de ecosistemas; ii) las características y los indicadores que se podrían usar para analizar el estado y la capacidad de los ecosistemas para proveer servicios ecosistémicos; iii) la descripción y clasificación de los servicios ecosistémicos para facilitar su valoración y iv) los métodos más apropiados para valorar los servicios, que sea consistente con la contabilidad nacional.

En el tema específico de las complicaciones derivadas de problemas en la descripción y clasificación de los servicios ecosistémicos y de los métodos de valoración más apropiados para su valoración, ONU (2018) resalta la necesidad de delimitar y diferenciar los servicios ecosistémicos de los beneficios que estos proveen y su relación con el SCN. En cuanto a las complicaciones relacionadas con la valoración, resaltan la importancia de probar los métodos de valoración, identificando los más apropiados y relevantes y su aplicación en miras de contribuir con la contabilidad nacional y ambiental.

Guatemala cuenta con una primera propuesta de la cuenta experimental de ecosistemas que incluye una clasificación de tipos de ecosistemas basado en zonas de vida, algunos indicadores de la condición de estos y un listado de los principales servicios ecosistémicos que se proveen a nivel nacional. Adicionalmente, contiene la compilación de 21 estudios de caso en los que se valoraron 36 servicios ecosistémicos, reportando un valor nominal aproximado de Q21,617 millones de quetzales (Instituto de investigación y proyección sobre ambiente natural y sociedad [Iarna], 2019b). Tomando en cuenta que estos estudios se realizaron en solamente el 9% de la extensión total del país, se espera que esta tesis contribuya con una metodología para valorar un servicio de suma importancia para la agricultura del país.

2. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Los ecosistemas contribuyen a las actividades económicas y humanas proveyendo bienes y servicios en la forma de insumos o beneficios indirectos, así como por su papel como receptor de desechos y emisiones. Para poder comprender la relevancia del servicio de polinización en la agricultura y en las cuentas ambientales, primero es necesario conocer el funcionamiento de los ecosistemas y cómo estos generan servicios ecosistémicos.

El marco teórico conceptual se divide en cuatro secciones, a saber: i) el funcionamiento de los ecosistemas y la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, enfatizando en el servicio de polinización, ii) la valoración económica y los distintos métodos de valoración que pueden utilizarse para la contabilidad ambiental, describiendo el método de costos de reemplazo; iii) la contabilidad ambiental y de ecosistemas, que incluye los resultados de la primera propuesta realizada para el país de la cuenta experimental de ecosistemas y iv) la agricultura en Guatemala, su relación y dependencia en la polinización y la importancia del cultivo de melón.

2.1 Ecosistemas y servicios ecosistémicos

A continuación, se introducen los conceptos de ecosistemas y servicios ecosistémicos, para luego listar sus clasificaciones y explicar el funcionamiento del servicio ecosistémico de polinización.

2.1.1 Definición de ecosistema y de servicio ecosistémico

Existen diferentes definiciones para el término ecosistema, iniciando con su planteamiento como unidad de estudio, por Arthur Tansley (1953, citado por Armenteras, González, Vergara, Luque, Rodríguez y Bonilla, 2016), quien indicaba que un ecosistema incluía el conjunto de organismos y los factores físicos complejos que forman lo que se conoce como medio ambiente. Más adelante, Odum (1971) definió al ecosistema como una unidad que incluye organismos que interactúan con el ambiente físico en un área, y

donde el flujo de energía permite la definición de estructuras, diversidad biótica y ciclos de materiales (Armenteras, et al, 2016). El Convenio sobre la Diversidad Biológica (1992) definió al ecosistema como una dinámica compleja de plantas, animales y comunidades de microorganismos, así como de los elementos abióticos, que interactúan como una unidad funcional (ONU, 1992). Por otro lado, en 2006 Sutton indicó que los organismos vivos interactúan entre sí y con los componentes químicos y físicos del ambiente que los rodea. Entonces, se puede definir un ecosistema como el conjunto de factores bióticos y abióticos que intercambian flujos de energía y materia en un área determinada y que interaccionan en conjunto para crear estructuras y funciones.

Los ecosistemas, tradicionalmente, se han visto como sistemas más o menos “naturales”, es decir, con poca influencia humana. Sin embargo, la actividad humana influencia los ecosistemas alrededor del mundo (ONU, CE, FAO, FMI, OCDE y BM, 2014b).

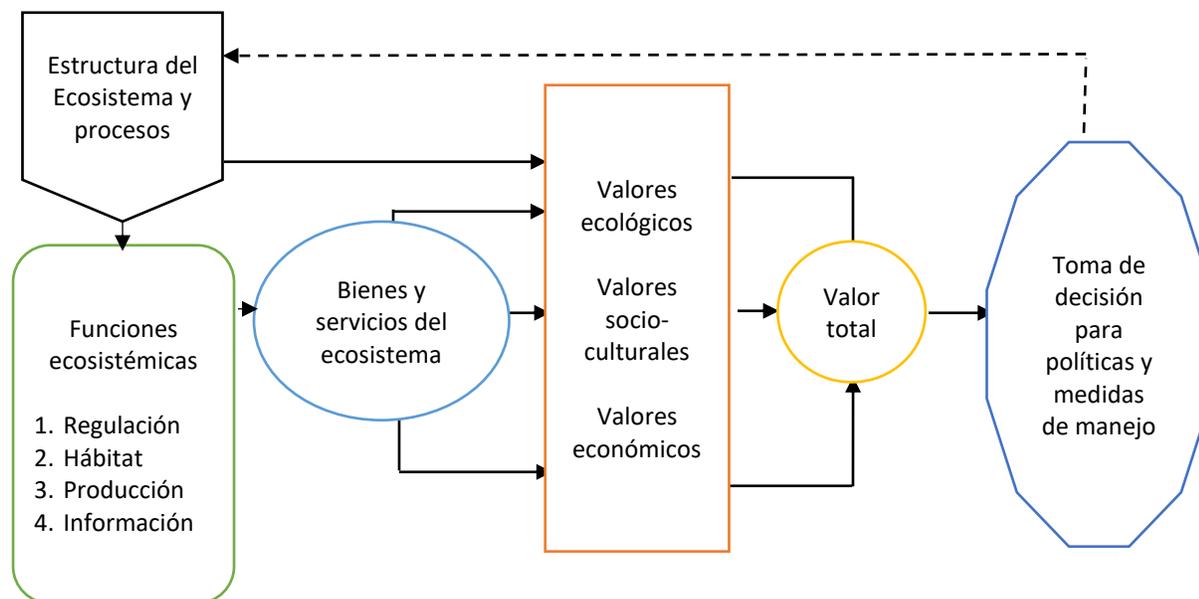
Los ecosistemas pueden ser tan pequeños como una gota de agua, y los microorganismos que en ella pueden habitar, hasta lo más grande, que es la biósfera o la Tierra. También pueden dividirse en ecosistemas acuáticos o terrestres, naturales o artificiales (Castañeda, 2008). Existen muchas formas de delimitar los ecosistemas, dependiendo de la escala de análisis, la distribución de organismos, el ambiente biofísico y las interacciones espaciales (Millennium Ecosystem Assessment, 2003). De acuerdo con la Evaluación de Ecosistemas del Milenio, se pueden delimitar en 10 categorías a nivel mundial: marinos, costeros, aguas continentales, bosques, tierras áridas, islas, montañas, polares, cultivados y urbanos, cuyos límites no son mutuamente excluyentes, sino se traslapan dependiendo de las condiciones climáticas, geofísicas, el uso dominante por humanos, la cobertura de la tierra, la composición de especies y el sistema de manejo de recursos (Millennium Ecosystem Assessment, 2003).

En la Figura 1 puede observarse un diagrama simplificando la complejidad ecológica (estructuras y procesos) a un número limitado de funciones de los ecosistemas. Las funciones ecosistémicas se usan para describir el funcionamiento interno de un ecosistema, con sus procesos ecológicos y estructuras, y su capacidad de proveer bienes

y servicios que satisfacen necesidades humanas de forma directa o indirecta. Cada función se deriva de un subsistema ecológico y sus procesos naturales, los que, a su vez, son resultado de interacciones complejas entre los componentes bióticos y abióticos.

Figura 1.

Funciones y valores de los ecosistemas



Fuente: Elaboración propia adaptado de De Groot (2002)

Las funciones de los ecosistemas pueden agruparse en cuatro categorías primarias, siendo estas (De Groot, 2002):

1. Funciones de regulación: se refiere a la capacidad de los ecosistemas para regular procesos ecológicos esenciales y sistemas de soporte de la vida mediante ciclos bioquímicos y otros procesos.
2. Funciones de hábitat: los ecosistemas proveen hábitat para el refugio y reproducción de las especies y contribuyen a la conservación de la biodiversidad.
3. Funciones de producción: se refiere a la producción de energía primaria por los autótrofos, que luego es aprovechada por productores secundarios para crear biomasa de mayor tamaño. Esto permite la producción de bienes utilizados para el consumo humano, como alimentos, materias primas y recursos energéticos y genéticos.

4. Funciones de información: los ecosistemas contribuyen a la salud humana a través de la provisión de oportunidades de reflexión, meditación, recreación y disfrute del paisaje.

El Cuadro 1 resume las relaciones que existen entre los flujos de ciertas funciones ecosistémicas, con los bienes y servicios que pueden atribuirse a los ecosistemas naturales y sus procesos y estructuras asociadas. En este caso se mencionan los bienes y servicios que pueden ser usados de forma sostenible, por lo que los recursos no renovables no están incluidos.

Cuadro 1.

Relación entre las funciones, procesos y componentes de un ecosistema

Funciones	Procesos y componentes del ecosistema	Ejemplos de bienes y servicios
De regulación	<i>Mantenimiento de procesos ecológicos esenciales y sistemas de soporte de la vida</i>	
1 Regulación del agua	El rol de la cobertura vegetal en la regulación de escorrentía y descarga de afluentes	<ul style="list-style-type: none"> • Drenaje e irrigación natural • Medio de transporte
2 Polinización	Rol de la biota en el movimiento de gametos florales	<ul style="list-style-type: none"> • Polinización de especies de plantas silvestres • Polinización de cultivos
3 Retención del suelo	El rol de las raíces de la vegetación en la biota del suelo y su retención	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de tierra cultivable • Prevención de daños por erosión/sedimentación
De hábitat	<i>Provisión de hábitat para las especies</i>	
5 Refugio	Espacio adecuado para la vida de plantas y animales	Mantenimiento de la biodiversidad y de especies comercializables
6 Criadero/Semillero	Hábitat adecuado para la reproducción	Permite la caza, la pesca, recolección de frutas, etc.
De producción	<i>Provisión de recursos naturales</i>	
7 Comida	Conversión de energía solar en plantas y animales aprovechables	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y manufactura • Combustible y energía • Forraje y fertilizantes
8 Recursos genéticos	Material genético y evolución de plantas y animales silvestres	Medicamentos y productos farmacéuticos
De información	<i>Provisión de oportunidades de desarrollo cognitivo</i>	

	Funciones	Procesos y componentes del ecosistema	Ejemplos de bienes y servicios
9	Recreación	Variedad de paisajes con usos recreativos potenciales	Ecoturismo, deportes al aire libre, etc.
10	Información artística y cultural	Variedad de características naturales con valor artístico y cultural	Uso de la naturaleza en libros, películas, pinturas, folklore, símbolos nacionales, etc.

Fuente: Elaboración propia adaptado de De Groot (2002)

Los servicios ecosistémicos pueden definirse como la producción de bienes, los procesos de regeneración y estabilización, las funciones que llenan la vida y las opciones de conservación (Daily, 1997). Además, se pueden entender como la contribución de la estructura y funciones del ecosistema al bienestar humano, que representa los beneficios directos o indirectos que el sistema natural provee para mantener la vida humana (Costanza et al., 1997). Desde la perspectiva económica ambiental, se puede definir a los servicios ecosistémicos como externalidades positivas, que, si se valoran en términos monetarios, pueden ser incorporados de manera más explícita en la toma de decisiones (ONU et al., 2014b). Así, se puede entender que un servicio ecosistémico es el conjunto de bienes y servicios, derivados de la estructura y funciones de los ecosistemas, que genera bienestar y calidad de vida al ser humano.

Existen varias clasificaciones para los servicios ecosistémicos a nivel mundial, entre las cuales se puede mencionar la clasificación de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (Millenium Ecosystem Assessment [MA]) de 2005, la Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad (The Economics of Ecosystem & Biodiversity [TEEB]) de 2010 y la Clasificación Común Internacional de Servicios Ecosistémicos (Common International Classification of Ecosystem Services [CICES]) de 2013. Todas coinciden en señalar las categorías de servicios de provisión, de regulación y culturales, aunque algunas como el MA incluyen servicios de soporte, que se denominan servicios de hábitat en la clasificación de TEEB (WAVES y Banco Mundial, 2014).

La Cuenta Experimental de Ecosistemas del SCAE utiliza la clasificación de CICES, en la que cada categoría de servicios ecosistémicos se define de la forma siguiente:

1. Servicios de provisión: reflejan las contribuciones de materia y energía generadas por o en un ecosistema, como un pez o una planta.
2. Servicios de regulación: resultan de la capacidad de los ecosistemas de regular el clima, los ciclos hidrobiológicos y bioquímicos y una variedad de procesos biológicos.
3. Servicios culturales: se generan por los escenarios físicos, locaciones o situaciones que dan lugar a beneficios intelectuales y simbólicos que las personas obtienen de los ecosistemas, a través de la recreación, desarrollo de conocimiento, relajación y reflexión espiritual. Estos pueden obtenerse por medio de visitas directas al lugar o con la satisfacción de saber que un ecosistema que contiene alta biodiversidad o monumentos culturales está siendo preservado (WAVES y Banco Mundial, 2014).

De acuerdo con Barbier (2014) la contaminación, explotación de recursos, cambio de uso de la tierra y fragmentación de hábitats, afectan la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas. El poder evaluar y cuantificar dicho impacto es importante, ya que altera la producción ecológica de los bienes y servicios de los ecosistemas que benefician a los humanos. Estos cambios y alteraciones de los ecosistemas representan la manera en la que el capital ecológico es depreciado y el rol de la valoración económica es medir las pérdidas y ganancias en el bienestar humano a través del tiempo tomando en cuenta estos cambios (Barbier, 2014).

2.1.2 Servicio ecosistémico de polinización

Según FAO (2018) la polinización es la transferencia del polen entre flores, prerrequisito para la reproducción sexual de muchas plantas conocidas como angiospermas (plantas con flores). Sin embargo, para poder movilizarse desde su sitio de producción (las anteras) hasta el sitio de germinación (estigma) necesita vectores. Las plantas utilizan diferentes modalidades de polinización, pudiendo efectuar autopolinización o polinización cruzada.

La autopolinización ocurre cuando una flor es bisexual y contiene estigmas y anteras a la misma altura y ambos sexos maduran de forma simultánea y están cercanos uno del otro. Esta modalidad normalmente sacrifica calidad, al limitar el intercambio de genes con otras plantas. Por otro lado, la polinización cruzada ocurre cuando el polen de una flor es llevado al estigma de otra por medio de un agente externo y puede darse en flores de una misma planta o entre flores de plantas diferentes. La polinización cruzada ocurre cuando las flores de una planta son unisexuales, las anteras y el estigma están a alturas diferentes o los sexos maduran en tiempos diferentes o se encuentran lejanos uno del otro. Este modo de polinización incrementa vigor, resultando en plantas más fuertes y sanas; al mismo tiempo que permite combinación de genes, permitiendo la adaptación a otras condiciones, y en el caso de los cultivos, mejorando la productividad (FAO, 2018).

Para poder llevar a cabo el proceso de polinización cruzada FAO (2018) indica que pueden usarse dos clases de agentes externos: abióticos o bióticos. Las diferentes clases de polinización abiótica pueden darse por medio de la acción de la gravedad, el viento y el agua; en la que se uno o varios de estos factores dispersan el polen de forma aleatoria. En el caso de los agentes bióticos incluyen insectos (escarabajos, moscas, abejas y mariposas), invertebrados (por ejemplo, caracoles y babosas) y vertebrados (aves y murciélagos). De las anteriores, la más efectiva es la polinización por abejas (FAO, 2018).

Las plantas muestran adaptación mutua entre flores y polinizadores, resultando en relaciones coevolutivas en las que las formas de las flores han evolucionado de acuerdo con los polinizadores que las visitan. Esto resalta la importancia en la conservación de polinizadores, lo cual impacta en la conservación de las plantas y viceversa, enfatizando la importancia de la conservación de los ecosistemas (FAO, 2018).

La importancia y efectividad de la polinización por abejas ha sido bien documentada, al comprobar que incrementan la producción de semillas y frutos (Kremen et al., 2007). Entre los productos agrícolas que necesitan de las abejas para su polinización y reproducción se pueden mencionar: almendras, marañón, mango, melón, maracuyá,

sandía, repollo, pepino, calabaza, tomate, aceite de palma, pimienta negra, cacao, cardamomo y clavo. Adicionalmente, la polinización también puede incrementar la productividad o mejorar la formación de la fruta, algunos de los cultivos que se ven beneficiados de la polinización por abejas son: girasol, canola, melocotón, moras, remolacha, linaza, mostaza, aceitunas, hinojo y alfalfa (FAO, 2018).

Sin embargo, alrededor del mundo se ha visto una disminución en la población de abejas, tanto melíferas como silvestres, debido al incremento en uso de pesticidas, cambio de uso de la tierra y la eliminación de su hábitat de forrajeo y anidación, además de enfermedades y plagas que las afectan. Dado esta disminución se han propuesto diferentes alternativas para disminuir el efecto negativo en la producción, como cambiar o prohibir los pesticidas que las afectan; manejar de mejor forma el hábitat boscoso incluyendo parches o cercos de bosque y recursos florales que puedan utilizar a lo largo de las épocas en las que no hay floración de los cultivos; utilizar otros métodos como la polinización a mano, la mecanización por esparcimiento de polen o la polinización química mediante el uso de hormonas; y el cambio a cultivos que no requieren de la polinización por abejas y mejorar las prácticas agrícolas en general (FAO, 2018).

La pérdida o disminución en el servicio de polinización afecta los rendimientos de la producción de cultivos agrícolas, limitando la reproducción del 90% de las 250,000 plantas con flores y al menos un 35% de la producción mundial de alimentos. Esta interacción a su vez afecta el sostenimiento de la biodiversidad y la integridad de la mayoría de los ecosistemas terrestres (Aizen et al., 2009). Además, en Centroamérica específicamente, Lee et al. (2017), determinó que los polinizadores nativos pueden mejorar la productividad de cultivos hasta en un 20%, siendo esto menos relevante en extensiones amplias de monocultivos, donde se dificulta el movimiento de los polinizadores debido a las distancias que deben recorrer desde su área de anidación.

A nivel mundial se han realizado variedad de estudios para determinar la influencia y dependencia existente entre la producción de alimentos y la polinización por abejas. Se han identificado más de 20,000 especies de abejas distintas (Reyes-Novello, Meléndez,

González y Ayala, 2009) y en un principio es importante diferenciar la especie más común de crianza para colmenas manejadas conocida como abeja melífera (*Apis mellifera*) y las abejas nativas, que se encuentran de forma natural y son originarias de un país.

Las abejas melíferas son las más estudiadas y utilizadas en el mundo para la polinización de distintos cultivos, debido a su comportamiento de alimentación generalista y su facilidad de manejo. Esta especie ha sido domesticada e introducida en casi todo el mundo (Nates, 2005), siendo oriunda de África y el sur de Europa.

Además de las abejas melíferas introducidas, y que ahora también se encuentran de forma silvestre y manejada, existen diversidad de especies de abejas nativas, es decir que son originarias de un país. En Guatemala existe una gran diversidad de especies de abejas, de las cuales se han identificado al menos 81 géneros pertenecientes a cinco familias: Apidae, Halictidae, Megachilidae, Colletidae y Andrenidae (Landaverde, Enríquez, Vásquez y Escobedo, 2010 y Escobedo, Dardón, López, Martínez y Cardona, 2014), que son nativas y se pueden mencionar: los meliponinos, que son abejas sin aguijón (Enríquez y Ayala, s.f.) y los abejorros, ambos pertenecientes a la familia Apidae; las abejas que generalmente son de colores metálicos (familia Halictidae); las abejas cortadoras de hojas (familia Megachilidae) (Nates y Fernández, 1992); unas abejas solitarias consideradas más primitivas (familia Colletidae) y la familia Andrenidae, que son más generalistas (Landaverde et al, 2010).

2.1.3 Ecosistemas de Guatemala

La biodiversidad en el país está determinada principalmente por las variaciones de altitud, desde el nivel del mar hasta más de 4,000 msnm, y la variación en precipitación pluvial, desde los 500 mm hasta los 6,000 mm anuales, en una superficie relativamente pequeña (108,889 km²) (Castañeda, 2008). Las principales causas de diversidad son el origen geológico relativamente antiguo; la ubicación geográfica entre dos regiones biogeográficas diferentes (holártica y neotropical, en medio de dos océanos; la variabilidad altitudinal que se mencionaba anteriormente y las cadenas montañosas con orientación oeste-este (corredores de migración) entre los hemisferios norte y sur (Iarna,

2019a). Tomando en cuenta esta variabilidad y la gran diversidad biológica presente en el país, en 2010 luego de la Asamblea General de las Naciones Unidas, el “Grupo de Países Megadiversos Afines” admitió a Guatemala como país megadiverso (Castañeda, 2008).

En Guatemala, se han delimitado los ecosistemas de acuerdo con clasificaciones climáticas, fisiográficas, vegetativas y combinadas (Castañeda, 2008). En el Cuadro 2 se describe brevemente cada clasificación.

Cuadro 2.

Comparación entre clasificaciones de ecosistemas para Guatemala

Clasificación de ecosistema	Descripción
Clasificaciones climáticas	
<i>Clasificación climática de Thornthwaite</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Basada en el potencial de evapotranspiración PE (definido por la temperatura y el agua disponible). • No utiliza límites vegetativos para definir las áreas climáticas. • Al aplicarlo a Guatemala se determinaron 13 zonas climáticas
<i>Clasificación climática de Köppen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Basado en condiciones climáticas (como la temperatura y la precipitación) requeridas por varios grupos de plantas. • Se identificaron 13 zonas climáticas para Guatemala.
Clasificación fisiográfica	
<i>Clasificación fisiográfica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Está basada en el tipo de suelo y en las diferentes formas de la tierra, particularmente en el relieve. • Está definida por parámetros que determinan la composición vegetal, estructura y productividad, es decir, poseen una cierta base ecológica. • La última clasificación para Guatemala, delimito 10 regiones, divididas en varias subregiones
Clasificación vegetativa	
<i>Biomás</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Formación vegetal en un continente en particular, asociado con comunidades animales y microbianas, junto con el ambiente físico que lo caracteriza. • En Guatemala, se reconocen siete biomas, definidos como un conjunto de ecosistemas afines por sus características estructurales y funcionales

Clasificación de ecosistema	Descripción
Clasificaciones combinadas	
<i>Ecorregiones</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Se define como un área geográfica caracterizada por contar con condiciones climáticas similares, edáficas, florísticas y faunísticas, en estrecha interdependencia, delimitable y distinguible una de otra, además de utilidad práctica • Guatemala se conforma de 14 ecorregiones
<i>Zonas de vida</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Se refiere a la unidad climática natural en la cual se agrupan diferentes asociaciones que corresponden a determinados ámbitos de temperatura, precipitación y humedad. • Es un área geográfica cubierta por vegetación de fisonomía y composición características, comprendida en un rango determinado de factores climáticos. • Guatemala se conforma de 13 zonas de vida

Fuente: Elaboración propia con base en Castañeda (2008)

Iarna-URL (2018) realizó una reclasificación de zonas de vida utilizando la metodología de Holdridge, proponiendo trece zonas de vida o ecosistemas para el país, que se presentan en el mapa del Anexo 5. Se hace hincapié en este sistema de clasificación, ya que se utilizó para describir los ecosistemas presentes en el área de estudio, en el departamento de Zacapa.

En el caso de Guatemala, entre las principales causas de deterioro de los ecosistemas se puede mencionar las amenazas antropogénicas, como la deforestación, la contaminación, las talas legales e ilegales y el avance de la frontera agropecuaria; las amenazas naturales que incluyen los sismos, erupciones volcánicas, huracanes, sequías e inundaciones y la amenaza global del cambio climático (Reyes, 2008).

La cuantificación económica de los servicios ecosistémicos trata de medir el bienestar humano derivado del uso o consumo de estos. La valoración económica es una forma de comunicar la importancia de los servicios ecosistémicos a los tomadores de decisiones, conteniendo la ventaja de que utiliza términos monetarios comprensibles y comparables entre los distintos bienes y servicios que son consumidos por la sociedad (Burkhard y Maes, 2017). Al mismo tiempo, la demanda de estos bienes y servicios depende del

beneficio, utilidad o bienestar que se derivan de los mismos, lo cual, a su vez, depende del ecosistema que los genera. En la siguiente sección se amplía el uso de la valoración económica para evidenciar la contribución de los ecosistemas al bienestar humano.

2.2 Valoración económica y métodos de valoración del ambiente

La valoración económica y el concepto de valor económico total (VET) se definen a continuación, presentando ejemplos de valores de uso y de no uso. Asimismo, se mencionan los diferentes métodos de valoración y el método de costos de reemplazo.

2.2.1 El valor económico total de un bien ambiental

De acuerdo con Pearce y Turner (1995) los recursos naturales asumen valor en la medida en que son capaces de satisfacer necesidades humanas y, por tanto, son valorados de acuerdo con cómo éstos entran en las escalas de preferencias de los individuos, independientemente de que tengan o no mercado. Este es el enfoque sintetizado del concepto de "Valor Económico Total" (VET).

Desde el punto de vista económico, la valoración de los bienes ambientales y los efectos de su uso, son la clave en el proceso hacia el manejo sostenible de los recursos naturales. La valoración surge del grado de percepción por parte de la sociedad de los costos y beneficios que la utilización de un recurso implica. Una percepción económica completa requiere un nivel suficiente de información sobre los costos y beneficios, un conocimiento de las relaciones causa-efecto del uso del ambiente y la aceptación de expresarla en términos monetarios (Cristeche y Penna, 2008).

La valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos debe incluir los valores expresados por los propietarios o usuarios del recurso, las oportunidades de utilización alternativa, actual o futura, y el valor de los impactos (positivos o negativos) que su uso genera en otros actores y/o sectores de la economía (externalidades). Esta valoración

puede expresarse parcialmente en el mecanismo de intercambio de bienes y servicios ecosistémicos (mercado) el cual distribuye beneficios (costos) privados y sociales.

El valor económico total expresa el valor teórico de cada unidad de recurso, bien o servicio ambiental, que la sociedad está dispuesta a aceptar o pagar en función del grado de conocimiento y percepción de su importancia. Este incorpora una valoración a diferentes niveles de uso del recurso e incluso de no uso del mismo, el cual puede ser desagregado en un número de categorías, que se presenta a continuación (Cristeche y Penna, 2008).

El valor de uso de una función, capacidad o bienes y servicios de un ecosistema se asocia al bienestar que genera en la sociedad. Este valor de uso puede dividirse en valor de uso directo, valor de uso indirecto y valor de opción. El valor de uso directo se caracteriza por ser el aprovechamiento más rentable o común del recurso, que puede ser de uso comercial o no comercial. Mientras que el valor de uso indirecto se refiere a las funciones ecológicas o ecosistémicas (bienes y servicios ecosistémicos) que cumplen un rol de regulación natural o apoyo a las actividades económicas asociadas al recurso y que en general no tienen presencia en los mercados (no tienen precio). El valor de opción corresponde a lo que los actores sociales están dispuestos a pagar para un uso futuro de los recursos ambientales (Pearce y Turner, 1995).

Por su parte, los valores de no uso se refieren a un valor intrínseco, que no implica interacciones entre el ser humano y el medio ambiente. Las dos formas en las que se adquiere el valor de no uso son el valor de existencia y el valor de legado. El valor de existencia es lo que ciertos actores están dispuestos a pagar para que no se utilice el recurso por razones éticas, altruistas, culturales, etc. y el valor de legado se refiere a lo que se está dispuesto a pagar para que no se utilice el recurso en beneficio de las generaciones futuras.

En resumen, Cristeche y Penna (2008) indican que el valor económico total (VET) se resume como:

$$VET = \text{Valor de Uso (VU)} + \text{Valor de No Uso (VNU)}$$

Donde,

$$VU = \text{Valor de Uso Directo} + \text{Valor de Uso Indirecto} + \text{Valor de Opción}$$

$$VNU = \text{Valor de Existencia} + \text{Valor de Legado}$$

Estos valores con sus ejemplos se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3.

Ejemplos de valores de uso y de no uso

VALORES DE USO			VALORES DE NO USO
Valor de uso directo	Valor de uso indirecto	Valor de opción/cuasi opción	Valor de existencia
<ul style="list-style-type: none"> • Pesca • Agricultura • Leña • Recreación • Transporte • Energía • Flora y fauna silvestre 	<ul style="list-style-type: none"> • Retención de nutrientes • Control de crecidas/inundaciones • Protección contra tormentas • Apoyo a ecosistemas • Estabilización del microclima • Estabilización de suelos 	<ul style="list-style-type: none"> • Posibles usos futuros (directos e indirectos) • Valor de la información en el futuro 	<ul style="list-style-type: none"> • Biodiversidad • Cultura, patrimonio • Valores de legado

Fuente: Elaboración propia adaptado de Barbier (1994)

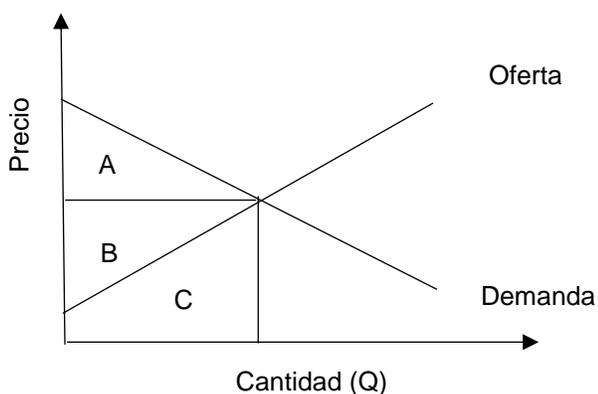
La valoración de los activos de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos es compleja debido a que no se comercializan en los mercados de la misma forma que otros bienes, servicios y activos. Al mismo tiempo, la valoración de estos es polémica, debido a consideraciones éticas y culturales que señalan como inapropiado y potencialmente engañoso atribuirles valor. Es importante mencionar que el SCN no toma en cuenta las externalidades positivas ni negativas que surgen de las actividades económicas y/o humanas, por esto la importancia de utilizar estrategias de valoración de no mercado (ONU et al., 2014b).

Los servicios ecosistémicos pueden contribuir al valor acumulable a nivel de individuo (bienes privados) o el que se acumula a la sociedad más ampliamente (bienes públicos) y cada uno tiene sus enfoques de estimación diferentes. Generalmente, los servicios de provisión se relacionan a bienes privados, mientras los servicios de regulación y culturales tienen un carácter de bienes tipo-público. Los bienes públicos se asocian con los principios de no exclusividad y no rivalidad, lo cual hace difícil limitar su aprovechamiento y su disponibilidad no disminuye con base al uso por un individuo (Costanza et al., 2011).

En la teoría económica neoclásica, como puede observarse en la Figura 2., el principio de valor de un bien o servicio es determinado por la oferta y demanda del bien intercambiado en el mercado, de acuerdo con una cantidad (Q) y el precio (P) del bien. El área A representa el excedente del consumidor; el área B, el excedente del productor; y el área C representa los costos de producción. Al valorar servicios ecosistémicos, el objetivo es valorarlos en los precios de mercado en que estos hubiesen prevalecido si fueran comercializados e intercambiados libremente. De esta forma, P es el precio de mercado que refleja la disposición a pagar marginal del consumidor por un servicio ecosistémico con una cantidad de equilibrio Q (ONU et al., 2014b).

Figura 2.

Excedentes del consumidor y del productor



Fuente: ONU et al., 2014b

En el caso de los servicios ecosistémicos, el análisis se enfoca en la construcción de una función de utilidad y curva de demanda del servicio y luego evalúa el área A en función de políticas propuestas.

Una parte importante de la valoración de servicios ecosistémicos es separar el valor atribuible a los insumos del servicio de otros insumos, incluyendo activos producidos y trabajo. Algunos servicios generan beneficios que no se incluyen en el Sistema de Cuentas Nacionales, los que no son producidos por unidades económicas, y debido a que estos no tienen precios de mercado, se deben seguir alternativas de valoración. Seguidamente, cuando ya se hayan calculado los valores de los servicios, estos pueden agregarse en tres formas: agregación dentro de una misma área espacial, agregación de un mismo servicio o de todos los servicios de un activo dentro de un país y agregación de los flujos futuros de los servicios ecosistémicos que provee un estimado del valor de los activos de los ecosistemas (ONU et al., 2014b).

La valoración se compone de tres fases: 1) determinación del alcance, 2) análisis y 3) divulgación y usos. Es importante, que desde un principio se tenga clara la pregunta base para el establecimiento de políticas, incluir la demanda local, establecer los mayores niveles de dependencia económica y amenaza de los recursos, un buen método de comunicación, una clara presentación de los métodos, los supuestos y las limitaciones del estudio (Waite, Burke y Gray, 2014).

La primera fase es la determinación del alcance y se revisan los estudios previos y las políticas actuales. Se deben establecer los servicios ecosistémicos que se encuentran en riesgo, la escala geográfica en la que se va a trabajar, las opciones de políticas que podrían implementarse, los usos deseados y actuales de los recursos naturales, los escenarios de qué pasaría si se continua igual o se toman acciones, el tiempo y el presupuesto e identificar los actores involucrados (Waite et al., 2014).

La segunda fase es el análisis, en el cual se debe realizar un proceso participativo, planteando escenarios de alternativas futuras (establecer un desarrollo alternativo,

planes de conservación y fases de manejo) que incluyan las relaciones causa-efecto. Seguidamente, se debe elegir un método y coleccionar datos de relevancia biofísicos y socioeconómicos que sirvan para entender la situación de estado. En esta fase se puede utilizar la metodología Presión/Estado/Impacto/Respuesta (PEIR) o el enfoque de incertidumbre crítica. Luego, es necesario escoger el método de valoración, que, en este caso, al tratarse de servicios ecosistémicos los más apropiados y recomendables son: costos de reemplazo (CR), costos de daños evitados (CDE) y función de la producción (FP) (Waite et al., 2014).

Finalmente, en la etapa de divulgación y resultados se debe elegir una métrica de resultados que sea de interés para las personas y que sea comprensible. Por ejemplo, las métricas más utilizadas son cambios en el PIB, cambios en el nivel de empleo, cambios en los ingresos, cambios en seguridad alimentaria, excedente del consumidor, daños prevenidos o un efecto distribucional como ganadores y perdedores (Waite et al., 2014).

2.2.2 Métodos de valoración

Es importante ampliar el tema de los métodos de valoración económica que pueden utilizarse. De Groot, (2002) indica que los métodos de valoración se pueden clasificar en cuatro grupos, siendo estos: valoración directa de mercado, valoración directa de no mercado, valoración contingente y valoración en grupo. Los anteriores se pueden definir de la manera siguiente (De Groot, 2002):

- Valoración Directa de Mercado: se refiere al valor de intercambio que tienen los servicios ecosistémicos en el comercio, aplicable principalmente a bienes y algunas funciones de información y regulación. Se encuentra el valor del bien o del servicio mediante mecanismos de mercado o precios de mercado.
- Valoración directa de no mercado: en este caso no hay mercados explícitos para el bien o servicio en cuestión, pero existen mecanismos que permiten acercarse a los mercados de bienes y servicios ecosistémicos. Lo anterior puede obtenerse a partir de otros bienes y servicios con un mercado definido y de esta manera investigar la

disposición a pagar (DAP) de las personas para ser empleadas como un indicador del valor del bien o servicio del ecosistema. Algunas técnicas de este tipo de valoración son:

- Costos evitados
 - Costos de reemplazo
 - Factor ingreso
 - Costo de viaje
 - Precios hedónicos
- Valoración Contingente: este método simula el mercado real mediante la creación de un mercado hipotético con el fin de investigar la Disposición a Pagar (DAP) o de la Disposición a Cobrar o Aceptar (DAC) el pago, por un bien o un mal ambiental. Se utiliza una encuesta para describir los escenarios alternativos.
 - Valoración en grupo: esta es una nueva tendencia de valoración presentada por De Groot y otros (2002), que consiste en ampliar la valoración contingente a un grupo de personas a fin de obtener un valor de la DAP o de la DAC grupal y no del individuo.

Muchos de los servicios derivados de la función de regulación y de hábitat de los ecosistemas son clasificados comúnmente como valores de uso indirecto, y los beneficios atribuibles a estos, se derivan del apoyo o protección de actividades que tienen valores medibles directamente. Estos servicios mejoran la productividad de las actividades económicas, o las protegen de posibles daños, por lo que se puede estimar su valor como si fueran un factor de entrada en estas actividades (Barbier, 2007).

En el caso específico del servicio ecosistémico de polinización para esta investigación, se utilizó el método de costos de reemplazo. Es importante mencionar que a nivel mundial se han realizado diferentes estudios de valoración de este servicio, que pueden observarse en el Cuadro 4.

Cuadro 4.*Métodos usados en la valoración del servicio ecosistémico de polinización en el mundo*

Autor/ Año/ Revista	País	Cultivo	Método y resultados
Greenleaf y Kremen, 2006 PNAS	Estados Unidos	Polinización en girasol híbrido	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de productividad • Contribución de US\$10.4± 4.7 millones por año
Olschewski, Tsharntke, Benítez, Schwarze y Klein, 2006 Ecology and Society	Ecuador e Indonesia	Polinización en café	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de productividad • Disminución de los ingresos por hectárea de entre 7-70%
Losey y Vaughan, 2006 BioScience	Estados Unidos	Todos los cultivos dependientes de la polinización	<ul style="list-style-type: none"> • Multiplicando valor del producto agrícola por la proporción de rendimiento que se perdería sin polinizadores • US\$3.07 mil millones
Allsopp, de Lange y Veldtman, 2008 PLoS One	Sudáfrica	Polinización de cultivos deciduos (manzanas, peras, duraznos, ciruelas)	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de reemplazo usando polinización manual y esparcimiento de polen • US\$28.0–122.8 millones
Brading, El-Gabbas, Zalat y Gilbert, 2009 Egyptian Journal of Biology	Egipto	Todos los cultivos dependientes de la polinización, tomando en cuenta su proporción de dependencia	<ul style="list-style-type: none"> • Multiplicando valor del producto agrícola por la proporción de rendimiento que se perdería sin polinizadores • Pérdida de \$2.4 mil millones, 3.3% del PIB de 2003
Gallai, Salles, Settele y Vaissiere, 2009 Ecological Economics	Mundial	Valor de la agricultura mundial y la vulnerabilidad de esta si declina para 100 cultivos	<ul style="list-style-type: none"> • Excedente del consumidor • VET=€153 mil millones • Pérdida del excedente del consumidor €190 mil millones
Kasina, Mburu, Kraemer y Holm-Mueller, 2009 Journal of Economic Entomology	Kenya	Varios tipos de frijoles, nuez de Bambara, girasol, tomates, chiles, maracuyá	<ul style="list-style-type: none"> • Excedente del consumidor y del productor • US\$3.2 millones

Autor/ Año/ Revista	País	Cultivo	Método y resultados
Burgett, Daberkow, Rucker y Thurman, 2010 American Bee Journal	Estados Unidos	Variedad de cultivos dependientes de la polinización	<ul style="list-style-type: none"> • Precios de mercado en colmenas manejadas • Reporta datos por cultivo
Winfree, Gross y Kremen, 2011 Ecological Economics	Estados Unidos	Polinización de sandías	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de reemplazo • \$0.21 millones al año
Calderone, 2012 PLoS One	Estados Unidos	Todos los cultivos dependientes de la polinización, tomando en cuenta su proporción de dependencia	<ul style="list-style-type: none"> • Multiplicando valor del producto agrícola por la proporción de rendimiento que se perdería sin polinizadores • Cambio comparando 1992 y 2009, de \$76.13 mil millones a \$72.02 mil millones
Garratt, Breeze, Jenner, Polce, Biesmeijer y Potts, 2014 Agriculture, Ecosystems and Environment	Reino Unido	Polinización en dos variedades de manzana	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de productividad • Contribución de £36.7 millones por año
Popak y Markwith, 2019 Journal of Economic Entomology	Brasil	Polinización de maracuyá	<ul style="list-style-type: none"> • Costo de reemplazo usando polinización manual como alternativa • US\$ 2,583.00 por hectárea, por dos años, US\$ 57,471.75 total por las 22.25 ha del área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en Allsopp, de Lange y Veldtman (2008); Brading, El-Gabbas, Zalat y Gilbert (2009); Burgett, Daberkow, Rucker y Thurman (2010); Calderone (2012); Gallai, Salles, Settele y Vaissiere (2009); Garratt, Breeze, Jenner, Polce, Biesmeijer y Potts (2014); Greenleaf y Kremen (2006); Kasina, Mburu, Kraemer y Holm-Mueller (2009); Losey y Vaughan (2006); Olschewski, Tschardtke, Benítez, Schwarze y Klein (2006); Popak y Markwith (2019) y Winfree, Gross y Kremen (2011)

2.2.3 Valoración de servicios ecosistémicos para contabilidad ambiental

Actualmente existen varias iniciativas que buscan incrementar el conocimiento en contabilidad ambiental, y específicamente, la contabilidad de ecosistemas (ONU et al, 2014b). La contabilidad de ecosistemas aplica los mismos principios establecidos en la contabilidad nacional para la medición de la economía a los ecosistemas y la biodiversidad, basándose en las relaciones de stocks y flujos entre la economía y el ambiente. La contabilidad de ecosistemas se basa en cuatro pasos claves:

1. Delimitar y dividir el territorio en unidades de ecosistema distintas, clasificadas por tipo de ecosistema
2. Medir la extensión y condición de cada unidad del ecosistema
3. Medir el flujo de servicios ecosistémicos de cada unidad del ecosistema
4. Reconocer que cada unidad del ecosistema puede ser considerada como un activo con la capacidad de generar servicios ecosistémicos en el futuro dependiendo de su extensión y condición (Obst, 2018)

La medición y valoración de los servicios ecosistémicos se realiza con varios propósitos, entre los cuales se puede mencionar el monitoreo de cambios en los servicios o analizar el costo-beneficio de un proyecto (WAVES y Banco Mundial, 2014).

En la contabilidad de ecosistemas, las transacciones relevantes son los flujos entre unidades del ecosistema y unidades económicas, conocidos como servicios ecosistémicos finales, o entre las unidades de los ecosistemas, conocidos como servicios ecosistémicos intermedios. El enfoque actual, se basa en los servicios ecosistémicos finales, que pueden contribuir al bienestar de la sociedad (Obst, 2018).

Asimismo, es importante diferenciar entre servicios ecosistémicos y beneficios, tomando en cuenta que los servicios ecosistémicos usualmente necesitan insumos para producir beneficios tangibles, distinguiendo los beneficios que son producidos por las unidades económicas y los beneficios que se reportan en el Sistema de Contabilidad Nacional, con aquellos que no son producidos por las unidades económicas y cuyos beneficios no se

reportan en el SCN. En general, los beneficios reportados en el SCN pueden ser vendidos y comprados en el mercado (WAVES y Banco Mundial, 2014).

En el caso de los activos del ecosistema, se ha utilizado el valor estimado como el valor presente neto (VPN) del flujo futuro de ingresos derivado de la producción de servicios ecosistémicos que se espera sean transados en el futuro. Siguiendo este enfoque, la degradación de los ecosistemas en términos monetarios es igual a la pérdida de valor del activo del ecosistema y puede ser registrado como una disminución en la condición del ecosistema en términos físicos. En el caso en el que las pérdidas no sean ocasionadas por una disminución en la condición del ecosistema, se registran en otra parte del sistema contable (Obst, 2018).

De acuerdo con Ahlroth (2014) y Obst (2018) para la valoración de los servicios ecosistémicos con miras a contabilidad ambiental es importante tomar en cuenta que deben usarse métodos compatibles con las cuentas nacionales, entre los cuales se puede mencionar los métodos de función de producción, función de costos y función de ganancia; el método de costos de evitados o de reemplazo; el método de precios hedónicos y los métodos de preferencias declaradas como la valoración contingente o los experimentos de elección.

Después de la valoración, es vital lograr el aumento de la escala, ampliando el análisis a nivel nacional, regional o subregional. En este paso se integran las mediciones y los valores de los servicios ecosistémicos a las cuentas nacionales o regionales. Finalmente, se utiliza la cuenta de ecosistemas para análisis de políticas, evaluando futuros escenarios y decisiones de política con su impacto en el ecosistema. En esta última etapa, es importante reportar los métodos, costos, resultados y lecciones aprendidas para aportar a la contabilidad de ecosistemas en general y a los investigadores que trabajan en el tema (WAVES y Banco Mundial, 2014).

2.2.4 Método de costo de reemplazo

En esta investigación se utilizó el método de costo de reemplazo, que se incluye en los métodos de costos evitados o inducidos que engloban los métodos de cambios de productividad, costos de reemplazo o costos de reposición. La técnica de cambio de productividad estima el valor de los servicios ecosistémicos a partir de su contribución a la producción de bienes y servicios que sí tienen mercado, basándose en funciones dosis-respuesta o funciones de daño. Esto representa dificultades por los costos elevados de tiempo y dinero para obtener la información requerida y por la complejidad de los servicios ecosistémicos (Penna, de Prada y Cristeche, 2011).

Este método se basa en la existencia de bienes sustitutos de los servicios ecosistémicos, que sí cuentan con un mercado y por medio de los que se puede estimar el valor del servicio en cuestión. Este método asume que el costo del sustituto o reemplazo equivale al valor del servicio ecosistémico en cuestión, entendiéndose como la mínima disposición a pagar (Barbier, 2007).

El costo de reemplazo es utilizado cuando solo se tiene interés en evaluar un servicio ecosistémico y no se cuenta con un presupuesto amplio, siendo una opción relativamente sencilla de aplicar y con un menor costo que otros métodos. Deben cumplirse tres condiciones para poder utilizar este método: i) el reemplazo debe proveer funciones equivalentes en calidad y magnitud al servicio ecosistémico, ii) el reemplazo es la alternativa menos costosa de reemplazar el servicio ecosistémico y iii) las personas están dispuestas a incurrir en el costo de reemplazo en caso de que el servicio ecosistémico ya no estuviera disponible (Hougner, Colding y Söderqvist, 2006).

Para poder aplicarlo, se deben seguir los siguientes pasos:

1. Evaluar el servicio ecosistémico que está siendo provisto por los ecosistemas, entendiendo cómo funciona y quiénes están siendo beneficiados, contemplando los posibles impactos de la disminución o falta del servicio en estos.
2. Identificar la alternativa de menor costo que puede reemplazar el servicio ecosistémico.

3. Calcular el costo del reemplazo del servicio ecosistémico.

Las ventajas del método de costos de reemplazo son: i) puede proveer un indicador del valor económico aproximado, dependiendo de la información y el grado de similitud o sustitución entre los servicios indicados; ii) se requiere de relativamente poca información y recursos y iii) provee medidas consistentes con el concepto de valor económico para servicios que son difíciles de valorar por otros medios. Sin embargo, también presenta las siguientes desventajas: i) al asumir que los costos de reemplazar el servicio son medidas de los beneficios que proveen, pero los costos usualmente no son mediciones certeras de los beneficios, ii) no consideran las preferencias sociales por servicios ecosistémicos ni el comportamiento de los individuos en ausencia de los servicios; iii) pocos servicios tienen reemplazo o sustituto directo y pueden no proveer el mismo tipo de beneficios y iv) solo deberían usarse si la sociedad ya demostró que estaría dispuesta a pagar por el servicio ecosistémico, de lo contrario no hay evidencia de que realmente pagarían por el sustituto o reemplazo (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2009).

2.3 Contabilidad ambiental y de ecosistemas

Inicialmente, a partir del informe de la Comisión de Brundtland de 1987, se creó una versión revisada del SCN que incluía los recursos naturales en sus cuentas de balance y acumulación, e incorporó la contabilidad ambiental en un marco de cuentas satélite. Más adelante, luego de la Conferencia de Ambiente y Desarrollo (Cumbre de la Tierra) de Naciones Unidas en 1992, en 1993 publicó un Manual de Contabilidad Ambiental y Económica Integrada (ONU, 2000) y ese mismo año auspició la creación del Grupo de Londres en Contabilidad Ambiental. De esta forma, surgió la contabilidad ambiental como una alternativa para contabilizar, de manera más amplia y comprensiva, la sostenibilidad del crecimiento económico y del desarrollo, tomando en cuenta estos activos naturales no comercializables y las pérdidas derivadas del agotamiento y degradación del capital natural.

Esta primera versión del manual es actualizada en 2003 y luego es revisado nuevamente para llegar a la última publicación realizada en 2012. En ese año, el SCAE llega a ser el estándar estadístico internacional de contabilidad ambiental-económica, con el Marco Central 2012.

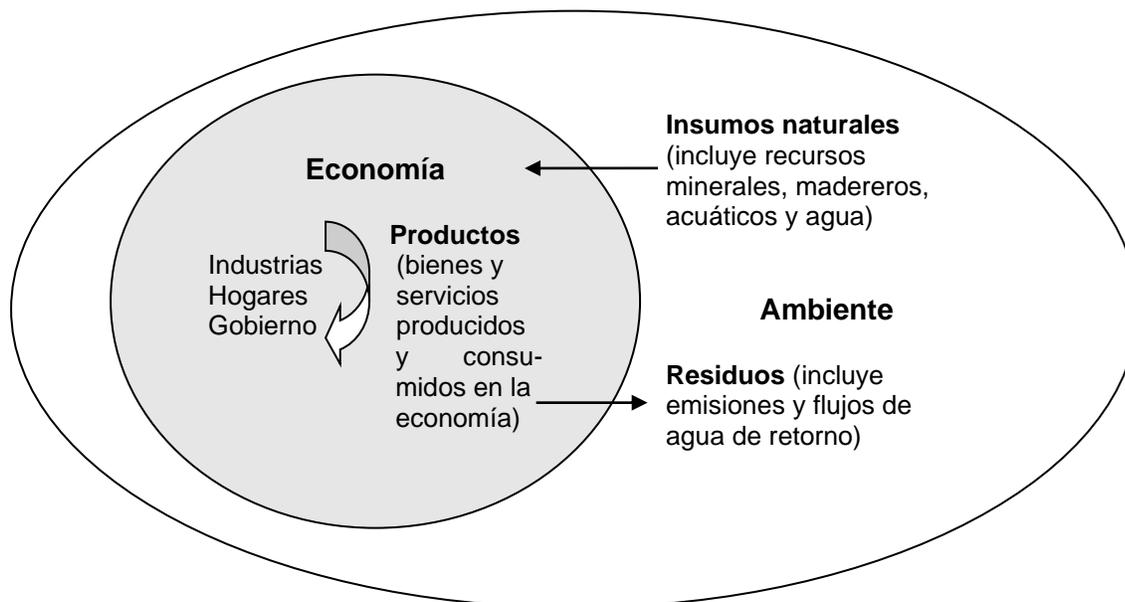
2.3.1 Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico: Marco Central

El Manual de Contabilidad Ambiental y Económico: Marco Central 2012 hace mediciones en tres áreas principales: i) los flujos físicos de materiales dentro de la economía y entre la economía y el ambiente, ii) los stocks de activos físicos y cambios en estos y iii) la actividad económica y transacciones relacionadas con el ambiente. Estas mediciones se transfieren a una serie de cuentas y cuadros (ONU et al., 2014a).

El SCAE toma en cuenta el ambiente en su totalidad y los stocks incluyen todos los componentes vivos y no vivos que constituyen el ambiente biofísico, incluyendo los recursos naturales y ecosistemas dentro de los cuales se encuentran. En la Figura 3 se puede observar una descripción simplificada de los flujos físicos entre el ambiente y la economía. Como puede observarse, el ambiente es la fuente de flujos de todos los insumos naturales hacia la economía, y dentro de la economía, el enfoque de medición son los flujos físicos, en la forma de flujo de productos, y los residuos, que son los flujos de la economía hacia el ambiente. De esta forma puede visualizarse que el ambiente es la fuente de los insumos para la producción económica, y al mismo tiempo, es el receptor de los residuos o desechos que esta genera (ONU et al., 2014a).

Figura 3.

Flujos físicos de insumos naturales, productos y residuos



Fuente: ONU et al. (2014a).

En las cuentas del marco central, se tratan los temas de agua, minerales, energía, madera, peces, suelos, tierra y ecosistemas, desechos y contaminación, consumo y acumulación (ONU et al., 2014a).

El Marco Central se enfoca en los componentes que proveen materiales y espacio a las actividades económicas (p.e. agua, tierra) sin considerar los beneficios inmateriales como los servicios ecosistémicos, que se trata en el SCAE de Contabilidad Experimental de Ecosistemas. Además de medir stocks y flujos entre el ambiente y la economía, en el Marco Central también se incluye la medición de flujos asociados con actividades económicas relacionadas con el ambiente, como los gastos de protección ambiental y manejo de recursos. También se consideran las transacciones ambientales que incluyen impuestos, subsidios, donaciones y rentas relacionadas con el medio ambiente.

La estructura de los activos y flujos se presentan en series de tablas y cuentas, componiéndose de cuatro cuentas: i) cuadros de oferta y utilización en términos físicos y monetarios que muestran los flujos; ii) cuentas de activos ambientales individuales en

términos físicos y monetarios, que muestran el stock al principio y al final de cada periodo contable y sus variaciones; iii) cuentas funcionales de transacciones y otra información de la actividad económica relacionadas con propósitos ambientales y iv) una secuencia de cuentas económicas que resaltan agregados económicos ajustados por agotamiento (ONU et al., 2014a). El Anexo 2 muestra la estimación de los valores monetarios de los servicios ecosistémicos reportados para Guatemala (en quetzales equivalentes de 2019).

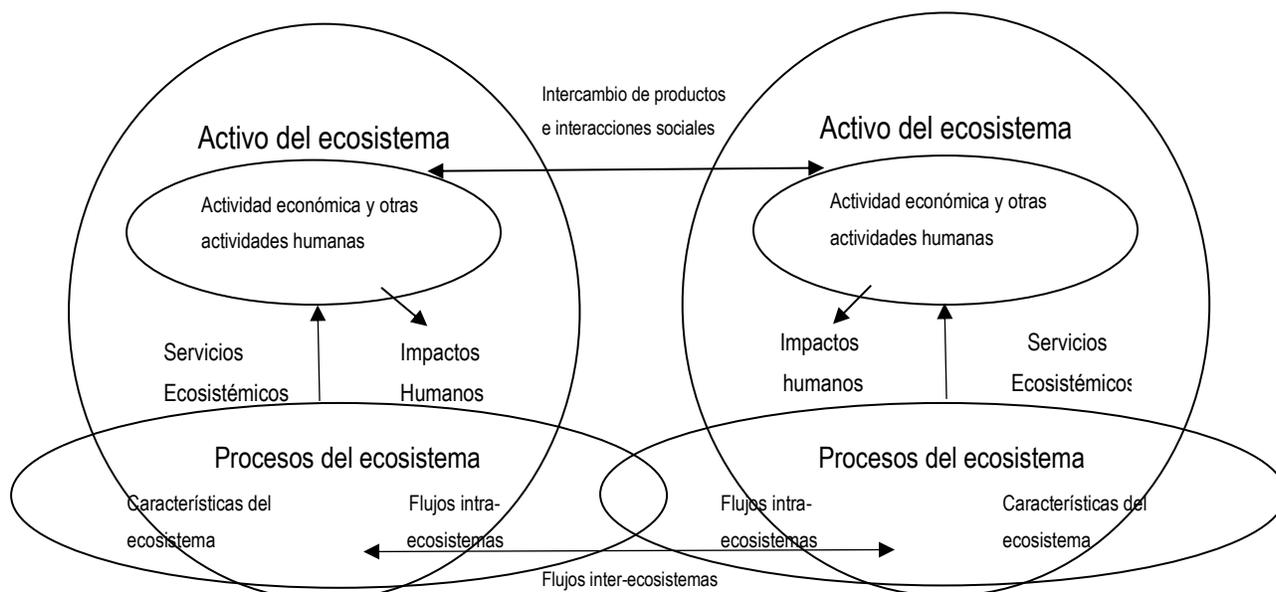
2.3.2 Contabilidad de ecosistemas y su aproximación en Guatemala

La contabilidad de ecosistemas, al igual que las cuentas nacionales y cuentas ambientales, se basa en relaciones entre stocks (activos) y flujos. En este caso, los stocks son representados por áreas espaciales y cada área constituye un activo del ecosistema que puede tener una variedad de características (como cobertura de la tierra, biodiversidad, tipo de suelo, altitud y pendiente, etc.). Por otro lado, los flujos pueden ser de dos tipos: primero, los que se encuentran dentro y entre los activos de los ecosistemas, que reflejan procesos en marcha y son conocidos como intra e inter flujos ecosistémicos. Y, en segundo lugar, se encuentran los servicios ecosistémicos, que son los flujos de recursos y procesos generados por los activos de los ecosistemas que son aprovechados por las personas en actividades económicas y humanas (ONU et al., 2014b).

En la Figura 4 se presentan las relaciones básicas entre los stocks y flujos relevantes en la contabilidad de ecosistemas, en la que cada activo representa un área espacial distinta con sus actividades económicas y humanas dentro del área. Al mismo tiempo, representa las relaciones entre ecosistemas en términos de procesos, intercambios de productos e impactos económicos y otras interacciones sociales. Los ecosistemas, a través de sus procesos internos dadas sus características, generan flujos de servicios dentro y entre los ecosistemas, y también generan servicios ecosistémicos que las actividades humanas pueden aprovechar. Al mismo tiempo, las actividades económicas intercambian productos e interactúan entre sí, y también generan impactos en los activos del ecosistema.

Figura 4.

Modelo básico de los stocks y flujos de los ecosistemas

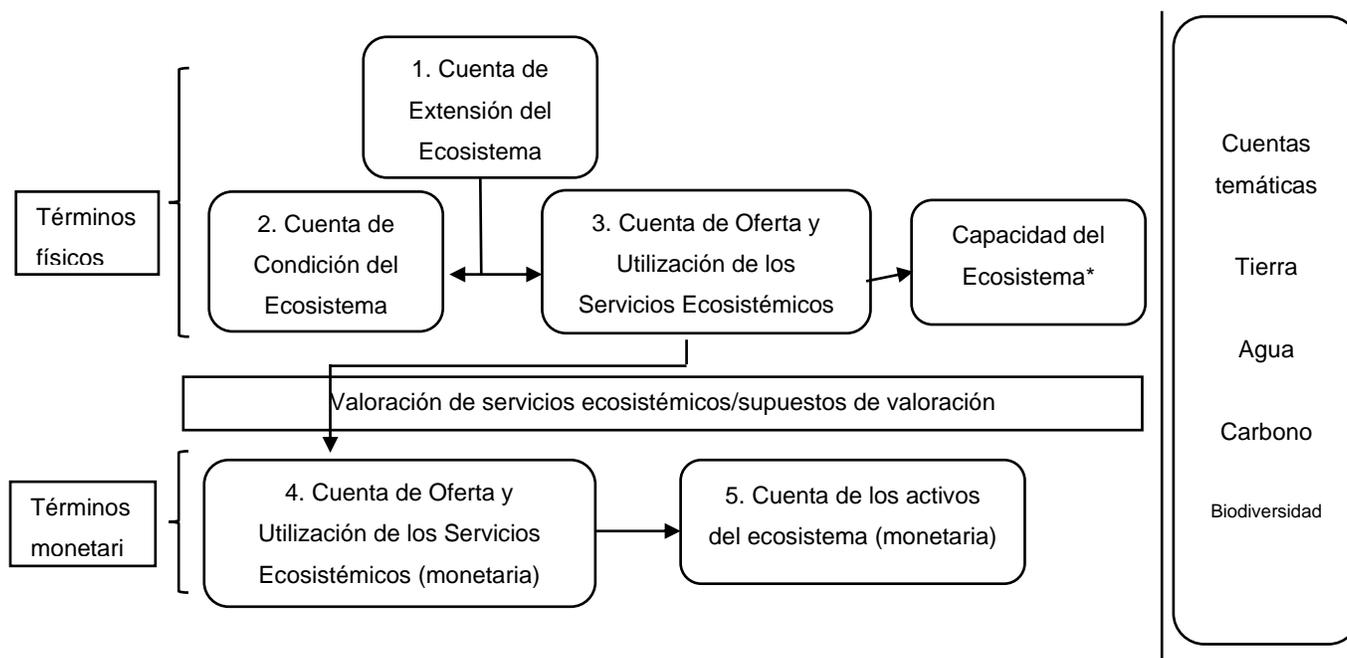


Fuente: ONU et al. (2014b)

La Cuenta Experimental de Ecosistemas de Naciones Unidas propone una estructura dividida en cinco cuentas centrales como se presenta en la Figura 5. De estas cuentas, tres se presentan en términos físicos: cuenta de extensión, cuenta de condición y cuenta de oferta y utilización de los servicios ecosistémicos físicos; y las otras dos se presentan en términos monetarios: cuenta de oferta y utilización de los servicios ecosistémicos monetaria y la cuenta de los activos del ecosistema. Es importante notar, que se hace referencia a la capacidad del ecosistema, que es una cuenta que aún no se ha desarrollado, pero en este diagrama se consigna dónde debería ubicarse cuando se incluya como parte de la contabilidad del ecosistema.

Figura 5.

Relación entre las subcuentas que confirman la Cuenta Experimental de Ecosistemas



Fuente: ONU et al. (2014b)

Los principales resultados de la Cuenta Experimental de Ecosistemas en Guatemala se pueden dividir en cuatro: i) la delimitación de los ecosistemas usando las zonas de vida para clasificarlos y el uso de la cobertura forestal y los usos de la tierra para determinar la extensión de los activos de cada ecosistema; ii) la evaluación de la condición de los ecosistemas usando como principales indicadores la deforestación y la extensión de áreas protegidas; iii) la oferta de servicios ecosistémicos en las áreas protegidas y iv) la valoración de servicios ecosistémicos en áreas naturales del país.

Los ecosistemas de bosque muy seco tropical (bms-T) y bosque seco premontano tropical (bs-PMT) representan solamente el 5.1% de la extensión total del país. En estas áreas es donde se ha desarrollado, principalmente, la actividad melonera en el área de Zacapa. Todos los ecosistemas han perdido cobertura en el transcurso de 1991-2014, perdiéndose más de 1,400,000 ha, presentando las mayores pérdidas en el bosque seco premontano tropical (bs-PMT), el bosque muy seco tropical (bms-T) y el bosque húmedo tropical (bh-T), que perdieron más del 50% de su cobertura forestal inicial de 1991 (Iarna,

2019a). El bosque muy seco tropical (bms-T) alberga gran diversidad biológica, por lo que la pérdida de su cobertura también representa una mayor pérdida de especies endémicas que solamente se encuentran en esa región, incluyendo abejas nativas que participan en la polinización del cultivo de melón. Al mismo tiempo, el bosque muy seco tropical (bms-T), el bosque seco premontano tropical (bs-PMT) cuentan con menos del 2% de su extensión como área protegida (Iarna, 2019a). Como se puede concluir con la información anterior, los ecosistemas de bosque seco han sufrido pérdidas de cobertura forestal y tienen poca protección, lo que los hace más vulnerables a procesos de degradación y agotamiento, impactando de forma negativa en las especies que habitan en ellos, incluyendo a las abejas nativas.

También se determinó que 185 de las 339 áreas protegidas reportadas por CONAP en enero de 2019, proveen 28 servicios ecosistémicos, entre los cuales resalta la conservación de la biodiversidad, la regulación del flujo y ciclo hidrológico y la recreación como los servicios reportados con mayor frecuencia (Iarna, 2019b). Asimismo, se realizó una primera compilación de los estudios de valoración realizados en áreas protegidas o áreas naturales de interés por los servicios ecosistémicos que proveen. De esta forma, se compilaron las valoraciones de 36 servicios ecosistémicos, siendo estos 44% servicios de provisión, el 39% de regulación y el restante 17%, culturales. Los servicios valorados con mayor frecuencia se relacionan a la provisión de agua (para riego, consumo humano o industria) y la regulación hídrica, demostrando el interés que existe en conservar este tipo de servicios, siguiendo en cuanto a frecuencia la provisión de alimentos y el turismo (Iarna, 2019b).

De los ejercicios de valoración generados en el país, cabe resaltar que el método más utilizado ha sido el de precios de mercado y valoración contingente y, en segundo lugar, los costos de reposición o de reemplazo. En total, el valor del flujo anual de servicios ecosistémicos presentado por Iarna en 2019 asciende a Q21,617 millones en relación con el valor de las áreas en quetzales nominales. Es importante mencionar que se ha valorado solamente el 9% de la extensión total del país, por lo que aún falta determinar y valorar la canasta completa de servicios ecosistémicos disponibles a nivel nacional.

La presente investigación contribuirá a la Cuenta Experimental de Ecosistemas aportando el valor del servicio ecosistémico de polinización para un cultivo agrícola, respondiendo a los vacíos de información de la canasta de servicios ecosistémicos que benefician a la sociedad guatemalteca y sentando la base para poder utilizar esta metodología para valorar los otros cultivos que requieren de polinización para determinar el valor total del servicio a nivel nacional.

2.4 Agricultura en Guatemala y el servicio de polinización

De acuerdo con el Perfil del Agro y la Ruralidad (2015) Guatemala presenta distintas condiciones geográficas y climáticas que dan lugar e impactan en la agricultura, por ejemplo, al ser un país con el 49% de su superficie clasificada como plana, con pendientes entre el 0-4%, y el 35% de su superficie clasificada como inclinadas y fuertemente inclinadas, con pendientes de 16% a más de 32% (Iarna e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2015).

En ese mismo estudio, IARNA e IICA citaron que, de acuerdo con la capacidad de uso de la tierra con la metodología USDA, el país cuenta con 3.74 millones de hectáreas con capacidad de uso agrícola, equivalentes al 34% del territorio nacional, lo cual coincide con la clasificación realizada por el Instituto Nacional de Bosques (INAB), que indica valores similares de vocación agrícola (Iarna e IICA, 2015). De acuerdo con el mapa de cobertura y uso de la tierra 2012, Guatemala tenía aproximadamente 4,150,000 hectáreas dedicadas a actividades agrícolas, equivalentes al 38% del país (Iarna e IICA, 2015).

Asimismo, Iarna e IICA (2015) indican que la agricultura es la principal fuente de empleo rural con el mayor número de plazas de trabajo en 2011, empleando al 38% de la población económicamente activa (PEA) y para el 2013, representaba el 31%, el porcentaje más alto de la población ocupada. La actividad agrícola aportó 730,336 empleos permanentes en 2011, empleándose la mayoría en el cultivo de maíz (casi

200,000 empleos), seguido del cultivo de café con casi 97,000 empleos. El cultivo de frutas representó 35,000 empleos ese mismo año, y en cuanto a jornales, junto con la arveja china, el tabaco, el chile pimiento y la papa, superaron los 10 millones de quetzales.

Entre 2005 y 2014, la agricultura representó el 14% del PIB y el PIB agrícola ha mantenido un crecimiento promedio de 3.4% en el periodo entre 2001 y 2014. Adicionalmente, Guatemala es un exportador neto de productos agrícolas y entre 2010 y 2015 estas representaron entre el 54-58% de las exportaciones nacionales (Iarna e IICA, 2015). De acuerdo con datos del Banco de Guatemala (2019a) las actividades económicas de agricultura, ganadería, silvicultura y pesca representaron alrededor del 10% del PIB nacional entre 2013 y 2017 y el 9% en 2018 y 2019 y con un crecimiento promedio de 4.24%. Además, la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca es la tercera actividad productiva más importante del país, luego del comercio y reparación de vehículos (18%-19% en el mismo periodo) y las industrias manufactureras (14%). También es importante mencionar que las sandías y melones representan aproximadamente el 3% de la producción bruta del PIB agropecuario, silvicultura y pesca entre 2013 y 2019 (BANGUAT, 2019a).

En Guatemala, los principales productos agrícolas que se benefician de la polinización son el melón y cacao, cuya dependencia en polinizadores es catalogada como esencial, es decir, que su producción se reduce en un 90% sin la presencia de polinizadores). Adicionalmente, el cardamomo, aguacate, mango, manzana y melocotón tienen una dependencia alta, indicando que la producción se reduce entre un 40 a menos del 90% sin polinizadores (Klein et al., 2007). En total, los productos indicados anteriormente, representaban 133,979 hectáreas en 2015 (Iarna, s.f.) y los productos de sandías melones, frutas tropicales y subtropicales y cardamomo eran el 0.84% del PIB en 2017 (BANGUAT, 2019 a;b).

2.4.1 Cultivo de melón

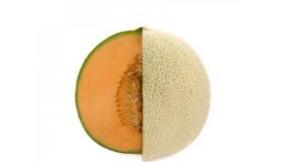
El melón (*Cucumis melo* L.) pertenece a la familia Cucurbitaceae y es posiblemente originario de África tropical. La planta de melón es anual y herbácea y se cultiva en climas cálidos, necesitando temperaturas mínimas para la germinación de semillas de 15°C, siendo la óptima los 32°C y la máxima los 38°C. Las distancias de siembra más usadas son de 1.80 entre filas y de 0.30-0.50 entre plantas, con una población aproximada de 11,000 plantas/ha (Gómez, 2018).

El fruto del melón es de tipo pepónide ovalado o redondo, de cortezas y pulpas de color blanco, verde, amarillo o anaranjado, y de piel rugosa o lisa (Orozco, 1982). A nivel mundial existe variedad de melones, entre los cuales se pueden mencionar los más comunes: el amarillo, los verdes españoles, el Cantaloupe, el Honeydew, el Harper y el Galia, cuyas características principales pueden observarse en el Cuadro 5 (Reche, s.f.; Infoagro, s.f.).

Cuadro 5.

Tipos de melones más comunes cultivados en el mundo

Nombre	Descripción	Fotografía
Amarillo	Piel amarilla brillante, lisa o rugosa, de forma ovalada y con pulpa de color verde claro a blanco cremoso. Algunas variedades que se pueden mencionar son: Amaral RZ, Natal, Amarillo canario, Amarillo oro.	
Verdes españoles (Tendral, Piel de Sapo, Rochet)	Tendral: Piel color verde medio a oscuro, asurcada y con pulpa de color blanco. Piel de Sapo: Piel color verdoso amarillo, manchada y reticulada, de forma ovalada.	
Verdes españoles (Tendral, Piel de Sapo, Rochet)	Rochet: Piel verde claro, lisa o rugosa, de forma ovalada-alargada y con pulpa de color blanco amarillento. Algunas variedades que se pueden mencionar son: Tendra, Cantasapo, Hidalgo, Melchor.	

Nombre	Descripción	Fotografía
Cantaloupe	Pequeños, esféricos, de piel verde grisácea a verde intenso, lisa o reticulada, de forma ovalada y con pulpa de color anaranjado o salmón. Algunas variedades que se pueden mencionar son: Aurabel, Bayard, Cyrano, Vulcano, Cacique Gold.	
Honeydew	Piel verde-amarilla, lisa o estriada, de forma ovalada y con pulpa de verde claro. Algunas variedades que se pueden mencionar son: Springdew y Summerdew.	
Harper	Piel azul claro, de forma esférica y con pulpa de color anaranjado claro. La variedad más común es el Caribbean Gold.	
Galia	Piel verde amarillenta, muy reticulada, de forma esférica u ovalada y con pulpa de color blanco verdoso. Algunas variedades que se pueden mencionar son: Ajax, Alpes, Garza.	

Fuente: Elaboración propia con base en Botto (2011); Infoagro (s.f.) y Reche (s.f.)

Las dos variedades más importantes que se cultivan en el Valle de la Fragua son el tipo Cantaloupe y Honey Dew. El Cantaloupe (*Cucumis melo var. reticulatus*) es el que más se produce a nivel mundial y el Honeydew (*Cucumis melo var. inodorus*), es conocido como melón chino en Zacapa (Gómez, 2018). En su mayoría, las variedades de melón contienen flores macho y hermafroditas juntas en una misma planta. La floración inicia a los 25-30 días después de plantado, dependiendo de la variedad, cultivar y clima, y solamente se abren durante un día (FAO, 2018). Las anteras de las flores masculinas, que son más abundantes, preceden a las hermafroditas, que son flores más grandes, floreciendo de dos a cinco días antes. Una característica importante, es que el melón no puede autopolinizarse, por lo que requiere la transferencia de polen por animales para tener una adecuada producción, productividad y calidad y cantidad de frutos (FAO, 2018), debido a que el polen es pegajoso y necesita ser transportado por abejas de una flor a otra (Gómez, 2018).

Normalmente, la cantidad de fruta que llega a la madurez se encuentra entre una y cuatro y dos o tres en híbridos y generalmente se recomiendan de tres a cuatro colonias por hectárea en lugares donde existe déficit de polinización o una colmena por cada 3,000 plantas dependiendo de la densidad de siembra (FAO, 2018).

El proceso de producción de melón inicia con la preparación del suelo, en donde se utilizan equipos de labranza halados por tractores para las labores de subsolado, arado, rastreado, levantado de camas y mullido el suelo con rotovator. Luego se utiliza un implemento para colocar la manguera y una cobertura plástica, aplicando fumigación en el suelo por medio del riego por 15 días previo al trasplante. La siembra se realiza por medio de pilones que se siembran y se coloca una cobertura flotante (manta no tejida de polipropileno) para evitar el ingreso de plagas, la cual se remueve entre los 23-25 días después del trasplante, que es cuando se colocan las colmenas para la polinización. En la variedad Harper se coloca una bandeja a los 42-45 días después del trasplante para evitar que tenga contacto con el suelo. La cosecha se da aproximadamente a los 63-65 días después del trasplante, dependiendo de las condiciones ambientales y se recolecta en carretas por medio de tractores que lo trasladan a las plantas empacadoras (Sosa, 2018).

En Guatemala, los principales departamentos productores en 2016 se concentraban en Zacapa con 85%, Santa Rosa con 7% y Jutiapa con 6% (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación [MAGA], 2016) y las variedades más importantes que se cultivan en el valle de la Fragua son el tipo Cantaloupe, Honeydew y Harper caribbean gold (Sosa, 2018).

Guatemala fue el segundo mayor exportador de melón del mundo en 2017, con el 12% de las exportaciones mundiales y 511,716 toneladas exportadas (BANGUAT, 2019a; FAOSTAT, s.f.). Asimismo, se reportaron \$134,667,590 de ingresos por su exportación en 2018, equivalente al 1.23% de las exportaciones del país (BANGUAT, 2019b) y las sandías y melones representaron en promedio el 0.30% del producto interno bruto (PIB) en el periodo 2013-2018.

Recinos (2018) realizó una investigación para identificar a los polinizadores silvestres de melón en el Valle del Motagua en Zacapa, registrando 11 especies nativas como polinizadores potenciales del cultivo de melón y una especie introducida. Diez de las 11 especies pertenecen a la familia Apidae y una a la familia Halictidae. Sin embargo, tomando en cuenta el área y la temporalidad de la investigación, Recinos (2018) determinó que se registró únicamente alrededor del 28% de especies de abejas polinizadoras de este cultivo, por lo que se requiere más estudios para determinar la variedad de polinizadores potenciales total para el cultivo de melón. La especie más abundante que se identificó fue la introducida (*Apis mellifera*) y las especies nativas con mayor abundancia relativa fueron la Doncellita (*Tetragonisca angustula*) y *Paratrigona guatemalensis*. Recinos indicó que ambas especies podrían criarse en colmenas y utilizarse al igual que *Apis mellifera* en la polinización del cultivo del Melón (2018).

El número de individuos pertenecientes a especies nativas fue mayor en las áreas de muestreo que se encontraban rodeadas por parches de bosque seco de tamaño considerable, los cuales juegan el papel de hospederos en el ciclo de vida de las diferentes especies y son de vital importancia como estrategia para la conservación de las abejas silvestres (Recinos, 2018, p. 33).

3. METODOLOGÍA

3.1 Definición del problema

El servicio de polinización es de suma importancia por su contribución a la agricultura mundial, siendo importante mencionar que la polinización por medio de animales contribuye a la reproducción sexual de más del 90% de las 250,000 especies de angiospermas (plantas con flores). Esta interacción afecta la supervivencia humana a través de su rol en el sostenimiento de la biodiversidad y contribuye a la integridad de la mayoría de los ecosistemas terrestres. Se ha estimado que al menos un 35% de la producción mundial de alimentos, incluyendo productos de origen animal, se derivan de cultivos polinizados por animales, siendo las abejas los polinizadores principales (Aizen, Garibaldi, Cunningham y Klein, 2009). También es importante mencionar que la polinización biótica mejora la calidad o cantidad de semillas o frutos de aproximadamente el 70% de los cultivos tropicales. De lo anterior, la agricultura depende particularmente del servicio de polinización que proveen las abejas melíferas (*Apis mellifera*), que es la especie más importante de los polinizadores (Aizen et al., 2009). Por otro lado, existen al menos 17,000 especies de abejas silvestres nativas alrededor del mundo, y muchas visitan cultivos y contribuyen a su polinización, complementando muchas veces la labor de las abejas melíferas (Winfree, Gross y Kremen, 2011).

Actualmente, el estado de las abejas melíferas está en declive en muchas regiones, lo que está incrementando la preocupación de una crisis de polinización que amenace el suministro de alimentos. En Norteamérica, el número de colmenas manejadas ha disminuido en un 60% desde los 1940s y en Europa Occidental, la diversidad de abejas silvestres ha disminuido, principalmente debido a la destrucción de su hábitat (Aizen et al., 2009).

Se ha determinado que los cultivos dependientes de polinizadores se han incrementado, en promedio, más rápido que los que no dependen en polinizadores en los países en desarrollo y desarrollados durante el periodo de 1961-2006, por lo que la relevancia del

servicio de polinización se ha incrementado. Esto puede afectar los rendimientos de los cultivos, por lo que se hace necesario obtener información sobre la dependencia de la agricultura en la polinización (Aizen et al., 2009).

El cultivo de melón es dependiente de la polinización por abejas para poder producir frutos que cumplan con las características para ser exportadas (Recinos, 2018) y en estudios en otros países, se ha determinado que, sin la polinización de las abejas, simplemente no se produce fruto alguno, por lo cual se evidencia la importancia del servicio de polinización en el melón (Revanasidda, 2019).

Sin embargo, muchos de los servicios derivados de funciones de regulación, de hábitat y culturales de los ecosistemas, incluida la polinización, generalmente no se comercializan en el mercado, por lo que es necesario medir y calcular su valor para poder visibilizar sus flujos beneficiosos, que son amenazados por la desaparición de los ecosistemas naturales, a causa, principalmente, del cambio de uso de la tierra, la explotación de los recursos naturales, la contaminación, la pérdida de la biodiversidad y la fragmentación del hábitat. A menos que estos beneficios que se derivan de los servicios ecosistémicos sean medidos de forma explícita, o valorados, lo más común es que estos flujos sean ignorados en la toma de decisiones de uso de la tierra. Solamente se toman en cuenta los beneficios de los bienes comercializables de las actividades económicas, como los cultivos agrícolas y otros usos comerciales de la tierra, y, en consecuencia, existe una excesiva conversión de ecosistemas naturales (Barbier, 2007).

Es importante tener estimaciones precisas de valoraciones para poder mejorar la planificación del uso de la tierra y contar con la cuantificación de los costos y beneficios de conservar el hábitat para que puedan llevarse a cabo las funciones y los servicios de los ecosistemas. La pérdida de los servicios ecosistémicos podría afectar el flujo de insumos del ambiente hacia las actividades económicas y el bienestar de la sociedad en general. Entre esta pérdida de servicios ecosistémicos, el servicio de polinización genera o influencia fuertemente la productividad de muchos cultivos que se benefician de la presencia de insectos polinizadores, por lo que un declive en la abundancia de estos

podría comprometer la producción agrícola global y existe una falta de estimaciones precisas de esta amenaza (Aizen et al., 2009). La pérdida de polinizadores podría afectar la producción de cultivos dependientes de la misma al reducir los rendimientos o aumentar los costos del productor, y si esto ocurriera a gran escala, los precios de mercado de los cultivos también aumentarían (Winfrey et al., 2011).

Otra dificultad se presenta al tratar de incluir estos servicios ecosistémicos en las cuentas ambientales nacionales, debido a la dificultad de asignar valores numéricos a los activos ambientales que no se comercializan en el mercado, además de la dificultad en crear un método convincente y reconocido internacionalmente (Venkatachalam y Jayanthi, 2016 y Li y Lang, 2010).

La información de las cuentas ambientales es relevante como soporte en la toma de decisiones acerca del uso más eficiente de los ecosistemas y como apoyo al bienestar individual y de la sociedad. Dentro de las cuentas ambientales, la contabilidad de ecosistemas permite medir la contribución de los ecosistemas a la actividad económica y evaluar el rol de los ecosistemas en la provisión de beneficios al bienestar humano que comúnmente no son apreciados y que no son considerados en el reporte y análisis económico a nivel nacional (ONU et al., 2014a).

La información recopilada y sus indicadores pueden ser utilizados por los ministerios de ambiente, de recursos naturales, de agua, de agricultura, de salud, de transporte, de seguridad pública, de industria y de finanzas, así como por los tomadores de decisiones de gobiernos regionales y locales. Es por esta importancia de evidenciar la contribución de los ecosistemas y los servicios ecosistémicos a la economía y la sociedad, que surge el interés de contribuir a la contabilidad ambiental, y específicamente a la cuenta experimental de ecosistemas, valorando el servicio de polinización.

En tal sentido, se determinó el valor del servicio ecosistémico de polinización en la producción del cultivo de melón en Zacapa durante el año 2019 usando un método de valoración consistente con los utilizados para contabilidad y valoración ambiental, para

evidenciar su importancia y poder incluir el valor su la cuenta experimental de ecosistemas de Guatemala.

Alcances y límites

El análisis se enfocó en la producción del cultivo de melón en el departamento de Zacapa y la utilización del servicio ecosistémico de polinización durante el año 2019, realizando la recolección de información en campo por medio de entrevistas directas durante el mes de diciembre de 2019 y terminando las entrevistas vía telefónica en enero 2020. El melón depende de la polinización para su reproducción y para obtener frutos en la calidad y cantidad necesarios para cumplir con los requisitos de exportación. En este departamento se tiene la mayor producción a nivel nacional, contando en 2016 con el 85% de la producción total y con el 86% de la superficie cosechada (MAGA, 2016).

3.2 Objetivos

3.2.1 Objetivo General

Valorar el servicio ecosistémico de polinización por abejas en el cultivo de melón en el departamento de Zacapa en Guatemala durante el año 2019 a través del método de costos de reemplazo utilizando las alternativas de colmenas manejadas y polinización manual.

3.2.2 Objetivos Específicos

- 1) Describir el proceso y los factores de producción utilizados en el cultivo de melón en Zacapa.
- 2) Estimar la producción de melón dependiente de la polinización por abejas en 2019.
- 3) Identificar las técnicas alternativas que pueden ser utilizadas para la polinización de melón.
- 4) Determinar el costo de reemplazo del servicio ecosistémico de la polinización provisto por las abejas en el cultivo de melón usando como alternativa las colmenas manejadas y la polinización manual.
- 5) Aportar a la Cuenta Experimental de Ecosistemas, parte del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico de Guatemala, con métodos, costos, resultados y lecciones aprendidas de la aplicación de la valoración.

3.3 Hipótesis de investigación

En esta investigación se plantea que el valor del servicio ecosistémico de polinización por abejas en el cultivo de melón ha sido revelado en el costo de renta de colmenas, por lo que es posible estimarlo con el método de costos de reemplazo, midiendo el costo de la renta de colmenas manejadas que actualmente es utilizado como parte de los insumos de producción del cultivo en el departamento de Zacapa durante 2019.

3.4 Variables

Las variables que están presentes en la hipótesis son las siguientes:

Y= valor del servicio ecosistémico de polinización

X= precio de renta de colmenas y la densidad de colmenas utilizadas por hectárea

El método de costos de reemplazo se calculó usando el valor del servicio de polinización el costo de renta de colmenas, dado por:

$$V_{p2} = R \times c \quad (1)$$

Donde V_{p2} es el valor económico anual del servicio de polinización en una hectárea de cultivo de melón (Quetzales); R es el costo de renta de colmenas manejadas en el área para el cultivo de melón y c es el número de colmenas de abejas melíferas que se necesitarían para llevar a cabo la polinización de melón en una hectárea.

Adicionalmente, se estimó el valor del servicio de polinización manual, a través de contabilizar el costo del salario de los trabajadores al realizar el proceso, obteniéndose el valor por medio de la siguiente ecuación:

$$V_{p1} = L \times t \times T \quad (2)$$

Donde V_{p1} es el valor económico anual del servicio de polinización en una hectárea de cultivo de melón (Quetzales); L es el costo de pagarle a un trabajador basado en los salarios del área; t es el número de trabajadores que se necesitarían para llevar a cabo la polinización manual de las flores de melón en una hectárea y T es el número de días en que se polinizarían las flores.

3.5 Área de estudio

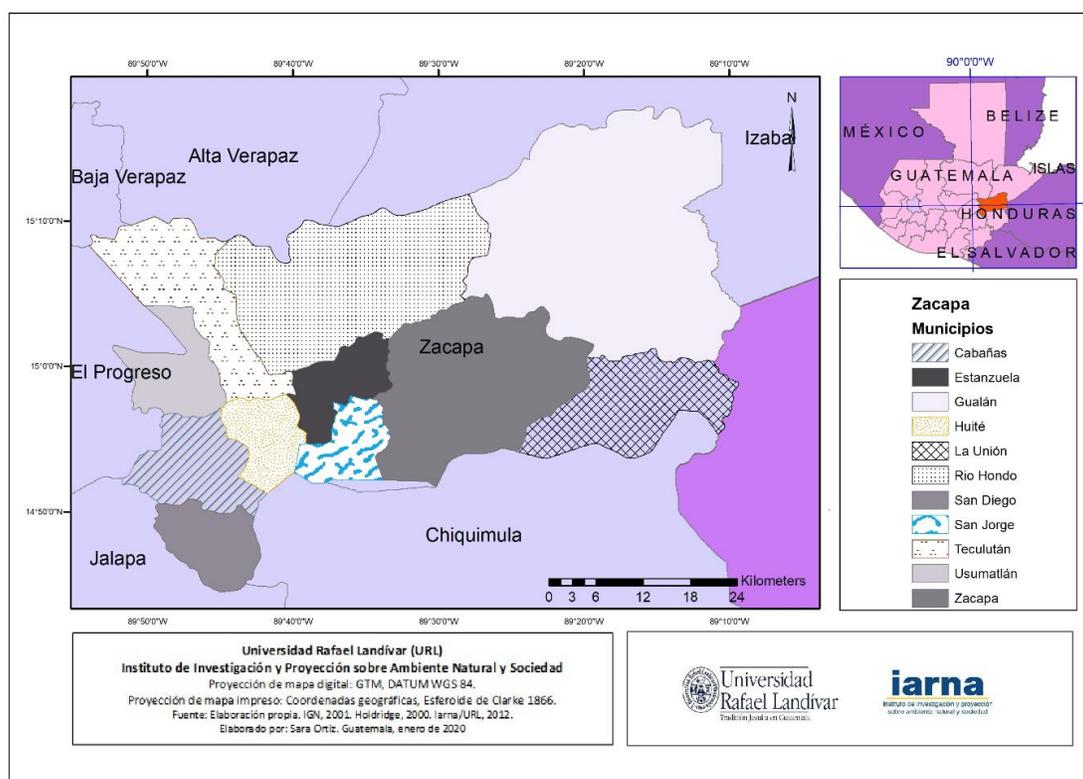
El departamento de Zacapa tiene una extensión de 2,690 km² y se encuentra en el noreste del país a una distancia de 147 km de la Ciudad Capital. Tiene una altitud media de 185 msnm y limita al norte con los departamentos de Alta Verapaz e Izabal, al sur con

los departamentos de Chiquimula y Jalapa, al este con la República de Honduras y al oeste con el departamento de El Progreso (CODEDE y SEGEPLAN, 2011).

De acuerdo con los resultados del XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda 2018 publicados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), el departamento está compuesto por 11 municipios: Zacapa, Estanzuela, Gualán, Teculután, Usumatlán, Cabañas, San Diego, La Unión, San Jorge, Huité y Río Hondo (Figura 6) y tiene una población de 245,374 personas, de las cuales el 97% se denomina ladino.

Figura 6.

Municipios del departamento de Zacapa



Fuente: Elaboración propia con base en información geográfica de Iarna (2019a)

El clima se caracteriza por ser generalmente cálido con temperaturas medias de 27°C y máximas de 34°C con una humedad relativa de 66%. Las precipitaciones varían de

menos de 500 mm anuales en la parte del valle del Motagua, hasta 1,500 mm anuales en los lugares más altos, como en el municipio de La Unión (CODEDE y SEGEPLAN, 2011). Los ecosistemas más importantes del área, basados en la clasificación de zonas de vida para Guatemala, son el bosque seco tropical (bs-T), el bosque húmedo premontano tropical (bh-PMT) y el bosque muy seco tropical (bms-T), pero también tiene representación del bosque húmedo tropical (bh-T), bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PMT), bosque muy húmedo montano bajo tropical (bmh-MBT) y bosque pluvial montano tropical (bp-MT) (Iarna, 2019a).

Asimismo, de acuerdo con CODEDE y SEGEPLAN (2011) las principales zonas boscosas del departamento son: la Sierra de las Minas ubicada en los municipios de Usumatlán, Teculután y Río Hondo; la Montaña de las Granadillas en Zacapa y La Unión; el Bosque Nuboso en La Unión, la Cumbre Alta en Gualán y el Bosque El Gigante en Huité y San Diego. Es importante mencionar la importancia de estos bosques y áreas montañosas por la importancia de los servicios ecosistémicos de regulación hidrológica y provisión de agua para la zona agrícola del área, que permiten el desarrollo agropecuario del departamento. Además, el área provee los servicios ecosistémicos de provisión de alimentos (granos básicos, frutales, ganado bovino y sus productos, café), provisión de madera y productos no maderables del bosque. Adicionalmente, se mencionan algunos servicios de regulación, como lo son la producción de oxígeno, control de inundaciones, control de erosión.

Las principales actividades productivas del departamento, de acuerdo con el Plan Estratégico Departamental 2011-2025 se dividen en: las mayores áreas de producción de melón y sandía al noreste; las mayores áreas de producción de café, banano, cítricos y ganado bovino al este; producción de melón, sandía, hortalizas y ganado bovino al noroeste y granos básicos, lácteos y algunos frutales en el área suroeste (CODEDE y SEGEPLAN, 2011).

La principal zona productora de melón se encuentra en el Valle de la Fragua y se ubica principalmente en los municipios de Zacapa, Estanzuela, Teculután, Usumatlán,

Cabañas, Huité, Cabañas y Rio Hondo (Recinos, 2018). Asimismo, de acuerdo con Recinos (2018) en el área de cultivo de melón se utiliza habitualmente colmenas de abejas manejadas a razón de 4 colmenas/ha.

3.6 Diseño utilizado

La tesis es analítica descriptiva, utilizando el método hipotético-deductivo, partiendo de la valoración del servicio ecosistémico de polinización en Zacapa para poder extraer conclusiones de carácter general del servicio ecosistémico de polinización en Guatemala y su aporte como insumo de la cuenta experimental de ecosistemas de Guatemala. Asimismo, se usó un diseño de investigación no experimental y transeccional, ya que solo se tomaron datos para un año de estudio (2019).

Para valorar el servicio ecosistémico de polinización se utilizó el método de costo de reemplazo, evaluando las alternativas de uso de colmenas manejadas y polinización manual. Este método ha sido utilizado por diferentes autores para valorar este servicio ecosistémico (Allsopp et al., 2008; Popak y Markwith, 2019; Revannasida, 2019 y Winfree et al., 2011).

La información para esta tesis fue obtenida utilizando dos técnicas de investigación: la primera utilizando fuentes secundarias por medio de una investigación bibliográfica y la segunda utilizando fuentes de información primarias a través de la técnica de encuesta.

3.7 Objeto de investigación

El cultivo de melón que requiere del servicio ecosistémico de polinización provisto por abejas en el departamento de Zacapa. En este caso, la población estadística es conocida y está compuesta por las áreas de cultivo de 16 productores: 12 productores independientes y cuatro agroexportadoras. Para esta tesis, se entrevistó al universo completo.

3.8 Instrumento de medición

La información primaria fue recopilada haciendo uso de una encuesta compuesta de un cuestionario estructurado en 14 preguntas (en el Anexo 2 se presenta el formato final utilizado). Esta encuesta se compone de 3 secciones:

1. La primera sección de información general de los productores del área, como la ubicación, extensión del área de cultivo, rendimientos y precios. La información recopilada de esta sección sirvió para tener una descripción del proceso y los insumos de producción utilizados y conocer las ubicaciones de las áreas de cultivo, donde también se tomaron puntos georreferenciados.
2. La segunda sección de información específica del servicio de polinización, su importancia, el uso de colmenas y su distribución y ubicación en el área de cultivo, problemas relacionados con la polinización y el uso de métodos alternativos. Esta información permitió conocer la importancia del servicio en la producción e identificar las alternativas para calcular el costo de reemplazo.
3. La tercera sección era específica de la producción, la cantidad de plantas sembradas en el área, destino y costos de la producción y otros usos de la tierra adicionales. En el tema de costos se hizo la distinción entre tierra, mano de obra y maquinaria e insumos, preguntando específicamente por el uso de colmenas de abejas polinizadoras como parte de estos insumos. Esta información permitió conocer los costos de la producción del melón y la información también sirvió para calcular los costos de reemplazo.

Inicialmente, se incluyó una pequeña descripción del propósito de la investigación y se aseguraba la confidencialidad de la información, el resguardo de nombres y ubicaciones específicas y el uso con fines académicos de la misma. Parte de las preguntas consistía en evaluar el conocimiento y la importancia que los productores le dan al servicio ecosistémico de polinización, por lo cual la información correspondiente a la importancia de las abejas en la agricultura mundial se mencionó luego de haber realizado la pregunta a los productores.

3.9 Resumen del procedimiento metodológico

Primero, se realizó una revisión de literatura para comprender el funcionamiento del servicio ecosistémico de polinización y el aporte que tiene en la agricultura y específicamente en el cultivo de melón. Parte de esta revisión permitió identificar las alternativas de reemplazo más adecuados para valorar el servicio de polinización.

Con la información anterior, se procedió a elaborar la encuesta, tomando como base el cuestionario elaborado por Popak y Markwith (2019). Esta primera boleta, que puede observarse en el Anexo 1, se validó por medio de una prueba piloto realizada con cuatro productores de melón y técnicos que habían trabajado con melón por vía telefónica durante la semana del 2 al 6 de diciembre de 2019. Luego de esta prueba, se modificaron algunas preguntas para que se ajustase más al cultivo y se modificó el vocabulario para adecuarlo a términos más comunes en el área, siendo los ajustes:

- Se modificaron las preguntas de rendimiento y precio para incluir el dato en manzanas y por m³ y por hectáreas y cajas, dado que los productores independientes trabajan en manzanas y venden en el mercado local (Guatemala y El Salvador y Honduras ocasionalmente) y los agroexportadores manejan hectáreas y calculan el precio por caja de producto.
- Se dividió la pregunta relacionada con problemas asociados a la polinización y los métodos alternativos, para primero identificar si habían tenido algún problema y luego conseguir la información de los métodos alternativos, si es que se habían considerado.
- Se cambió la forma de preguntar acerca de los costos de producción, debido al recelo en revelar la información, se procedió a preguntar el monto aproximado general, para luego ir preguntando individualmente por el costo de la tierra, mano de obra e insumos. Se preguntó específicamente por el costo del arrendamiento de colmenas por aparte. Luego se utilizó la información desglosada para verificar o ajustar el costo por hectárea o manzana.

Los datos fueron recolectados por medio de nueve entrevistas personales directas en la semana del 17 al 20 de diciembre de 2019. Además, se realizaron otras seis entrevistas

del 6 al 9 de enero de 2020 por vía telefónica y una entrevista por videollamada, entrevistando a los 16 productores identificados para poder obtener datos de la producción total en el departamento, se entrevistó al universo completo. El costo de la aplicación del método fue de aproximadamente Q5,700, tomando en cuenta el tiempo utilizado por la investigadora, el apoyo de un trabajador de la Universidad Rafael Landívar de la sede de Zacapa que apoyo como intermediario para ubicar a los productores independientes y los gastos de telecomunicaciones, transporte, hospedaje, alimentación y papelería y útiles.

Se tomó como base la extensión aproximada del cultivo de melón en Zacapa y los rendimientos reportados en la encuesta para determinar el volumen de producción dependiente de la polinización y la información de costos de renta de colmenas y de jornales de los trabajadores para calcular el costo de reemplazo.

Para el costo de renta de colmenas se utilizó el precio de renta reportado por los productores independientes y el costo de mantenimiento de una colmena reportado por las empresas agroexportadoras que tienen colmenas propias y un departamento de apicultura que las maneja. Para el costo de reemplazo total anual se multiplicaron los costos de renta y de mantenimiento de colmenas por hectárea por el área total sembrada de melón en 2019.

En el caso de la polinización manual, se realizó el cálculo solo para tener la referencia, determinando un tiempo promedio de 30 segundos para polinizar una flor por planta. Se conoce que generalmente la proporción de flores masculinas y flores hermafroditas en el melón es de entre 6:1 a 27:1 (FAO, 2018 y Revanasidda, 2019), por lo que se calculó un mínimo de aproximadamente 200 flores masculinas por cada 10 flores hermafroditas por planta en el periodo de floración del melón, que dura entre 15 y 20 días, tomando en cuenta que cada flor es viable por aproximadamente 12 horas, desde que abre en la mañana hasta que cae al final de ese mismo día (FAO, 2018 y Revanasidda, 2019). Con los datos anteriores, se determinó que una persona puede polinizar manualmente aproximadamente 120 plantas/hora y un total de 840 plantas por jornal, entendiendo el

jornal como un periodo de 7 horas de trabajo. Dado que se espera asegurar la producción de 1 a 4 frutos por planta (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020), se asumió que aprovechar al menos tres días de la floración permitiría alcanzar el nivel de producción deseado. De esta forma se calculó el costo de polinizar manualmente, tomando el costo por jornal reportado por cada productor y la cantidad de jornales necesarios para polinizar el total de flores en las plantas por hectárea de melón.

Luego, la información se procesó haciendo uso de Microsoft Excel 2016, tabulándola y se generando una base de datos con las entradas para el cultivo de melón, como el área cultivada, insumos, tecnología y la variable de polinización calculada haciendo uso de las ecuaciones anteriormente presentadas en el inciso 3.4. Como parte de las premisas metodológicas se indica que los datos encontrados se presentan en valores absolutos y relativos y que también se generaron cuadros de salida y algunas figuras para ejemplificar los resultados.

Se documentó todo el proceso de valoración, los problemas encontrados en el uso del método, lecciones aprendidas para contribuir a la cuenta de ecosistemas y a los procedimientos de valoración de servicios ecosistémicos en general, para finalmente incluir el valor del servicio de polinización en Zacapa en la cuenta experimental de ecosistemas de Guatemala.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de la investigación, obtenidos a través de entrevistas al universo completo de productores de melón en el departamento de Zacapa, por medio de un cuestionario en el cual se les solicitó información del proceso e insumos de producción, el uso de polinizadores y colmenas y los costos de producción. Se presenta en un primer punto la descripción del proceso de producción de melón en el departamento de Zacapa, seguido de la estimación de la producción dependiente de la polinización por abejas en 2019, la definición de las técnicas alternativas para la polinización de melón identificadas mediante la revisión bibliográfica y las encuestas, la determinación del costo de reemplazo y la información del método, resultados y lecciones aprendidas de la valoración para la Cuenta Experimental de Ecosistemas.

Objetivo 1

4.1 Describir el proceso y los factores de producción utilizados en el cultivo de melón en Zacapa

Los productores de melón de Zacapa (2019; 2020) indicaron que el proceso de producción de melón se divide en tres etapas: la preparación del suelo, la siembra y la cosecha. La preparación del suelo consiste en pasar la rastra, levantamiento de surcos, colocación de plástico (polietileno) y de manguera para riego. Luego, se desinfecta el suelo aplicando productos de fumigación del suelo (como, nematicidas, fungicidas, insecticidas y herbicidas). La siembra se realiza manualmente utilizando pilones a una distancia de 1.80m entre surcos y de 0.40-0.50m entre plantas, alcanzando aproximadamente 11,000 plantas/ha. Durante este proceso también se coloca una cobertura flotante (manta no tejida de polipropileno) para evitar el ingreso de plagas. Se utiliza sistema de riego y se fertiliza por medio de este y por aplicación foliar. También se realizan cortes de guías durante el crecimiento vegetativo y control de plagas y enfermedades, aplicando fungicidas, bactericidas e insecticidas durante todo el proceso desde algunos días después del trasplante hasta los 48 días. La mayoría de las flores

femeninas están abiertas a los 22-27 días y se colocan las colmenas para la polinización luego de retirar la cobertura de polipropileno, dejándolas en campo de 12-15 días, y en algunos casos, 20-30 días. Finalmente, la cosecha del fruto se da aproximadamente a los 60-65 días después del trasplante, dependiendo de la variedad, realizándose de forma manual y durando aproximadamente 15 días (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

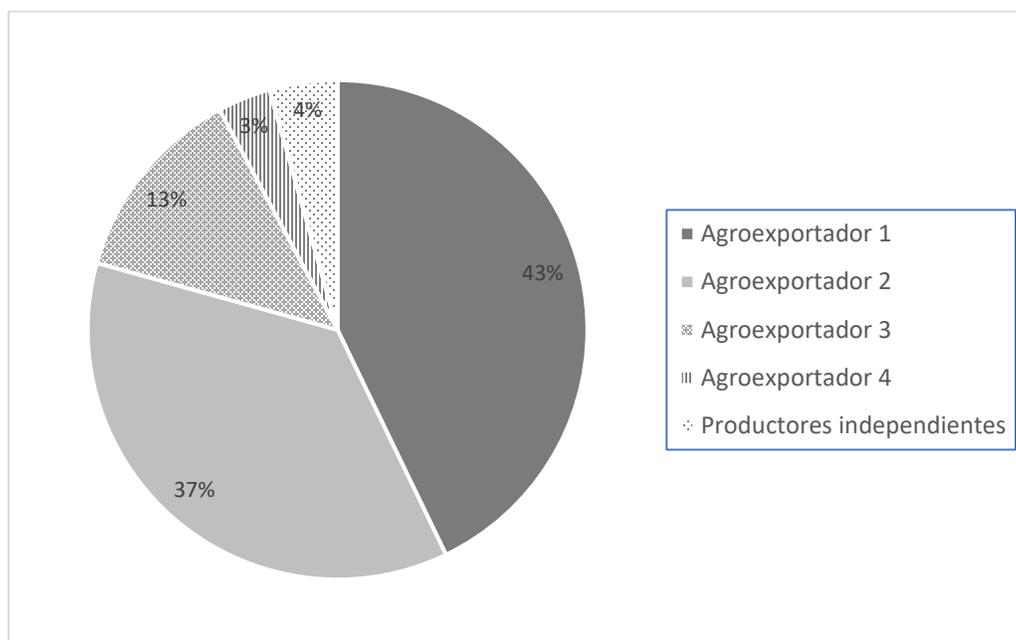
En Zacapa el cultivo de melón es manejado por un grupo de productores que en total sembraron el equivalente a 16,132 ha en 2019 en dos ciclos de cosecha. La extensión total dedicada al cultivo es de 8,226 hectáreas, de las cuales se volvieron a sembrar 7,905 hectáreas en el segundo ciclo de cosecha (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020). De acuerdo con datos oficiales de FAOSTAT (s.f.) la extensión del cultivo de melón en el país se había incrementado de 24,601 ha en 2014 a un estimado de 29,176 ha en 2018. Según esta tendencia, se había mantenido un incremento promedio aproximado de 1.12% anual durante 2014-2015, aumentando a 4.3% en 2017 y un estimado de 9.87% para 2018. Asimismo, según el último dato conocido en cuanto a la proporción de melón que se siembra en el departamento de Zacapa, MAGA (2016) indicaba que el 86.20% de la superficie cosechada se encontraba en este departamento. Sin embargo, dados los resultados reportados en la encuesta realizada en esta investigación, el total de la superficie cultivada en Zacapa ahora representa el 55%, por lo que se puede asumir que el cultivo en otros departamentos se ha incrementado.

La Figura 7. esquematiza la distribución de la producción de melón en la zona, donde se muestra que la producción la dominan cuatro empresas agroexportadoras, que en conjunto ocupan el 96% de la tierra y siembran en dos ciclos de cosecha, uno de septiembre a diciembre y otro de enero a abril, siendo importante notar que dos empresas ocupan el 80% de la superficie. El 4% de la extensión de tierra restante la utilizan 12 productores que se autodenominan independientes o locales, haciendo referencia a que la venta de su producto lo realizan principalmente en Guatemala y ocasionalmente exportan a Honduras y El Salvador, que siembran de mayo a septiembre, aprovechando

la ventana en la que no trabajan las agroexportadoras y usualmente obtienen mejores precios para su producto. El área de producción de melón en el departamento se ubica en los municipios de Zacapa, Estanzuela, Teculután, Usumatlán, Unión, San Jorge, Huité, Cabañas y Rio Hondo, teniendo las mayores extensiones en Zacapa, Estanzuela y Teculután (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Figura 7.

Área cultivada de melón durante 2019 por tipo de productor



Fuente: Elaboración propia con base en comunicación personal con los productores de melón de Zacapa (17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020)

Se ha producido melón desde mediados de 1980, pero la mayoría de los productores independientes iniciaron formalmente en la década del 2000. Muchas empresas y productores se han asociado con las empresas exportadoras, razón por la cual han quedado pocos productores independientes, de los cuales, el 50% son dueños de sus propios terrenos y ocasionalmente arriendan parcial o totalmente a las empresas exportadoras, que no poseen terrenos propios.

En el Cuadro 6 se observan los datos de producción reportados por los productores de melón durante 2019. En cuanto a productividad, los productores de melón reportaron que durante 2019 tuvieron rendimientos promedio de 33 toneladas métricas por hectárea, diferenciándose un mayor rendimiento en los productores independientes, que generan en promedio 36 Tn/ha y los agroexportadores que generan 26 Tn/ha (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Los costos de producción se dividen en renta de tierra (14% del costo total), mano de obra (19% del costo total) y el uso de insumos para la producción (67% del costo total), en el que se tomó en cuenta la maquinaria y sus implementos (tractores, rastras, surqueadora, bordeadora, rotaveitor, emplastadora, fumigadora, etc.) y los insumos agrícolas (semillas, pilones, plásticos, agroquímicos, mangueras, riego, hormonas, etc.). Esta composición de los costos es muy similar entre agroexportadores y productores independientes, observándose algunas diferencias solamente en el pago de jornales, que es levemente mayor en las empresas agroexportadoras, y en la cantidad de maquinaria e implementos propios (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Cuadro 6.

Datos de producción del cultivo de melón en el departamento de Zacapa durante 2019

<i>Productor</i>	Área de siembra anual	Rendimiento	Producción total anual	Ingreso por hectárea	Costos de producción			Costo total	Utilidad total
					Tierra	Mano de obra	Insumos		
<i>Unidad de medida</i>	ha	Toneladas métricas/ ha	Toneladas métricas	Quetzales	Quetzales/ ha			Quetzales / ha	
<i>Productor 1</i>	21	38	805	55,519	3,263	3,593	27,000	33,856	21,662
<i>Productor 2</i>	37	35	1,272	41,912	3,525	5,300	26,000	34,825	7,087
<i>Productor 3</i>	42	42	1,789	63,450	5,438	4,380	27,547	37,366	26,085
<i>Productor 4</i>	4	30	125	44,415	4,935	7,000	17,642	29,577	14,838
<i>Productor 5</i>	19	38	725	38,070	2,820	8,000	21,898	32,718	5,352
<i>Productor 6</i>	71	30	2,088	32,078	7,614	7,800	12,234	27,648	4,430
<i>Productor 7</i>	45	35	1,584	40,961	3,525	6,000	23,699	33,224	7,737
<i>Productor 8</i>	4	36	154	36,378	4,512	6,000	16,980	27,492	8,886
<i>Productor 9</i>	141	38	5,368	38,070	5,076	3,800	20,842	29,718	8,352
<i>Productor 10</i>	10	38	376	38,070	4,935	5,800	17,913	28,648	9,423
<i>Productor 11</i>	1	34	48	35,250	4,351	3,900	24,256	32,507	2,744
<i>Productor 12</i>	7	38	268	38,070	4,935	5,800	17,913	28,648	9,423
<i>Agroexportador 1</i>	6,000	27	162,000	173,567	5,438	10,819	29,506	45,764	127,803
<i>Agroexportador 2</i>	2,115	28	59,009	179,353	6,526	11,571	26,999	45,097	134,256
<i>Agroexportador 3</i>	7,050	23	164,970	150,425	5,438	7,000	27,317	39,755	110,670
<i>Agroexportador 4</i>	564	24	13,423	203,995	5,438	6,865	25,811	38,114	165,881
<i>Total</i>	16,132	534	414,003	1,209,582	77,771	103,629	363,556	544,955	664,627
<i>Promedio</i>	1,008	33	25,875	75,599	4,861	6,477	22,722	34,060	41,539
<i>Mínimo</i>	1	23	48	32,078	2,820	3,593	12,234	27,492	2,744
<i>Máximo</i>	7,050	42	164,970	203,995	7,614	11,571	29,506	45,764	165,881

Fuente: Elaboración propia con base en comunicación personal con los productores de melón de Zacapa (17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020)

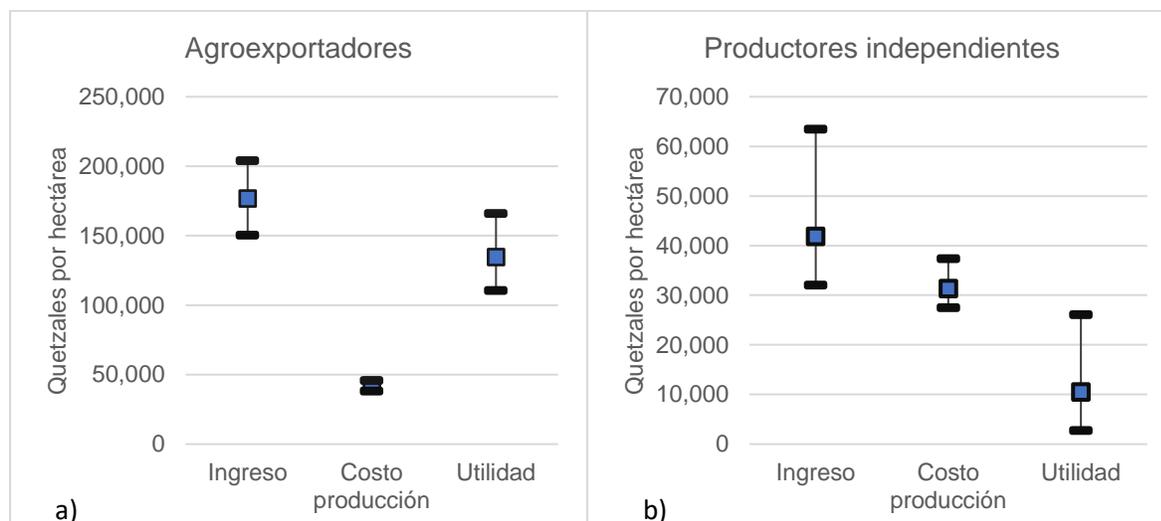
Para los agroexportadores el cultivo de melón tiene dos ciclos de producción anual, el primer ciclo de cosecha es de enero a abril y el segundo ciclo de cosecha es de septiembre a diciembre. Las variedades de melón que siembran son esencialmente Cantaloupe y Honeydew, que se exportan principalmente a Estados Unidos, obteniendo precios de venta promedio de Q6.96/kg, dependiendo de la variedad, pudiendo llegar a Q9/kg (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Por otro lado, los productores independientes siembran principalmente de mayo a agosto, aunque ocasionalmente algunos siembran en el mismo periodo que las agroexportadoras. Los precios de venta para el melón en el mercado local, donde se usan principalmente las variedades Harper y Cantaloupe, varían dependiendo de la época del año siendo en promedio Q1.16/kg. Normalmente presentan precios menores durante la temporada de cosecha de las agroexportadoras, que saturan el mercado con melón de rechazo que no logran exportar, disminuyendo el precio y afectando a los productores independientes que deciden cosechar en la misma temporada (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

En la Figura 8 también se muestra que los mayores ingresos los obtuvieron los agroexportadores, principalmente por los mayores precios que obtienen producto de la exportación, generando en promedio Q176,835/ha, así también obtuvieron las mayores utilidades entre Q110,670/ha y Q165,881/ha. Al mismo tiempo, los productores independientes obtuvieron ingresos promedio de Q41,854/ha y también las menores utilidades entre Q2,744/ha y Q26,085/ha. Es importante notar que los costos para ambos tipos de productores son similares, encontrándose en promedio entre los Q42,183/ha para los agroexportadores y los Q31,352/ha para los productores independientes (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Figura 8.

Ingresos, costos y utilidades reportadas por los productores de melón durante 2019



Fuente: Elaboración propia con base en comunicación personal con los productores de melón de Zacapa (17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020)

Adicionalmente, con el fin de comparar y conocer otros usos de la tierra que se generan en el área en la temporada en la que no están produciendo melón, once de los productores comentaron que ocuparon las tierras para la producción de maíz, uno produjo cultivo de sorgo y uno produjo cultivo de pepinillo. Los rendimientos de maíz alcanzan 16,250 kg/ha, pero mantienen un promedio de 13,788 kg/ha (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Todos los productores de melón utilizan colmenas de abejas melíferas como parte de sus insumos de producción, detallando que la práctica se popularizó desde 1993 cuando las empresas agroexportadoras empezaron a utilizarlas. Popularmente, se han manejado densidades de 3-5 colmenas por hectárea, conteniendo cada colmena aproximadamente 26,000-30,000 abejas que pueden moverse hasta 10 kilómetros desde su área de anidación. Estas colmenas son rentadas por los productores independientes a un par de apicultores de la zona, que también rentan las colmenas para otros cultivos como calabaza, pepino, zucchini o calabacín y sandía. En el caso de los agroexportadores, todos tienen colmenas propias que manejan por medio de un departamento de apicultura,

que se encarga de darles mantenimiento, alimentación y control fitosanitario (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Las colmenas manejadas se colocan en las orillas de los terrenos, cuando sus extensiones son pequeñas, y también se utilizan entre surcos y al centro de los terrenos, cuando las extensiones son mayores, para asegurar que alcancen toda el área del cultivo y para evitar tener que moverlas al momento de pasar con maquinaria y los accidentes de picaduras a los trabajadores. Los productores también indicaron tomar precauciones al aplicar agroquímicos, procurando hacerlo durante la noche, cuando las abejas no están activas y así evitar ocasionarles daño por los insecticidas (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Es interesante notar que todos los productores comentaron que están conscientes de la importancia de la polinización por abejas en el cultivo de melón, debido a que no generan fruto si no están presentes, y además la mayoría comentó conocer de la importancia que representan para la alimentación en general y que la vida humana depende de ello. Al mismo tiempo, el 63% de los productores comentaron que en algunas oportunidades han tenido menores rendimientos en su producción asociado a problemas con las colmenas, como clima extremo (descenso drástico de la temperatura o aumento drástico de la temperatura, incremento en la precipitación), el 31% comentaron haber tenido problemas con plagas que afectan a las colmenas (hormigas y sapos que atacan a las abejas) y el 38% admitió haber tenido problemas por la aplicación de agroquímicos (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Objetivo 2

4.2 Estimar la producción de melón dependiente de la polinización por abejas en 2019

Durante 2019 se produjo en total 414,003 toneladas métricas de melón, en 16,132 ha que se sembraron en el departamento de Zacapa. Del total producido, el 96% tenía como destino ser exportado y el 4% tenía como destino el mercado local (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020). Debido a que previamente se determinó, por medio de la revisión bibliográfica y las entrevistas a los productores, la alta dependencia del cultivo de melón en la polinización para poder llevar a cabo su reproducción y generar productos de calidad (Klein et al., 2007; Revannasida, 2019), se realizó el cálculo siguiente:

$$P_d = P_T \times D$$

Donde P_d es la producción dependiente del servicio de polinización, P_T es la producción total reportada en el año y D es el ratio de dependencia del producto en el servicio de polinización, tomando 0 como nada dependiente y 1 como totalmente dependiente. Se procedió a realizar el cálculo, sustituyendo los valores encontrados en la ecuación, obteniendo:

$$P_d = 414,003 \times 1 = 414,003 \text{ Tn}$$

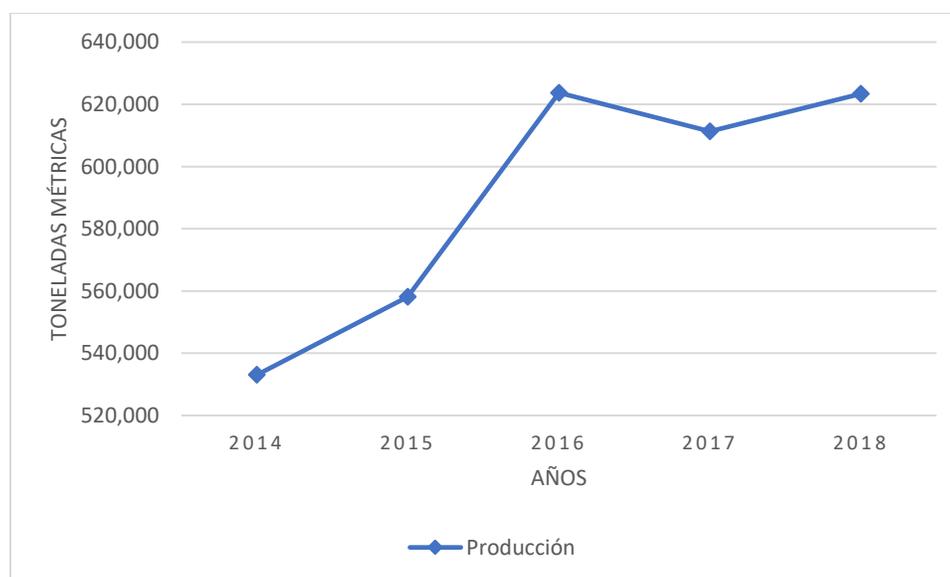
De esta forma se determinó que las 414,003 Tn de melón producidas en 2019 son el total de producción dependiente de la polinización. En el Anexo 5 se pueden observar algunas fotografías de la producción de melón en el departamento de Zacapa.

Es importante comentar acerca del comportamiento de la producción en años anteriores, como puede observarse en la Figura 9 de acuerdo con datos de FAOSTAT (s.f.), el melón ha incrementado no solo su superficie, sino también su productividad, incrementándose de 533,030 Tn en 2014 a 623,405 en 2018, representando un aumento del 17% en ese periodo y asumiendo un incremento del 2% para 2019, se estima que la producción de

Zacapa representó un 65% del total producido a nivel nacional. Esto contrasta con los datos reportados por MAGA (2016) previamente, indicando que la producción se ha movido hacia otros departamentos, posiblemente incrementando el área de producción en Santa Rosa, Escuintla y Jutiapa e incursionando en El Progreso y Chiquimula, lo cual fue comprobado por algunos productores que indicaron tener conocimiento de plantaciones en estos departamentos.

Figura 9

Producción de melón en el periodo 2014-2018



Fuente: Elaboración propia con base en FAOSTAT (s.f.)

Es importante mencionar que todos los productores independientes mencionaron que han visto abejas melíferas (*Apis mellifera*) silvestres previo a colocar las colmenas y otras especies de abejas, que no lograron identificar por nombre en la mayoría de los casos, pero que posiblemente sean Doncellita (*Tetragonisca angustula*) y *Paratrigona guatemalensis*, que fueron identificadas por Recinos (2018), durante la floración del cultivo (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020). En el caso de las mayores áreas continuas de cultivo de melón, estas abejas nativas solo se observan en las orillas de los terrenos en lugares donde hay remanentes de bosque o árboles cercanos, revelando que las abejas nativas

están asociadas directamente al bosque, ya que este provee zonas de anidación y recursos florales para su alimentación. Esto refuerza lo encontrado en una investigación previa en el área del Valle del Motagua en el que se identificaron once especies de abejas nativas potenciales polinizadoras del cultivo de melón, asociadas directamente a los remanentes de bosque (Recinos, 2018).

Objetivo 3

4.3 Identificar las técnicas alternativas que pueden ser utilizadas para la polinización de melón

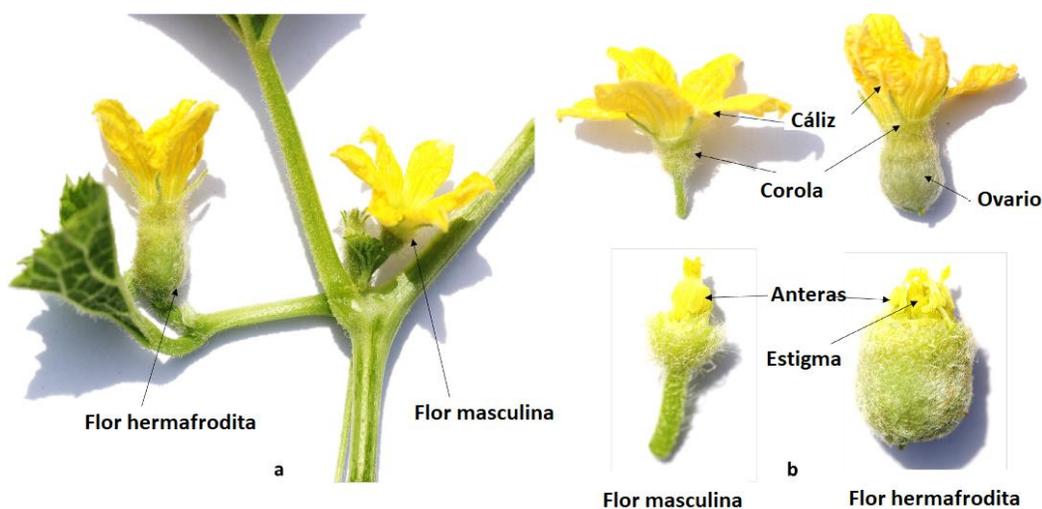
Las técnicas alternativas identificadas para la polinización del melón son la polinización por colmenas manejadas, que se utiliza actualmente, y la polinización por medio de aplicación manual de polen directamente en la flor, la cual es una técnica de costo elevado, por lo que los productores actualmente no están interesados en aplicarla, pero que se tomó en cuenta como alternativa para evidenciar el impacto en los costos en caso se hiciera necesaria por la disminución de la población de abejas.

La primera técnica, el uso de colmenas manejadas que es la que utilizan todos los productores de melón actualmente y que reportaron en 2019, consiste en colocar una densidad aproximada de 3-5 colmenas por hectárea para asegurar la polinización de un promedio de 10,990 plantas/ha. En total se espera que cada planta produzca entre uno y cuatro melones dependiendo de la variedad de melón. Estas colmenas se colocan generalmente en las orillas de los terrenos, para que no se vean afectadas por el paso de la maquinaria, disminuir el peligro para las personas que trabajan en las labores del cultivo y para evitar que la aplicación de pesticidas caiga directamente sobre las colmenas. En el caso de las grandes extensiones de terreno o cuando los surcos son muy largos, se hace necesario colocar colmenas de forma intercalada dentro del cultivo. En general se recomienda aplicar los pesticidas de noche o de madrugada, que es cuando las abejas no están activas en el terreno (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

La segunda técnica, la aplicación de polen de forma manual, consiste en colocar el polen directamente en las flores hermafroditas. En principio, es necesario diferenciar las flores masculinas de las hermafroditas, distinguiéndose las primeras por ser más pequeñas y contener el polen en el centro, mientras las segundas son más grandes y generalmente el ovario es visible (Figura 10). La polinización manual se puede realizar aplicando con un pincel polen previamente recolectado o primero pasando el pincel por las anteras de una flor masculina y luego pasando este mismo pincel en las flores hermafroditas. En general, se recomienda utilizar polen de diferentes flores y no el polen de la misma flor para obtener mejores resultados (Revanasidda, 2019). Actualmente no se utiliza este método por ser considerado demasiado costoso.

Figura 10.

Estructura floral de melón



Fuente: Revanasidda (2019)

Objetivo 4

4.4 Determinar el costo de reemplazo del servicio ecosistémico de la polinización provisto por las abejas en el cultivo de melón usando como alternativa las colmenas manejadas y la polinización manual

Por medio de las encuestas realizadas a los productores de melón, se determinaron los costos de la renta de colmenas y el costo de la mano de obra para realizar el cálculo de la polinización manual y obtener el costo de reemplazo para cada alternativa.

4.4.1 Colmenas manejadas

En el Cuadro 7 se puede observar los datos de uso de colmenas manejadas reportados por los productores de melón para el 2019. Las colmenas manejadas utilizan abejas melíferas (*Apis mellifera*), y se determinó que el costo total de renta es de Q100 por colmena para los productores independientes, que las colocan 12-15 días en campo, necesitando en promedio 3-5 colmenas/ha para suplir la necesidad de polinización del melón. En total se necesitaron 1,402 colmenas para toda el área de producción de los productores independientes, equivalente a 403 ha de tierra (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Adicionalmente, las empresas agroexportadoras, que mantienen sus propias colmenas de abejas melíferas por medio de un departamento de apicultura, el costo promedio es equivalente a Q18 por colmena y las colocan por aproximadamente 15-20 días en campo, con una densidad promedio de 4-5 colmenas/ha para suplir la necesidad de polinización del melón. En total se necesitaron 71,065 colmenas para polinizar toda el área de producción de los agroexportadores, equivalente a 15,729 ha (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Cuadro 7.

Datos de colmenas reportados por productores de melón en 2019

Productor	Área de siembra anual	Rendimiento	Producción total anual	Densidad colmenas	Colmenas necesitadas por área total anual	Costo de colmenas por hectárea	Costo total anual de uso de colmenas	Costo por tonelada producida
	ha	toneladas métricas/ ha	toneladas métricas	Unidades/ ha	Unidades	Quetzales/ ha	Quetzales/ año	Quetzales/ tonelada métrica
<i>Productor 1</i>	21	38	805	4	75	529	11,183	14
<i>Productor 2</i>	37	35	1,272	4	155	423	15,507	12
<i>Productor 3</i>	42	42	1,789	4	179	635	26,839	15
<i>Productor 4</i>	4	30	125	4	18	423	1,789	14
<i>Productor 5</i>	19	38	725	3	54	282	5,368	7
<i>Productor 6</i>	71	30	2,088	4	249	353	24,851	12
<i>Productor 7</i>	45	35	1,584	4	191	423	19,086	12
<i>Productor 8</i>	4	36	154	4	18	508	2,147	14
<i>Productor 9</i>	141	38	5,368	3	398	282	39,762	7
<i>Productor 10</i>	10	38	376	4	35	353	3,479	9
<i>Productor 11</i>	1	34	48	5	7	494	696	15
<i>Productor 12</i>	7	38	268	4	25	353	2,485	9
<i>Agroexportador 1</i>	6,000	27	162,000	5	30,000	91	543,844	3
<i>Agroexportador 2</i>	2,115	28	59,009	4	8,460	77	163,153	3
<i>Agroexportador 3</i>	7,050	23	164,970	4	29,822	70	494,599	3
<i>Agroexportador 4</i>	564	24	13,423	5	2,783	86	48,310	4
Total	16,132		414,003		72,466		1,403,099	

Fuente: Elaboración propia con base en comunicación personal con los productores de melón de Zacapa (17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020)

De lo anterior, se determinó que en 2019 se utilizaron un total de 72,466 colmenas para polinizar las 16,132 ha que se sembraron de melón en el departamento de Zacapa. El costo promedio por hectárea fue de Q421 para los productores independientes y de Q81 para las agroexportadoras (Productores de melón de Zacapa, comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020).

Como se mencionaba anteriormente, la densidad de colmenas utilizada generalmente por los productores es de 3-5 colmenas/ha. En total el costo de reemplazo de la polinización natural, tomando como base el costo por el uso de colmenas manejadas de abejas melíferas, equivale a Q1,403,099 para el año 2019, que es el costo invertido para asegurar la polinización de las 414,003 Tn de melón producidas en 16,132 ha del departamento de Zacapa.

Adicionalmente, es importante resaltar que, si se perdiera el servicio de polinización por el colapso de las poblaciones de abejas, incluyendo las abejas melíferas utilizadas en las colmenas manejadas, esto representaría la pérdida total de los ingresos para los productores de melón.

4.4.2 Polinización manual

En el caso de la polinización a mano, se estimó que se necesitaría un tiempo promedio de 30 segundos para polinizar una flor de melón, sabiendo que generalmente la proporción de flores masculinas y flores hermafroditas en el melón es de entre 6:1 a 27:1, por lo que se calculó un mínimo de aproximadamente 200 flores masculinas por cada 10 flores hermafroditas por planta en el periodo de floración de entre 15 y 20 días del melón, tomando en cuenta que cada flor es viable por aproximadamente 12 horas, desde que abre en la mañana hasta que cae al final de ese mismo día (FAO, 2018 y Revanasidda, 2019).

Con los datos anteriores, se determinó que una persona puede polinizar manualmente aproximadamente 120 plantas/hora y un total de 840 plantas por jornal, entendiendo el

jornal como un periodo de 7 horas de trabajo. Dado que se espera asegurar la producción de 1 a 4 frutos por planta, se asumió que se debían aprovechar al menos tres días de la floración, lo que permitiría alcanzar el nivel de producción deseado. De esta forma se calculó el costo de polinizar manualmente, tomando el costo por jornal reportado por cada productor, la densidad de plantas por hectárea y el área total para determinar la cantidad de jornales que se necesitarían para polinizar toda el área de producción y los costos por jornal reportados.

De acuerdo con la información proporcionada por los productores de melón (comunicación personal, 17-20 de diciembre 2019 y 6-9 de enero 2020) las agroexportadoras pagan Q90.16/jornal y los productores independientes pagan en promedio Q71.29/jornal y el rango se mantiene entre Q60-Q80 por jornal, entendiendo que el jornal es de siete horas. Para determinar el costo que representaría la polinización manual para cada productor, se tomó el dato de densidad promedio reportado de 10,990 plantas/ha, por el área total de siembra de cada productor, para obtener el total de plantas que necesitarían polinizarse. Luego, se determinó la cantidad de jornales que se necesitarían para polinizar el total de plantas, asumiendo una velocidad de 30 segundos para polinizar una flor, se estableció que se podrían polinizar 840 plantas/jornal. A continuación, se observan los cálculos realizados:

1. Plantas que necesitan polinización:

$$\begin{aligned} \text{Plantas a polinizar productores independientes} &= \frac{10,990 \text{ plantas}}{\text{ha}} \times 403 \text{ ha} \\ &= 4,428,970 \text{ plantas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Plantas a polinizar agroexportadores} &= \frac{10,990 \text{ plantas}}{\text{ha}} \times 15,729 \text{ ha} \\ &= 172,861,710 \text{ plantas} \end{aligned}$$

$$\text{Plantas a polinizar total} = 4,428,970 + 172,861,710 = 177,290,680 \text{ plantas}$$

2. Jornales

$$\begin{aligned} \text{Jornales productores independientes} &= 4,428,970 \text{ plantas} \div 840 \frac{\text{plantas}}{\text{jornal}} \\ &= 5,213 \text{ jornales} \end{aligned}$$

$$\text{Jornales agroexportadores} = 172,861,710 \text{ plantas} \div 840 \frac{\text{plantas}}{\text{jornal}} = 205,788 \text{ jornales}$$

$$\text{Jornales total} = 5,213 \text{ jornales} + 205,788 \text{ jornales} = 211,060 \text{ jornales}$$

3. Costo de mano de obra

$$\begin{aligned} \text{Costo jornales productores independientes} &= 5,213 \text{ jornales} \times Q71.29/\text{jornal} \\ &= Q375,882 \end{aligned}$$

$$\text{Costo jornal agroexportadores} = 205,788 \text{ jornales} \times Q90.16/\text{jornal} = Q18,553,824$$

$$\text{Costo total} = Q375,882 + Q18,553,824 = Q18,929,706/\text{día}$$

De esta forma se determinó que el costo de reemplazo usando la técnica alternativa de polinización manual para 2019 equivaldría a Q18,929,706 para polinizar las 16,132 ha de melón en un día. Sin embargo, debido a que no todas las plantas florecen al mismo tiempo y que las flores no pueden vivir más de 12 horas, para asegurar que se generen de 1-4 frutos por planta, se estima que se necesitarían al menos tres días para asegurar la cantidad de frutos esperada, lo que implicaría triplicar el monto determinado anteriormente, obteniendo un total de Q56,789,118 para polinizar el total de plantas sembradas en las 16,132 ha y generar la producción esperada. Claro está, que para asegurar mayores cantidades de fruto o asegurar el cuaje de una mayor cantidad para luego escoger los melones que tengan las mejores características para la venta, es posible que se deban tomar en cuenta una mayor cantidad de días, lo que incrementaría aún más el costo de la mano de obra.

El costo de la mano de obra que se requeriría para poder polinizar manualmente toda la producción de melón generada durante 2019 tendría un costo promedio de Q2,798/hectárea, para los productores independientes y de Q3,539/ha para los agroexportadores. Debido al alto costo de esta alternativa, se descarta al no ser viable económicamente y porque los productores indicaron que no estarían dispuestos a incurrir en este costo adicional.

Objetivo 5

4.5 Aportar a la Cuenta Experimental de Ecosistemas, parte del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico de Guatemala, con métodos, costos, resultados y lecciones aprendidas de la aplicación de la valoración

Para aportar a la cuenta experimental de ecosistemas de Guatemala se había planteado documentar la utilización del método, costos, resultados y lecciones aprendidas de su aplicación en la valoración.

La utilización del método de costos de reemplazo permitió obtener el valor del servicio ecosistémicos de polinización para el cultivo de melón en el área del departamento de Zacapa. El método fue sencillo de aplicar, una vez se contaba con la información que se recolectó por medio de encuestas a los productores del área.

En principio, se presentaron dificultades para localizar a los productores independientes ya que en el departamento de Zacapa las agroexportadoras tienen mayores extensiones y mayor renombre, por lo que son más conocidas por las personas que trabajan en agricultura y exportación, mientras que los productores independientes son un gremio pequeño y menos conocido. También fue difícil contactar a las agroexportadoras debido al recelo en revelar información de prácticas y costos, lo cual también aplica en menor grado para los productores independientes, por lo que la solución fue presentar una carta explicando la investigación y asegurando la confidencialidad en el uso de los datos, razón por la cual no se incluyen los nombres ni ubicaciones de los productores.

El costo de la aplicación del método fue de aproximadamente Q5,700, que puede utilizarse como referencia para futuras aplicaciones del método de costos de reemplazo a escalas de trabajo similares.

Dado el resultado encontrado, que el costo de reemplazo de la polinización de las abejas nativas usando abejas melíferas de colmenas manejadas (*Apis mellifera*) es equivalente a Q1,403,099 para el 2019, se puede utilizar el dato como parte de la cuenta de oferta

de servicios ecosistémicos presentada en la cuenta experimental de ecosistemas de Guatemala en 2019. En el Cuadro 8 se presenta la compilación de la oferta de servicios ecosistémicos realizada para el país hasta por Iarna (2019a), en la cual compilaron 21 estudios de valoración para 33 servicios ecosistémicos, estimando que se cuenta con un valor total aproximado de Q21,617,376,880 por los servicios ecosistémicos que se generan en el país a 2019. Con el valor encontrado para el servicio ecosistémico de polinización, este total se ve incrementado a Q21,618,648,704, representando un incremento del 0.01%. Sin embargo, es importante resaltar que deberían realizarse más ejercicios de valoración del servicio de polinización para obtener el dato total del servicio a nivel nacional. En esta oportunidad solo se presenta el valor encontrado para el cultivo de melón en el departamento de Zacapa durante 2019.

Cuadro 8.

Valoración de servicios ecosistémicos de Guatemala en quetzales nominales 2019

Tipo de servicio	Total
Servicios de Provisión	Q13,180,780,863
Agua para consumo humano	Q73,939,864
Agua para fines domésticos	Q52,285,141
Agua utilizada para agricultura	Q343,345
Agua utilizada para industria	Q23,820,967
Comercio	Q43,261,408
Fuente de energía	Q11,785,800,189
Materia prima (especies arbóreas)	Q1,209,456
Productos agrícolas	Q24,712,522
Provisión de alimentos (agricultura)	Q275,436,554
Provisión de alimentos (maíz mejorado)	Q88,202
Provisión de alimentos (maíz)	Q3,038,673
Provisión de alimentos (pesca)	Q369,548,469
Provisión de recursos forestales	Q22,210,481
Provisión de xate	Q7,713,528
Suministro de agua	Q23,132,192
Transporte acuático	Q474,239,871
Servicios de Regulación	Q3,476,990,179
Ciclaje de nutrientes	Q2,950,416,077
Control de erosión	Q17,739,866
Control de inundaciones	Q6,609,852
Control de malezas	Q77,596
Degradación de desechos	Q37,785,063

Tipo de servicio	Total
Estabilización del suelo	Q93,801,073
Fijación de nitrógeno	Q2,475
Filtración del agua	Q14,771,902
Regulación hídrica	Q307,519,276
Retención de tóxicos y sedimentos	Q2,073,976
Secuestro de carbono	Q44,789,924
Servicios Culturales	Q4,960,877,662
Actividades sociales, religiosas, académicas y culturales	Q13,016
Belleza escénica	Q30,663,009
Características biofísicas	Q4,301,574,888
Conservación de biodiversidad	Q780,081
Recuperación de salud	Q143,659
Turismo	Q627,703,010
Total, en quetzales nominales 2019	Q21,617,376,880
Polinización en melón	Q1,403,099
Total, con servicio de polinización en quetzales nominales de 2019	Q21,618,648,704

Fuente: Elaboración propia con base en Iarna (2019a)

En el Anexo 3 se puede observar con detalle todos los ejercicios de valoración que incluye Iarna (2019a) como parte de la Cuenta Experimental de Ecosistemas. Es importante mencionar que aún es necesario incluir la producción total de melón en el país en el cálculo de costo de reemplazo e identificar y calcular la demanda de otros cultivos que son altamente dependientes del servicio ecosistémico para poder definir el valor total de la polinización para la agricultura de Guatemala.

Las lecciones aprendidas durante el proceso de diseño y aplicación del método de costos de reemplazo que pueden servir para otras investigaciones se mencionan a continuación. Primero, que es necesario tener claridad en las alternativas de menor costo y que sea factible que sean implementadas en caso de ya no contar con el servicio ecosistémico provisto de forma natural. En el caso de la polinización se había tomado como alternativa la polinización manual, pero al realizar las encuestas y conocer los costos que representaría realizar el cambio, más la negativa de los productores para usarla, se determinó que no era viable.

Segundo, que es necesario delimitar adecuadamente el beneficio asociado con el servicio ecosistémico de interés y separarlo de otros insumos y los costos para calcular efectivamente el valor del servicio.

Tercero, las preguntas relacionadas con costos e ingresos normalmente presentan cierta resistencia por parte de los entrevistados, por lo que es necesario utilizar varias formas de confirmación de los datos, iniciando con la solicitud de un costo aproximado y luego preguntar por cada costo de producción (tierra, mano de obra y maquinaria e insumos) para comprobar que el dato brindado se acerque a la suma de los costos revelados individualmente y tomar en cuenta que aun realizando estos ajustes, normalmente hay un sesgo por parte del entrevistado en la información brindada.

5. CONCLUSIONES

- 1) Se confirma la hipótesis de que el valor económico del servicio ecosistémico de polinización por abejas en el cultivo de melón ha sido revelado en el costo de renta de colmenas, por lo cual fue posible estimarlo con el método de costos de reemplazo, midiendo el costo de la renta de colmenas manejadas que actualmente es utilizado como parte de los insumos de producción del cultivo en el departamento de Zacapa durante 2019.
- 2) El valor del servicio ecosistémico de polinización usando como reemplazo las colmenas manejadas de abejas melíferas en el cultivo de melón en el departamento de Zacapa es equivalente a Q1,403,099 para el área total de producción de 16,132 ha y el volumen de 414,003 Tn en el 2019. Este costo se traduce en Q421/ha para los productores independientes y Q81/ha para los agroexportadores. Sin embargo, es importante notar que, sin el servicio de polinización, la producción de melón no podría llevarse a cabo.
- 3) Se obtuvieron los datos del proceso y los factores de producción del cultivo de melón de 16 productores en el departamento de Zacapa, que son el universo completo, determinando que existen 12 productores independientes y cuatro agroexportadoras que se dedicaron a este cultivo durante 2019. Los productores sembraron en conjunto 16,132 hectáreas, en tres ciclos cuatrimestrales de producción en el año, utilizando una densidad promedio de 4 colmenas/ha y obteniendo rendimientos promedio de 33 toneladas métricas/ha. Asimismo, se establecieron las tres etapas que conlleva el proceso del cultivo de melón, la preparación del suelo, la siembra, y cosecha. También se determinaron las variedades más utilizadas, siendo estas el Cantaloupe y el Honeydew, los costos y utilidades por productor y los problemas presentados en los rendimientos del cultivo, consecuencia de problemas en el manejo de las colmenas.
- 4) Se estimó la producción de melón dependiente del servicio ecosistémico de polinización por abejas en 2019 en 414,003 toneladas métricas, en 16 parcelas de

cultivo que ocupan 16,132 ha de la tierra en el departamento de Zacapa. Al ser un cultivo completamente dependiente de la polinización por abejas, se tomó en cuenta el total de la producción para realizar los cálculos, ya que como se mencionó anteriormente, si no hubiera polinizadores, la producción sería nula.

- 5) Se identificaron dos técnicas alternativas de reemplazo para el servicio de polinización por abejas nativas en el cultivo de melón, siendo estas la polinización haciendo uso de colmenas manejadas de abejas melíferas (*Apis mellifera*) y la polinización manual. Finalmente, se definió que la técnica alternativa viable actualmente es haciendo uso de las colmenas manejadas, siendo revelado que ya es utilizada como parte de los insumos de producción por todos los productores en Zacapa, y debido a que la polinización manual presenta costos más altos y los productores no estarían dispuestos a invertir en ella.
- 6) Se determinó por medio de la encuesta realizada a 16 productores en el departamento de Zacapa (total del universo), que el costo de reemplazo del servicio ecosistémico de la polinización provisto por las abejas en el cultivo de melón usando como alternativa las colmenas manejadas equivale a Q 1,403,099 para polinizar 414,003 Tn, el total de producción de melón, sembrado en 16,132 ha durante 2019. El costo promedio es de Q421/ha para los productores independientes y de Q81/ha para las agroexportadoras. Adicionalmente, el costo de reemplazo usando la polinización manual equivaldría a un total de Q56,789,118 para polinizar el total de plantas sembradas y generar la producción esperada. Esto se traduciría en un costo promedio de Q2,798/hectárea, para los productores independientes y de Q3,539 para los agroexportadores. Debido al alto costo de esta alternativa, se descartó al no ser viable económicamente y porque los productores indicaron que no estarían dispuestos a incurrir en este costo adicional.
- 7) Finalmente, como aporte a la Cuenta Experimental de Ecosistemas, se determinó que el costo de reemplazo es un método que puede utilizarse para valorar servicios que contribuyan a un producto que, si tiene mercado, en este caso el melón. Es necesario

tomar en cuenta algunas lecciones aprendidas, como la importancia de identificar claramente las alternativas al servicio en cuestión, asegurando que represente el menor costo y que los usuarios estén dispuestos a pagar por él, y delimitando el servicio ecosistémico de interés. También, que, ante la dificultad de conseguir información relacionada con los costos de producción, es importante asegurar la confidencialidad de los datos, así como utilizar varias preguntas abiertas para validar la información recolectada. Al adicionar el valor del servicio de polinización al cuadro de oferta de servicios ecosistémicos presentado previamente en la cuenta, el valor total de los servicios reportados a 2019 es de Q21,618,868,435, representando el servicio de polinización un 0.01% del valor total, resaltando que aún es necesario completar el ejercicio de valoración con la producción total a nivel nacional de melón e incluir otros cultivos que también son altamente dependientes de la polinización.

6. RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda a los investigadores utilizar el método de costos de reemplazo utilizando el costo de renta de colmenas manejadas para realizar estudios de valoración para otros productos agrícolas y en otras áreas de Guatemala para poder determinar el valor del servicio ecosistémico de polinización para la agricultura a nivel nacional.
- 2) Es importante que otros investigadores obtengan el valor del servicio ecosistémico de polinización para otros años, con el fin de evidenciar el posible aumento en el requerimiento de colmenas manejadas derivado del aumento de la producción de cultivos que son dependientes de la polinización para generar frutos en la cantidad y calidad necesarias; por a los cambios en las poblaciones de abejas silvestres y manejadas a causa del cambio climático y para comparar el incremento o disminución en el costo de reemplazo usando la alternativa de colmenas manejadas.
- 3) Es recomendable que los productores de melón incluyan, en la medida de lo posible, áreas de bosque cercano o dentro de sus áreas productivas, manteniendo cercos vivos o parches de bosque, para permitir el desarrollo de las abejas silvestres nativas que también contribuyen con la polinización de melón y que influyen en su rendimiento, por lo cual mantener las poblaciones silvestres permitiría un ahorro en los costos de producción y posiblemente mejores rendimientos.
- 4) Es necesario sensibilizar a los agricultores sobre la importancia del servicio de polinización para el proceso de producción de melón, que es un cultivo completamente dependiente de la polinización para generar frutos de calidad y cantidad requeridos para su comercialización en el mercado, y también como parte vital del suministro de alimentos y de plantas silvestres en el país, resaltando el declive de las poblaciones de abejas que podría afectar las poblaciones locales, y que si no se toma en cuenta la importancia que estas tienen, se continuará degradan-

do su hábitat e impactando en los beneficios actuales y futuros que el servicio representa para la sociedad.

- 5) Se recomienda a los investigadores interesados en el tema, indagar más a fondo en la relación entre la estructura y funciones de los ecosistemas y la provisión del servicio ecosistémico de polinización y sus beneficios para poder comprender de mejor manera cómo funciona y establecer políticas de manejo y regulación para asegurar su provisión en el largo plazo, tomando en cuenta que el uso de técnicas alternativas para reemplazar el servicio ecosistémico de polinización son costosas y no siempre logran sustituir completamente la eficiencia con la cual realizan el servicio las especies silvestres nativas
- 6) Es necesario determinar el alcance real de las abejas silvestres nativas en la producción de melón para ajustar la densidad de colmenas de abejas melíferas, e incluso, para no tener la necesidad de utilizarlas si las poblaciones silvestres se encuentran estables, dado que las técnicas alternativas identificadas como reemplazo para el servicio de polinización son costosas. Esta información puede ser generada por otros investigadores interesados en el tema y permitiría evaluar si la opción de mantener el ecosistema con las poblaciones de abejas silvestres es económicamente más viable que usar colmenas manejadas u otro sustituto, dependiendo de los beneficios para el cultivo de melón y otros que requieran de este servicio ecosistémico.
- 7) Finalmente, se recomienda que los investigadores realicen valoraciones en otros cultivos y regiones para determinar el valor total del servicio ecosistémico de polinización a nivel nacional, complementando la Cuenta Experimental de Ecosistemas y aportando al conocimiento mundial sobre la importancia de la polinización para el bienestar humano.

7. FUENTES DE INFORMACIÓN¹

Bibliográficas

Ahlroth, S. (2014). *Designing pilots for ecosystem accounts: Working paper*. World Bank Group.

Burkhard, B. y Maes, J. (2017). *Mapping Ecosystem Services*. Bulgaria: Pensoft Publishers.

Castañeda, C. (2008). Diversidad de ecosistemas en Guatemala. En CONAP. (2008), *Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico* (pp. 181-231). Guatemala: Oficina Técnica de Biodiversidad.

CODEDE de Zacapa y SEGEPLAN (Consejo de Desarrollo Departamental de Zacapa y Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia). (2011). *Plan de Desarrollo Departamental de Zacapa*. Guatemala: SEGEPLAN.

Conservación Internacional Perú. (2016). *Cuentas Experimentales de los Ecosistemas en San Martín-Perú*. NEGRAPATA SAC.

Cristeche, E. y Penna, J. (2008). Métodos de valoración económica de los servicios ambientales. INTA. 58 p.

EPA (United States Environmental Protection Agency). (2009). *Valuing the Protection of Ecological Systems and Services: A report of the EPA Science Advisory Board*. Washington DC: EPA.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2018). *The pollination of cultivated plants: A compendium for practitioners*. Roma: FAO.

Eigenraam, M., Chua, J. & Hasker, J. (2013). *Environmental-Economic Accounting: Victorian Experimental Ecosystem Accounts, Version 1.0*. Department of Sustainability and Environment, State of Victoria.

Enríquez, E., & Ayala, R. (s.f.). *Impacto de la colección de abejas nativas de Guatemala luego de 14 años de su conformación*. Guatemala.

Iarna-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar). (s.f.). Perfil Ambiental de Guatemala (manuscrito sin publicar). Guatemala: Iarna

¹ Según normas APA 2019, 7ª Edición

- Iarna-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar). (2019b). Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica de Guatemala [Base de datos]. Guatemala: Iarna.
- Iarna-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar). (2018). *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida*. Guatemala: Autor.
- Iarna-URL e IICA (Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2015). *Perfil del agro y la ruralidad de Guatemala 2014: situación actual y tendencias*. Guatemala: Cara Parens.
- Landaverde, P., Enríquez, E., Vásquez, M., Escobedo, M. (2010). *Informe Final Técnico y Financiero del proyecto: Abejas nativas de Guatemala y su importancia en la polinización de plantas silvestres y cultivadas*. Guatemala: USAC y CECON.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA). (2016). *El Agro en Cifras 2016 Guatemala: Dirección de Planeamiento de MAGA*.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2003). *Ecosystems and Human Well-being*. Washington, DC: Island Press.
- ONU. (2000). *Integrated Environmental and Economic Accounting: An Operational Manual*. Nueva York: Naciones Unidas.
- Orozco, O., Berganza, F. y Villela, D. (1982). *El cultivo de melón: Folleto técnico No. 23*. Guatemala: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.
- Pearce, D. y Turner, R. (1995). *Economía de Los Recursos Naturales y Del Medio Ambiente*. Celeste Ediciones. 448 p.
- Penna, J., de Prada, J. y Cristeche, E. (2011). Valoración económica de los servicios ambientales: teoría, métodos y aplicaciones. En P. Laterra, E. Jobbágy y J. Paruelo. (Ed.), *Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial* (85-120). Buenos Aires, Argentina: INTA.
- Reché, J. (s.f.). *Cultivo del melón en invernadero*. España: Junta de Andalucía
- Reyes, R. (2008). Biodiversidad y amenazas. En CONAP. (2008), *Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico* (pp. 497-556). Guatemala: Oficina Técnica de Biodiversidad.
- Sutton, D. (2006). *Fundamentos de ecología*. México: Limusa.
- Venkatachalam, L. y Jayanthi, M. (2016). *Willingness to Pay (WTP) for Improved*

Ecosystem Services of Pallikaranai Marshland: A Contingent Valuation Approach. Chennai: Madras Institute of Development Studies.

Waite, R., Burke, L. y Gray, E. (2014). *Coastal Capital: Ecosystem Valuation for Decision Making in the Caribbean.* Washington, DC: World Resources Institute.

Documentales

Aizen, M., Garibaldi, L., Cunningham, S. y Klein, A. (2009). How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103 (9), 1579-1588. doi:10.1093/aob/mcp076

Allsopp, M.H., de Lange, W. J. y Veldtman, R. (2008). Valuing Insect Pollination Services with Cost Replacement. *PLoS ONE*, 3 (9), e3128. doi: 10.1371/journal.pone.0003128

Armenteras D., González, T., Vergara, L., Luque, F., Rodríguez, N. & Bonilla, M. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas*, 25(1), 83-89. doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-1.12

Barbier, E.T. (2014). Account for depreciation of natural capital. *Nature*, 515, 32-33. doi:10.1038/515032a

Barbier, E.T. (2007). Valuing ecosystem services as productive inputs. *Economic Policy*, 177-229.

Barbier, E.T. (1994). Valuing environmental functions: tropical wetlands. *Land Economics*, 70, 155–173. doi: 10.2307/3146319

Brading, P. El-Gabbas, A., Zalat, S. y Gilbert, F. (2009). Biodiversity Economics: The Value of Pollination Services to Egypt. *Egyptian Journal of Biology*, 11, 46-51.

Burgett, M., Daberkow, S., Rucker, R. y Thurman, W. (2010). U.S. Pollination Markets: Recent Changes and Historical Perspective. *American Bee Journal*, 150(1), 35–41.

Calderone, N. (2012). Insect Pollinated Crops, Insect Pollinators and US Agriculture: Trend Analysis of Aggregate Data for the Period 1992–2009. *PLoS One*, 7(5), e37235.

Campbell, E. y Brown, M. (2012). Environmental accounting of natural capital and ecosystem services for the US National Forest System. *Environment, Development and Sustainability*, 14, 691–724.

- Costanza, R., Kubiszewski, I., Ervin, D., Bluffstone, R., Boyd, J., Brown, D., Chang, H., Dujon, V., Granek, E., Polasky, S., Shandas, V. y Yeakley, A. (2011). Valuing ecological systems and services. *F1000 Biology Reports*, 3(14), 1-6. doi:10.3410/B3-14)
- Costanza, R., D'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R., Paruelo, J., Raskin, R., Sutton, P. y Van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260.
- Daily, G. (1997). *Introduction: What are ecosystem services?* In: *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington Island Press.
- De Groot, R., Wilson, M. y Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods, and services. *Ecological Economics*, 41, 393–408.
- Escobedo, N., Dardón, M., López, J., Martínez, O. y Cardona, E. (2014). Efecto de la configuración del paisaje en las comunidades de abejas (Apoidea) de un mosaico de bosque de pino-encino y áreas agrícolas de Sacatepéquez y Chimaltenango, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y salud*, 1 (1), 13-20.
- Fenichel, E. y Abbott, J. (2014). Natural Capital: From Metaphor to Measurement. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 1(1), 1-27. doi: 10.1086/676034
- Gallai, N., Salles, J., Settele, J. y Vaissiere, B. (2009). Economic Valuation of the Vulnerability of World Agriculture with Pollinator Decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810–821. doi: 10.1016/j.ecolecon.2008.06.014
- Garratt, M., Breeze, T., Jenner, N., Polce, C., Biesmeijer, J. y Potts, S. (2014). Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 184, 34-40. doi: 10.1016/j.agee.2013.10.032
- Greenleaf y Kremen. (2006). Wild bees enhance honeybees' pollination of hybrid sunflower. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103 (37), 13890–13895. doi: 10.1073/pnas.0600929103
- Hougnier, C., Colding, J. y Söderqvist, T. (2006). Economic valuation of a seed dispersal service in the Stockholm National Urban Park, Sweden. *Ecological Economics*, 59, 364-374. doi: 10.1016/j.ecolecon.2005.11.007
- Kasina, J., Mburu, J., Kraemer, M. y Holm-Mueller, K. (2009). Economic Benefit of Crop Pollination by Bees: A Case of Kakamega Small-Holder Farming in Western Kenya. *Journal of Economic Entomology*, 102(2), 467–473. doi: 10.1603/029.102.0201

- Klein, A., Vaissiere, B., Cane, J., Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, K. y Tscharrntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society*, 274, 303–313.
- Kremen, C., Williams, N., Aizen, M., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vázquez, D., Winfree, R., Adams, L., Crone, E., Greenleaf, G., Keitt, T., Klein, A., Regetz, J. y Ricketts, T. (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10, 299–314. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01018.x
- Kroupová, Z., Havlíková, M., Hálová, P. y Malý, M. (2016). Economic Valuation of Mountain Landscapes and Ecosystems: A Meta-Analysis of Case Studies. *AGRIS on-line Papers in Economics and Informatics*, 8(3), 103-112. doi: 10.7160/aol.2016.080310.
- La Notte, A., Liqueste, C., Grizzetti, B.; Maes, J., Ego, B. y Paracchini, M. (2014). An ecological-economic approach to the valuation of ecosystem services to support biodiversity policy. A case study for nitrogen retention by Mediterranean rivers and lakes. *Ecological Indicators*, 48, 292-302. doi: 10.1016/j.ecolind.2014.08.006
- Lachaud, M. y Maldonado, J. (2011). Aproximación al cálculo del crecimiento real de Colombia: aportes metodológicos para la inclusión en las cuentas nacionales de los impactos del agotamiento del carbón y del gas natural. *Revista de Economía del Rosario*, 14 (1), 1-29.
- Lee, H., Steele, M., Fung, E., Imbach, P., Flint, L., y Flint, A. (2017). Climate change influences on pollinator, forest, and farm interactions across a climate gradient. *Climatic Change*, 141(1), 63-75.
- Li, V. y Lang, G. (2010). China's "Green GDP" Experiment and the Struggle for Ecological Modernisation. *Journal of Contemporary Asia*, 40(1), 44-62. doi: 10.1080/00472330903270346
- Losey, J. y Vaughan, M. (2006). The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects. *BioScience*, 56(4), 311–323.
- Nates, G. (2005). Abejas silvestres y polinización. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 75, 7-20.
- Nates, G., y Fernández, F. (1992). Abejas de Colombia II. Claves preliminares para las familias, subfamilias y tribus (Hymenóptera: Apoidea). *Acta Biológica Colombiana*, 2(7,8), 55-89.

- Olschewski, R., Tschardtke, T., Benítez, P., Schwarze, S. y Klein, A. (2006). Economic Evaluation of Pollination Services Comparing Coffee Landscapes in Ecuador and Indonesia. *Ecology and Society*, 11(1).
- Paletto, A., Geitner, C., Grilli, G., Hastik, R., Pastorella, F., y Rodríguez, L. (2015). Mapping the value of ecosystem services: A case study from the Austrian Alps. *Annals of Forest Research*, 58(1), 157-175. doi: 10.15287/afr.2015.335
- Popak, A. y Markwith, S. (2019). Economic Valuation of Bee Pollination Services for Passion Fruit (Malpighiales: Passifloraceae) Cultivation on Smallholding Farms in São Paulo, Brazil, Using the Avoided Cost Method. *Journal of Economic Entomology*, 20(20), 1-6. doi: 10.1093/jee/toz169
- Revanasidda, B. (2019). Floral biology and pollination in Cucumis melo L., a tropical andromonoecious cucurbit. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. 22 (1), 215-225. doi: /10.1016/j.aspen.2019.01.00
- Reyes-Novelo, E., Meléndez, V., González, D. y Ayala, R. (2009). Abejas silvestres (*Hymenoptera apoidea*) como bioindicadores en el neotrópico. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 10 (1), 1-13.
- Singh, K., Kotwal, P. y Mali, K. (2010). Forest resource accounting for sustainable forest management: An exploratory study in India. *International Journal of Technology Management & Sustainable Development*, 9(1), 53-74. doi: 10.1386/tmsd.9.1.53_1
- Watson, K., Ricketts, T., Galford, G., Polasky, S. y O'Neil-Dunne, J. (2016). Quantifying floodmitigation services: The economic value of Otter Creek wetlands and floodplains to Middlebury, VT. *Ecological Economics*, 130, 16-24. doi: 10.1016/j.ecolecon.2016.05.015
- Whitham, C., Shi, K. y Riordan, P. (2015). Ecosystem Service Valuation Assessments for Protected Area Management: A Case Study Comparing Methods Using Different Land Cover Classification and Valuation Approaches. *PLoS ONE*, 10(6), 1-18. doi:10.1371/journal.pone.0129748
- Winfrey R., Gross B. y Kremen, C. (2011). Valuing pollination services to agriculture. *Ecological Economics* 71, 80–88. doi: 10.1016/j.ecolecon.2011.08.001
- Xu, L., Yu, B., Yue, W. y Xie, X. (2013). A Model for Urban Environment and Resource Planning Based on Green GDP Accounting System. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-10. doi: 10.1155/2013/692103

E-grafía

- BANGUAT (Banco de Guatemala). (2019a). *Cuadros de oferta y utilización: año de referencia 2013*. Recuperado de:
<http://www.banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=147189&aud=1&lang=1>
- BANGUAT (Banco de Guatemala). (2019b). *Serie de Comercio Exterior por Inciso Arancelario (a 8 y 10 dígitos)*. Recuperado de:
<http://www.banguat.gob.gt/inc/main.asp?id=3986&lang=1&aud=1>
- FAOSTAT. (s.f.). *Crops: Guatemala* [Base de datos]. Recuperado el 12 de diciembre de 2019 de: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Iarna-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar). (2019a). *Cuenta Experimental de Ecosistemas de Guatemala*.
<http://documentos.bancomundial.org/curated/es/451591561110110128/pdf/Cuenta-Experimental-de-Ecosistemas-de-Guatemala.pdf>
- INE (Instituto Nacional de Estadística). (2020). *XII Censo Nacional de Población y VII de Vivienda 2018*.
https://censopoblacion.gt/archivos/Principales_resultados_Censo2018.pdf
- Infoagro. (s.f.). *El cultivo del melón*. Consultado el 15 de diciembre de 2019, de https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm
- Obst, C. (2018). *The valuation of ecosystem services and assets for SEEA ecosystem accounting*.
https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/Valuation_Bonnecosystemaccountingvaluationprinciples_bonnworkshop.pdf
- ONU. (2018). *SEEA Experimental Ecosystem Accounting Revision 2020: Revision issues note-final*. Recuperado de:
https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/documents/EEA/eea_2020_revision_issu_e_final_jul2018.pdf
- ONU. (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica*. Recuperado de:
<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- ONU, CE, FAO, FMI, OCDE y BM (Naciones Unidas, Comisión Europea, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Fondo Monetario Internacional, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos y Banco Mundial. (2014a). *System of Environmental-Economic Accounting 2012: Central Framework*.
https://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seearev/seea_cf_final_en.pdf

ONU, CE, FAO, FMI, OCDE y BM (Naciones Unidas, Comisión Europea, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Fondo Monetario Internacional, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos y Banco Mundial. (2014b). *System of Environmental-Economic Accounting 2012: Experimental Ecosystem Accounting*.

http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/seeaRev/eea_final_en.pdf

WAVES y Banco Mundial. (2014). Scoping of Experimental Ecosystem Accounting. En Ahlroth, S. (Ed.), *Designing Pilots for Ecosystem Accounting: Working Paper*.

Recuperado de:

<https://www.wavespartnership.org/sites/waves/files/documents/PTEC2%20-%20Ecosystem.pdf>

Tesarios

Botto, J. (2011). *Evaluación del rendimiento y total de sacarosa disuelta (°Bx) de quince cultivares de melón (Cucumis melo L.) en sustrato compost y mezcla compost con arena bajo condiciones de macrotúnel*. (Tesis de pregrado). Zamorano, Honduras.

Fernández, S. (2016). *Valoración por dinámica de sistemas del servicio ecosistémico de polinización provisto por abejas*. (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

Gómez, E. (2018). *Evaluación de impactos económicos, sociales, ambientales y validación de sustancias y tecnologías de sustitución del bromuro de metilo, en la producción de melón (Cucumis melo L.) en el valle de la Fragua, Zacapa, Guatemala, C.A.* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos, Guatemala.

Recinos, M. (2018). *Identificación de polinizadores silvestres de melón; Valle del Motagua, Zacapa*. (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

Sosa, H. (2014). *Rendimiento del cultivo de melón Honey Dew híbrido 252 HQ, utilizando hormonas reguladoras de crecimiento en dos etapas fenológicas; La Fragua, Zacapa*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos, Guatemala.

ANEXOS

Anexo 1. Borrador inicial de instrumento para recolección de información de producción de melón

Estimado/a, gracias por su participación en esta investigación. Trabajo para el Instituto de Investigación y Proyección de Ambiente Natural y Sociedad (Iarna) de la Universidad Rafael Landívar y actualmente estoy trabajando en conocer la importancia de la polinización por abejas en el cultivo de melón. La polinización por animales asegura al menos el 35% de la producción mundial de alimentos, siendo las abejas los polinizadores principales. También, la polinización mejora la calidad o cantidad de semillas o frutos de aproximadamente el 70% de los cultivos tropicales, incluidos el melón. Para determinar la importancia de las abejas en el cultivo de melón, le realizaré una serie de preguntas: una sección de información general, otra con respecto a la polinización por abejas y la última con respecto a la producción. Gracias de antemano por su colaboración y apoyo en esta investigación.

Información general:

Productor: _____

Ubicación del cultivo (departamento, municipio, aldea, caserío):

Coordenadas: _____

Área de la siembra: _____ ha

Producción total: Promedio _____ Mínimo _____ Máximo _____

Rendimiento por ha: Promedio _____ Mínimo _____ Máximo _____

Precio por kg: Promedio _____ Mínimo _____ Máximo _____

Información de polinización

1. ¿Qué conocimiento tiene sobre la importancia del servicio de polinización que proveen las abejas al cultivo?
2. ¿Utiliza colmenas como parte de sus insumos de producción?

Si su respuesta es no, pasé a la pregunta 5.

3. ¿Utiliza colmenas en toda el área del cultivo de melón o en qué extensión? ¿Podría indicar la forma de distribución de las colmenas dentro del área del cultivo? (ubicadas al centro, orillas, distancia entre colmenas, # de colmenas por ha, etc.)
4. ¿Ha tenido problemas asociados a la polinización (cambios de temperatura, plagas que afecten o muerte de abejas; disminución en rendimientos) y ha considerado utilizar otro método de polinización alternativo? (polinización manual, esparcimiento de polen)

Si la respuesta es no, pasar a la pregunta 9.

5. ¿Cuánto costaría realizar el cambio/s indicado/s en el inciso anterior? Ej. Cuántas personas, tiempo y su salario se necesitarían para polinización manual por planta o por hectárea; cuánto por una máquina y el operario.

Información de producción

6. ¿Cuántas plantas de melón se siembran por hectárea? ¿Cuántas flores/melones produce cada planta?
7. ¿La producción de melón es para consumo interno en el país o para exportación y en qué proporciones?
8. Información de costos. Por favor, coloque los valores aproximados que invierte en cada insumo:

Concepto		Unidad	Costo unitario	Total unidades	Totales
Tierra	Arrendamiento de tierra				
Mano de obra ²	# empleados, jornada, salario por jornada				
Insumos	Semillas				
	Enmiendas al suelo				
	Fertilización				
	Plásticos				

² Preparación de la tierra, ahoyado, siembra, movimiento y poda, cosecha, limpias, mecanización, aplicación de fungicidas e insecticidas, manejo de apiarios

	Mangueras				
	Cubierta polipropileno				
	Irrigación				
	Hormonas				
	Desinfectante suelo				
	Bactericidas				
	Insecticidas				
	Fungicidas				
	Herbicidas				
	Cajas de embalaje				
Otros insumos	Colmenas				
Capital	Maquinaria				
	Equipo				

Anexo 2. Versión final de instrumento para recolección de información de producción de melón

Presentación e introducción

Estimado/a, gracias por su participación en esta investigación. Trabajo para el Instituto de Investigación y Proyección de Ambiente Natural y Sociedad (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar y actualmente estoy investigando la importancia de la polinización por abejas en el cultivo de melón como parte del trabajo de cuentas ambientales que desarrolló en el IARNA y para la elaboración de mi tesis de maestría en economía ambiental de la USAC.

La polinización por animales es de suma importancia para la humanidad, ya que asegura al menos el 35% de la producción mundial de alimentos, y las abejas son los polinizadores principales. También, la polinización mejora la calidad o cantidad de semillas o frutos de aproximadamente el 70% de los cultivos tropicales, incluidos el melón.

Para determinar la importancia de las abejas en el cultivo de melón, le realizaré una serie de preguntas: una sección de información general, otra con respecto a la polinización por abejas y la última con respecto a la producción.

Toda la información es confidencial y será utilizada exclusivamente con fines académicos, utilizando un correlativo para indicar la información proporcionada en el informe final. Gracias de antemano por su colaboración y apoyo en esta investigación.

Información general:

Productor: _____ Correlativo: _____

Ubicación del cultivo (departamento, municipio):

Coordenadas: _____

Área de la siembra: _____ ha

Producción total: Promedio _____ Mínimo _____ Máximo _____

Rendimiento por manzana/ha: Promedio _____ Mínimo _____ Máximo _____

Precio por m³/caja: Promedio _____ Mínimo _____ Máximo _____

1. Inicialmente, ¿Por qué decidió cultivar melón y desde cuándo lo hace?

Información de polinización

2. ¿Qué conocimiento tiene sobre la importancia del servicio de polinización que proveen las abejas?

3. ¿Utiliza colmenas como parte de sus insumos de producción?

Si la respuesta es no, pase a la pregunta 7

4. ¿Desde hace cuánto utiliza colmenas y por qué?
5. ¿Utiliza colmenas en toda el área del cultivo de melón y cuántas coloca por manzana/ha?
6. ¿Podría indicar cómo coloca las colmenas dentro del área del cultivo (ubicadas al centro, orillas, horarios)
7. ¿Ha observado abejas silvestres u otros insectos que polinicen el cultivo? ¿Cuáles?
8. ¿Ha tenido problemas asociados a la polinización (cambios de temperatura, plagas que afecten o muerte de abejas; disminución en rendimientos)? Por favor, explique.
9. ¿Ha considerado/utilizado otro método de polinización alternativo? (polinización manual, esparcimiento de polen)
Si la respuesta es no, pasar a la pregunta 12.
10. ¿Cuánto costaría realizar el cambio/s indicado/s en el inciso anterior? Ej. Cuántas personas, tiempo y su salario se necesitarían para polinización manual por planta/ha, cuánto por una máquina y el operario, cuánto la alternativa de cambiar la producción.

Información de producción

11. ¿Cuántas plantas de melón se siembran por hectárea? ¿Y cuántos melones produce cada planta?
12. ¿La producción de melón es para el mercado local o para exportación y en qué proporciones?
13. ¿Siembra otros cultivos adicionales al melón, cuáles? Extensión y producción total
14. ¿Cuánto es el costo aproximado para producir una manzana/ha de cultivo de melón?
De lo anterior, cuánto es el costo de:
 - a. Arrendamiento de tierra (por hectárea o manzana):
 - b. Mano de obra (cuántos trabajadores, jornada laboral, salario por jornada):
 - c. Insumos de producción (semillas, enmiendas al suelo, fertilización, plásticos, mangueras, hormonas, desinfectantes de suelo, bactericidas, insecticidas, fungicidas, herbicidas, etc. y la maquinaria y equipo utilizados):
 - d. Arrendamiento de colmenas (precio por colmena, cuántas se colocan por hectárea):

Anexo 3: Valoraciones económicas de los servicios ecosistémicos reportados en quetzales equivalentes de 2019

Tipo de servicio	Uso			No Uso		Total
	Uso directo	Uso indirecto	Opción	Legado	Existencia	
Provisión	Q13,180,780,863					Q13,180,780,863
Agua para consumo humano	Q73,939,864					Q73,939,864
Agua para fines domésticos	Q52,285,141					Q52,285,141
Agua utilizada para agricultura	Q343,345					Q343,345
Agua utilizada para industria	Q23,820,967					Q23,820,967
Comercio	Q43,261,408					Q43,261,408
Fuente de energía	Q11,785,800,189					Q11,785,800,189
Materia prima (especies arbóreas)	Q1,209,456					Q1,209,456
Productos agrícolas	Q24,712,522					Q24,712,522
Provisión de alimentos (agricultura)	Q275,436,554					Q275,436,554
Provisión de alimentos (maíz mejorado)	Q88,202					Q88,202
Provisión de alimentos (maíz)	Q3,038,673					Q3,038,673
Provisión de alimentos (pesca)	Q369,548,469					Q369,548,469
Provisión de recursos forestales	Q22,210,481					Q22,210,481
Provisión de xate	Q7,713,528					Q7,713,528
Suministro de agua	Q23,132,192					Q23,132,192
Transporte acuático	Q474,239,871					Q474,239,871
Regulación		Q3,475,587,080				Q3,475,587,080
Ciclaje de nutrientes		Q2,950,416,077				Q2,950,416,077
Control de erosión		Q17,739,866				Q17,739,866
Control de inundaciones		Q6,609,852				Q6,609,852
Control de malezas		Q77,596				Q77,596
Degradación de desechos		Q37,785,063				Q37,785,063
Estabilización del suelo		Q93,801,073				Q93,801,073
Fijación de nitrógeno		Q2,475				Q2,475
Filtración del agua		Q14,771,902				Q14,771,902
Regulación hídrica		Q307,519,276				Q307,519,276

Retención de tóxicos y sedimentos		Q2,073,976				Q2,073,976
Secuestro de carbono		Q44,789,924				Q44,789,924
Culturales	Q627,716,026	Q143,659	Q80,897,736	Q4,222,850,397	Q29,269,845	Q4,960,877,662
Actividades sociales, religiosas, académicas y culturales	Q13,016					Q13,016
Belleza escénica				Q30,663,009		Q30,663,009
Características biofísicas			Q80,117,655	Q4,192,187,388	Q29,269,845	Q4,301,574,888
Conservación de biodiversidad			Q780,081			Q780,081
Recuperación de salud		Q143,659				Q143,659
Turismo	Q627,703,010					Q627,703,010
Total general	Q13,808,496,889	Q3,475,730,739	Q80,897,736	Q4,222,850,397	Q29,269,845	Q21,617,245,605

Fuente: Elaboración propia con base en Iarna (2019a)

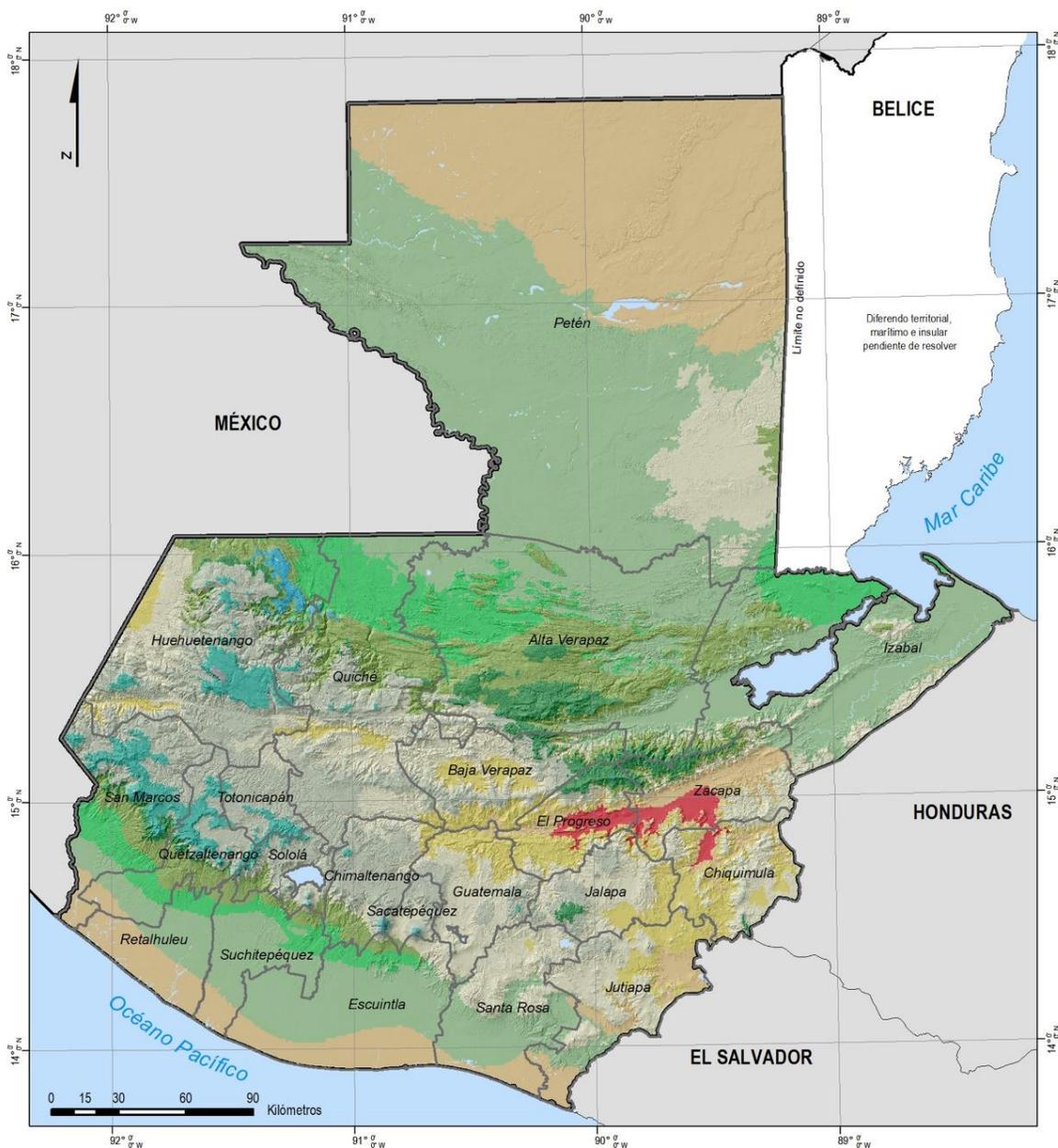
Anexo 4. Estado de contabilidad de los ecosistemas a nivel mundial, ejemplos de algunos países

<i>País</i>	<i>Cuentas de ecosistemas desarrolladas</i>	<i>Escala</i>	<i>Servicios ecosistémicos evaluados</i>
<i>Australia</i>	Extensión de activos, condición de activos y servicios y beneficios de los ecosistemas y su valoración	Estudio de caso en dos regiones y para algunos tipos de ecosistemas	<ul style="list-style-type: none"> • Desnitrificación/ filtración de agua • Hábitat y especies • Secuestro de carbono
<i>Holanda</i>	Oferta física y cuenta de condición COU monetario	Estudio de caso en una provincia	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de alimentos • Producción de forraje • Extracción de agua para beber • Cacería • Secuestro de carbono • Captura de partículas PM10 • Ciclismo recreacional • Turismo de naturaleza
<i>Reino Unido</i>	Cuenta de servicios ecosistémicos en términos físicos y monetarios Valoración de algunos activos	Nacional	Provisión de: energía, minerales, madera, producción agrícola, captura de peces y agua Regulación: filtración de contaminación y secuestro de carbono Culturales: recreación
<i>Suecia</i>	Cuenta de extensión de la tierra Cuentas de flujos de servicios	Nacional para extensión Las de servicios a nivel de algunas regiones	Regulación: secuestro de carbono Provisión de alimentos: arándanos Aproximaciones de biodiversidad y turismo/recreación
<i>Canadá</i>	Cuenta de extensión de la tierra Cuenta de condición	Nacional para extensión Condición para algunas regiones	Regulación: purificación de agua, regulación de flujo de agua, calidad de agua, retención y

<i>País</i>	<i>Cuentas de ecosistemas desarrolladas</i>	<i>Escala</i>	<i>Servicios ecosistémicos evaluados</i>
	Cuenta de servicios potenciales, para provisión de recursos marítimos y el estudio de caso de un parque nacional también valoración monetaria	Servicios: estudio de caso para un tipo de ecosistema y algunos servicios y nacional para otros	formación de suelo, provisión de hábitat, regulación de clima Provisión: cultivos; ganado y aves de corral; leche, maple y miel; bosque; pesca (agua dulce y marina)
<i>Colombia</i>	Cuenta de servicios en términos monetarios	Nacional	Provisión: alimentos, agua, fibras y subproductos derivados de plantas y animales, biomasa (energía)
<i>Guatemala</i>	Cuenta de extensión, cuenta de condición, cuenta de flujos de servicios ecosistémicos (físicos y monetarios)	Nacional	Regulación: protección contra la erosión, secuestro de carbono
<i>Filipinas</i>	Cuenta de extensión de uso de la tierra Cuenta de agua, de carbono, condición, oferta y utilización de servicios ecosistémicos y cuenta de activos	Dos regiones piloto	Provisión: alimentos (agricultura), pesquerías y acuicultura Regulación: de agua por bosques, control de sedimentación por vegetación, control contra inundaciones
<i>Perú</i>	Cuenta de extensión, cuenta de condición, COU de servicios ecosistémicos, cuenta de activos, cuenta de agua, cuenta de carbono	Un departamento	Provisión: suministro de agua, productos naturales del bosque (madera, carne de monte, leña) Regulación: sedimentación evitada, regulación de clima Culturales: ecoturismo

Fuente: Elaboración propia con datos de publicaciones oficiales de cada país (Banco Central de Costa Rica [BCCR], s.f.; Conservación Internacional Perú, 2016; Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia [DANE], 2013; Eigenraam, Chua y Hasker, 2013; Eigenraam, McCormick y Contreras, 2016; Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2012, 2014; Statistics Canadá, 2013; Statistics Netherlands, s.f.; Statistics Sweden, 2017 y UK Office for National Statistics, 2018)

Anexo 5. Mapa de ecosistemas



<p>Universidad Rafael Landívar (URL) Vicerrectoría de Investigación y Proyección Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad</p> <p>Proyección del mapa digital: GTM, DATUM WGS 84. Proyección del mapa impreso: Coordenadas geográficas, Esferoide de Clarke 1866.</p> <p>Fuente: Elaboración propia. IGN, 2001. Holdridge, 2000. Hijmans et al, 2005, Iarna/URL, 2012. Elaborado por: Unidad de Información Estratégica para la Investigación y Proyección - UIE. Guatemala, junio de 2018</p>	<p>Mapa de zonas de vida de Guatemala. Basado en el sistema de clasificación de Holdridge.</p> <p>Leyenda</p> <table border="0"> <tr> <td> Cuerpo de agua</td> <td> bh-MBT</td> <td> bmh-MBT</td> <td> bmh-T</td> <td> bp-PMT</td> <td> bp-SAT</td> </tr> <tr> <td> Límite departamental</td> <td> bh-PMT</td> <td> bmh-MT</td> <td> bms-T</td> <td> bs-PMT</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td> bh-T</td> <td> bmh-PMT</td> <td> bp-MT</td> <td> bs-T</td> <td></td> </tr> </table>	Cuerpo de agua	bh-MBT	bmh-MBT	bmh-T	bp-PMT	bp-SAT	Límite departamental	bh-PMT	bmh-MT	bms-T	bs-PMT			bh-T	bmh-PMT	bp-MT	bs-T	
Cuerpo de agua	bh-MBT	bmh-MBT	bmh-T	bp-PMT	bp-SAT														
Límite departamental	bh-PMT	bmh-MT	bms-T	bs-PMT															
	bh-T	bmh-PMT	bp-MT	bs-T															
<p>Unidad de información estratégica para la investigación y proyección</p>	<p>Instituto de investigación y proyección sobre ambiente natural y sociedad</p>	<p>VICE-RECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN</p>	<p>Universidad Rafael Landívar Tradición Jesuita en Guatemala</p>																

Anexo 6. Fotografías del área de estudio

Figura 11. *Siembra de maíz en uno de los terrenos ocupados para el cultivo de melón durante el invierno 2019*



Fuente: Fotografía tomada por el autor, el 17 de diciembre de 2019.

Figura 12. *Canal de conducción de riego para el área de cultivo*



Fuente: Fotografía tomada por el autor, el 17 de diciembre de 2019.

Figura 13. *Siembra de melón parcialmente cubierto con manta flotante*



Fuente: Fotografía tomada por el autor, el 17 de diciembre de 2019.

Figura 14. *Cultivo de melón*



Fuente: Fotografía tomada por el autor, el 17 de diciembre de 2019.

Figura 15. *Colmenas en medio de dos parcelas de cultivo de melón*



Fuente: Fotografía tomada por el autor, el 18 de diciembre de 2019.