



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“CORRELACION DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LA
FAUNA ENTOMOLÓGICA EN TRES USOS DE SUELO DE LA
FINCA CAFETALERA SANTA ROSA, VILLA RICA, PERÚ”**

Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental

Presentado por:

Bach. LUIS IGNACIO BECERRA YRUJO

Asesor:

Mg. Armando Vélez Azañero

Lima – Perú

2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 23 de septiembre de 2019.

Los integrantes del Jurado de tesis:

| |
|--|
| Presidente: Lic. Alfonso Diulio Lizárraga Travaglini |
| Integrante: Mg. Javier Francisco Alvarado Llerena |
| Integrante: Blgo. Gustavo Ricardo Dreyfus Raymond |

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:

Correlación de los servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en tres usos de suelo de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, Perú.

Presentado por el bachiller:

- **Luis Ignacio Becerra Yrujo**

Para optar el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**

Asesorado por:

- Lic. Armando Jesus Edilberto Vélez Azañero

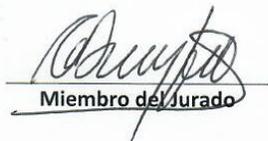
Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño de los estudiantes en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

| | | | |
|---|--------------------------|------------------------------|---------------------------|
| Integrante 1: Luis Ignacio Becerra Yrujo | | | Nota (escrito): 15 |
| Aprobado (X) | Aprobado - Muy buena () | Aprobado - Sobresaliente () | Desaprobado () |

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.


Presidente del Jurado


Miembro del Jurado


Miembro del Jurado


Asesor

T//((51) 610 6400
opción 2
www.cientifica.edu.pe

Campus
Panamericana Sur
km 19 - Lima 42

Este trabajo está dedicado a los que alguna vez decidieron darle la contra a quienes no dieron crédito a sus objetivos; este producto es una prueba de que pueden lograrlo.

Quiero agradecer a todas las personas involucradas en este trabajo, desde los profesores que me apoyaron durante todo este proceso hasta el personal de la finca santa rosa; entre estas personas agradecer especialmente a la Sra. Selena Contreras, propietaria de la finca, por brindarme las facilidades para desarrollar la investigación en su propiedad, y al profesor Armando Velez, quien fue el asesor de la presente tesis y me acompañó durante todo este trayecto.

Índice general

- Carátula.....i
- Carátula interior.....iii
- Copia de acta de sustentación.....iv
- Dedicatoria.....v
- Agradecimientos.....vi
- Índice general.....vii
- Índice de figuras.....ix
- Índice de tablas.....xii
- Índice de anexos.....xiv
- Resumen.....xvi
- Abstract.....xvii
- 1. Planteamiento del problema.....1
- 2. Marco teórico.....4
 - 2.1 Servicios ecosistémicos.....4
 - 2.2 Di-servicios.....5
 - 2.3 Usos de suelo.....6
 - 2.4 Sistemas agroforestales.....7
 - 2.5 Insectos.....8
- 3. Hipótesis y objetivos de la investigación.....10
 - 3.1 Hipótesis.....10
 - 3.2 Objetivo principal.....10
 - 3.3 Objetivos específicos.....10
- 4. Metodología.....12
 - 4.1 Área de estudio.....12
 - 4.2 Trampas usadas.....16

| | | |
|-------|--|----|
| 4.3 | Medición de árboles y arbustos..... | 19 |
| 4.4 | Toma de muestras de suelo..... | 20 |
| 4.5 | Análisis de muestras de suelo..... | 20 |
| 4.6 | Identificación de insectos..... | 21 |
| 4.7 | Análisis estadístico..... | 22 |
| 5. | Resultados..... | 23 |
| 5.1 | Diversidad alfa..... | 23 |
| 5.1.1 | Zona agroforestal..... | 27 |
| 5.1.2 | Zona bosque secundario..... | 30 |
| 5.1.3 | Zona monocultivo..... | 33 |
| 5.2 | Servicios ecosistémicos..... | 36 |
| 5.3 | Estructura vegetal..... | 40 |
| 5.3.1 | Árboles..... | 40 |
| 5.3.2 | Arbustos..... | 44 |
| 5.4 | Carbono orgánico en el suelo..... | 51 |
| 5.4.1 | Correlación de árboles y arbustos con carbono orgánico en el suelo..... | 54 |
| 5.4.2 | Correlación de servicios ecosistémicos con carbono orgánico en el suelo..... | 55 |
| 6. | Discusión..... | 59 |
| 7. | Conclusiones..... | 65 |
| 8. | Recomendaciones..... | 67 |
| 9. | Referencias bibliográficas..... | 68 |
| 10. | Anexos..... | 90 |

Índice de figuras

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Figura 1: Parcelas Agro (sistemas agroforestales) 1,2,3,4 y parcela Mono (monocultivo) 1 en la Finca Santa Rosa, Villa Rica (Google Earth, 2014)..... | 15 |
| 2. | Figura 2: Parcelas Bosque (bosque secundario) 1, 2, 3, 4 y parcelas Mono (monocultivo) 2, 3 y 4 en la Finca Santa Rosa, Villa Rica(Google Earth, 2014)..... | 15 |
| 3. | Figura 3: Trampa Malaise en parcela de bosque secundario para la captura de fauna entomológica dentro de los terrenos de la finca Santa Rosa, 2016..... | 16 |
| 4. | Figura 4: Trampa caída y de cebo instaladas en parcela de bosque secundario para la captura de la fauna entomológica, dentro de los terrenos de la finca Santa Rosa, 2016..... | 17 |
| 5. | Figura 5: Trampa cromática utilizada en parcela agroforestal para la captura de la fauna entomológica dentro de los terrenos de la finca Santa Rosa, 2016..... | 18 |
| 6. | Figura 6: Medición de profundidad de calicata en una parcela de bosque secundario dentro de los terrenos de la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 20 |
| 7. | Figura 7: Trabajo de montaje e identificación de los insectos en el laboratorio de ingeniería ambiental de la universidad científica del sur, 2016..... | 21 |
| 8. | Figura 8: Ordenes de individuos recolectados en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.... | 24 |
| 9. | Figura 9: Familias del orden hymenoptera recolectadas en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 24 |

| | | |
|-----|---|----|
| 10. | Figura 10: Morfo-especies Formicidae 20, la familia formicidae fue la más abundante de acuerdo a la colecta en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 25 |
| 11. | Figura 11: Dominancia según el índice de Simpson de las especies recolectadas en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 26 |
| 12. | Figura 12: Diversidad según el índice de Margalef para los ecosistemas estudiados en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 26 |
| 13. | Figura 13: Índice de Pielou para los ecosistemas estudiados en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 27 |
| 14. | Figura 14: Diversidad según el índice de Margaleff en el ecosistema AF, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 28 |
| 15. | Figura 15: Índice de Brillouin en el ecosistema AF, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 28 |
| 16. | Figura 16: Índice de Pielou en el ecosistema AF, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 29 |
| 17. | Figura 17: Dominancia según el índice de Simpson en el ecosistema AF, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 29 |
| 18. | Figura 18: Diversidad según el índice de Margaleff en el ecosistema BS, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 31 |
| 19. | Figura 19: Diversidad según el índice de Margaleff en el ecosistema BS, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 31 |
| 20. | Figura 20: Índice de Pielou en el ecosistema BS, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 32 |
| 21. | Figura 21: Dominancia según el índice de Simpson en el ecosistema BS, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 32 |
| 22. | Figura 22: Diversidad según el índice de Margaleff en el ecosistema MC, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 34 |

| | | |
|-----|---|----|
| 23. | Figura 23: Índice de Brillouin en el ecosistema MC, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 34 |
| 24. | Figura 24: Dominancia según el índice de Simpson en el ecosistema MC, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 35 |
| 25. | Figura 25: Morfo-especie Sarcophagidae 3, perteneciente al grupo de los insectos descomponedores; recolectado en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 36 |
| 26. | Figura 26: Morfo-especie Vespidae 3, perteneciente al grupo de los insectos controladores biológicos; recolectado en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 37 |
| 27. | Figura 27: Morfo-especie Scarabaidae 2, perteneciente al grupo de los insectos fitófagos; recolectado en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 37 |
| 28. | Figura 82: Morfo-especie Hesperidae 3, perteneciente al grupo de los insectos polinizadores; recolectado en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 38 |
| 29. | Figura 29: Morfo-especie Muscidae 5, perteneciente al grupo de los insectos vectores de enfermedades; recolectado en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 38 |
| 30. | Figura 30: Gráficos de abundancia de servicios ecosistémicos brindados por insectos en la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 39 |
| 31. | Figura 31: Numeró de árboles en las parcelas agroforestales de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 41 |
| 32. | Figura 32: Numeró de árboles en las parcelas del bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 43 |
| 33. | Figura 33: Árboles y arbustos en parcela del bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 44 |
| 34. | Figura 34: Numeró de arbustos en las parcelas agroforestales de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 47 |
| 35. | Figura 35: Árboles y arbustos en parcela del sistema agroforestal de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 47 |

| | | |
|-----|--|----|
| 36. | Figura 36: Numeró de arbustos en las parcelas del bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 49 |
| 37. | Figura 37: Numeró de arbustos en las parcelas del monocultivo de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 51 |

Índice de tablas

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Tabla 1: Clasificación de los servicios ecosistémicos (Assesment M.E, 2005)..... | 5 |
| 2. | Tabla 2: Índices de diversidad alfa en tres ecosistemas de la fina Santa Rosa, Villa Rica, Pasco, 2016..... | 25 |
| 3. | Tabla 3: Índices de diversidad alfa en ecosistema agroforestal de la fina Santa Rosa, Villa Rica, Pasco, 2016..... | 30 |
| 4. | Tabla 4: Índices de diversidad en ecosistema de bosque secundarios de la fina Santa Rosa, Villa Rica, Pasco, 2016..... | 33 |
| 5. | Tabla 5: Índices de diversidad en ecosistema de monocultivo de la fina Santa Rosa, Villa Rica, Pasco, 2016..... | 35 |
| 6. | Tabla 6: Numero de insectos capturados, separados por el servicio ecosistémico que brindan. Finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 40 |
| 7. | Tabla 7: Altura de árboles en las parcelas agroforestales de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 41 |
| 8. | Tabla 8: Altura de árboles en las parcelas del bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 41 |
| 9. | Tabla 9: Altura de arbustos en las parcelas agroforestales de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 45 |

| | | |
|-----|---|----|
| 10. | Tabla 10: Altura de arbustos en las parcelas del bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 48 |
| 11. | Tabla 11: Altura de arbustos en las parcelas de monocultivo de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 49 |
| 12. | Tabla 12: Resultados de carbono orgánico de las parcelas del ecosistema agroforestal de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 52 |
| 13. | Tabla 13: Resultados de carbono orgánico de las parcelas del ecosistema de bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 53 |
| 14. | Tabla 14: Resultados de carbono orgánico de las parcelas del ecosistema de monocultivos de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016..... | 54 |
| 15. | Tabla 15: Resultados de la correlación de la altura de los árboles y arbustos con el carbono orgánico a diferentes profundidades en el ecosistema de bosque secundario..... | 55 |
| 16. | Tabla 16: Resultados de la correlación del carbono orgánico a diferentes profundidades con los servicios ecosistémicos del ecosistema AF..... | 56 |
| 17. | Tabla 17: Resultados de la correlación del carbono orgánico a diferentes profundidades con los servicios ecosistémicos del ecosistema BS..... | 57 |
| 18. | Tabla 18: Resultados de la correlación del carbono orgánico a diferentes profundidades con los servicios ecosistémicos del ecosistema MC..... | 58 |

Índice de anexos

| | | |
|-----|---|-----|
| 1. | Anexo 1: Análisis de carbono 1..... | 90 |
| 2. | Anexo 2: Análisis de carbono 2..... | 91 |
| 3. | Anexo 3: Análisis de carbono 3..... | 92 |
| 4. | Anexo 4: Análisis de carbono 4..... | 93 |
| 5. | Anexo 5: Análisis de carbono 5..... | 94 |
| 6. | Anexo 6: Análisis de carbono 6..... | 95 |
| 7. | Anexo 7: Insectos fitófagos recolectados en sistema agroforestal | 96 |
| 8. | Anexo 8: Insectos fitófagos recolectados en el bosque secundario..... | 97 |
| 9. | Anexo 9: Insectos fitófagos recolectados en el monocultivo..... | 98 |
| 10. | Anexo 10: Insectos controladores recolectados en el sistema agroforestal..... | 99 |
| 11. | Anexo 11: Insectos controladores recolectados en el bosque secundario..... | 100 |
| 12. | Anexo 12: Insectos controladores recolectados en el monocultivo..... | 101 |
| 13. | Anexo 13: Insectos descomponedores recolectados en el sistema agroforestal..... | 101 |
| 14. | Anexo 14: Insectos descomponedores recolectados en el bosque secundario..... | 102 |
| 15. | Anexo 15: Insectos descomponedores recolectados en el monocultivo..... | 102 |
| 16. | Anexo 16: Insectos polinizadores recolectados en el sistema agroforestal..... | 103 |
| 17. | Anexo 17: Insectos polinizadores recolectados en el bosque secundario..... | 103 |
| 18. | Anexo 18: Insectos polinizadores recolectados en el monocultivo..... | 104 |
| 19. | Anexo 19: Insectos vectores recolectados en el sistema agroforestal..... | 104 |
| 20. | Anexo 20: Insectos vectores recolectados en el bosque secundario..... | 105 |
| 21. | Anexo 21: Insectos vectores recolectados en el monocultivo..... | 105 |
| 22. | Anexo 22: Correlación entre carbono orgánico del suelo y servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en el sistema AF..... | 106 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 23. | Anexo 23: Correlación entre carbono orgánico del suelo y servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en el sistema BS..... | 107 |
| 24. | Anexo 24: Correlación entre carbono orgánico del suelo y servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en el sistema Mono..... | 108 |

RESUMEN

Se realizó una correlación entre el carbono orgánico del suelo (COS) y los servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en diferentes usos de suelo de la finca Santa Rosa, Villa Rica, Perú, para conocer la relación entre estas dos variables. Se muestreo en tres ecosistemas; bosque secundario, sistemas agroforestales, y monocultivos de café. Se colectaron insectos, y se tomó muestras de suelo a 10 cm, 30 cm, 60 cm y 90 cm de profundidad. Se identificó la diversidad de morfo-especies, la estructura vegetal en función a los tamaños en cada zona de muestreo, y se analizó el COS por el método colorimétrico de Walkley-Black. Los sistemas agroforestales en el COS a 30 cm de profundidad presentaron una relación directa solo con el servicio ecosistémico de control; en bosque secundario, una relación indirecta entre el COS a 30 de profundidad y el di-servicio de Vectores de enfermedades; y en monocultivos de café el COS a 10cm de profundidad se relacionó de forma indirecta con el servicio ecosistémico de polinización. De acuerdo a los resultados se puede determinar que existe una relación directa entre el carbono en el suelo con los servicios ecosistémicos brindados por la fauna entomológica.

Palabras clave: Carbono orgánico del suelo, correlación, servicios ecosistémicos, sistema agroforestal

ABSTRACT

A correlation was made between the organic soil carbon and the ecosystem services of the entomological fauna in different land uses of Santa Rosa farm, Villa Rica, Peru; in order to know the relationship between these two variables. Samples were made in three different ecosystems: secondary forest: secondary forest, agroforestry systems and coffee monocultures. Insects were collected, and soil samples were taken at 10 cm, 30 cm, 60 cm and 90 cm depth. The diversity of morpho-species was identified, the plant structure according to the sizes in each sampling area, and the COS was analyzed by Walkley-Black colorimetric method. Agroforestry systems presented a direct relationship between the COS at 30 cm depth with the ecosystem service of biological control; in secondary forest an indirect relationship between the COS at 30 cm depth with the disease vectors was found; and the monoculture of coffee presented an indirect relationship between the COS at 10 cm depth with the pollination service. According to the results, it can be determined that there is a direct relationship between the carbon in the soil and the ecosystem services provided by the entomological fauna.

Keywords: Agroforestry system, correlation, ecosystem services, organic soils carbon.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los servicios ecosistémicos, son las condiciones, procesos y funciones de los ecosistemas y las especies que habitan en ellos, que permiten el desarrollo de la vida humana (Zhang et al., 2007); y se dividen en cuatro tipos: aprovisionamiento, regulación, soporte y cultural (M.E.A, 2005). Dentro de cada tipo hay diversos servicios brindados ya sea forma directa o indirecta, como la apicultura por la miel de abeja (aprovisionamiento), formación del suelo (soporte), estado climatológico (regulación) y turismo-recreación (cultura) (de Groot et al., 2010; Norgaard, 2010; Chan et al., 2012; Caballero, 2014).

Los servicios ecosistémicos son de gran importancia para el desarrollo de nuestra economía (Heal, 2000; Constanza et al., 1998), resultan imprescindibles para la toma de decisiones respecto al uso del territorio (Altesor, 2014), el aprovechamiento de las sinergias provenientes de la unión de uno o más servicios que nos benefician (Bennett et al., 2009). Además son indicadores de calidad de ecosistemas que proveen un beneficio a actores determinados (Caceres et al., 2007), aunque su estudio es relativamente reciente (Balvanera, 2012).

Los insectos contribuyen a procesos ecológicos de gran importancia como la polinización, descomposición, entre otros (Losey et al., 2006) pero a la vez algunos resultan perjudiciales para las personas a causa de la pérdida de cultivos en la agricultura (Zhang et al., 2007) y la proliferación de enfermedades ya que pueden comportarse como vectores de diversas enfermedades (Dunn 2010). La pérdida de diversidad entomológica, podría desencadenar la pérdida en polinización de más de 65 % de las plantas angiospermas y algunas especies nocivas podrían proliferar (Kremen & Chaplin-Kramer, 2007).

Actualmente, la pérdida de diferentes ecosistemas a nivel mundial por causas antropogénicas es enorme. En la Amazonia brasileña se talaron 29 059 km² en 1995, en Bolivia 360 000 ha entre los años 1993 y 2000 (Martino 2007) y en Colombia el 42 % de la explotación forestal es ilegal (Rudas et al., 2007), provocando que los servicios que brindan estos bosques se pierdan o se vean disminuidos; como en el caso del aprovisionamiento de medicina natural (Luziatelli, 2009); y la disminución en la riqueza de especies (Telleria, 2013), principalmente insectos.

La deforestación de grandes masas de bosques genera un cambio

de uso de tierra, ya sea para agricultura o pastoreo (Foley et al., 2014); lo que tiene un efecto sobre los insectos causando su aumento o disminución (Lozano & Fabio 1996). Por ejemplo, mosquitos del género *Anopheles* aumentan en cantidad en zonas deforestadas causando casos de malaria (Griffing et al., 2013); mientras que de conservarse el bosque o de realizarse un sistema agroforestal, los servicios originales, tanto del bosque como de los insectos se mantendrían (Nair, 2007; Palomeque, 2009).

El objetivo de la investigación fue correlacionar los servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en tres usos de suelo de la finca cafetalera Santa Rosa, debido a que no se cuenta con estudios de este tipo en Villa Rica. Teniendo entre los suelos un sistema agroforestal, un monocultivo y un bosque secundario se puede hacer una comparación completa de los diversos servicios ecosistémicos de la fauna entomológica. Además esta investigación proveerá a futuro un protocolo de investigación de servicios ecosistémicos brindados por insectos para que pueda ser útil en la gestión de proyectos ambientales.

II. MARCO TEORICO

2.1 Servicios Ecosistémicos

El interés por la relación entre el ser humano y el medio que lo rodea se puede encontrar en textos de antiguas culturas como griegas, chinas y naturalistas del siglo XVIII, pero el concepto de “servicios” ofrecidos por los ecosistemas surge en los años 60 a raíz de las crisis ambientales; haciéndose los primeros cuestionamientos de los impactos antropogénicos sobre el ambiente (Balvanera & Cotler, 2007). Los servicios ecosistémicos son aquellas características de un ecosistema que brindan beneficios a la humanidad y que son indispensables para la vida. Estos nos brindan alimentos, aire, agua, fibras y otras necesidades, además, son de alta importancia al momento de realizar trabajos de restauración ambiental (Constanza et al., 1998; Heal, 2000; Howell, 2011). Este concepto ha ocasionado gran interés de las personas por el ambiente y sus relaciones con el ser humano (Ango et al., 2014).

Los servicios ecosistémicos se dividen en cuatro tipos: Aprovechamiento, regulación, soporte y cultura (Rincon et al., 2014). Los de aprovechamiento nos permiten abastecernos de materias primas como comida, madera, agua dulce etc. (Camacho-

Valdez & Ruiz-Luna, 2012); los de regulación son aquellos que definen los climas de las regiones, y la proliferación o disminución de ciertas enfermedades (Balvanera, 2012); los de soporte son aquellos que permiten el desarrollo de la vida (Braat & De Groot, 2012); y finalmente los culturales son aquellos que permiten al ser humano aprender y disfrutar (Howell, 2011; tabla 1). Estos pueden aumentar o disminuir su eficacia dependiendo de la diversidad de especies que haya dentro del ecosistema (Worm et al., 2006). Dentro del país las áreas naturales protegidas por el estado proveen una gran cantidad de servicios ecosistémicos que ayudan a la economía. Entre ellos encontramos la generación de energía eléctrica, el agua para consumo humano, prevención y mitigación del cambio climático, etc. (Sernanp 2017).

Tabla 1: Clasificación de los servicios ecosistémicos. Fuente: Assesment M.E.A (2005).

| Tipo de Servicio | Ejemplos |
|-------------------------|--|
| Aprovisionamiento | Comida, agua dulce, madera, fibras |
| Regulación | Regulación del clima, disminución de las inundaciones y enfermedades |
| Soporte | Ciclo de nutrientes, formación del suelo |

Cultural

Estética, espiritualidad, educación, recreación

2.2 Di-servicios

Los di-servicios ecosistémicos son las funciones de los ecosistemas que nos resultan perjudiciales, los vectores de enfermedades, plagas para los cultivos, miedos, etc; las cuales son producto de la pérdida de biodiversidad o cambios en el ecosistema (Lyytimäki & Sipilä 2009; Ango et al., 2014). Algunos de estos llamados di-servicios son muy subjetivos (Ango et al., 2014) por ejemplo en Etiopia y Puerto Rico un bosque que brinda diversos servicios resultó perjudicial para algunos agricultores ya que este era un hábitat de diversos insectos vectores de enfermedades y plagas que afectaban los cultivos (Ango et al., 2014). Son pocos los estudios acerca de los di-servicios ecosistémicos y la mayoría se orienta a la agricultura (Lyytimäki et al., 2008).

2.3 Usos de suelo

Se refiere al uso de cualquier terreno en donde se realiza alguna actividad (Watson et al., 2000), desde una construcción industrial hasta la implementación de un parque natural. Reyes et al. (2006)

define al uso de suelo como el arreglo, actividad o producción que se realiza para producir, cambiar o mantener la cobertura del suelo. Estos nos brindan las bases para entender los procesos de deforestación, degradación, desertificación, pérdida de biodiversidad de un lugar determinado (Velázquez et al., 2002).

2.4 Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales son técnicas silviculturales que combinan el cultivo deliberado de productos agrícolas en el mismo lugar con árboles en una misma porción de tierra, con la finalidad de obtener una mayor cantidad y calidad de estos productos (López et al., 2007; Palomeque, 2009; INIA 2012). Un sistema agroforestal debe tener las siguientes características: contar mínimo con dos especies, una de ellas debe de ser leñosa perenne y debe de haber alguna interacción entre las especies involucradas (López et al., 2007).

Estas técnicas de cultivo han adquirido importancia ya que los árboles brindan sombra a los cultivos agrícolas, reciclan y mantienen los

nutrientes necesarios, debido a que los árboles capturan los nutrientes que se encuentran en los horizontes más profundos del suelo llevándolos hasta la superficie (Salgado-Mora et al., 2007). Este tipo de plantaciones ayuda a la conservación de la biodiversidad dentro de zonas deforestadas y fragmentadas, ya que brinda hábitats ideales tanto para plantas como animales (Salgo- Mora et al., 2007; Harvey et al., 2008; Ranganathan et al., 2008; Palomeque, 2009).

Las ventajas del uso de los sistemas agroforestales son las siguientes: Se crea un microclima moderado (Lin, 2007), protección contra la erosión por viento y agua (Kusumandari & Mitchell, 1997), mayor fijación de nitrógeno atmosférico (Jose, 2009), mantenimiento de la estructura y fertilidad del suelo (King, 1987), recuperación de suelos degradados (Nair, 2007), hábitat ideal para mayor biodiversidad (Palomeque, 2009).

2.5 Insectos

Los insectos pertenecen al filo de los artrópodos, estos se encuentran entre los más dominantes de los ecosistemas terrestres, debido su integra relación con todo el sistema (Cruz, 2006; Matienzo Brito et al.,

2011). Su cuerpo está dividido en tres partes (cabeza, tórax y abdomen), con tres pares de patas y dos pares de alas; las cuales pueden estar modificadas, reducidas e incluso ausentes (Brusca & Brusca 2005). Debido a su gran diversidad los insectos nos proporcionan una gran cantidad de servicios y di servicios (Velez-Azañero et al., 2017). El conocimiento que se tenga de ellos puede ayudar a resolver diversos problemas actuales.

La gran mayoría nos provee de servicios ecosistémicos. Algunos son controladores de plagas, otros son polinizadores o descomponedores (Antonelli, 2001). Gracias a estos servicios, los diferentes ecosistemas en el mundo se mantienen, permitiendo la supervivencia de diversas especies dentro de un mismo ecosistema incluyendo a los seres humanos. Pero estos no son los únicos beneficios que nos brindan, las industrias farmacéuticas estudian a los insectos para desarrollar nuevas medicinas para el ser humano (Munir, 2014). Otros pueden resultar perjudiciales llegando a causar grandes problemas como la pérdida de cultivos, daño a los edificios y transmisión de patógenos que causan enfermedades (Antonelli, 2001). Entre algunos ejemplos tenemos al género *Anopheles* que transmite la malaria (Griffing et al., 2013).

III. HIPOTESIS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Hipótesis

- (+) Existe una correlación directa entre los servicios ecosistémicos brindados por la fauna entomológica con tres usos de suelo distintos.
- (-) No existe una correlación directa entre los servicios ecosistémicos brindados por la fauna entomológica con tres usos de suelo distintos.

3.2 Objetivo Principal:

Correlacionar los servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en tres usos de suelo de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, Perú.

3.3 Objetivos específicos:

- Realizar un inventario de la diversidad de insectos de acuerdo al servicio ecosistémico que brindan en diferentes usos de suelo en la selva central de Perú.
- Clasificar los servicios ecosistémicos de los insectos capturados.

- Medir la estructura de la vegetación de las parcelas (altura de los árboles y arbustos) en donde se realiza la colecta de insectos.
- Comparar los niveles de carbono del suelo con los servicios ecosistémicos de cada estrato.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Área de estudio

La investigación se realizó en la finca Santa Rosa (distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa), en los meses de marzo, mayo y setiembre de 2016. La finca cuenta con 42 hectáreas de terreno, en donde se siembra seis variedades de café (Catimor, Catuaí, Caturra, Typica, Bourbon amarillo y rojo). Dentro de sus terrenos encontramos zonas en donde el café se encuentra junto a diferentes especies de árboles como pinos y/o eucaliptos entre otros; además, hay zonas en donde no hay presencia de árboles y solo se encuentra el café. Finalmente, adyacente a las plantaciones se encuentran masas de bosques que han sido reforestadas.

Se realizó cuatro parcelas de 100 m² aprox. en cada ecosistema:

- Agroforestal (Agro): Se escogieron parcelas, entre 1535 msnm y 1560 msnm, donde se hallaron combinaciones de la plantación de café con especies arbóreas, estas últimas no se encontraron sembradas de una manera uniforme. Dentro de los 100 m² de las cuatro parcelas no se encontraron árboles en grandes

cantidades (Figura 1). A continuación se indica las coordenadas X e Y de las parcelas.

- Agro 1 :
 - $X = 471490.3$
 - $Y = 8809769.6$
- Agro 2 :
 - $X = 471445.1$
 - $Y = 8809741.3$
- Agro 3 :
 - $X = 471354.2$
 - $Y = 8808078.7$
- Agro 4 :
 - $X = 471445.4$
 - $Y = 8809777$
- Bosque secundario: Las parcelas se ubicaron entre los 1677 msnm y 1679 msnm dentro de un parche de bosque que fue reforestado. Estas se realizaron en zonas en donde se observó mayor cantidad de árboles (Figura 2). A continuación se indica las coordenadas X e Y de las parcelas.
 - Bosque 1 :
 - $X = 470637$

- $Y = 8809330$
 - Bosque 2 :
 - $X = 470614$
 - $Y = 8809310.3$
 - Bosque 3 :
 - $X = 470629.7$
 - $Y = 8809351.8$
 - Bosque 4 :
 - $X = 470658.6$
 - $Y = 8809354.3$
- Monocultivos (Mono): Las parcelas se escogieron en lugares en donde no habían presencia de árboles dentro cada parcela y sus alrededores. Estas parcelas se encontraron entre los 1523 msnm y 1680 msnm, adyacentes a cultivos agroforestales de café y bosques secundarios (Figura 1 y 2). A continuación se indica las coordenadas X e Y de las parcelas.
 - Mono 1 :
 - $X = 469668.1$
 - $Y = 8809768$
 - Mono 2 :
 - $X = 470656.1$

- $Y = 8809381$
- Mono 3 :
 - $X = 470628.8$
 - $Y = 8809376.4$
- Mono 4 :
 - $X = 470589.3$
 - $Y = 8809376.3$



Figura 1: Parcelas Agro (sistemas agroforestales) 1,2,3,4 y parcela Mono (monocultivo) 1 en la Finca Santa Rosa, Villa Rica (Google Earth, 2014).



Figura 2: Parcelas Bosque (bosque secundario) 1, 2, 3, 4 y parcelas Mono 2, 3 y 4 en la Finca Santa Rosa, Villa Rica (Google Earth, 2014).

En cada parcela se instalaron treinta y un trampas pasivas para la captura de insectos.

4.2 Trampas usadas

- Trampas Malaise: Mallas que evitan que los insectos puedan escapar una vez que ingresan. Es utilizada principalmente para la captura de insectos voladores (Ros-Farré & Pujade, 1998). Estas trampas miden 1,5 m de longitud y 1 m de ancho, fueron amarradas con pabilos a troncos y cuando fue necesario se las sujetó con ramas para darle estabilidad. La trampa fue utilizada siguiendo la metodología usada por Beatriz et al. (2009) y

Zapata (2017). Se instalaron un total de 12 trampas Malaise en la finca Santa Rosa (Figura 3).



Figura 3: Trampa Malaise en parcela de bosque secundario para la captura de fauna entomológica dentro de los terrenos de la finca Santa Rosa, 2016.

- Las trampas de cebo: Este tipo de trampa fue armada utilizando envases de un litro, instaladas y amarradas a un árbol a diferentes alturas del suelo; se utilizó como cebo un pedazo de plátano fermentado con cerveza y restos de pollo (Márquez, 2005) (Figura 4). En total se instalaron 120 trampas de cebo.
- Las trampas de caída consistieron en recipientes de polietileno de un litro de volumen, que se situaron a ras del suelo para así poder recolectar insectos caminadores (de los Santos Gómez et al., 1982). Estas trampas se utilizaron siguiendo la metodología

descrita por Vélez-Azañero & Lizarraga-Travaglini (2013) y Vélez-Azañero et al. (2016; Figura 4). En total se instalaron 120 trampas de caída.



Figura 4: Trampa caída (A) y trampas de cebo (B) instaladas en parcela de bosque secundario para la captura de la fauna entomológica, dentro de los terrenos de la finca Santa Rosa, 2016.

- Las trampas cromáticas consistieron en platos de plásticos de colores sólidos (en este caso amarillo, azul y rojo) con una mezcla de azúcar y agua con jabón, ya que como dicen Campbell & Hannula (2007) al utilizar diferentes colores de trampas cromáticas es la manera más efectiva para muestrear la abundancia y riqueza de insectos polinizadores. A su vez esta

es una trampa simple y eficiente para la captura de insectos voladores (Saunders, 2013; Figura 5). En total se instalaron 120 trampas cromáticas.



Figura 5: Trampa cromática utilizada en parcela agroforestal para la captura de la fauna entomológica dentro de los terrenos de la finca Santa Rosa, 2016.

En total se instalaron: una trampa malaise, diez trampas de cebo, diez trampas de caída y diez trampas cromáticas en cada parcela por 72 horas siguiendo el método de Vélez-Azañero & Lizarraga-Travaglini (2013) para asegurar un buen grado confiabilidad y capturar tanto insectos diurnos como nocturnos.

4.3 Medición de árboles y arbustos

Para la medición de los árboles en las parcelas se siguió el procedimiento de Chave (2005) utilizando un hipsómetro, y para arbustos solo se midió su altura utilizando una wincha. Fueron medidos todos los árboles y arbustos dentro de las parcelas que cumplieran las características mencionadas líneas arriba para posteriormente correlacionarlo con el carbono orgánico, ya que esto permite obtener información acerca de la productividad y sostenibilidad del ecosistema (Ruiza-Jaen & Aide, 2005; Bajaña, 2016). Además, los árboles y arbustos están relacionados a la diversidad y abundancia de los insectos.

4.4 Toma de muestras de suelo

Se realizaron 12 calicatas de 1m x 1m x 1m para extraer cuatro muestras a las siguientes profundidades: 10cm, 30cm, 60cm y 90 cm (Figura 6), obteniéndose 16 muestras por tipo de ecosistema y 48 muestras en total para poder cuantificar el porcentaje de carbono orgánico para posteriormente correlacionarlo con la altura de árboles y arbustos.

4.5 Análisis de muestras de suelo

Las muestras de suelo recolectadas fueron analizadas en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina para conocer la cantidad de carbono orgánico que tienen a través del análisis de carbono orgánico del suelo (COS) mediante el método colorimétrico de Walkley-Black tal como se hizo en Cunalata et al. (2013) para poder correlacionarlo con los servicios ecosistémicos de la fauna entomológica.



Figura 6: Medición de profundidad de calicata en una parcela de bosque secundario dentro de los terrenos de la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

Identificación de insectos

En el laboratorios de Ciencias Ambientales de la Universidad Científica del Sur (Figura 7) los insectos fueron conservados y almacenados en envases con alcohol 70% (Vélez-Azañero & Lizarraga-Travaglini, 2013; Vélez-Azañero et al., 2017), para luego ser montados en una caja cornell utilizando alfileres entomológicos. Para la clasificación de los insectos se utilizó las calves taxonómicas de Triplehorn & Johnson (2005) y en paralelo a la identificación de los especímenes se procedió a identificó el servicio ecosistémico que brindan.



Figura 7: Trabajo de montaje e identificación de los insectos en el laboratorio de ingeniería ambiental de la universidad científica del sur, 2016.

4.7 Análisis estadístico

Se realizó un análisis de diversidad alfa tanto a nivel global como a nivel de ecosistema utilizando el software Past.3 versión 1.0 para conocer la riqueza, abundancia, dominancia y diversidad mientras que a los valores de carbono orgánico obtenidos se les realizó un análisis de varianza para conocer si presentaban diferencias significativas.

Se realizó una primera correlación simple entre la altura de árboles y arbustos con los valores de carbono orgánico a diferentes profundidades. En los casos donde hubo poca cantidad de árboles se promedió la altura de estos para así tener un solo valor y poder correlacionarlos. Se utilizó un nivel de confianza de 95 %. Posteriormente, se realizó otra correlación simple entre la cantidad de insectos de cada servicio ecosistémico con los valores de carbono orgánico de 10cm y 30cm ya que los mayores valores se encuentran en la superficie (López, 2005).

V. RESULTADOS

5.1 Diversidad Alfa

En los tres ecosistemas estudiados, se encontraron un total de 3476 individuos, distribuidos en 11 órdenes, 102 familias, y 422 morfoespecies (Figura 8); donde la familia formicidae (Hymenoptera) se presentó como la más abundante con 27,27% del total de individuos capturados (Figura 9 y figura 10). La zona Agroforestal (AF) presentó la mayor abundancia con 1599 individuos mientras que y la zona de Monocultivo (MC) presentó el menor número con 532 individuos, la zona de Bosque secundario (BS) presentó 1345 individuos.

El ecosistema MC fue el más dominante siguiendo el índice de Simpson (0,096) (Figura 11), mientras que el ecosistema más diverso según el índice de Margalef fue el bosque secundario con 257 morfo especies (35,54; Figura 12). Sin embargo, según el índice de Pielou el ecosistema AF se encontró más cerca de alcanzar la diversidad máxima (Figura 13; Tabla 2). Los especímenes más abundantes en los sistemas AF, BS y MC fueron phoridae 1, formicidae 14 y formicidae 22 respectivamente.

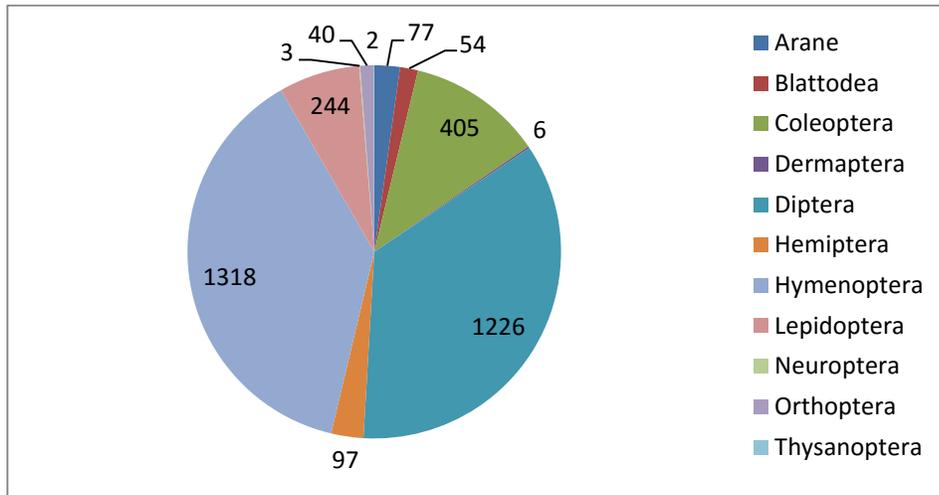


Figura 8: Total de especímenes recolectados en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

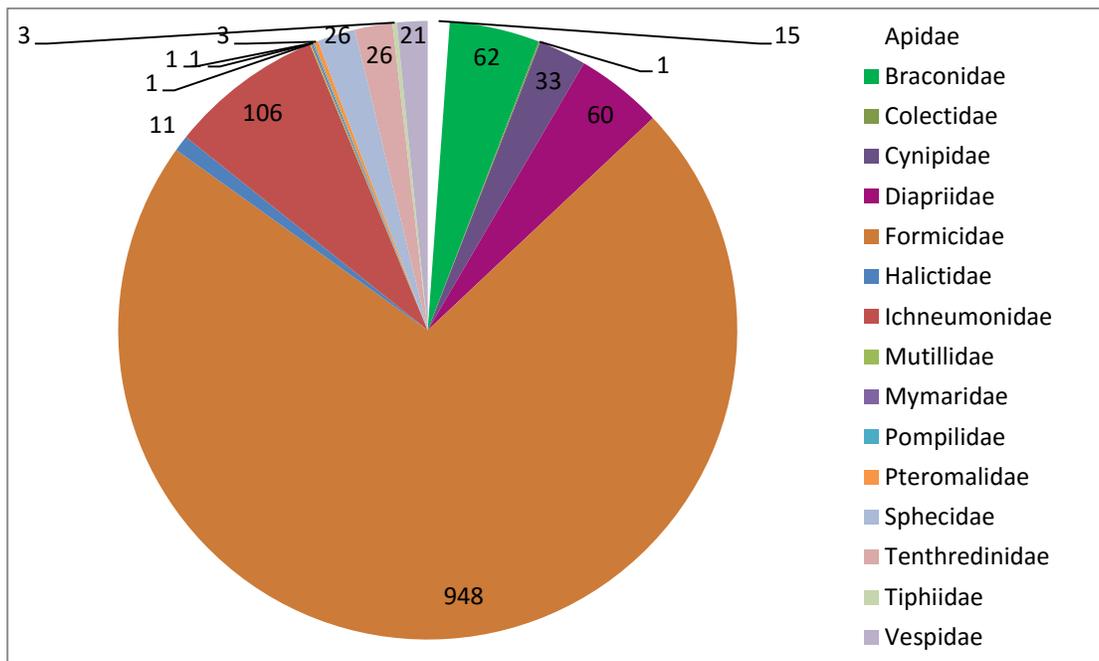


Figura 9: Total de Hymenopteras recolectadas en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

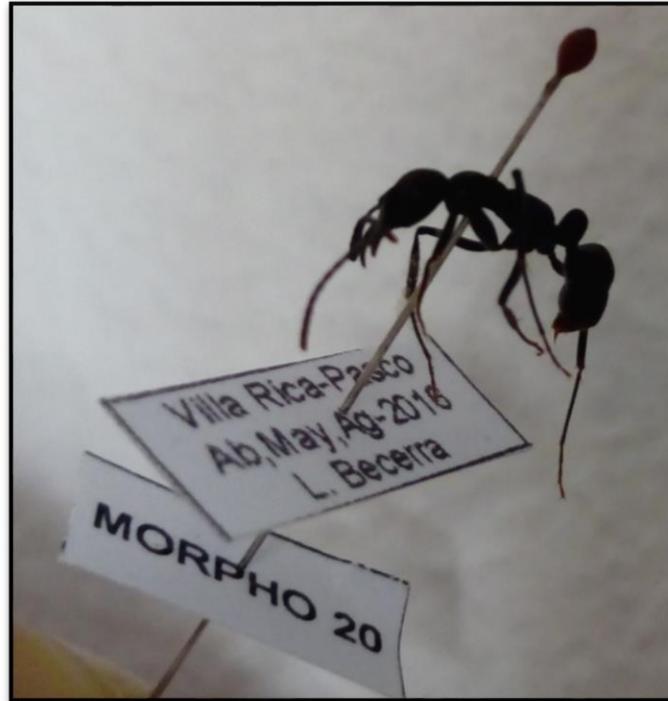


Figura 10: Especimen de la morfo-especie Formicidae 20 de la familia Formicidae, la más abundante de acuerdo a la colecta en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

Tabla 2. Índices de diversidad alfa en tres ecosistemas de la finca Santa Rosa, Villa Rica, Pasco, 2016.

| Índice | Agroforestal | Bosque | Monocultivo |
|------------|--------------|------------|-------------|
| | | secundario | |
| Riqueza | 187 | 257 | 120 |
| Abundancia | 1599 | 1345 | 532 |
| Simpson | 0,02487 | 0,05648 | 0,09644 |

| | | | |
|-----------|--------|--------|--------|
| Brillouin | 4,135 | 3,982 | 3,172 |
| Margalef | 25,21 | 35,54 | 18,96 |
| Pielou | 0,8259 | 0,7641 | 0,7217 |
| Chao-1 | 341 | 406,4 | 189,8 |

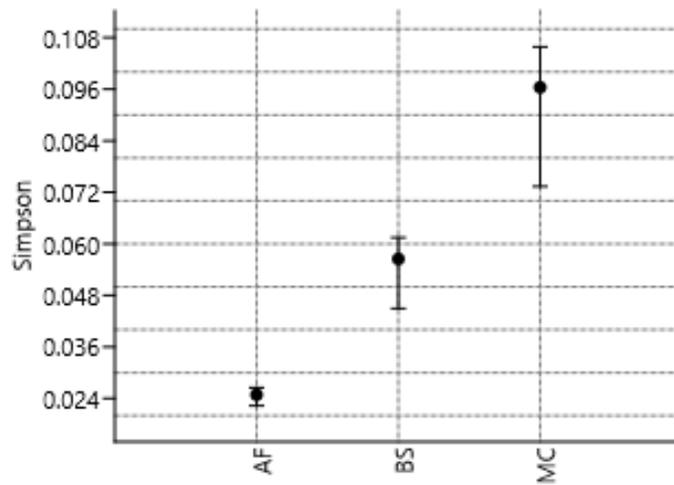


Figura 11: Dominancia según el índice de Simpson de las especies recolectadas en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

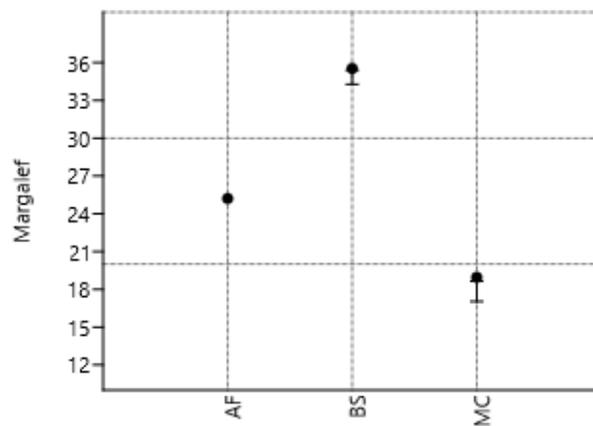


Figura 12: Diversidad según el índice de Margalef para los ecosistemas estudiados en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

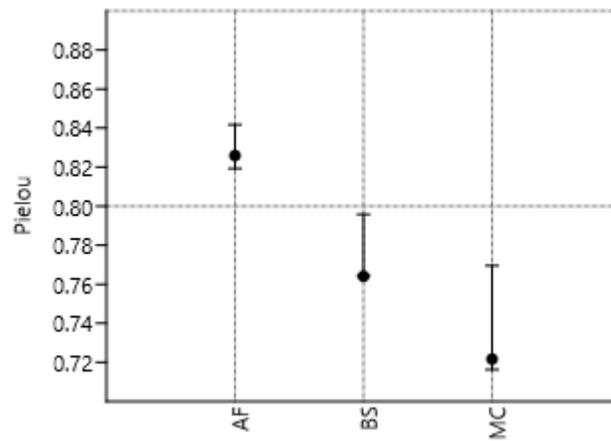


Figura 13: Índice de Pielou para los ecosistemas estudiados en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

5.1.1 Zona Agroforestal

Dentro del ecosistema AF, los índices de diversidad alfa indican que la parcela Agro-4 presentó mayor riqueza con 129 morfo-especies, y

además, fue la más diversa y homogénea, siguiendo los índices de Margalef con 21,37 (Figura 14) y Brillouin con 3,84 (Figura 15) sucesivamente; a su vez fue la parcela que se encontró más cerca de la diversidad máxima según el índice de Pielou (Figura 16). Por otra parte, la parcela Agro-3 fue la más abundante, sin embargo, fue la parcela Agro-1 que tuvo un valor de dominancia más alto según el índice de Simpson, en este caso representado por la morfo-especie phoridae-1 (Tabla 3; Figura 17).

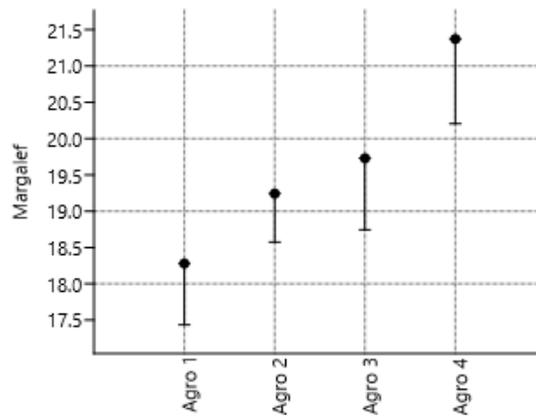


Figura 14: Diversidad según el índice de Margaleff en el ecosistema AF, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

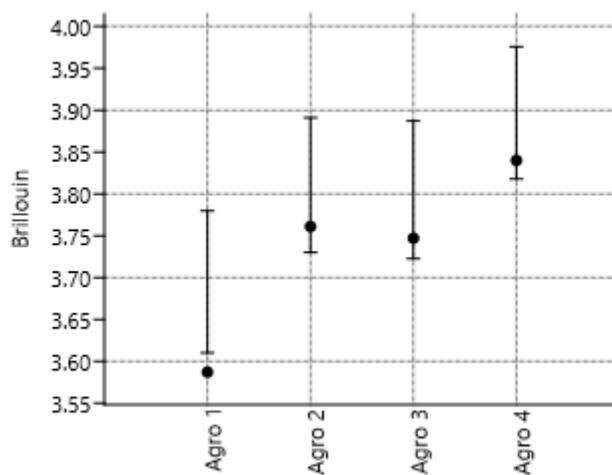


Figura 15: Índice de Brillouin en el ecosistema AF, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

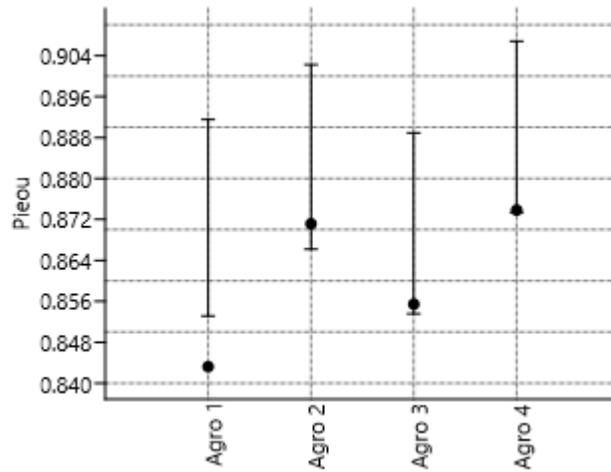


Figura 16: Índice de Pielou en el ecosistema AF, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

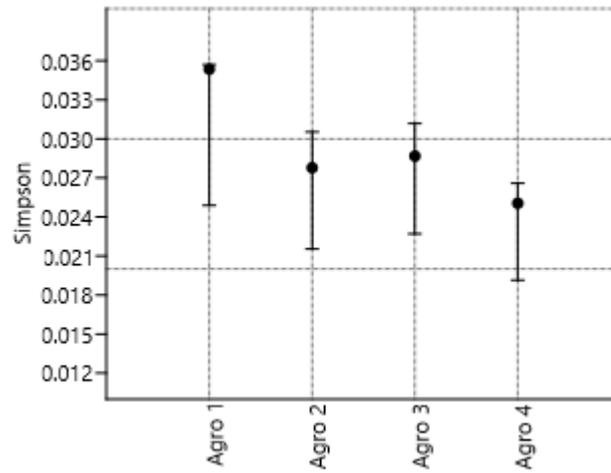


Figura 17: Dominancia según el índice de Simpson en el ecosistema AF, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

Tabla 3. Índices de diversidad alfa en ecosistema agroforestal de la finca Santa Rosa, Villa Rica, Pasco, 2016.

| Índice | Agro-1 | Agro 2 | Agro 3 | Agro 4 |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| Riqueza | 109 | 116 | 121 | 129 |
| Abundancia | 368 | 394 | 438 | 399 |
| Simpson | 0,03536 | 0.02778 | 0,02868 | 0,02506 |
| Brillouin | 3,587 | 3.761 | 3,747 | 3,84 |
| Margalef | 18,28 | 19.24 | 19,73 | 21,37 |
| Pielou | 0,8432 | 0.8712 | 0,8555 | 0,8738 |
| Chao-1 | 298,8 | 191,1 | 240,2 | 234 |

5.1.2 Zona Bosque secundario

Dentro del ecosistema BS, los índices de la diversidad alfa indican que la parcela Bosque-2 presentó mayor riqueza con 152 morfo-especies, y además, fue la más diversa según Margalef con 23,7 (Figura 18); sin embargo, la parcela más homogénea fue bosque 1 según el índice de Brillouin con 3,67 (Figura 19) a su vez es la parcela que se encontró más cerca de alcanzar la diversidad máxima según Pielou (Figura 20); por otro lado, la parcela Bosque-2 fue la menos homogénea con 3,043

según Brillouin, y la más dominante según Simpson con 0.156 (Figura 21) representado por la morfo especie Formicidae 22 (Tabla 4).

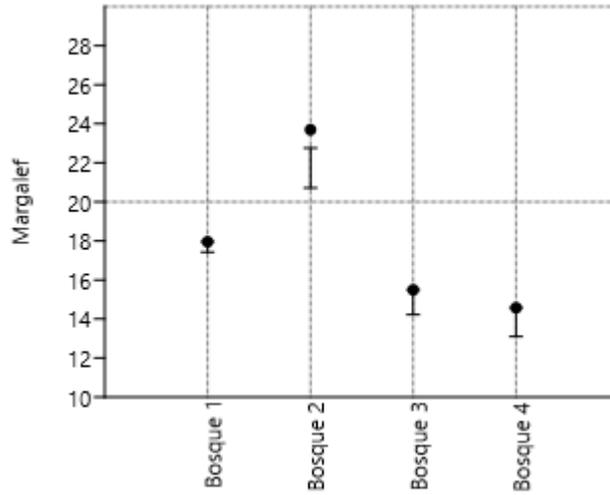


Figura 18: Diversidad según el índice de Margaleff en el ecosistema BS, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

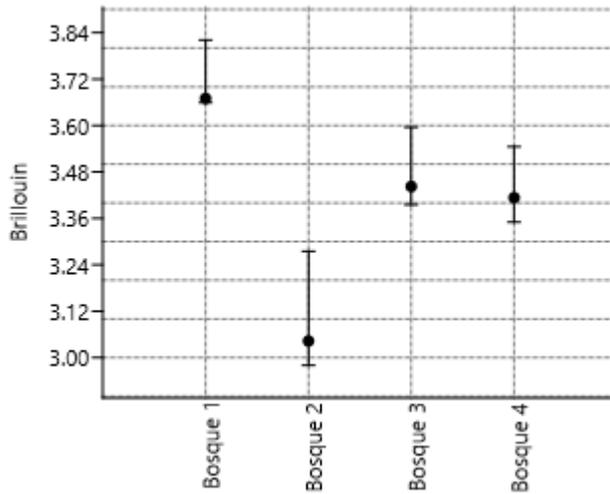


Figura 19: Índice de Brillouin en el ecosistema BS, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

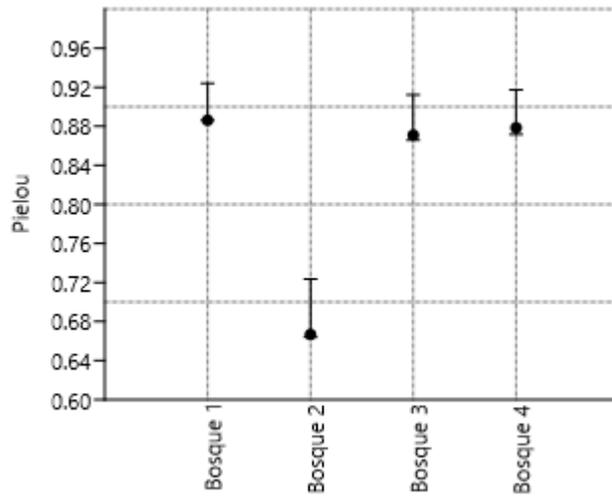


Figura 20: Índice de Pielou en el ecosistema BS, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

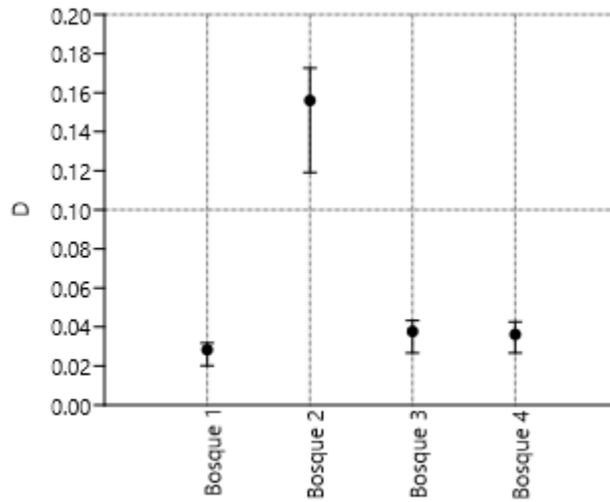


Figura 21: Dominancia según el índice de Simpson en el ecosistema BS, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

Tabla 4. Índices de diversidad en ecosistema de bosque secundarios de la finca Santa Rosa, Villa Rica, Pasco, 2016.

| Índice | Bosque 1 | Bosque 2 | Bosque 3 | Bosque 4 |
|------------|----------|----------|----------|----------|
| Riqueza | 103 | 152 | 86 | 80 |
| Abundancia | 293 | 585 | 241 | 226 |
| Simpson | 0,02832 | 0,156 | 0,03772 | 0,03622 |
| Brillouin | 3,67 | 3,043 | 3,442 | 3,414 |

| | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| Margalef | 17,96 | 23,7 | 15.5 | 14,57 |
| Pielou | 0,8861 | 0,6668 | 0,8709 | 0,8785 |
| Chao-1 | 196,9 | 381,5 | 137,8 | 119 |

5.1.3 Zona Monocultivo

Dentro del ecosistema MC, los índices de diversidad alfa indican que la parcela Mono-2 presentó mayor riqueza con un total de 69 morfoespecies, y además, fue la más diversa y homogénea según Margalef con 14,28 (Figura 22) y Brillouin con 3,16 (Figura 23) sucesivamente. Por otro otra parte, la parcela con mayor abundancia fue Mono-4 con 153 individuos; aunque la más dominante fue Mono-3 según el índice de Simpson (Figura 24), en este caso representado por la morfoespecie formicidae 22.

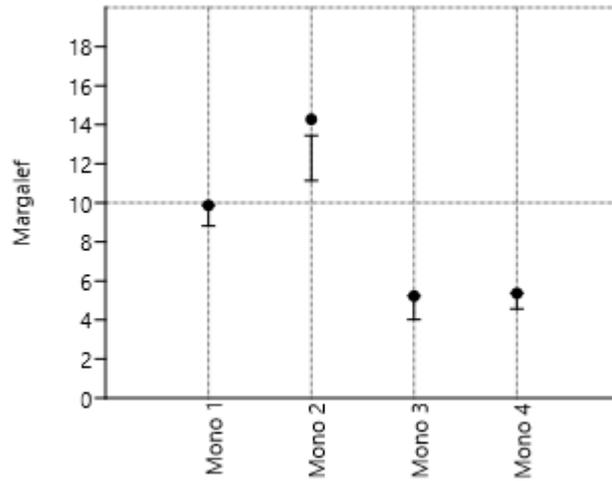


Figura 22: Diversidad según el índice de Margaleff en el ecosistema MC, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

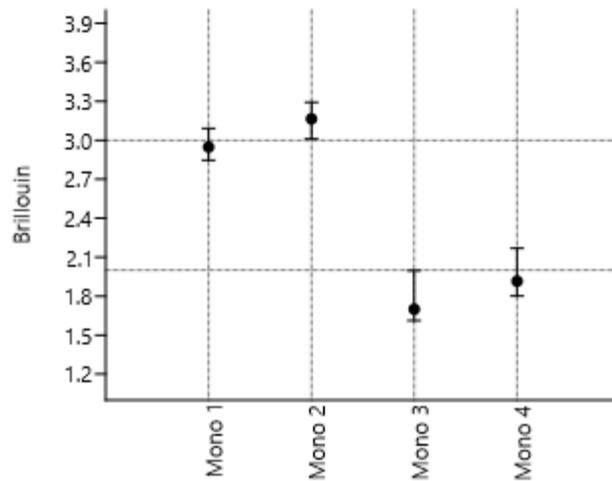


Figura 23: Índice de Brillouin en el ecosistema MC, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

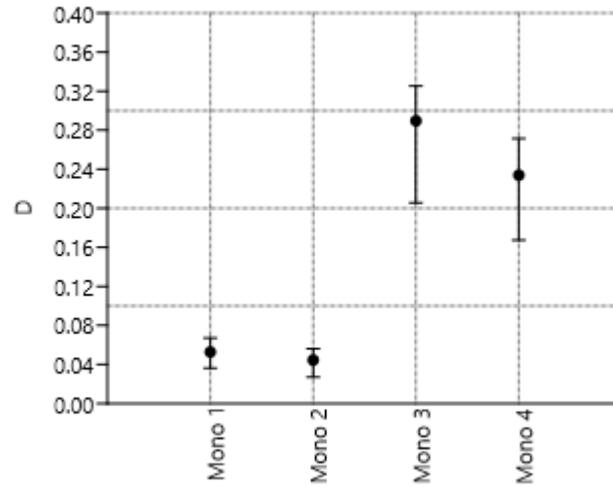


Figura 24: Dominancia según el índice de Simpson en el ecosistema MC, en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

Tabla 5. Índices de diversidad en ecosistema de monocultivo de la finca Santa Rosa, Villa Rica, Pasco, 2016.

| Índices | Mono 1 | Mono 2 | Mono 3 | Mono 4 |
|------------|---------|---------|--------|--------|
| Riqueza | 48 | 69 | 27 | 28 |
| Abundancia | 117 | 117 | 145 | 153 |
| Simpson | 0,05282 | 0,04463 | 0,2896 | 0,234 |
| Brillouin | 2,948 | 3,165 | 1,7 | 1,916 |
| Margalef | 9,869 | 14,28 | 5,224 | 5,367 |
| Pielou | 0,8861 | 0,896 | 0,5799 | 0,6415 |

| | | | | |
|--------|----|-------|------|------|
| Chao-1 | 87 | 183,8 | 61,2 | 45,5 |
|--------|----|-------|------|------|

5.2 Servicios ecosistémicos

De todos los individuos registrados el grupo predominante fue el de los descomponedores con 60,41 % (Figura 25) del total de individuos, seguido por los controladores biológicos con 15,53 % (Figura 26), fitófagos (13,72 %; Figura 27), polinizadores (9,29 %; Figura 28) y vectores (1,03 %; Figura 29). De los individuos encontrados 540 fueron controladores biológicos, 2100 descomponedores, 477 fitófagos, 323 polinizadores y 36 vectores (Tabla 6; Figura 30).



Figura 25: Morfo-especie Sarcophagidae 3, perteneciente al grupo de los insectos descomponedores; recolectado en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

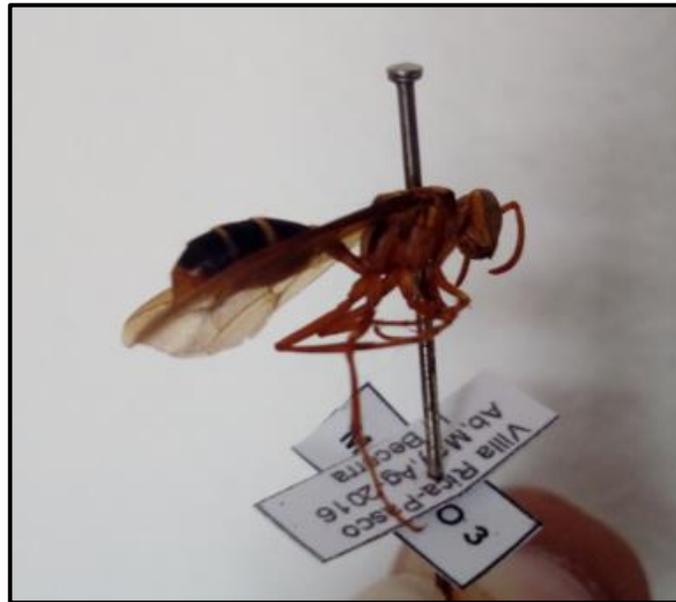


Figura 26: Morfo-especie Vespidae 3, perteneciente al grupo de los insectos controladores biológicos; recolectado en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.



Figura 27: Morfo-especie Scarabidae 2, perteneciente al grupo de los insectos fitófagos; recolectado en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.



Figura 28: Morfo-especie Hesperidae 3, perteneciente al grupo de los insectos polinizadores; recolectado en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.



Figura 29: Morfo-especie Muscidae 5, perteneciente al grupo de los insectos vectores de enfermedades;

recolectado en la finca Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

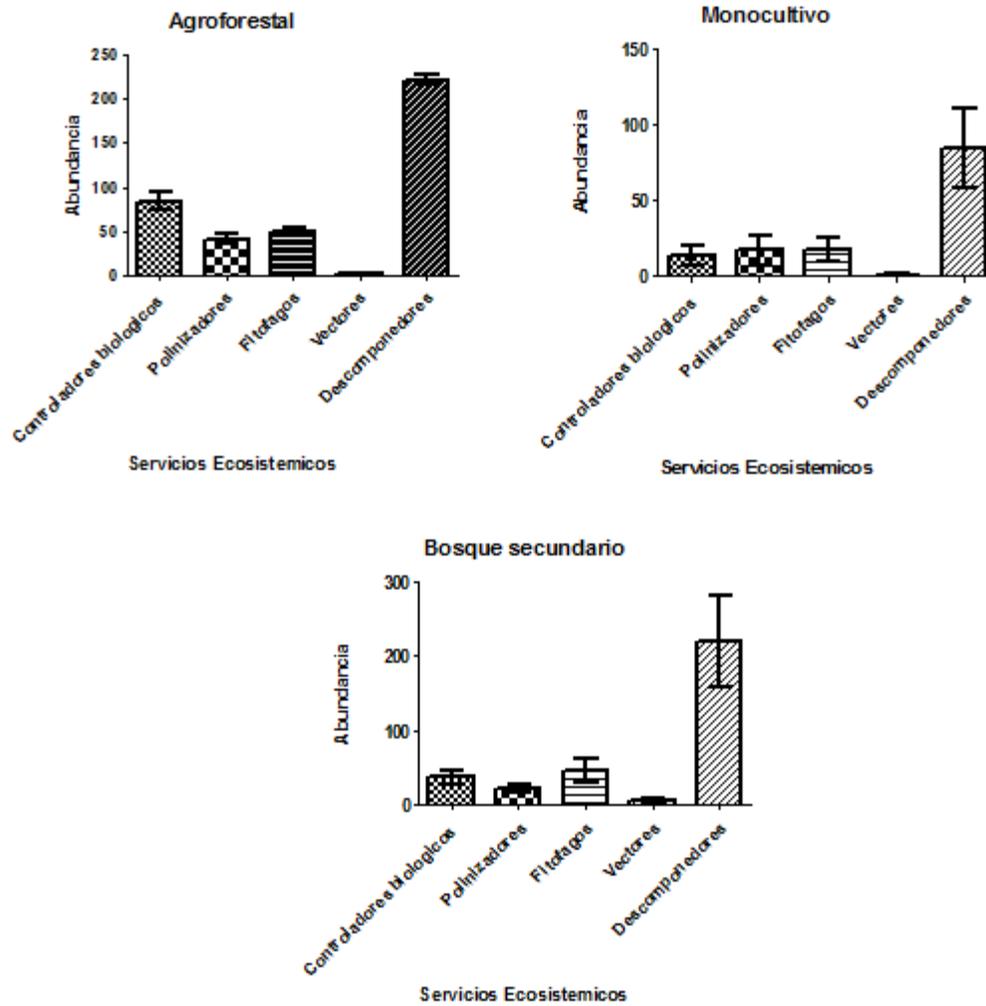


Figura 30: Abundancia de servicios ecosistémicos brindados por insectos en la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

Tabla 6. Cantidad de insectos capturados, separados por el servicio ecosistémico que brindan. Finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

| Tipo de suelo | Controlador | | | | |
|-------------------|-------------|---------------|----------|-------------|--------|
| | biológico | Descomponedor | Fitófago | Polinizador | Vector |
| Agroforestal | 337 | 885 | 201 | 168 | 8 |
| Bosque secundario | 148 | 878 | 207 | 87 | 25 |
| Monocultivo | 55 | 337 | 69 | 68 | 3 |
| Total | 430 | 2210 | 477 | 323 | 36 |

5.3 Estructura vegetal

5.3.1 *Árboles*

En el ecosistema AF se encontraron 13 árboles (figura 31) cuya altura promedio fue de 15,76 m. El árbol de mayor altura se encontró en la parcela Agro-2 con 21 m y la menor en la parcela Agro-4 con 12 m (tabla 7). En el ecosistema BS se encontraron 118 árboles (figura 32) cuya altura promedio fue de 14,91 m (figura 33). El árbol de mayor altura se encontró en la parcela Bosque-4 con 24 m y la menor en la parcela Bosque-1 con 9 m (tabla 8).

| Agro 1 (m) | Agro 2 (m) | Agro 3 (m) | Agro 4 (m) |
|------------|------------|------------|------------|
| 18 | 15 | 15 | 16,5 |
| 20 | 13 | | 17 |
| | 17 | | 12 |
| | 21 | | 12 |
| | | | 13,5 |
| | | | 15 |

Tabla 7. Altura de árboles en las parcelas agroforestales de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

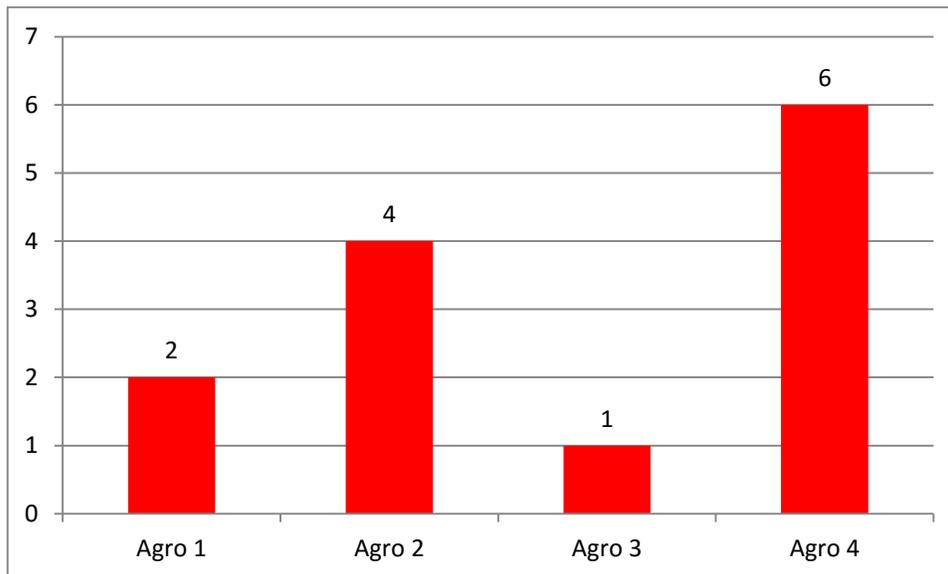


Figura 31: Número de árboles en las parcelas agroforestales de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

Tabla 8.

Altura de árboles en las parcelas del bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

| Bosque 1 | Bosque 2 | Bosque 3 | Bosque 4 |
|----------|----------|----------|----------|
| (m) | (m) | (m) | (m) |
| 15,8 | 17 | 14 | 18 |
| 16 | 15 | 19 | 20 |
| 20 | 16 | 15 | 11 |
| 14 | 19 | 14 | 15 |
| 10 | 16 | 11 | 17 |
| 12 | 14 | 17 | 14 |
| 9 | 18 | 12 | 20 |
| 13,5 | 15 | 17 | 16 |
| 18 | 12 | 14 | 11 |
| 11 | 19 | 13 | 17 |
| 19 | 11 | 17 | 15 |
| 11 | 17 | 18 | 19 |
| 9 | 15 | 10 | 13 |
| 14 | 18 | 16 | 24 |
| 11 | 13 | 15 | 13 |

| | | | |
|----|----|----|----|
| 15 | 15 | 18 | 17 |
| 10 | | 10 | 17 |
| 13 | | 12 | 17 |
| 13 | | 11 | 20 |
| 17 | | 11 | 16 |
| 12 | | 12 | 13 |
| | | 17 | 18 |
| | | | 19 |
| | | | 14 |
| | | | 16 |
| | | | 13 |
| | | | 17 |
| | | | 10 |
| | | | 17 |
| | | | 14 |

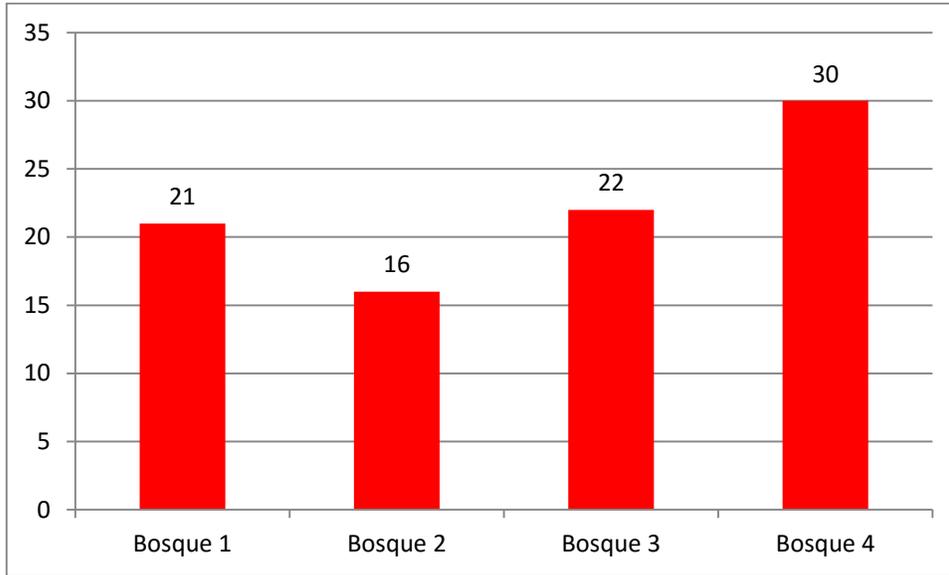


Figura 32: Número de árboles en las parcelas del bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.



Figura 33: Árboles y arbustos en parcela del bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

5.3.2 *Arbustos*

En el ecosistema AF se encontraron 139 arbustos cuya altura promedio fue de 2,04 m (figura 34). El arbusto de mayor altura se encontró en la parcela Agro-1 con 3 m y el menor en la parcela Agro-4 con 1,3 (tabla 9, figura 35). En el ecosistema BS se encontraron 57 arbustos cuya altura promedio fue de 1,69 m. El arbusto de mayor altura se encontró en la parcela Bosque-1 con 3 m y el menor en las parcelas Bosque-1 y Bosque-4 con 1,3 m (tabla 10, figura 36). En el ecosistema MC se encontraron 120 arbustos cuya altura promedio fue de 1,69 m (figura

37). El arbusto de mayor altura se encontró en la parcela Mono-2 con 2,99 m y el menor en las parcelas Mono-1, Mono-3 y Mono-4 (tabla 11).

Tabla 9. Altura de arbustos en las parcelas agroforestales de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

| Agro 1 (m) | Agro 2 (m) | Agro 3 (m) | Agro 4 (m) |
|------------|------------|------------|------------|
| 2,5 | 1,96 | 1,7 | 1,7 |
| 2,26 | 2,04 | 2 | 1,8 |
| 2,7 | 2,2 | 1,59 | 1,8 |
| 2,2 | 2,3 | 1,69 | 2,35 |
| 2,1 | 1,8 | 1,9 | 1,3 |
| 2,4 | 1,8 | 2,4 | 1,3 |
| 2,75 | 1,9 | 2 | 1,5 |
| 2,4 | 2 | 1,76 | 1,98 |
| 2,1 | 2,5 | 1,85 | 2,6 |
| 2,6 | 2,1 | 1,93 | 2,5 |
| 2,5 | 1,7 | 2,1 | 2,3 |
| 1,9 | 1,77 | 1,9 | 2,3 |
| 2,8 | 1,57 | 2,1 | 2,1 |
| 2,75 | 1,75 | 1,6 | 1,83 |
| 3 | 1,95 | 1,87 | 1,88 |
| 2,5 | 1,7 | 1,93 | 1,75 |
| 2,5 | 2,1 | 2 | 1,7 |

| | | | |
|------|------|------|------|
| 3,2 | 1,54 | 1,69 | 1,7 |
| 1,75 | 1,8 | 1,75 | 1,5 |
| 2,1 | 1,6 | 2,1 | 1,65 |
| 3 | 1,75 | 1,85 | 1,66 |
| 1,85 | 1,55 | 1,85 | 1,6 |
| 2,1 | 1,9 | 1,75 | 2,3 |
| 1,8 | 2 | 1,8 | 1,98 |
| 1,95 | 1,88 | 2,1 | 2 |
| 2,2 | 1,87 | 1,85 | 2,5 |
| 2 | 1,7 | 1,9 | 1,9 |
| 1,9 | 2,1 | 1,75 | 1,95 |
| 2,5 | 2,5 | 1,68 | 2,4 |
| 1,8 | 2,8 | 1,85 | 1,75 |
| 3 | 3 | 1,9 | |
| 2,4 | 2,8 | 1,8 | |
| | 2,8 | 1,9 | |
| | 2,8 | 2 | |
| | 1,87 | 1,85 | |
| | 1,85 | 2,1 | |
| | 1,9 | 2 | |
| | 1,9 | | |
| | 1,83 | | |

| |
|------|
| 1,87 |
| 1,87 |

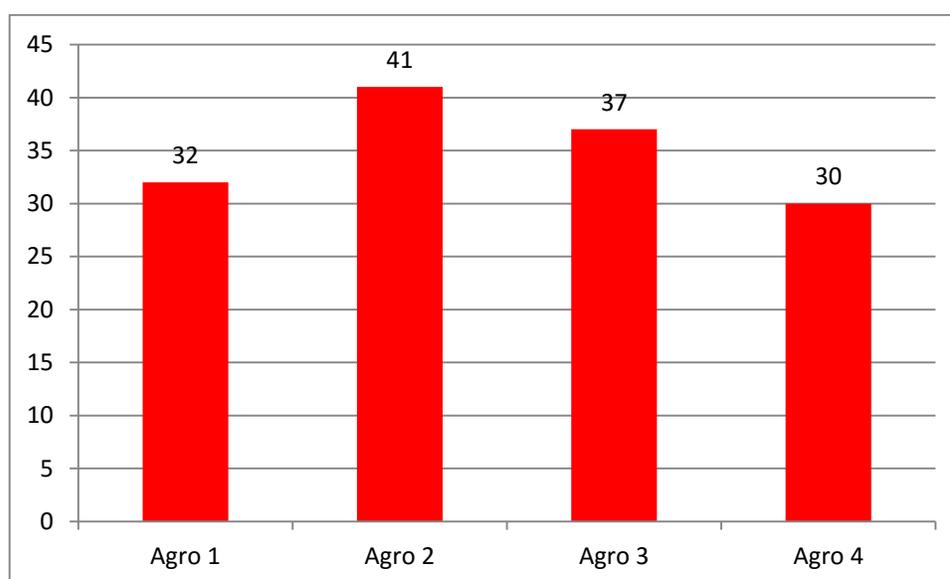


Figura 34: Número de arbustos en las parcelas agroforestales de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.



Figura 35: Árboles y arbustos en parcela del sistema agroforestal de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

Tabla 10. Altura de arbustos en las parcelas del bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

| Bosque 1 | Bosque 2 | Bosque 3 | Bosque 4 |
|----------|----------|----------|----------|
| (m) | (m) | (m) | (m) |
| 1,9 | 1,8 | 1,7 | 1,3 |
| 3 | 1,57 | 1,95 | 1,68 |
| 2,2 | 1,7 | 1,48 | 1,5 |
| 1,4 | 1,5 | 1,8 | 1,75 |
| 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,4 |
| 1,6 | 1,6 | 1,8 | 1,6 |

| | | | |
|------|------|------|------|
| 1,9 | 1,6 | 1,7 | 1,65 |
| 1,5 | 1,65 | 1,5 | 1,65 |
| 3 | 1,8 | 1,67 | 1,5 |
| 1,9 | 1,78 | 1,52 | 1,7 |
| 1,3 | | 1,6 | |
| 1,7 | | 1,5 | |
| 1,56 | | 1,8 | |
| 13 | | 1,8 | |
| 1,37 | | | |
| 1,55 | | | |
| 1,4 | | | |
| 1,85 | | | |
| 1,76 | | | |
| 1,64 | | | |
| 1,45 | | | |
| 2 | | | |
| 2 | | | |

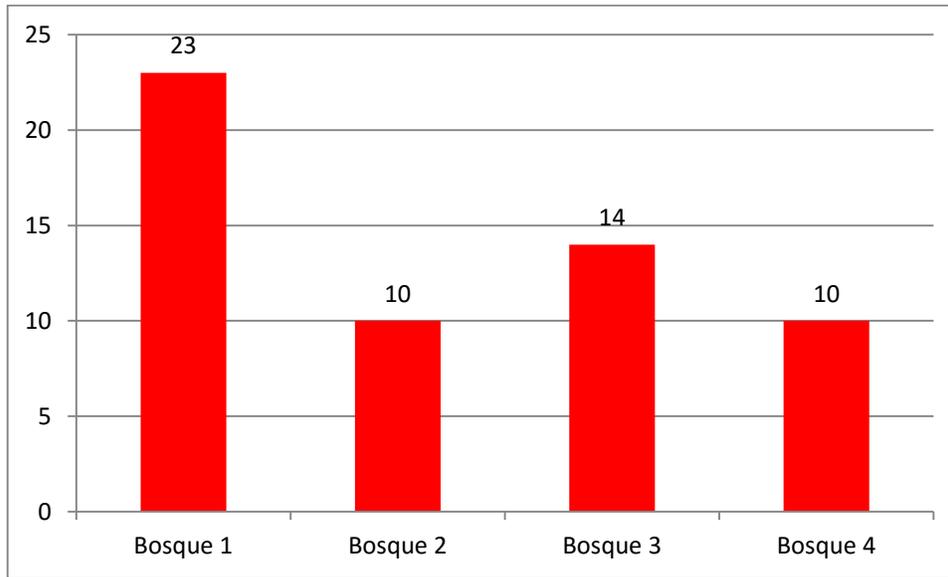


Figura 36: Numeró de arbustos en las parcelas del bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

Tabla 11. Altura de arbustos en las parcelas de monocultivo de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

| Mono 1 | Mono 2 | Mono 3 | Mono 4 |
|--------|--------|--------|--------|
| (m) | (m) | (m) | (m) |
| 1,5 | 1,9 | 1,7 | 1,73 |
| 1,3 | 1,63 | 1,88 | 1,6 |
| 1,6 | 1,64 | 1,5 | 1,8 |
| 1,55 | 1,93 | 1,9 | 1,9 |
| 1,58 | 1,6 | 1,7 | 1,63 |

| | | | |
|------|------|------|------|
| 1,6 | 2 | 1,5 | 1,84 |
| 1,6 | 1,73 | 1,47 | 1,6 |
| 1,6 | 1,65 | 1,6 | 1,9 |
| 1,9 | 1,9 | 1,52 | 1,5 |
| 2 | 1,59 | 1,9 | 1,63 |
| 1,97 | 1,5 | 1,72 | 1,6 |
| 1,9 | 1,63 | 1,3 | 1,9 |
| 1,84 | 1,63 | 1,3 | 1,4 |
| 2,25 | 1,6 | 1,3 | 1,3 |
| 2,1 | 1,5 | 1,37 | 1,83 |
| 2,99 | 1,82 | 1,3 | 1,3 |
| 1,58 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| 1,49 | 1,7 | 1,7 | 1,7 |
| 1,68 | 1,7 | 1,4 | 1,5 |
| 1,6 | 1,79 | 1,77 | 1,77 |
| 1,86 | 1,68 | 1,8 | 1,49 |
| 2,16 | 1,5 | 1,8 | 1,66 |
| 2 | 1,8 | 1,8 | 1,8 |
| 2,1 | 1,5 | 1,78 | 1,5 |
| 1,75 | 1,8 | 1,59 | 1,82 |
| 1,86 | 1,7 | 1,7 | 1,8 |
| 1,8 | 1,61 | 1,5 | 1,64 |

| | | |
|------|------|------|
| 1,76 | 1,83 | 1,85 |
| 1,5 | 1,65 | 1,67 |
| 1,66 | 1,6 | 1,85 |
| | | 1,7 |
| | | 1,68 |
| | | 1,8 |

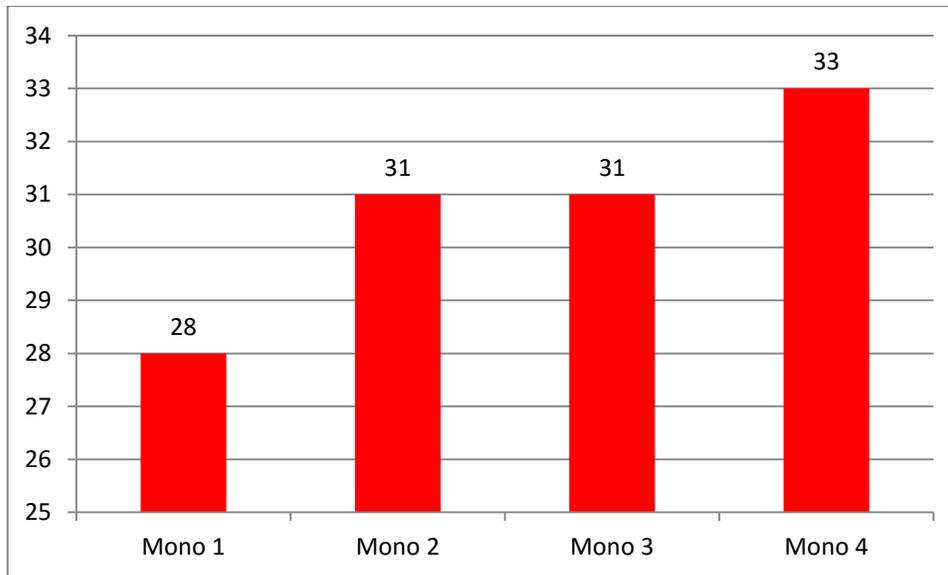


Figura 37: Número de arbustos en las parcelas del monocultivo de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

5.4 Carbono orgánico en el suelo

En el ecosistema AF se encontró un mayor valor de carbono orgánico en la parcela Agro-4 a 10 cm de profundidad y el menor valor fue encontrado en la parcela Agro-1 a 90. A 10 cm de profundidad la parcela con mayor valor de carbono orgánico fue la Agro-4, a 30 Agro-3, a 60 Agro-4 y a 90 Agro-3 (Tabla 12). El promedio de carbono orgánico a 10 cm de profundidad fue de 2,17 %C, a 30 0,8 %C, a 60 0,71 %C y a 90 cm 0,39 %C. De acuerdo al análisis de varianza realizado con el software Graphpad Prism no hay diferencias significativas.

Tabla 12.

Resultados de carbono orgánico de las parcelas del ecosistema agroforestal de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

| Profundidad | Agro 1 | Agro 2 | Agro 3 | Agro 4 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| | (%C) | (%C) | (%C) | (%C) |
| 10 cm | 0,9 | 1,07 | 1,91 | 4,8 |
| 30 cm | 0,25 | 0,89 | 1,56 | 0,52 |
| 60 cm | 0,52 | 0,42 | 0,7 | 1,22 |
| 90 cm | 0,12 | 0,27 | 0,75 | 0,44 |

En el ecosistema BS se encontró un mayor valor de carbono orgánico en la parcela Bosque-3 a 10 cm de profundidad y el menor valor fue

encontrado en la misma parcela a 90. A 10 cm de profundidad la parcela con mayor valor de carbono orgánico fue Bosque-3, a 30 Bosque-4, 60 Bosque-3 y a 90 Bosque-1. El promedio de carbono orgánico a 10 cm de profundidad fue de 5,5 %C; a 30 5,5 %C; a 60 1,67 %C y a 90 1 %C (tabla 13). De acuerdo al análisis de varianza realizado con el software Graphpad Prism se encuentran diferencias entre los resultados de carbono de 10 y 30 cm con los de 90 cm (ver anexos).

Tabla 13.

Resultados de carbono orgánico de las parcelas del ecosistema de bosque secundario de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

| Profundidad | Bosque 1 (%C) | Bosque 2 (%C) | Bosque 3 (%C) | Bosque 4 (%C) |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 10 cm | 2,91 | 4,33 | 8,98 | 5,81 |
| 30 cm | 2,91 | 4,05 | 6,4 | 8,64 |
| 60 cm | 1,11 | 1,6 | 2,4 | 1,57 |
| 90 cm | 0,91 | 1,1 | 0,98 | 1,02 |

En el ecosistema MC se encontró un mayor valor de carbono orgánico en la parcela mono 2 a 30 cm de profundidad y el menor valor fue

encontrado en la parcela mono 1 a 90. A 10 cm de profundidad la parcela con mayor valor de carbono orgánico fue Mono-2, a 30 Mono-2, a 60 Mono-2 y a 90 Mono-4 (Tabla 14). El promedio de carbono orgánico a 10 cm de profundidad fue de 2,57 %C; a 30 2,99 %C; a 60 1,1 %C y a 90 0,87 %C. Según el análisis de varianza realizado con el software Graphpad Prism se encuentran diferencias entre los resultados de carbono de 10 con 90 cm y de 30 con 60 y 90 cm.

Tabla 14. Resultados de carbono orgánico de las parcelas del ecosistema de monocultivos de la finca cafetalera Santa Rosa, Villa Rica, 2016.

| Profundidad | Mono 1 | Mono 2 | Mono 3 | Mono 4 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| | (%C) | (%C) | (%C) | (%C) |
| 10 cm | 1 | 3,22 | 3,02 | 3,04 |
| 30 cm | 2,03 | 3,73 | 3,02 | 3,2 |
| 60 cm | 0,17 | 1,55 | 1,14 | 1,54 |
| 90 cm | 0,1 | 0,8 | 1,07 | 1,52 |

5.4.1 Correlación de árboles y arbustos con carbono orgánico

A las cuatro profundidades estudiadas, en las cuatro parcelas del ecosistema AF, se encontró una relación negativa entre el carbono orgánico del suelo y la altura de los árboles, así como también con la altura de los arbustos, aunque los resultados no fueron significativos. En las cuatro profundidades estudiadas, en las cuatro parcelas del ecosistema BS, se encontró una relación positiva entre el carbono orgánico del suelo con la altura de los árboles y una relación negativa entre la altura de los arbustos con el valor del carbono orgánico del suelo, sin embargo ninguna fue estadísticamente significativa (Tabla 15). En las cuatro profundidades estudiadas, en las cuatro parcelas del ecosistema MC, se encontró una relación negativa entre el carbono orgánico del suelo y la altura de los arbustos, pero estadísticamente no resultaron ser significativas.

Tabla 15. Resultados de la correlación de la altura de los árboles y arbustos con el carbono orgánico a diferentes profundidades en el ecosistema de bosque secundario.

| Profundidad (cm) | r | P value | Significancia |
|------------------|--------|---------|---------------|
| Árboles - 10 | 0.0878 | 0.9122 | No |
| Árboles - 30 | 0.6112 | 0.3888 | No |
| Árboles - 60 | 0.0702 | 0.9298 | No |

| | | | |
|--------------|--------|--------|----|
| Árboles - 90 | 0.8347 | 0.1653 | No |
|--------------|--------|--------|----|

5.4.2 Correlación de los servicios ecosistémicos con carbono orgánico

En el ecosistema AF se encontró que el grupo de los controladores biológicos cuenta con una correlación positiva con los valores de carbono orgánico a 30 cm y el grupo de vectores con una correlación negativa a 90 cm de profundidad. La correlación solo es significativa a 30 y 90 cm de profundidad; esto significa que a mayor valor de carbono orgánico a 30 cm, mayor será la cantidad de controladores biológicos y el número de vectores descenderá a medida que aumente la cantidad de carbono orgánico a 90 cm de profundidad. El resto de grupos de insectos en el ecosistema AF tuvieron una correlación positiva y negativa a diferentes profundidades, pero estas no fueron significativas (Tabla 16).

Tabla 16. Resultados de la correlación del carbono orgánico a diferentes profundidades con los servicios ecosistémicos del ecosistema AF.

| Profundidad (cm) | r | P value | Significancia |
|------------------|---|---------|---------------|
|------------------|---|---------|---------------|

| | | | |
|-------------------------------|--------|--------|----|
| Controladores biológicos – 30 | 0,9838 | 0,0162 | Si |
| Descomponedores – 30 | 0,8868 | 0,1132 | No |
| Fitófagos – 10 | 0,6404 | 0,3596 | No |
| Fitófagos – 30 | 0,63 | 0,37 | No |
| Polinizadores – 30 | 0,636 | 0,3640 | No |
| Vectores – 90 | -0,951 | 0,048 | Si |

En el ecosistema BS, el grupo de insectos que son controladores biológicos, descomponedores, fitófagos y polinizadores obtuvieron una correlación negativa respecto a los valores de carbono orgánico a profundidades de 10, 30 y 60 cm, mientras que a la profundidad de 90 cm la correlación fue positiva. Sin embargo estos valores no fueron significativos. Finalmente en el grupo de insectos vectores de enfermedades, del ecosistema BS, la correlación fue negativa respecto a los valores de carbono orgánico a diferentes profundidades. De estos valores solo a la profundidad de 30 cm fue significativo. Esto significa que a mayor valor de carbono orgánico a 30 cm, menor será el número de insectos vectores (Tabla 17).

Tabla 17. Resultados de la correlación del carbono orgánico a diferentes profundidades con los servicios ecosistémicos del ecosistema BS.

| Profundidad (cm) | R | P value | Significancia |
|------------------|---------|---------|---------------|
| Vectores – 10 | -0,823 | 0,177 | No |
| Vectores – 30 | -0,9561 | 0,0439 | Si |

En el ecosistema MC, los insectos controladores biológicos y descomponedores tuvieron una correlación positiva con los valores de carbono orgánico a diferentes profundidades, sin embargo estas no tuvieron significancia. Los insectos fitófagos y vectores del ecosistema MC, tuvieron una correlación negativa con respecto a los valores del carbono orgánico a diferentes profundidades pero no fueron significativos estadísticamente. Los insectos polinizadores, del ecosistema MC, tuvieron una correlación negativa con respecto a los valores del carbono orgánico a diferentes profundidades, de estos valores solo a los 10 cm de profundidad tuvo significancia; lo que significa que mientras mayor sea el valor del carbono orgánico a 10 cm de profundidad, menor será el número de insectos polinizadores (Tabla 18).

Tabla 18. Resultados de la correlación del carbono orgánico a diferentes profundidades con los servicios ecosistémicos del ecosistema MC.

| Profundidad (cm) | r | P value | Significancia |
|-------------------------------|---------|---------|---------------|
| Controladores biológicos – 30 | 0,7454 | 0,2546 | No |
| Descomponedores – 10 | 0,656 | 0,344 | No |
| Polinizadores – 10 | -0,9765 | 0,0235 | Si |
| Polinizadores – 30 | -0,8416 | 0,1584 | No |

VI. DISCUSIÓN

La mayor abundancia en las zonas agroforestales, de la finca Santa Rosa, se debe a que estos sistemas añaden diversos microclimas (Toledo, 1996; Palomeque, 2009), donde los insectos pueden desarrollarse de forma adecuada, gracias a la mayor riqueza de especies vegetales presentes en estos ecosistemas (Nair, 2007; Ceballos & Pineda-Lopez, 2008), lo que deja clara su ventaja sobre los monocultivos, donde se reducen servicios ecosistémicos (Beer et al., 2003), valores paisajísticos y estéticos, y afectan claramente el equilibrio y las relaciones entre los individuos debido a la constante intervención humana (Gallego, 2005; Miranda et al., 2011; Guillen et al., 2006).

La mayor diversidad de insectos encontrada en el Bosque secundario se relaciona con alta diversidad de especies vegetales (Pereyra et al., 2015), principalmente arbóreas, que funcionan como hábitat para estos individuos (Guillen et al., 2006; Miranda., et al 2012), ya que al haber mayor actividad antropogénica esta se pierde y con ello varias especies (Rivera & Ambretch, 2005).

Los sistemas agroforestales pueden llegar a ser un método o herramienta para la conservación (Palomeque, 2009) pero los bosques

ofrecen mayor cantidad y calidad de alimento y refugio, gracias a su composición florística y alta presencia de materia orgánica (Guillen et al., 2006) lo que permite una mayor diversidad de especies como se observó en los resultados obtenidos, caso contrario sucedió con el trabajo de Rivera & Ambretch (2005) que encontraron mayor diversidad de hormigas en un sistema agroforestal que en un bosque. La diversidad de trampas utilizadas en la presente investigación jugó un rol importante, ya que permitió evaluar diversos ambientes dentro de este complejo ecosistema (Rivera & Ambretch, 2005). Además hay casos en que la diversidad de insectos, dentro del sistema agroforestal, puede verse favorecida por actividades antropogénicas (Pereyra et al., 2015).

Los insectos descomponedores se encuentran en gran parte de los ecosistemas terrestres, y ayudan a mantener el equilibrio en el suelo (Galante & Marcos-García, 1997); debido a que aseguran el reciclaje de nutrientes que se encuentran en los tejidos de plantas y animales (Putman, 1983) fragmentando y mineralizando de estas forma elementos como el fósforo y nitrógeno los cuales son usados por la vegetación (Galante & Marcos-García, 1997; Fragoso et al., 2001).

La cantidad de insectos fitófagos va a estar determinada por el área de distribución de las plantas hospederas (Perez-Contreras, 1999) lo que se refleja en la mayor abundancia de estos insectos en el bosque secundario que en el sistema agroforestal y el monocultivo, mientras que el sistema agroforestal tiene más que el monocultivo. Los controladores parasitoides, depredadores, etc, son el grupo más importante para el control de los insectos plagas/fitófagos (Domínguez et al., 2005), varios de los individuos del grupo, entre ellos los arácnidos (se trabajó uniendo este grupo con los insectos controladores), se ven favorecidos por una mayor heterogeneidad de la vegetación (Jorge et al., 2013) lo que se observa en el bajo número de estos en el monocultivo.

La presencia de *Coffea arabica* afecta de manera negativa a los polinizadores (Bravo et al., 2011) además, algunas especies de polinizadores (ciertas especies de abejas) tienen predisposición a hábitats con mayor cobertura vegetal ya que cuentan con mayor alimento y lugares para sus nidos (Florez et al, 2002) lo que se ve reflejado en el mayor número de polinizadores en el sistema agroforestal y bosque secundario con respecto al monocultivo. Por otro lado Jaramillo (2012) tuvo resultados diferentes al encontrar mayor

cantidad y diversidad de abejas polinizadoras en cafetales bajo sol, aunque esto puede deberse a que en su trabajo se utilizó un cafetal cercano a un bosque natural y no específicamente el bosque. Además, varias especies de polinizadores necesitan ambientes semiacuáticos o acuáticos para que sus larvas proliferen (Bravo et al., 2011).

Los mayores niveles de carbón orgánico registrados en el bosque secundario en relación al monocultivo y sistema agroforestal, se deben a la alta velocidad de descomposición en estos ambientes (Ramos, 2003; Ibrahim et al., 2007), al aporte continuo de necromasa (Mena, 2008) y a los microclimas generados por la vegetación favoreciendo así los procesos de descomposición (Carvajal et al., 2009). Además, el tipo de vegetación determina los valores finales del carbono orgánico (Segura-Castruita et al., 2005).

El elevado valor de carbono orgánico en el monocultivo, respecto al sistema agroforestal, puede encontrar explicación en el manejo que estos reciben (podas, prácticas de conservación de suelos, etc) lo que permite una mayor acumulación de carbono y una mayor caída de hojarasca (Carvajal et al., 2009; Alvarado et al., 2013). Jadan *et al.* (2012) encontró valores más altos en sistemas agroforestales, aunque mencionan que en promedio son similares al monocultivo explicando

que estos se debe a que ambos sitios de muestreo se encuentran en la misma zona de vida. Según Suárez (2002) los valores del carbono orgánico del suelo obtenidos no se debe al sistema cafetero utilizado sino más bien al uso que recibió el suelo anteriormente permitiendo así mayor cantidad de materia orgánico y por ende de carbono, lo que explica la mayor cantidad encontrada teniendo en cuenta que el monocultivo anteriormente fue parte del bosque. Finalmente Avila et al. (2001) encontraron mayor cantidad de carbono orgánico en sistemas agroforestales respecto a monocultivos, a diferencia del presente trabajo, explicando que esto puede deberse a diferentes condiciones del sitio como el clima, el manejo, el suelo en sí, etc.

Los resultados obtenidos indican que no hay relación entre el carbono en el suelo con las altura de árboles y arbustos, en los tres ecosistemas estudiados, a diferencia de lo encontrado por Li et al. (2010) en los bosques de montaña de Japón donde se usó un grado de confianza de 0.01 y debido a que teóricamente está relacionado con la productividad de los cultivos (Bajaña, 2016). A su vez hay varios estudios en que el carbono orgánico del suelo no solo varía de acuerdo a la vegetación sino también a otras características del lugar (clima, propiedades del suelo, topográfica, etc, Zhong & Qigou., 2000; Yimer et al., 2006).

Una mayor cantidad de carbono en el suelo de un hábitat suele significar un mayor número de individuos de diversas especies (Sheil et al., 2016). En el sistema agroforestal esto significaría una mayor abundancia de insectos, lo que se traduce como mayor cantidad de alimento para los controladores biológicos. En el bosque secundario la relación con los insectos vectores de enfermedades es negativa lo que es acorde con Vittor et al. (2009) ya que menciona que estos buscan ambientes deforestados para poder reproducirse, a la vez Martínez et al. (2008) indican que mayores valores de carbono orgánico en el suelo favorece el crecimiento de la vegetación ocasionando de esta forma un ambiente no apto para la reproducción de estos insectos. Los insectos polinizadores del sistema de monocultivo se ven desfavorecidos por los cultivos de *Coffea arabica* (Bravo et al., 2011), a su vez Solis (2014) indica de por sí los monocultivos no favorecen la diversidad de insectos polinizadores a causa de la falta de cobertura vegetal.

VII. CONCLUSIONES

- Existe una correlación directa entre los insectos controladores con el carbono orgánico del suelo a diferentes profundidades.
- Existe una correlación indirecta entre los insectos polinizadores y vectores con el carbono orgánico del suelo a diferentes profundidades.
- La familia más abundante que se encontró en la finca Santa Rosa fue la formicidae perteneciente al orden de los hymenopteras.
- El bosque secundario fue en el cual se halló la mayor diversidad de insectos dentro de la finca Santa Rosa, con 257 morfo especies.
- La morfo especie más abundante que se encontró en las zonas agroforestales fue la phoridae-1 perteneciente al orden díptera.
- Las morfo especies más abundantes que se encontraron en las zonas del bosque secundario y monocultivos fueron la formicidae-14 y formicidae-22 pertenecientes al orden hymenoptera.
- Los insectos descomponedores fueron los más abundantes en el sistema agroforestal y el monocultivo seguido de los controladores, fitófagos, polinizadores y finalmente vectores

mientras que en el bosque secundario el orden de abundancia fue descomponedores, fitófagos, controladores, polinizadores y finalmente vectores.

- La mayor cantidad de carbono orgánico en el suelo fue hallado en el bosque secundario, seguido del monocultivo y finalmente por el sistema agroforestal.
- Relación alguna entre el carbono orgánico del suelo y la altura de los árboles y arbustos de los diferentes sistemas es inexistente.

VIII. RECOMENDACIONES

Yo recomendaría para poder tener un estudio más completo realizar las mismas actividades (colecta de insectos y suelo) pero en diferentes épocas del año, de esta forma se puede conocer la relación de los insectos y el carbono en el suelo con los diferentes estadios del café; así como también abordar un bosque primario para realizar las comparaciones posteriores y finalmente realizar entrevistas a los trabajadores de la finca para tener una visión completa acerca de los insectos que se pueden encontrar en los cafetales.

Además se puede llegar a correlacionar el carbono orgánico del suelo con diferentes características del entorno además de la fauna entomológica, para así tener una mayor comprensión de su comportamiento de acuerdo a diferentes características del lugar.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar-Arias, H. (2011). Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la Península de Osa, Costa Rica

Altesor, A (2014). Servicios ecosistémicos provistos por los pastizales. *Servicios ecosistémicos*, 11.

Alvarado, J., Andrade, H. J., & Segura, M. (2013). Almacenamiento de carbono orgánico en suelos en sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en el municipio del Líbano, Tolima, Colombia. *Colombia forestal*, 16(1), 21-31.

Ango, T. G., Börjeson, L., Senbeta, F., & Hylander, K. (2014). Balancing Ecosystem Services and Disservices: Smallholder Farmers' Use and Management of Forest and Trees in an Agricultural Landscape in Southwestern Ethiopia. *Ecology and Society*, 19(1), 30.

Antonelli, A. L. (2001). *La entomología básica para jardineros*. [Corvallis, Or.]: Oregon State University, Extension Service.

Assessment, M. E. (2005). *Ecosystems and human well-being: scenarios: findings of the Scenarios Working Group* (Vol. 2). Island Press..

Ávila, G., Jiménez, F., Beer, J., Gómez, M., & Ibrahim, M. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*, 8(30), 32-35.

Bajaña Quintana, S. (2016). *Estructura vegetal del bosque y su contribución a la captación de carbono en la reserva Pedro Franco Davila Jauneche–Ecuador. Año 2015. Propuesta de oferta de carbono* (Master's thesis, Quevedo: UTEQ).

Balmford, A., Bruner, A., Cooper, P., Costanza, R., Farber, S., Green, R. E., & Turner, R.K. (2002). Economic reasons for conserving wild nature. *science*, 297(5583), 950-953.

Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas*, 21, 1.

Beatriz, R. V., Zaragoza-Caballero, S., & Rodríguez, J. M. (2009). Diversidad de Encyrtidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) y otras familias de Hymenoptera obtenidas con trampas Malaise en el bosque tropical

caducifolio de la región de Huatulco, Oaxaca, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 80(3), 709-719.

Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J. M., Somarriba, E., & Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas*, 10(37-38), 80-87.

Benayas, J. M. R., & Bullock, J. M. (2012). Restoration of biodiversity and ecosystem services on agricultural land. *Ecosystems*, 15(6), 883-899.

Bennett, E. M., Peterson, G. D., & Gordon, L. J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology letters*, 12(12), 1394-1404.

Braat, L. C., & De Groot, R. (2012). The ecosystem services agenda: bridging the worlds of natural science and economics, conservation and development, and public and private policy. *Ecosystem Services*, 1(1), 4-15.

Brauman, K. A., Daily, G. C., Duarte, T. K. E., & Mooney, H. A. (2007). The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 32, 67-98.

Bravo, J. C., Somarriba, E., & Arteaga, G. (2011). Factores que afectan la abundancia de insectos polinizadores del cacao en sistemas agroforestales. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(1), 119-131.

Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2005). *Invertebrados* (No. Sirsi) i9788448602468). McGraw-Hill.

Bolund, P., & Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. *Ecological economics*, 29(2), 293-301.

Caballero, J. D., & de Manejo Forestal, A. D. D. (1980). Tendencias de la deforestación con fines agropecuarios en la Amazonía Peruana. *Revista Forestal del Peru*, 10(1-2), 1-8.

Caballero, N. (2014). Revisión del marco conceptual sobre Servicios Ecosistémicos. *Servicios Ecosistémicos*, 3.

Cáceres, D., Conti, G., Díaz, S., Quétier, F., & Tapella, E. (2007). Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. *Gaceta ecológica*, (84), 17-26.

Camacho-Valdez, V., & Ruiz-Luna, A. (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Revista Bio Ciencias*, 1(4).

Campbell, J. W., & Hanula, J. L. (2007). Efficiency of Malaise traps and colored pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. *Journal of Insect Conservation*, 11(4), 399-408.

Carretero, E. M. (1992). Recursos naturales, biodiversidad, conservación y uso sustentable. *Multequina*, 1, 11-18.

Carvajal, A. F., Feijoo, A., Quintero, H., & Rondón, M. A. (2009). Carbono orgánico del suelo en diferentes usos del terreno de paisajes andinos colombianos. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 9(3), 222-235.

Castañeda, H. J. A., Alvarado, J., & Segura, M. (2013). Almacenamiento de carbono orgánico en suelos en sistemas de producción de café (*Coffea arabica* L.) en el municipio del Líbano, Tolima, Colombia. *Colombia Forestal*, 16(1), 21-31.

Ceballos, G. O., & del Rosario Pineda-López (2008), M. AS FINCAS DE CAFÉ: SITIOS DE CONSERVACIÓN IN SITU DE BIODIVERSIDAD. *COLOGÍA, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS DE MONTAÑA EN MÉXICO*, 231.

Chan, K. M., Satterfield, T., & Goldstein, J. (2012). Rethinking ecosystem services to better address and navigate cultural values. *Ecological Economics*, 74, 8-18.

Chave, J., & Sabatier, U. P. (2005). Measuring tree height for tropical forest trees. PAN-AMAZONIA Field Manual.

Chopra, K., & Kumar, P. (2005). Ecosystems and Human Well-Being: Our Human Planet: Summary for Decision Makers. Millennium Ecosystem Assessment.

Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., ... & Raskin, R. G. (1998). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological economics*, 1(25), 3-15.

Cuello, J. A. G. (2014). LA IMPORTANCIA DE LA ENTOMOFAUNA EN LOS ECOSITEMAS DE PARAMO. *Revista de Semilleros de Investigación*, 1(1).

Cunalata, C., Inga, C., Álvarez, G., Recalde, C., & Echeverría, M. (2013). Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y la biomasa de los páramos de las comunidades de chimborazo y shobol Ilinllin en Ecuador.

Daily, G., & Dasgupta, S. (2001). Ecosystem services, concept of. *Encyclopedia of Biodiversity*, 2, 353-362.

de Groot, R. S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., & Willemen, L. (2010). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity*, 7, 260-272.

de los Santos Gómez, A., del Olmo, C. M., & Díaz, L. R. (1982). Un nuevo diseño de trampa de caída para el estudio de poblaciones de coleópteros terrestres de superficie. *Mediterránea: serie de estudios biológicos*, (6), 93-99.

De la Cruz Lozano, J. Entomología: morfología y fisiología de los insectos. (2006)

de Souza, M. S., SALMAN, A., dos Anjos, M. R., Sausen, D., Pedersoli, M. A., & Pedersoli, N. R. N. B. (2018) Serviços ecológicos de insetos e outros artrópodes em sistemas agrofloretais. *Embrapa Rondônia-Artigo em periódico indexado (ALICE)*.

Domínguez, P. C., Arocas, P. V., Tortosa, D., Miret, J. A. J., Calvo, J., Ripollés, J. L., & Abad, R. (2005). Importancia de los artrópodos

depredadores de insectos y ácaros en España. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 31(2), 209-224.

Dunn, R. R. (2010). Global mapping of ecosystem disservices: the unspoken reality that nature sometimes kills us. *Biotropica*, 42(5), 555-557.

Evelyn Howell John Harrington, Stephen B Glass (2011). Introduction to Restoration Ecology.

Florez, J. A., Muschler, R., Harvey, C., Finegan, B., & Roubik, D. W. (2002). Biodiversidad funcional en cafetales: El rol de la diversidad vegetal en la conservación de abejas. *Agroforestería en las Américas*, 9, 35-36.

Fragoso, C., Castillo, P. R., & Rojas, P. (2001). La importancia de la biota edáfica en México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, (Es1), 1-10.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *science*, 309(5734), 570-574.

Galante, E., & Marcos-García, M. A. (1997). Detritívoros Coprófagos y Necrófagos. *Los Artrópodos y el Hombre. Sociedad Aragonesa de Entomología. Zaragoza.*

Gallego Roper, M. C. (2005). Intensidad de manejo del agroecosistema de café (*Coffea Arabica* L.)(Monocultivo y Policultivo) y riqueza de especies de hormigas generalistas.

Griffing, S. M., Gamboa, D., & Udhayakumar, V. (2013). The history of 20 th century malaria control in Peru. *Malaria journal*, 12(1), 303.

Guillén, C., Soto-Adames, F., & Springer, M. (2006). Diversidad y abundancia de colémbolos edáficos en un bosque primario, un bosque secundario y un cafetal en Costa Rica. *Agronomía costarricense: Revista de ciencias agrícolas*, 30(2), 7-17.

Guiracocha, G., Harvey, C. A., Somarriba Chávez, E., Krauss, U., & Carrillo, E. (2001). Conservación de la biodiversidad en sistemas agroforestales con cacao y banano en Talamanca, Costa Rica.

Gutiérrez Díaz, M. (2004). Comparación de ambientes bosque mesófilo, bosque perturbado y cafetales mediante los indicadores de artrópodos y hongo formador de tapete de micelio.

Guzmán-Mendoza, R., Calzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, M. D., & Martínez-Yáñez, R. (2016). La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta zoológica mexicana*, 32(3), 370-379.

Griffing, S. M., Gamboa, D., & Udhayakumar, V. (2013). The history of 20 th century malaria control in Peru. *Malaria journal*, 12(1), 303.

Gutiérrez Díaz, M. (2004). Comparación de ambientes bosque mesófilo, bosque perturbado y cafetales mediante los indicadores de artrópodos y hongo formador de tapete de micelio.

Harvey, C. A., Komar, O., Chazdon, R., Ferguson, B. G., Finegan, B., Griffith, D. M., ... & Wishnie, M. (2008). Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. *Conservation biology*, 22(1), 8-15.

Heal, G. (2000). Valuing ecosystem services. *Ecosystems*, 3(1), 24-30.

Heuvelop, J., & Lagemann, J. (1984). *Agroforestería* (No. 14). Bib. Orton IICA/CATIE.

Holdrige, R. (1978). *Ecología basada en zonas de vida* (traducción al inglés por Jiménez, SH).

Ibrahim, M., Chacón, M., Cuartas, C., Naranjo, J., Ponce, G., Vega, P., ... & Rojas, J. (2013). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua.

INEI (2014) Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2013

Jadán, O., Torres, B., & Günter, S. (2015). Influencia del uso de la tierra sobre almacenamiento de carbono en sistemas productivos y bosque primario en Napo, Reserva de Biosfera Sumaco, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 1(3), 173-184.

Jaramillo Delgado, A. (2012). *Efecto de las abejas silvestres en la polinización del café (coffea arabica: rubiaceae) en tres sistemas de producción en el departamento de Antioquia/effect of wild bees on the pollination of coffee (coffea arabica: rubiaceae) in three production systems in the province of Antioquia* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín).

Jorge, C., Laborda, Á., & Simó, M. (2013). Las arañas en plantaciones de Pinus taeda: su potencial uso como bioindicadores y controladores biológicos. *Editores: Gustavo Balmelli*.

Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry systems*, 76(1), 1-10.

Kar, N. P., Kumar, A., Singh, O. P., Carlton, J. M., & Nanda, N. (2014). A review of malaria transmission dynamics in forest ecosystems. *Parasites & vectors*, 7(1), 265.

King, K. F. S. (1987). The history of agroforestry. *Agroforestry*, 1.

Kusumandari, A., & Mitchell, B. (1997). Soil erosion and sediment yield in forest and agroforestry areas in West Java, Indonesia. *Journal of Soil and Water Conservation*, 52(5), 376-380.

Ladd, B., Peri, P. L., Pepper, D. A., Silva, L. C., Sheil, D., Bonser, S. P., ... & Bird, M. (2014). Carbon isotopic signatures of soil organic matter correlate with leaf area index across woody biomes. *Journal of Ecology*, 102(6), 1606-1611.

Li, P., Wang, Q., Endo, T., Zhao, X., & Kakubari, Y. (2010). Soil organic carbon stock is closely related to aboveground vegetation properties in cold-temperate mountainous forests.

Libélula (2011) Diagnóstico de la Agricultura en el Perú. Informe final.

- Lin, B. B. (2007). Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 144(1-2), 85-94.
- Lopez, A., Schlönvoigt, A., Ibrahim, M., Kleinn, C., & Kanninen, M. (1999). Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería de las Américas*, 6(23), 51-54.
- López, A. J. (2005). Manual de edafología. *Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química. Agrícola de la Universidad de Sevilla*.
- López, B. J. M. G., Sevilla, B. W. E. W., & Rivas, B. G. (2007). Universidad Nacional Agraria.
- Losey, J. E., & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience*, 56(4), 311-323.
- Lozano, Z., & Fabio, H. (1996). Pasálidos: distribución y efecto de la deforestación en el transecto altitudinal Tumaco-Chiles (Nariño).
- Luna, J. M. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37, 385-408.

Lyytimäki, J., Petersen, L. K., Normander, B., & Bezák, P. (2008). Nature as a nuisance? Ecosystem services and disservices to urban lifestyle. *Environmental sciences*, 5(3), 161-172.

Lyytimäki, J., & Sipilä, M. (2009). Hopping on one leg—The challenge of ecosystem disservices for urban green management. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(4), 309-315.

Martino, D. (2007). Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas. *Revista del sur*, 169, 3-22.

Matienzo Brito, Y., Veitía Rubio, M. M., & Alayón García, G. (2011). Composición y riqueza de insectos y arañas asociados a plantas florecidas en sistemas agrícolas urbanos. *Fitosanidad*, 15(1), 25-30.

Mattoni, R., Longcore, T., & Novotny, V. (2000). Arthropod monitoring for fine-scale habitat analysis: a case study of the El Segundo sand dunes. *Environmental management*, 25(4), 445-452.

Mena Mosquera, V. E. (2008). Relación entre el carbono almacenado en la biomasa total y la composición fisionómica de la vegetación en los sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica.

Mena, V. E., Andrade, H. J., & Navarro, C. M. (2011). Biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios e un gradiente altitudinales en Costa Rica.

Mendoza, R. G. El enigma de la biodiversidad y los bichos en el jardín. (2010)

Miguel B. Nájera, Brígida Souza (2010) Insectos Benéficos Guía para su Identificación

MINAM (2009) Mapa de la deforestación de la Amazonia Peruana 2000. Pags 40, 80, 81

MINAM (2012) Agenda Nacional de Acción Ambiental Perú 2013-2014
Agenda Nacional de Acción Ambiental Propuesta Diciembre 2012.
Pags 13

Miranda, G. D., Burbano, A., & Parra, A. S. (2011). Evaluación de la macrofauna del suelo asociada a diferentes sistemas con café *Coffea arabica* L. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 28(1), 91-106.

Municipalidad Provincial de Oxapampa (2010) Plan de desarrollo concertado de la provincia de Oxapampa 2009-2021.

Munir, A. (2014). Entomology: Understanding the importance of insects. *Al-Nasser University Journal*, 1(1).

Moreno, C. E., & Moreno, C. E. (2001). *Manual de métodos para medir la biodiversidad* (No. Sirsi) i9789688345436). Universidad Veracruzana.

Nair, P. K. (2007). The coming of age of agroforestry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87(9), 1613-1619.

Navia, J., Ibarra, T. B., Benavides, P., & Moran, K. (2002). Reconocimiento y evaluación de la fluctuación de insectos en un arreglo agroforestal con café en el municipio de la florida, nariño. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 19(1), 64-77.

Naranjo, L. G., & de Ulloa, P. C. (1997). Diversidad de insectos y aves insectívoras de sotobosque en hábitats perturbados de selva lluviosa tropical. *Caldasia*, 507-520.

Nicholls, C. I. (2008). *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Universidad de Antioquia.

Norgaard, R. B. (2010). Ecosystem services: From eye-opening metaphor to complexity blinder. *Ecological Economics*, 69, 1219-1227.

Paleologos, M. F., Pereyra, P., Cicchino, A., & Sarandon, S. J. (2015). El rol de los ambientes semi-naturales en la abundancia y diversidad de coleópteros edáficos en los viñedos de la Costa de Berisso, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 114.

Palomino, C. (2016). EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN VILLA RICA (PERÚ) EVALUATION OF THE GENETIC DIVERSITY OF THE COFFEE (*Coffea arabica* L.) IN VILLA RICA (PERU). *Ecología Aplicada*, 13(2).

Pérez-Contreras, T. (1999). LA ESPECIALIZACIÓN EN LOS INSECTOS FITÓFAGOS: UNA REGLA MÁS QUE UNA EXCEPCIÓN.

Putman, R. J. (1983). *Carrion and dung: the decomposition of animal wastes*. Edward Arnold.

Quiroz Medina, C. R. (2015). *Evaluación de la macrofauna como indicador biológico del suelo en tres sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café Coffea Arabica en la comunidad de Yasica Sur, municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, en las dos épocas del año verano e invierno, período 2015* (Doctoral dissertation).

Ramos Veintimilla, R. A. (2003). *Fraccionamiento del carbono orgánico del suelo en tres tipos de uso de la tierra en fincas ganaderas de San*

Miguel de Barranca, Puntarenas-Costa Rica Fractioning of soil organic carbon in three types of land uses on cattle farms in San Miguel de Barranca, Puntarenas-Costa Rica (No. Thesis R175f). CATIE, Turrialba (Costa Rica).

Ranganathan, J., Daniels, R. R., Chandran, M. S., Ehrlich, P. R., & Daily, G. C. (2008). Sustaining biodiversity in ancient tropical countryside. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(46), 17852-17854.

Reyes Hernández, H., Aguilar Robledo, M., Aguirre Rivera, J. R., & Trejo Vázquez, I. (2006). Cambios en la cubierta vegetal y uso del suelo en el área del proyecto Pujal-Coy, San Luis Potosí, México, 1973-2000. *Investigaciones geográficas*, (59), 26-42.

Reyes-Puig, C., & Ríos-Alvear, G. (2015). Diversidad en formícidos y plantas vasculares en el Parque Nacional Yasuní, Ecuador. *Serie Zoológica*, 10(11), 27-43.

Ricketts, T. H., Daily, G. C., Ehrlich, P. R., & Michener, C. D. (2004). Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(34), 12579-12582.

Rincón Ruíz, A., Echeverry Duque, M. A., Piñeros Quiceno, A. M., Tapia Caicedo, C., David Drews, A., Arias Arévalo, P., & Zuluaga Guerra, P. A. (2017) Valoración integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Aspectos conceptuales y metodológicos.

Rivera, L. E. O. N. A. R. D. O., & Armbrrecht, I. N. G. E. (2005). Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología*, 31(1), 89-96.

Roberts, D. R., Hoch, A. L., Peterson, N. E., & Pinheiro, F. D. P. (1981). Programa multidisciplinario de vigilancia de las enfermedades infecciosas en zonas colindantes con la Carretera Transamazónica en Brasil. IV. Estudio entomológico.

Roper, G., & Armbrrecht, I. (2005). Depredación por hormigas sobre la broca del café *Hypothenemus hampei* (Curculionidae: Scolytinae) en cafetales cultivados bajo dos niveles de sombra en Colombia.

Ros-Farré, P., & Pujade-Villar, J. (1998). Estudio mediante una trampa Malaise de la comunidad de cinípidos cecidógenos e inquilinos de Santa Coloma, Andorra (Hymenoptera, Cynipidae). *Ecología*, (12), 441-454.

Rudas, G., Marcelo, D., Armenteras, D., Rodríguez, N., Morales, M., Delgado, L. C., & Sarmiento, A. (2007). Biodiversidad y actividad humana: relaciones en ecosistemas de bosque subandino en Colombia. *Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.*

Ruiz-Jaén, M. C., & Aide, T. M. (2005). Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success. *Forest Ecology and Management, 218*(1-3), 159-173.

Salgado-Mora, M. G., Ibarra-Núñez, G., Macías-Sámano, J. E., & López-Báez, O. (2007). Diversidad arbórea en cacaotales del Soconusco, Chiapas, México. *Interciencia, 11*(32).

Saunders, M. E., & Luck, G. W. (2013). Pan trap catches of pollinator insects vary with habitat. *Australian Journal of Entomology, 52*(2), 106-113.

Segura-Castruita, M. A., Sánchez-Guzmán, P., Ortiz-Solorio, C. A., & del Carmen Gutiérrez-Castorena, M. (2005). Carbono orgánico de los suelos de México. *Terra Latinoamericana, 23*(1), 21-28.

- Sheil, D., Ladd, B., Silva, L. C., Laffan, S. W., & Van Heist, M. (2016). How are soil carbon and tropical biodiversity related?. *Environmental conservation*, 43(3), 231-241.
- Silva, L. C., Sternberg, L., Haridasan, M., Hoffmann, W. A., MIRALLES-WILHELM, F. E. R. N. A. N. D. O., & Franco, A. C. (2008). Expansion of gallery forests into central Brazilian savannas. *Global Change Biology*, 14(9), 2108-2118.
- Stefani, A., Dusfour, I., Corrêa, A. P. S., Cruz, M. C., Dessay, N., Galardo, A. K., ... & Roux, E. (2013). Land cover, land use and malaria in the Amazon: a systematic literature review of studies using remotely sensed data. *Malaria journal*, 12(1), 192.
- Solis Rodriguez, E. (2014). Contribución de una red de conectividad ecológica para el servicio ecosistémico de polinización en cultivos agrícolas, caso de estudio: el café en el corredor biológico volcánica central Talamanca, Costa Rica.
- Sostenible-PDRS, P. D. R. (2010). Compensación por servicios ecosistémicos: información de línea de base del monitoreo de impactos. Las microcuencas Mishiquiyacu, Rumiyacu y Almendra de San Martín, Perú.

Suárez Pascua, D. A. (2002). Cuantificación y valoración económica del servicio ambiental almacenamiento en carbono en sistemas agroforestales de café en la COMarca Yassica Sur, Matagalpa, Nicaragua.

Tellería, J. L. (2013). Pérdida de biodiversidad. Causas y consecuencias de la desaparición de las especies. *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 10, 13-25.

TOLEDO, P. M. Y. V. M. El café en México (1996).

Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole.

Vallauri, D. R., Aronson, J., & Barbero, M. (2002). An analysis of forest restoration 120 years after reforestation on badlands in the Southwestern Alps. *Restoration ecology*, 10(1), 16-26.

Vásquez, E., Ladd, B., & Borchard, N. (2014). Carbon storage in a high-altitude Polylepis woodland in the Peruvian Andes. *Alpine botany*, 124(1), 71-75.

Velázquez, A., Mas, J. F., Díaz Gallegos, J. R., Mayorga Saucedo, R., Alcántara, P. C., Castro, R., ... & Palacio, J. L. (2002). Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta ecológica*, (62).

Vélez-Azañero, A., & Lizárraga-Travaglini, A. (2013). Diversidad de Carabidae (Coleoptera) asociados a la cuenca baja del Río Lurín, Lima, Perú. *Biologist*, 11(1), 97-106.

Vélez-Azañero, A., Lizárraga-Travaglini, A., Alvarado, J., & La Rosa, V. (2017). INSECTOS EPIGEOS DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO LURÍN, LIMA, PERÚ. *The Biologist*, 14(2).

Vittor, A. Y., Pan, W., Gilman, R. H., Tielsch, J., Glass, G., Shields, T., ... & Patz, J. A. (2009). Linking deforestation to malaria in the Amazon: characterization of the breeding habitat of the principal malaria vector, *Anopheles darlingi*. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 81(1), 5-12.

Watson, R. T., Noble, I. R., Bolin, B., Ravindranath, N. H., Verardo, D. J., & Dokken, D. J. (2000). Land use, land-use change and forestry. A special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Cambridge: Cambridge University*.

Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., ... & Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314(5800), 787-790.

Yimer, F., Ledin, S., & Abdelkadir, A. (2006). Soil organic carbon and total nitrogen stocks as affected by topographic aspect and vegetation in the Bale Mountains, Ethiopia. *Geoderma*, 135, 335-344.

Zapata, Claudio. Diversidad y fluctuación poblacional de artrópodos en el cultivo del mango (*Mangifera indica* L.) en La Cruceta, Piura 2014-2015 (2017)

Zhang, W., Ricketts, T. H., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. M. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological economics*, 64(2), 253-260.

Zhong, L., & Qiguo, Z. (2001). Organic carbon content and distribution in soils under different land uses in tropical and subtropical China. *Plant and Soil*, 231(2), 175-185.

Páginas web revisadas

Servicios Ecosistémicos - Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, <http://www.sernanp.gob.pe/servicios-ecosistemicos>, [Consulta: Viernes, 06 de enero del 2017]

¿Qué es un ANP? – Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, <http://www.sernanp.gob.pe/ques-es-un-anp>, [Consulta: Lunes, 31 de Diciembre del 2018]

X. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de Carbono 1



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : LUIS IGNACIO BECERRA YRUJO
 PROCEDENCIA : PASCO/ OXAPAMPA/ VILLA RICA/ FINCA SANTA ROSA
 REFERENCIA : H.R. 56337
 BOLETA : 13654
 FECHA : 02/11/2016

| Lab | Número Muestra | C % |
|------|----------------|--------|
| | Claves | |
| 3773 | Agro 1, 10 cm. | 0.90 |
| 3774 | Agro 2, 10 cm. | 1.07 |
| 3775 | Agro 3, 10 cm. | 1.91 |
| 3776 | Agro 4, 10 cm. | 4.80 |

Edy García Bendezy
 Jefe del Laboratorio

Anexo 2: Análisis de Carbono 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : LUIS IGNACIO BECERRA YRUJO
 PROCEDENCIA : PASCO/ OXAPAMPA/ VILLA RICA/ FINCA SANTA ROSA
 REFERENCIA : H.R. 56380
 BOLETA : 13662
 FECHA : 02/11/2016

| Lab | Número Muestra | C % |
|------|----------------|------|
| | Claves | |
| 3782 | Agro 1, 30 cm. | 0.25 |
| 3783 | Agro 1, 60 cm. | 0.52 |
| 3784 | Agro 2, 30 cm. | 0.89 |
| 3785 | Agro 2, 60 cm. | 0.42 |
| 3786 | Agro 3, 30 cm. | 1.56 |
| 3787 | Agro 3, 60 cm. | 0.70 |
| 3788 | Agro 4, 30 cm. | 0.52 |
| 3789 | Agro 4, 60 cm. | 1.22 |

Sady García Bendezú
Jefe del Laboratorio

Anexo 3: Análisis de Carbono 3



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : LUIS IGNACIO BECERRA

PROCEDENCIA : PASCO/ OXAPAMPA/ VILLA RICA/ FINCA SANTA ROSA

REFERENCIA : H.R. 56690

BOLETA : 13752

FECHA : 25/11/2016

| Lab | Número Muestra | C % |
|------|----------------|--------|
| | Claves | |
| 4141 | Agro 1, 90 cm. | 0.12 |
| 4142 | Agro 2, 90 cm. | 0.27 |
| 4143 | Agro 3, 90 cm. | 0.75 |
| 4144 | Agro 4, 90 cm. | 0.44 |



Sally García Bendezu
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 4: Análisis de Carbono 4



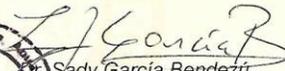
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : LUIS IGNACIO BECERRA YRUJO
 PROCEDENCIA : PASCO/ OXAPAMPA/ VILLA RICA/ FINCA SANTA ROSA
 REFERENCIA : H.R. 56870
 BOLETA : 13800
 FECHA : 09/12/2016

| Lab | Número Muestra | C % |
|------|----------------|------|
| | Claves | |
| 4230 | Mono 1, 10 cm. | 1.00 |
| 4231 | Mono 1, 30 cm. | 2.03 |
| 4232 | Mono 2, 10 cm. | 3.22 |
| 4233 | Mono 2, 30 cm. | 3.73 |
| 4234 | Mono 3, 10 cm. | 3.02 |
| 4235 | Mono 3, 30 cm. | 3.02 |
| 4236 | Mono 4, 10 cm. | 3.04 |
| 4237 | Mono 4, 30 cm. | 3.20 |


 Dr. Sady García Bendejú
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 5: Análisis de Carbono 5



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : LUIS IGNACIO BECERRA YRUJO
 PROCEDENCIA : PASCO/ OXAPAMPA/ VILLA RICA/ FINCA SANTA ROSA
 REFERENCIA : H.R. 57223
 BOLETA : 005
 FECHA : 11/01/2017

| Lab | Número Muestra Claves | C % |
|-----|--------------------------|--------|
| 075 | Bosque 1, 30 cm. | 2.91 |
| 076 | Bosque 2, 30 cm. | 4.05 |
| 077 | Bosque 3, 30 cm. | 6.40 |
| 078 | Bosque 4, 30 cm. | 8.64 |
| 079 | Mono 1, 60 cm. | 0.17 |
| 080 | Mono 2, 60 cm. | 1.55 |
| 081 | Mono 3, 60 cm. | 1.14 |
| 082 | Mono 4, 60 cm. | 1.54 |
| 083 | Bosque 1, 90 cm. | 0.91 |
| 084 | Bosque 2, 90 cm. | 1.10 |
| 085 | Bosque 3, 90 cm. | 0.98 |
| 086 | Bosque 4, 90 cm. | 1.02 |



Sady García Bendeza
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 6: Análisis de Carbono 6



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

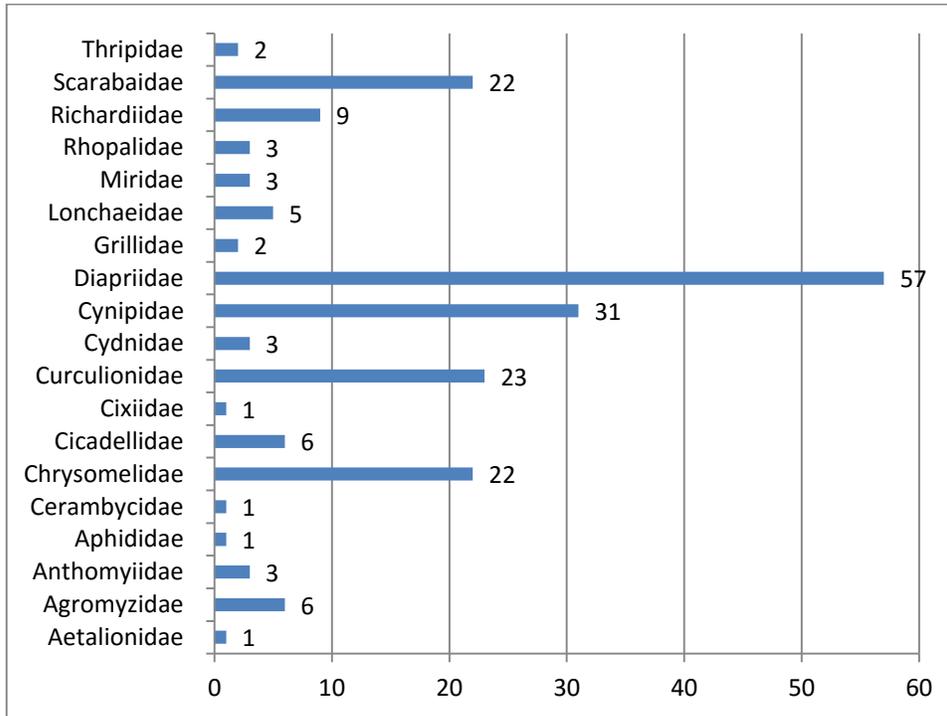
SOLICITANTE : LUIS IGNACIO BECERRA YRUJO
 PROCEDENCIA : PASCO/ OXAPAMPA/ VILLA RICA/ FINCA SANTA ROSA
 REFERENCIA : H.R. 58129
 BOLETA : 197
 FECHA : 12/04/2017

| Lab | Número Muestra | C % |
|------|------------------|------|
| | Claves | |
| 2405 | Bosque 1, 10 cm. | 2.91 |
| 2406 | Bosque 1, 60 cm. | 1.11 |
| 2407 | Bosque 2, 10 cm. | 4.33 |
| 2408 | Bosque 2, 60 cm. | 1.60 |
| 2409 | Bosque 3, 10 cm. | 8.98 |
| 2410 | Bosque 3, 60 cm. | 2.40 |
| 2411 | Bosque 4, 10 cm. | 5.81 |
| 2412 | Bosque 4, 60 cm. | 1.57 |
| 2413 | Mono 1, 90 cm. | 0.10 |
| 2414 | Mono 2, 90 cm. | 0.80 |
| 2415 | Mono 3, 90 cm. | 1.07 |
| 2416 | Mono 4, 90 cm. | 1.52 |

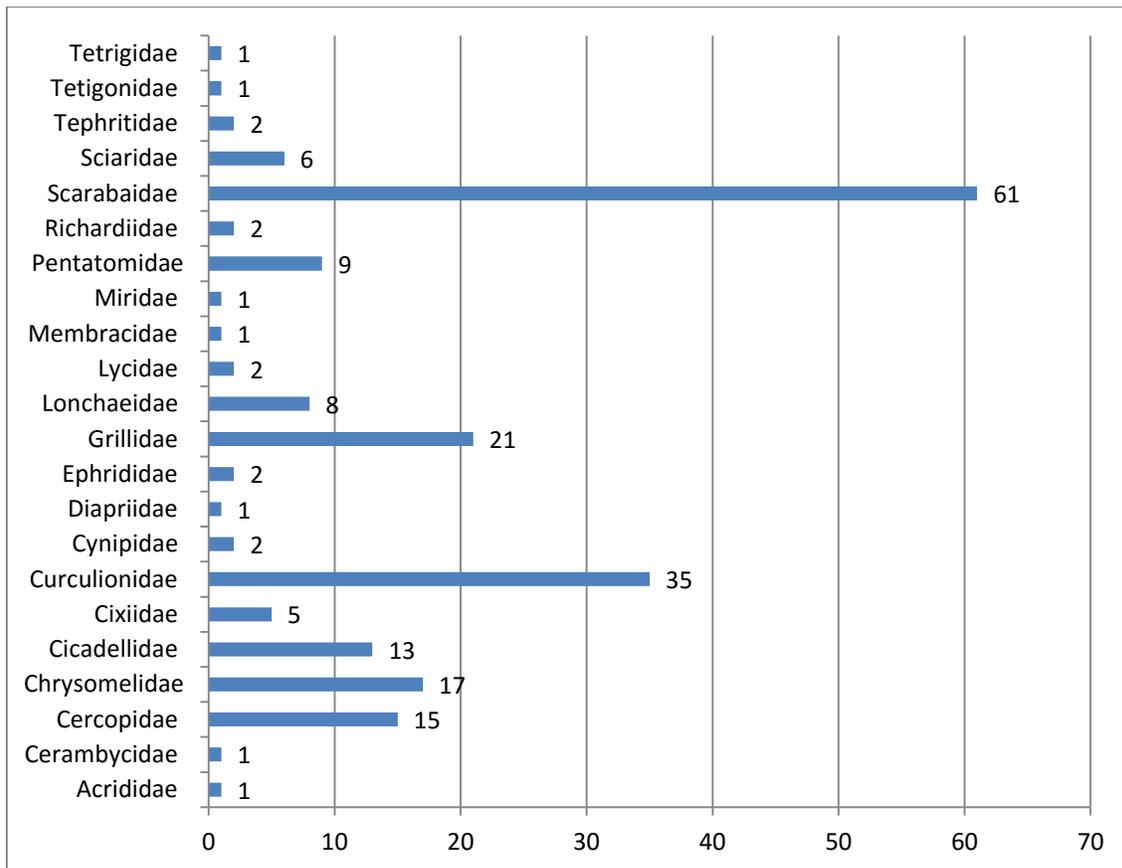
[Handwritten Signature]
 Dr. Yedy García Benítez
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

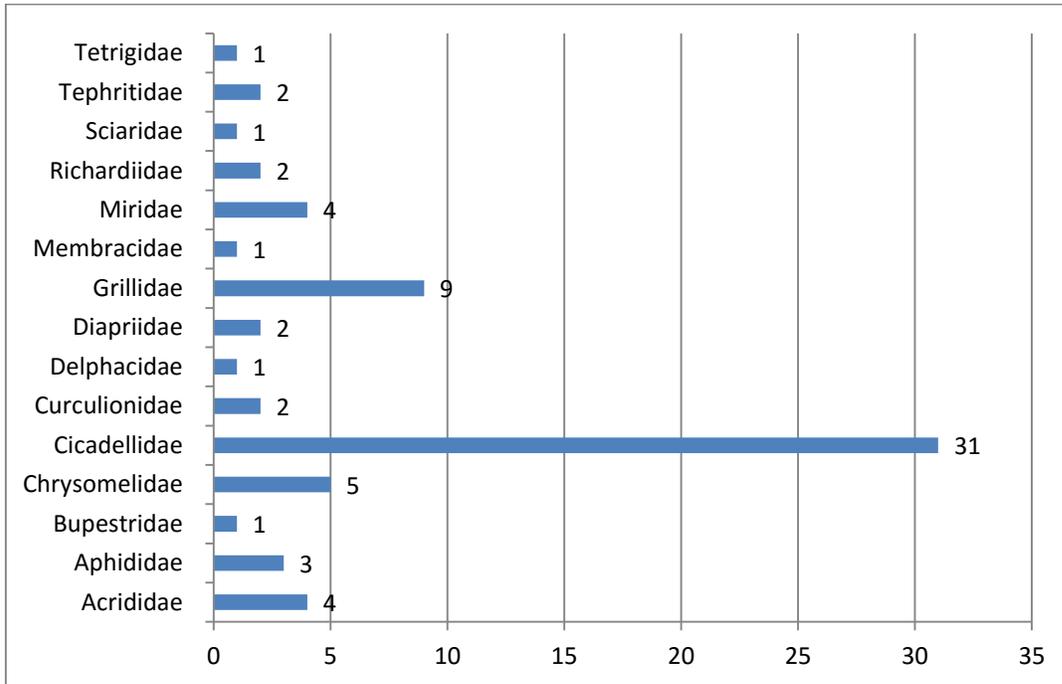
Anexo 7: Cantidad de insectos fitófagos por familia, recolectados en el sistema agroforestal.



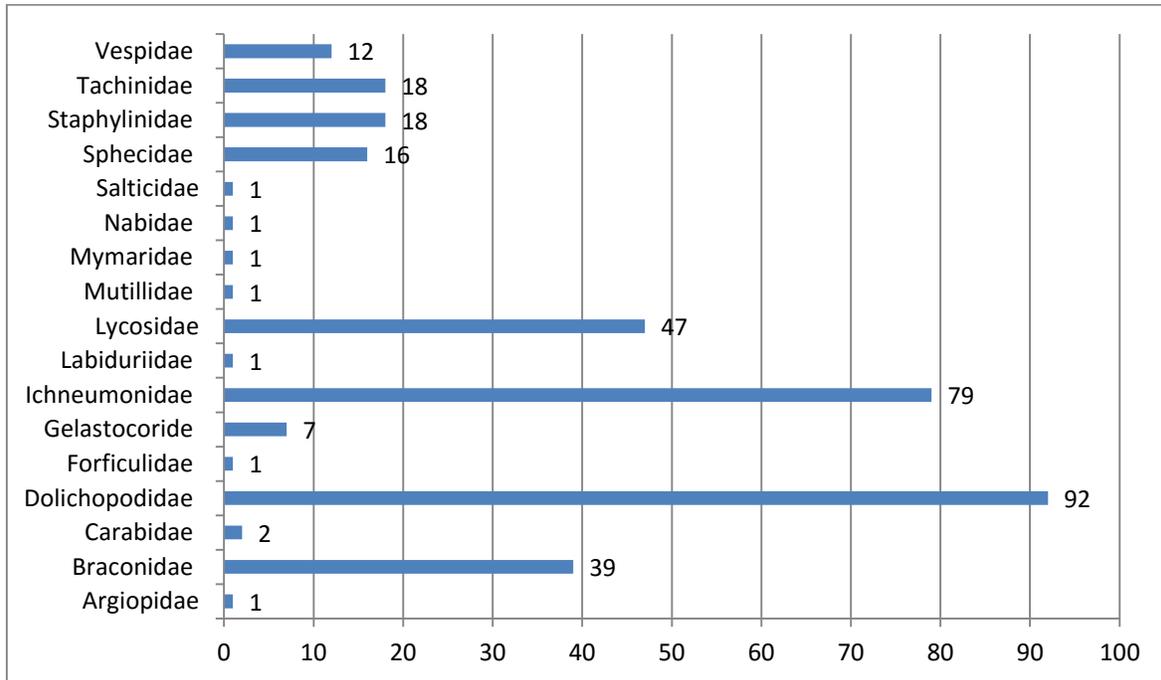
Anexo 8: Cantidad de insectos fitófagos por familia, recolectados en el bosque secundario.



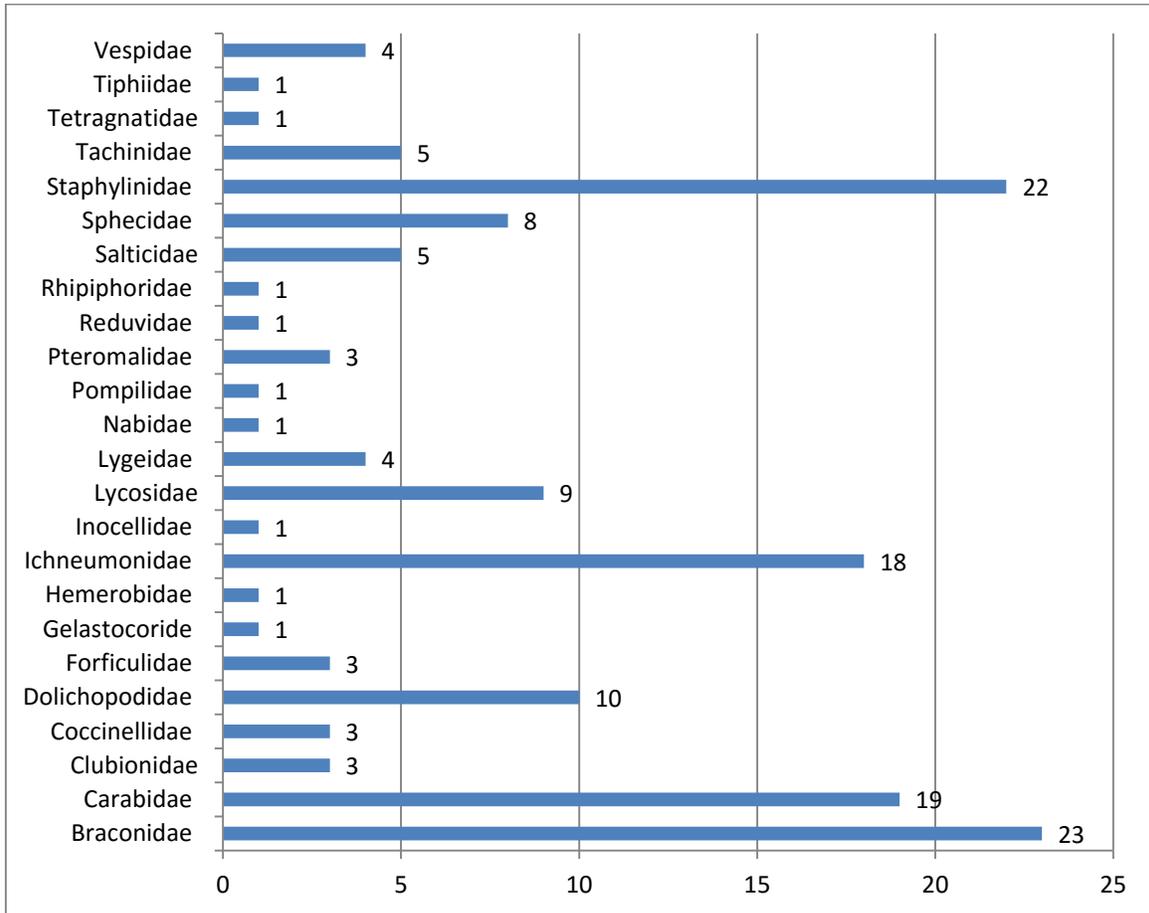
Anexo 9: Cantidad de insectos fitófagos por familia, recolectados en el monocultivo.



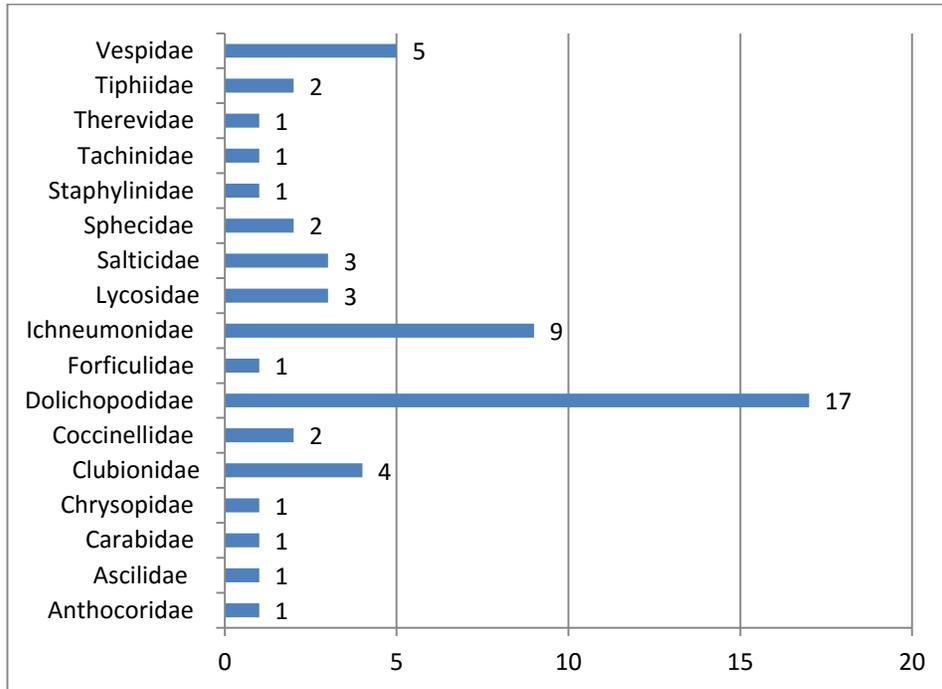
Anexo 10: Cantidad de insectos controladores por familia, recolectados en el sistema agroforestal.



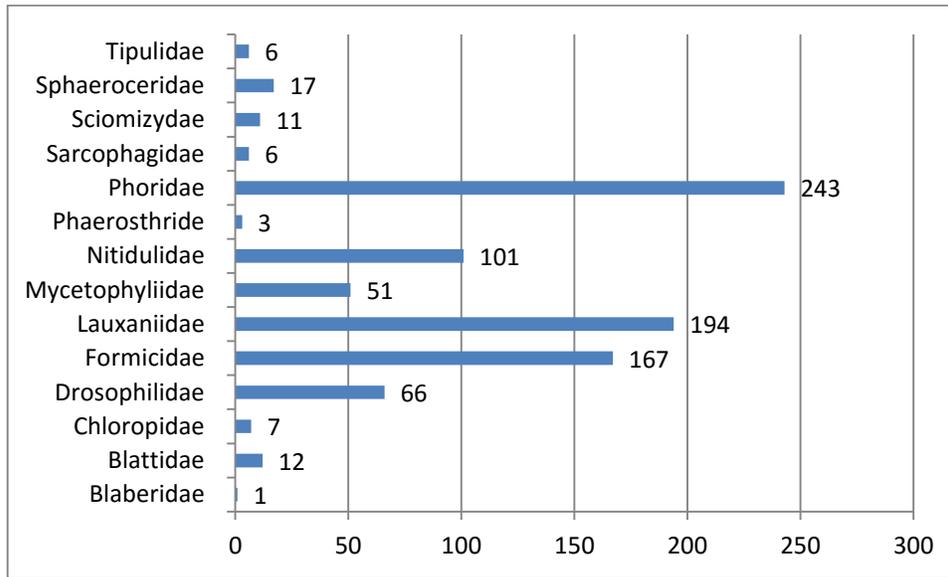
Anexo 11: Cantidad de insectos controladores por familia, recolectados en el bosque secundario.



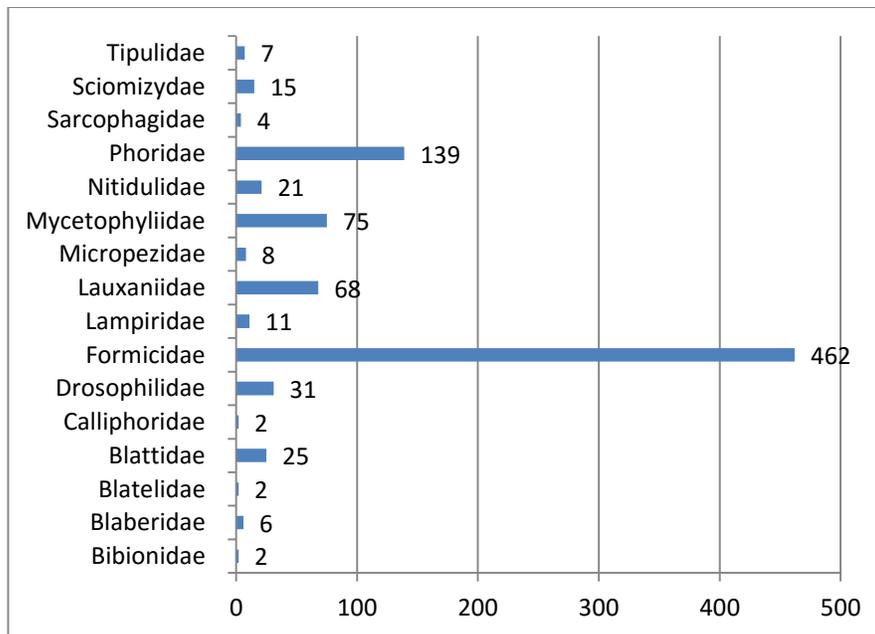
Anexo 12: Cantidad de insectos controladores por familia, recolectados en el monocultivo.



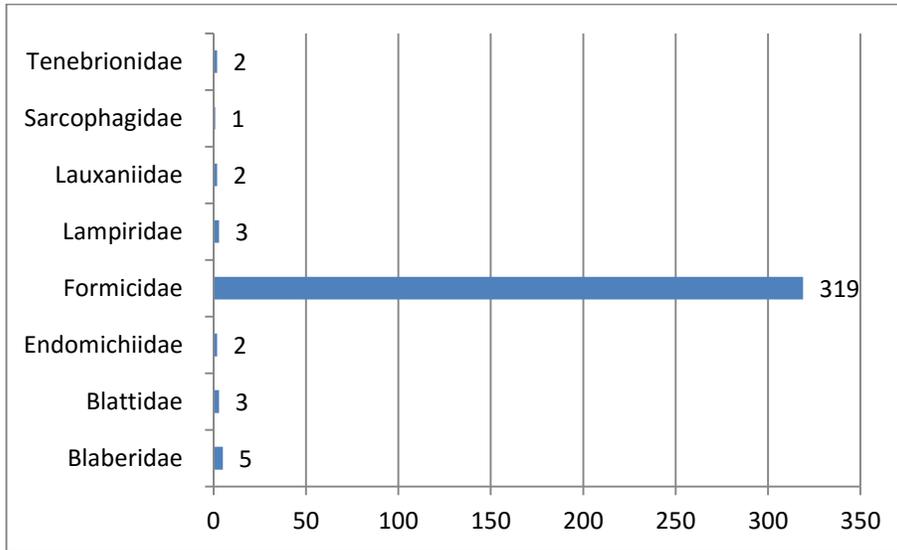
Anexo 13: Cantidad de insectos descomponedores por familia, recolectados en el sistema agroforestal.



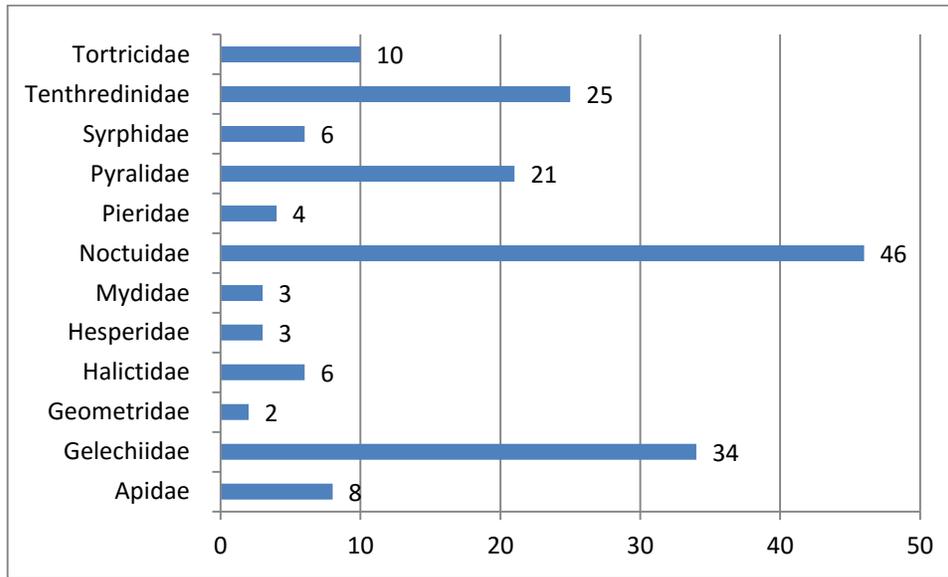
Anexo 14: Cantidad de insectos descomponedores por familia, recolectados en el bosque secundario.



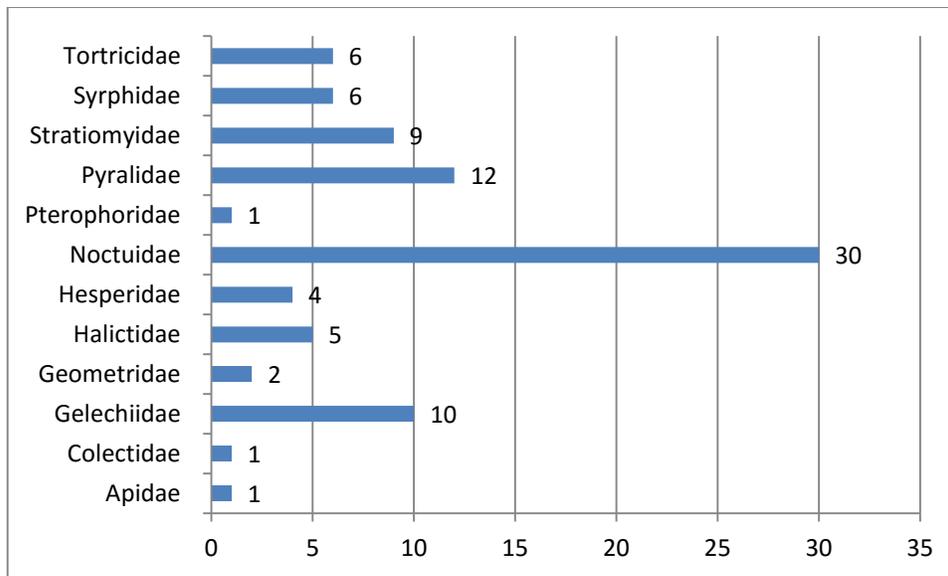
Anexo 15: Cantidad de insectos descomponedores por familia, recolectados en el monocultivo.



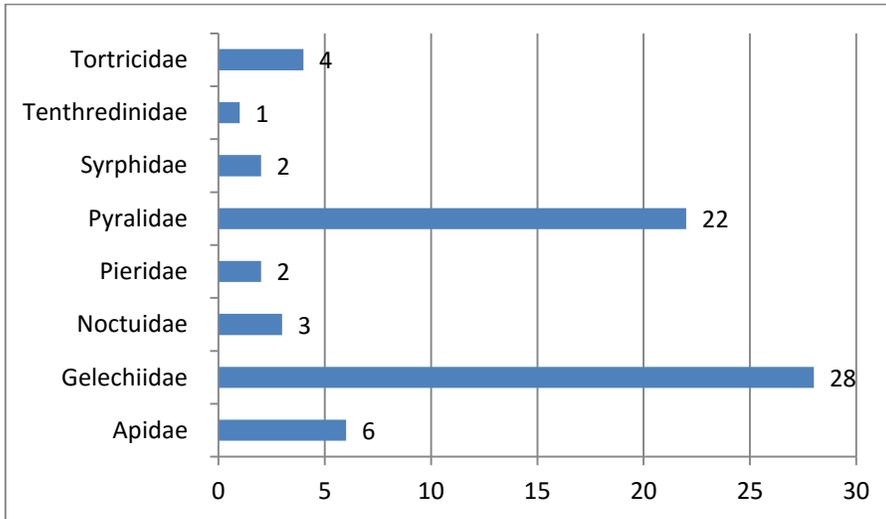
Anexo 16: Cantidad de insectos polinizadores por familia, recolectados en el sistema agroforestal.



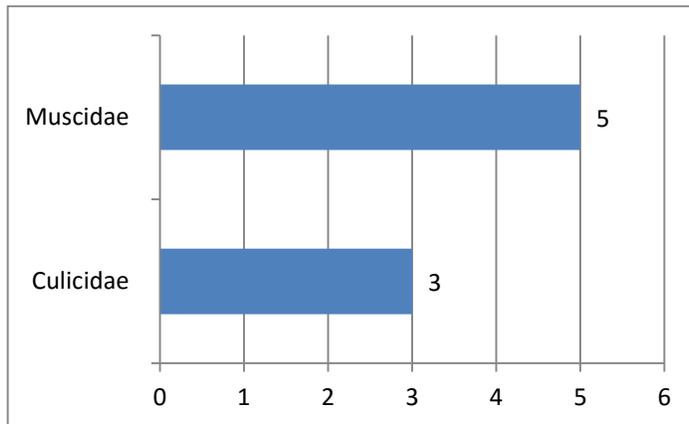
Anexo 17: Cantidad de insectos polinizadores por familia, recolectados en el bosque secundario.



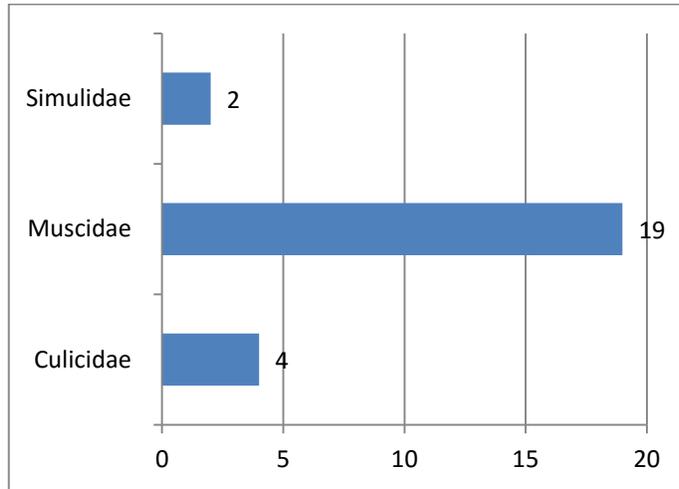
Anexo 18: Cantidad de insectos polinizadores por familia, recolectados en el monocultivo.



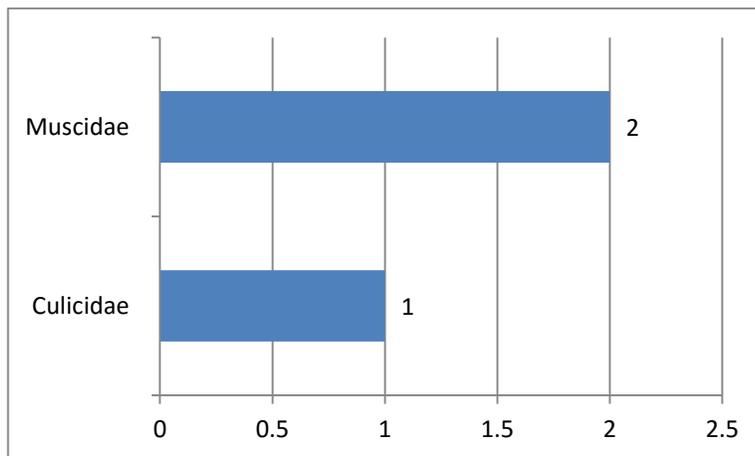
Anexo 19: Cantidad de insectos vectores por familia, recolectados en el sistema agroforestal.



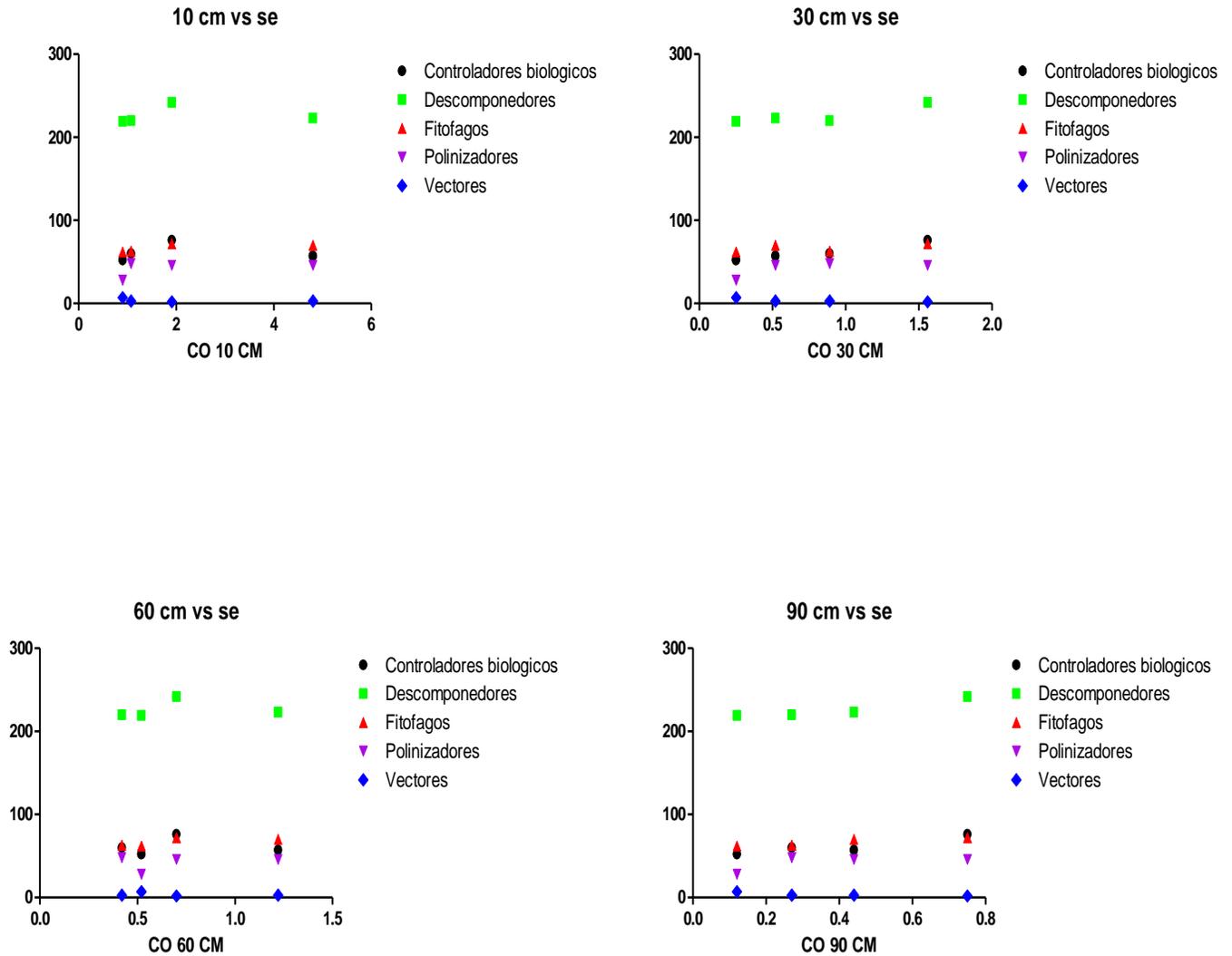
Anexo 20: Cantidad de insectos vectores por familia, recolectados en el bosque secundario.



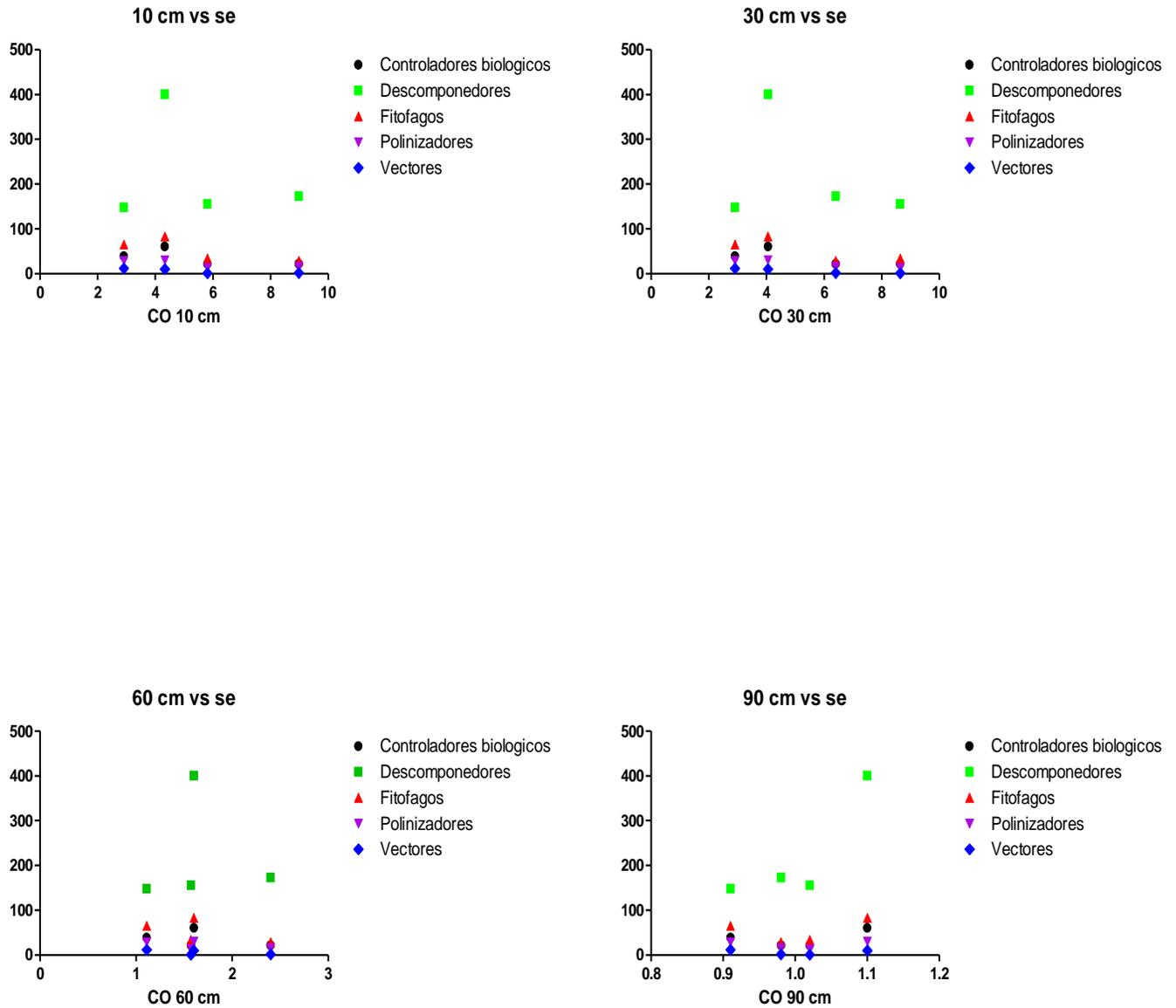
Anexo 21: Cantidad de insectos vectores por familia, recolectados en el monocultivo.



Anexo 22: Correlación entre carbono orgánico del suelo y servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en el sistema agroforestal.



Anexo 23: Correlación entre carbono orgánico del suelo y servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en el bosque secundario.



Anexo 24: Correlación entre carbono orgánico del suelo y servicios ecosistémicos de la fauna entomológica en el monocultivo.

