



UNAP



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

TESIS

**INSECTOS AGALLADORES ASOCIADOS AL DOSEL EN HÁBITATS
XÉRICOS Y MÉSICOS DE BOSQUES SOBRE ARENA BLANCA,
RESERVA NACIONAL ALLPAHUAYO-MISHANA, PERÚ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO**

PRESENTADO POR:

ÁARON HAFID JESÚS PANDURO BARDALES

ASESORES:

Blga. CAROL MARGARETH SÁNCHEZ VELA, Dra.

Blgo. JULIO MIGUEL GRÁNDEZ RIOS, M.Sc.

IQUITOS, PERÚ

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNAP

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 004-CGT-UNAP-2024

En la ciudad de Iquitos, Departamento de Loreto, mediante sala presencial, a los 08 días del mes de febrero del 2024, a las 17:00 horas se dió inicio a la sustentación pública de la tesis titulada: "INSECTOS AGALLADORES ASOCIADOS AL DOSEL EN HÁBITATS XÉRICOS Y MÉDICOS DE BOSQUES SOBRE ARENA BLANCA, RESERVA NACIONAL ALLPAHUAYO-MISHANA, PERÚ", presentado por el bachiller AARÓN HAFID JESÚS PANDURO BARDALES, autorizada mediante RESOLUCIÓN DECANAL N°034-2024-FCB-UNAP, para optar el Título Profesional de **BIÓLOGO**, que otorga la UNAP de acuerdo a Ley 30220, su Estatuto y el Reglamento de Grados y Títulos vigente.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante RESOLUCIÓN DECANAL N°172-2023-FCB-UNAP, de fecha 19 de mayo de 2023, integrado por los siguientes Profesionales:

- | | |
|---|--------------|
| - Blga. TOMASA ORFILIA RUÍZ ARMAS, Mgr. | - Presidente |
| - Blga. EMÉRITA ROSABEL TIRADO HERRERA, M.Sc. | - Miembro |
| - Blga. TERESA DE JESUS MORI DEL ÁGUILA, Dra. | - Miembro |



Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas, las cuales fueron absueltas Satisfactoriamente.

El Jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la Tesis han sido Aprobada con la calificación de Buena estando el Bachiller apto para obtener el Título Profesional de **BIÓLOGO**.

Siendo las 18:00 horas se dió por terminado el acto de sustentación.



Blga. TOMASA ORFILIA RUÍZ ARMAS, Mgr.
Presidente

Blga. EMÉRITA ROSABEL TIRADO HERRERA, M.Sc.
Miembro

Blga. TERESA DE JESUS MORI DEL ÁGUILA, Dra.
Miembro

Blga. CAROL MARGARETH SÁNCHEZ VELA, Dra.
Asesora

Blgo. JULIO MIGUEL GRÁNDEZ RÍOS, M.Sc.
Asesor

JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR



Blga. Tomasa Orfilia Ruíz Ármaz, Mgr.

Presidente



Blga. Émerita Rosabel Tirado Herrera, M.Sc.

Miembro



Blga. Teresa De Jesús Mori Del Águila, Dra.

Miembro

ASESORES



Blga. Carol Margareth Sánchez Vela, Dra.

Asesor



Blgo. Julio Miguel Grández Ríos

Asesor

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

FCB_TESIS_PANDURO BARDALES.pdf

AUTOR

AARON HAFID JESUS PANDURO BARDALES

RECuento de palabras

8254 Words

RECuento de caracteres

44854 Characters

RECuento de páginas

47 Pages

Tamaño del archivo

957.0KB

Fecha de entrega

May 10, 2024 12:42 PM GMT-5

Fecha del informe

May 10, 2024 12:43 PM GMT-5

● 12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

Resumen

DEDICATORIA

A Dios mi creador

A mis queridos padres, Moisés Panduro Yomona y María del Carmen Bardales Manrique, por acompañarme y levantarme siempre de mis continuos tropiezos y ser los que inspiran mi deseo constante de superación profesional.

A mi hermosa compañera de vida, Bianca Melanie Solsol Flores y a mi querida hija Alisha Lisi Panduro Solsol por ser fuente de motivación y ayudar a superarme día a día.

A mis hermanos, Moisés David Panduro Bardales y Maricarmen Panduro Bardales, por el aprecio y apoyo emocional para salir adelante en todos mis objetivos de vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana por los años de formación académica y profesional.

A mis padres, por brindarme apoyo desde que inicie mi desarrollo profesional, por siempre confiar en mí y por el amor que me tienen.

Al Blgo. Julio Miguel Grández Rios, M.Sc, por confiar en mí, por brindarme su apoyo y destacada asesoría.

A la Blga. Carol Margareth Sánchez Vela, Dra., quien me guio y motivó a explorar el mundo de los insectos, por sus grandes consejos, recomendaciones y por su valiosa asesoría para el desarrollo de la tesis.

Al Ing. Gabriel Emilio Vargas Arana, Dr., por permitir usar las instalaciones del laboratorio de Química y Productos Naturales del Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana para el procesamiento y análisis de las muestras de estudio.

Al Sr. Julio Irarica Pacaya, por el soporte técnico en la colecta de las muestras necesarias para llevar a cabo el estudio.

ÍNDICE

	Pág.
PORTADA	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	ii
JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR.....	iii
ASESORES.....	iv
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas.....	8
1.2.1. Insectos agalladores.....	8
1.2.2. clasificación de insectos agalladores.....	8
1.2.3. Taxones de los insectos agalladores.....	9
1.2.4. Agallas.....	11
1.2.5. Clasificación morfológica de las agallas	12
1.2.6. Desarrollo de las agallas.....	20
1.2.7. Principales factores que afectan a diversidad y distribución	de insectos agalladores. 21
1.2.8. Hábitats xéricos y Mésicos	22
1.2.9. Hipótesis de estrés higrotérmico.....	23
1.3. Definición de términos básicos.....	24
CAPITULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	26
2.1. Formulación de la hipótesis	26
2.2. Variables y su operacionalización.....	26
CAPITULO III: METODOLOGÍA	27
3.1. Diseño metodológico	27
3.2. Diseño muestral.....	27
3.2.1. Población de estudio	27
3.2.2. Tamaño de la población de estudio	28

3.2.3. Muestreo o selección de la muestra	28
3.2.4. Criterios de selección	29
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.3.1. Caracterización de parámetros físico-químicos para medir el estrés ambiental en los hábitats xéricos y mésicos de bosques sobre arena blanca, Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana. Perú.	29
3.3.2. Determinación de la riqueza de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos y mésicos.....	30
3.3.3. Determinación de la abundancia de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos y mésicos.....	32
3.3.4. Determinación de la familia botánica que presente mayor riqueza y abundancia de insectos agalladores.....	32
3.4 Procesamiento y análisis de datos	32
CAPITULO IV: RESULTADOS	34
4.1. Parámetros físico-químicos para medir el estrés ambiental en los hábitats xéricos y mésicos de bosques sobre arena blanca, Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana. Perú.	34
4.2. Riqueza de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos y mésicos.....	35
4.3. Abundancia de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos y mésicos.....	36
4.4. Familia botánica que presenta mayor riqueza y abundancia de insectos agalladores.....	39
CAPITULO V: DISCUSIÓN	41
CAPITULO VI: CONCLUSIONES	44
CAPITULO VII: RECOMENDACIONES	45
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN.....	46
ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Agalla clavada inducida en la superficie adaxial de las hojas de <i>Manihot Dicothoma</i> (euphorbiaceae).....	12
Figura 2. Agallas cónicas inducidas en la superficie adaxial de las hojas de <i>Roupala Montana</i> (Proteaceae).....	13
Figura 3. Agallas cilíndricas inducidas en la superficie adaxial de las hojas de <i>Mabea Occidentalis</i> (Euphorbiaceae).....	13
Figura 4. Agallas fusiformes inducidas en tallos de <i>Cordia leucocephala</i> (Boraginaceae).....	14
Figura 5. Agallas globoides inducidas en la superficie abaxial de la hoja de <i>Croton Echioides</i> (Euphorbiaceae).....	15
Figura 6. A: Agalla lenticular intralaminar en hojas de Sapindaceae. B: Agalla lenticular extralaminar en hojas de <i>Clusia Nemorosa</i>	15
Figura 7. Agalla en roseta en el ápice del tallo de <i>Henriettea succosa</i> (Melastomataceae).....	16
Figura 8. Agalla con forma de bivalvo en el folleto de <i>Lonchocarpus Muhelbergianus</i> (Fabaceae).....	16
Figura 9. Agallas en forma de cuerno en folíolos de <i>Copaifera Langsdorffii</i> (Fabaceae).....	17
Figura 10. Agalla plegable en hojas de <i>Baccharis Reticularia</i>	17
Figura 11. Agalla de enrollamiento en una hoja de <i>B. Reticularia</i>	18
Figura 12. Agalla de bolso en la nervadura central del folleto de <i>Copaifera Langsdorffii</i>	18
Figura 13. Agalla en foma de copa.....	19
Figura 14. Agallas en forma de cuerno con alteraciones.....	20
Figura 15. Área de estudio - Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana.....	28
Figura 16. Medición del estrés ambiental en el hábitat xérico y mésico.....	34
Figura 17. Comparación de la diversidad de los insectos agalladores entre los tipos de hábitats.....	36
Figura 18. Comparación de abundancia de agallas de morfotipos de insectos agalladores entre los tipos de hábitats.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Riqueza de insectos agalladores	35
Tabla 2. Distribución de los órdenes de insectos agalladores en hábitats xéricos y mésicos por número de morfotipos.	35
Tabla 3. Abundancia de insectos agalladores	37
Tabla 4. Abundancia de insectos agalladores según el tipo de hábitat.	37
Tabla 5. Riqueza de insectos agalladores en familias botánicas.	40
Tabla 6. Abundancia de insectos agalladores en familias botánicas.	40

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Morfotipos más abundantes de insectos agalladores en hábitat xérico y mésico.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Familias y especies de plantas huésped, insecto agallador, caracterización de las agallas y ubicación.	50
Anexo 2. Morfotipos de agallas encontradas en plantas hospedadas de los hábitats xéricos y mésicos en la Reserva Nacional Alpahuayo-Mishana. Más detalles en el Anexo 1.	54
Anexo 3. Medición del diámetro a la altura del pecho.	57
Anexo 4. Medición de factores físico-químicos.	58
Anexo 5. Colecta de hojarasca.	58
Anexo 6. Secado y pesado de hojarasca.	59
Anexo 7. Colecta de unidades terminales de individuos vegetales.	59
Anexo 8. colecta de agallas inducidas por insectos.	60
Anexo 9. Obtención de insectos agalladores inmaduros (larvas y pupas). ...	60
Anexo 10. Larva de Díptera de la familia Cecidomyiidae.	60
Anexo 11. Pupa de Díptera de la familia Cecidomyiidae.	61
Anexo 12. Crianza de agallas para la obtención de insectos agalladores adultos.	61
Anexo 13. Díptera adulto macho de la familia Cecidomyiidae.	62
Anexo 14. Díptera adulto hembra de la familia Cecidomyiidae.	63

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, entre los meses de enero a diciembre del 2022. El objetivo general fue evaluar la diversidad de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos y mésicos de bosques sobre arena blanca, testando si la diversidad de estos insectos es mayor en los hábitats xéricos que en los mésicos, como lo predice la hipótesis del estrés higrotermal. Se muestrearon todos los individuos vegetales con un DAP ≥ 10 cm (diámetro a la altura del pecho) pertenecientes a 16 parcelas de 5x20 m; fueron registradas 98 morfotipos de agallas de insectos, con 53 (54.1%) morfotipos para el hábitat mésico, y 44 (44.9%) morfotipos para el hábitat xérico. Se observa además que 01 morfotipo se encuentra en ambos hábitats. Cecidomyiidae (Diptera) fue la única familia inductora identificada y Fabaceae tuvo la mayor riqueza (25) de morfotipos de agallas. De acuerdo con los datos obtenidos, se concluyó que estadísticamente no se presentó diferencia significativa de insectos agalladores entre los tipos de hábitats.

Palabras clave: insectos agalladores, hábitats xéricos, hábitats mésicos, agallas, bosques sobre arena blanca, dosel.

ABSTRACT

The present work carried out in the Allpahuayo-Mishana National Reserve, between the months of January to December 2022. The general objective was evaluate the diversity of gill-insects associated to the canopy of xeric and mesic habitats of forests on white sand, testing whether the Diversity of these insects is higher in xeric than in mesic habitats, as predicted by the higrthermal stress hypothesis. All plant individuals with a DAP ≥ 10 cm (diameter at breast height) belonging to 16 plots of 5x20 m; 98 morphotypes of insect galls were recorded, with 53 (54.1%) morphotypes for the mesic habitat, and 44 (44.9%) morphotypes for the xeric habitat. It also observed 01 morphotype in both habitats. Cecidomyiidae (Diptera) was the only inducer family identified and Fabaceae had the highest richness (25) of gall morphotypes. According to the data obtained, it concluded that there was no statistically significant difference in gall insects between the types of habitats.

Keywords: insect galls, xeric habitats, mesic habitats, galls, forests on white sand, canopy.

INTRODUCCIÓN

De todas las interacciones existentes entre plantas e insectos, desarrolladas durante el transcurso de su evolución para protegerse de las condiciones desfavorables del medio y de sus depredadores naturales, la más compleja está representada por la formación de agallas, estas son estructuras complejas y simétricas que consisten en un desarrollo anormal (por hiperplasia e hipertrofia) de los tejidos vegetales que brindan protección al insecto, la morfología de estas estructuras es única para cada especie de insecto inductor, lo que permite diferenciar morfológica, anatómica y fisiológicamente, las agallas originadas en una planta por especies relacionadas de insectos⁽¹⁻⁶⁾.

Se han propuesto diferentes hipótesis para explicar los patrones observados en la riqueza de insectos agalladores, tales como la hipótesis del estrés higrotérmico, el cual predice que la vegetación de ambientes xéricos presenta una riqueza mayor de insectos agalladores a diferencia de la vegetación de ambientes mésicos, debido a que la disponibilidad de nutrientes y de agua es baja, cuya hipótesis fue postulada por Fernandes & Price⁽⁷⁾. Esta hipótesis fue basada en dos líneas de evidencias; la primera establece que debido a la reducida cualidad nutricional de las vegetaciones en los ambientes xéricos los insectos agalladores son más comunes, debido a que estas plantas presentan bajas abscisiones foliares, son pobres en nutrientes y son menos atacadas por otros insectos de vida libre; la segunda menciona que los insectos agalladores presentan bajas tasas de mortalidad en ambientes xéricos que en mésicos porque los patógenos y parásitos son menos abundantes en hábitats inhóspitos⁽⁷⁻¹¹⁾.

Se han realizado estudios^(3,5-19) que intentan probar la hipótesis del estrés higrotérmico en numerosas y diferentes regiones del globo terráqueo, pero aún no se ha realizado ningún estudio de esta naturaleza en nuestra región a pesar de contar con grandes extensiones de bosques, tal es el caso de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana (RNAM), el cual alberga las áreas más extensas de bosques sobre arena blanca, localmente conocidos como varillales, protegidas actualmente en el Perú⁽²⁰⁾; y a pesar de la gran importancia económica y cultural que presentan estos insectos, desde el punto de vista agrícola y forestal, estos invertebrados son importantes por atacar una gran variedad de plantas cultivadas, convirtiéndose en muchos de los casos un gran problema de plaga, sea el caso de *Zalepidota reticulata* Felt (Cecidomyiidae) causa daño a las hojas de *Theobroma cacao*, causando daños económicos significativos; en el aspecto medicinal algunas agallas inducidas por otras especies son utilizadas para el tratamiento de diarrea, inflamaciones bucales y hemorroides, además, de esas agallas se extraen sustancias usadas para teñir el cabello y tintas de excelente calidad, utilizadas en las pequeñas industrias del cuero, teniendo un excelente material para la industria curtidora, otras son usadas en la producción de insecticidas para obtener sustancias como taninos para combatir insectos picadores-chupadores, algunos tipos de agallas son utilizadas como alimento por su alto valor nutritivo y también para la fabricación collares⁽²⁾.

Por tales motivos el presente estudio basándose en dicha hipótesis quiere dar a conocer los patrones y distribución de los insectos agalladores en estos dos tipos que habitan, de esta manera la información obtenida servirá como línea base para futuras investigaciones ecológicas, taxonómicas y de distribución.

En base a lo mencionado el presente estudio tiene como objetivo general: evaluar la diversidad de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos y mésicos de bosques sobre arena blanca, Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, Perú mediante: 1) Caracterizar parámetros físicos-químicos, 2) determinar la riqueza de insectos agalladores, 3) determinar la abundancia de insectos agalladores y 4) determinar la familia botánica que presente mayor riqueza y abundancia de insectos agalladores.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En 2019, se realizó un estudio en Brasil sobre “La variación en la estructura de la comunidad de insectos inductores de agallas asociados con una planta tropical apoya la hipótesis de competencia en hábitats estresantes”, el estudio determinó que mayor riqueza y abundancia de insectos agalladores fueron registrados en ambientes más estresados (xéricos) que en menos estresados (mésicos)⁽¹²⁾.

En 2017, se hizo un estudio sobre “Distribución de agallas de insectos en hábitats xéricos y mésicos del Bosque Nacional de Silvânia, Brasil”, el trabajo de investigación de tipo cuantitativo y diseño descriptivo. El estudio determinó que 99 morfotipos fueron de agallas de insectos fueron registrados para hábitats mésicos y 87 morfotipos para hábitats xéricos. El trabajo concluyó que la riqueza estimada de agallas de insectos fue mayor en el bosque (mésicos) que en la sabana (xérico). Estos resultados contradicen la hipótesis del estrés higrotérmico, posiblemente porque los hábitats boscosos presentan una mayor complejidad arquitectónica de las plantas y la ocurrencia de taxones superhospedadores que los hábitats de sabana⁽⁸⁾.

En 2012, se realizó un trabajo de investigación sobre “Agallas de insectos en hábitats xéricos y mésicos en la región de Transición Cerrado-Caatinga en el norte de Minas Gerais, Brasil, el estudio fue de tipo cuantitativo y diseño descriptivo. El estudio determinó una riqueza total de 98 morfoespecies de agallas en 20 familias de plantas y 70 especies de plantas. Se observó una mayor riqueza de agallas inducidas

en los transectos de bosque seco y cerrado (hábitat xérico), en comparación con el bosque de ribera (hábitat méxico). El trabajo concluyó que hay una mayor riqueza de agallas en vegetación esclerófila sujeta a estrés hídrico (cerrado y bosque seco) que en ambiente méxico (bosque ribereño), corroborando la hipótesis de Fernandes y Price (1988)⁽¹³⁾.

En 2008, se realizó un estudio sobre “efectos del hábitat y estacionalidad en la distribución de insectos agalladores en Serra dos Pirineus, Goiás, Brasil”, estudio de tipo cuantitativo y diseño descriptivo. El área del parque es de 2.833,26 ha y comprende las regiones de Cerrado sensu stricto, Cerrado rupestre, bosque de galería y bosque semicaducifolia. El estudio determinó que Cerrado obtuvo un total de 47 morfotipos de agallas y 53 morfotipos en el bosque. El estudio concluye que en el bosque (mésicos) existen mayor riqueza de agallas, lo cual contradicen la hipótesis del estrés higrotermal, que predice mayor riqueza de agallas en vegetaciones xéricas según Fernandes & Price⁽⁷⁾. El hecho de que los hábitats méxicos tengan un mayor número de árboles, con mayor complejidad estructural, puede haber influido en la riqueza de agallas en este ambiente⁽¹⁰⁾.

En 2007, se desarrolló una investigación sobre “Riqueza y abundancia de insectos agalladores asociadas al dosel de bosques de tierra firme, várzea e igapó de la Amazonia Central - Manaus, el estudio es de tipo cuantitativo y diseño descriptivo que incluyó como población de estudio a insectos inductores de agallas. La investigación determinó que los bosques de várzea e igapó presentan menor riqueza de insectos

agalladores comparado a bosques de tierra firme, fueron colectadas 141.244 agallas, clasificadas en 1.157 morfo-especies de insectos agalladores ⁽¹⁴⁾.

En 2003, se realizó un estudio sobre “Diversidad de insectos minadores de hojas y formadores de agallas en el dosel y sotobosque del bosque tropical”; trabajo de investigación de tipo cuantitativo y diseño descriptivo. El estudio fue realizado en dos bosques de la República de Panamá, con características diferentes, de marzo de 1997 a mayo de 1998. El estudio determinó que Fuerte Sherman (FTS) presentó mayor riqueza de insectos agalladores, en dosel como en sotobosque, registrando un total de 38 y 20 morfoespecies respectivamente. El Parque Nacional Metropolitano (PNM) presentó menor riqueza, con 34 en dosel y 16 en sotobosque. El presente estudio concluye que los insectos formadores de agallas se encuentran estratificados en los dos tipos de bosques estudiados. Varios factores afectan en la estratificación de estos dos grupos de insectos. Primero, la altura del dosel del bosque en los dos sitios es diferente, en el bosque húmedo (FTS) en promedio más alta que en el bosque seco (PNM)⁽¹⁵⁾.

En 2002, en Brasil se realizó un estudio sobre Influencia del sexo y el hábitat de la planta hospedante en la supervivencia de las agallas de insectos dentro del rango geográfico de la planta hospedante, trabajo de investigación de tipo cuantitativo y diseño descriptivo. En total, se registraron 5.574 agallas en los 500 individuos de las 10 poblaciones estudiadas. Hábitats xéricos (51%) y méxicos (49%). El estudio concluye que existe mayor influencia en hábitats con estrés higrotermal ya que se

encontró el doble de agallas en las plantas de hábitats xéricos que en plantas en hábitats mésicos; cuyos resultados respaldan estudios anteriores de poblaciones locales donde diferentes especies de plantas albergaron una mayor abundancia de insectos agalladores en sitios xéricos que en sitios mésicos⁽¹⁶⁾.

En 2001, se hizo un estudio sobre “Distribución y morfología de las agallas de insectos de Rio Doce Vallery, Brasil”. El estudio registro un total de 209 morfotipos de agallas, 120 fueron encontrados en hábitats mésicos mientras que en los hábitats xéricos 80. El trabajo concluye que los hábitats mésicos presentaron mayor insectos agalladores debido complejidad estructural de las plantas hospederos⁽¹⁷⁾.

En 1992, se llevó a cabo un estudio sobre “El significado adaptativo de la distribución de agallas de insectos: supervivencia de especies en hábitats xéricos y mésicos” en Estados Unidos, trabajo descriptivo, cuantitativo. Se realizaron 10 colectas de plantas (tallo o hoja) tanto para el hábitat estresado (xérico) y menos estresado (mésico). Las poblaciones de los insectos agalladores fueron significativamente mayores en hábitats xéricos a diferencia de los mésicos⁽¹⁸⁾.

En 1988, se hizo un estudio sobre “Gradientes biogeográficos en la riqueza de especies agalladores”, trabajo descriptivo, realizado en Estados Unidos y Brasil. Se registraron mayor riqueza de insectos agalladores en los lugares xéricos (ambientes estresados) que en los mésicos (ambientes menos estresados) a la misma elevación⁽⁷⁾.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Insectos agalladores

Los insectos agalladores, son organismos que inducen las gallas, que viene a ser un tumor vegetal, ocasionado por el aumento en el volumen y/o número de células vegetales^(4,12,14,16).

El insecto agallador hembra inserta sus huevos dentro de un tejido meristemático de la planta, la larva del insecto agallador manipula genética y químicamente el tejido vegetal en su voluntad, dando inicio al proceso de formación de la agalla⁽¹²⁾.

La agalla proporciona refugio y alimento para la larva, hasta el estado de adulto^(4,12). Las agallas pueden ser inducidas en cualquier parte de la planta, de la raíz al brote apical, en órganos vegetativos y reproductivos⁽¹²⁾. Las plantas hospederas pueden ser atacadas por diversos órdenes y familias de insectos⁽¹⁷⁾, siendo las especies de la familia Cecidomyiidae (díptero) corresponden en promedio, a 64% de las especies de insectos inductores de agallas en el mundo^(6,12).

1.2.2. clasificación de insectos agalladores

Dada la gran diversidad de especies, se pueden utilizar diferentes clasificaciones para diferenciar las formas de uso y distribución de los insectos y sus plantas hospederas, la mayoría de las veces, estas clasificaciones son solo con fines didácticos porque no son suficientes para abarcar la gran variabilidad de interacciones entre organismos, o porque los límites no son precisos entre las

diferentes clases de interacciones, los insectos herbívoros se pueden agrupar según la variación en el número de taxones de plantas hospedantes utilizados ⁽⁴⁾.

Así, los insectos monófagos son aquellos que utilizan un solo taxón vegetal; los oligófagos utilizan pocos taxones de plantas, generalmente filogenéticamente cercanos, es decir, del mismo género o familia; y los polífagos utilizan una amplia variedad de especies de plantas huésped no relacionadas filogenéticamente⁽⁴⁾.

Los insectos también se pueden separar en grupos funcionales según el tipo y la forma de uso de un recurso en particular, estos grupos se denominan gremios, es decir, están formados por un conjunto de especies que explotan una misma clase de alimento (u otro tipo de recurso) de manera similar, que pueden o no estar relacionados filogenéticamente (y generalmente no lo son); los insectos herbívoros se dividen en cinco gremios principales: masticadores, chupadores, mineros, barrenadores y agalladores; los insectos inductores de agallas son muy abundantes, pero ecológica y taxonómicamente son todavía poco conocidas, es decir, la mayoría de sus especies son nuevas para la ciencia ⁽⁴⁾.

1.2.3. Taxones de los insectos agalladores

Entre los insectos inductores de agallas según Fernandes & Carneiro⁽⁴⁾ se encuentran:

1. Orden Hemíptera
 Suborden Heteróptera

- Família Tingidae
- Suborden Sternorrhyncha
 - Família Psyllidae
 - Família Aleyrodidae
 - Família Aphididae
 - Família Phylloxeridae
 - Família Adelgidae
 - Família Eriococcidae
 - Família Kermisidae
 - Família Asterolecaniidae
 - Família Coccidae
 - Família Diaspididae
- 2. Orden Thysanóptera
 - Suborden Tubulifera
 - Família Phlaeotripidae
 - Suborden Terebrantia
 - Família Thripidae
- 3. Orden Coleóptera
 - Suborden Polyphaga
 - Família Cerambycidae
 - Família Chrysomelidae
 - Família Brentidae
 - Família Curculionidae
 - Família Buprestidae
 - Família Mordellidae
 - Família Nitidulidae
 - Família Scolytidae
- 4. Orden Hymenóptera
 - Suborden Symphyta
 - Família Tenthredinidae
 - Suborden Apocrita
 - Família Agaonidae
 - Família Pteromalidae
 - Família Erytomidae
 - Família Cynipidae
- 5. Orden Lepidóptera
 - Família Nepticulidae
 - Família Heliozelidae
 - Família Prodoxidae
 - Família Cecidosidae
 - Família Bucculatricidae
 - Família Gracillariidae
 - Família Yponomeutidae
 - Família Ypsolophidae

Família Glyphipterigidae
Família Elachistidae
Família Oecophoridae
Família Coleophoridae
Família Cosmopterigidae
Família Gelechiidae
Família Sesiidae
Família Tortricidae
Família Alucitidae
Família Pterophoridae
Família Crambidae
Família Thyrididae

6. Orden Díptera

Suborden Nematocera

Família Cecidomyiidae

Suborden Cyclorrhapha

Família Tephritidae

Família Chloropidae

Família Agromyzidae

Família Anthomyzidae

Família Clythiidae

1.2.4. Agallas

Son tejidos u órganos vegetales formados por hiperplasia (aumento del número de células) y/o hipertrofia (aumento del tamaño de las células) inducida por organismos parásitos o patógenos, estas agallas pueden ser inducidas por una amplia variedad de organismos, como virus, bacterias, hongos, algas, nematodos, rotíferos, copépodos y plantas de la familia Loranthaceae (popularmente conocidas como muérdagos), pero principalmente por insectos⁽⁴⁾.

1.2.5. Clasificación morfológica de las agallas

1.2.5.1. Clavada.

Se ensancha desde la base hasta el extremo distal, de modo que la porción apical se expande y se redondea. La forma clavada se ilustra mejor con la agalla inducida por un lepidoptero en *Microlicia Fasciculata* (melastomataceae) (Figura 1)⁽²¹⁾.



Figura 1. Agalla clavada inducida en la superficie adaxial de las hojas de *Manihot Dicothoma* (euphorbiaceae).

Fuente: Isaias et. al ⁽²⁰⁾.

1.2.5.2. Cónica.

Morfotipo en forma de cono con base redonda ancha y porción apical aguda donde se pueden trazar líneas convergentes imaginarias. Ocurre predominantemente en las hojas. Esta forma puede ser inducida por (Cecidomyiidae) en 56 especies distintas de plantas hospedantes de 27 familias distintas. Este morfotipo se ilustra mejor con la agalla inducida por *Liodiplosis*

Conica (Gagné et al 2001) en *Mikania* sp. (Asteraceae)
(Figura 2)⁽²¹⁾.



Figura 2. Agallas cónicas inducidas en la superficie adaxial de las hojas de *Roupala Montana* (Proteaceae).

Fuente: Isaias et. al ⁽²⁰⁾.

1.2.5.3. Cilíndrica.

Forma de cilindro cuyas porciones basales y apicales son proporcionales y con diámetros algo similares. El verdadero morfotipo cilíndrico se ilustra mejor con la agalla inducida por un Cecidomyiidae en *Mabea Occidentalis* (Euphorbiaceae) (Figura 3)⁽²¹⁾.

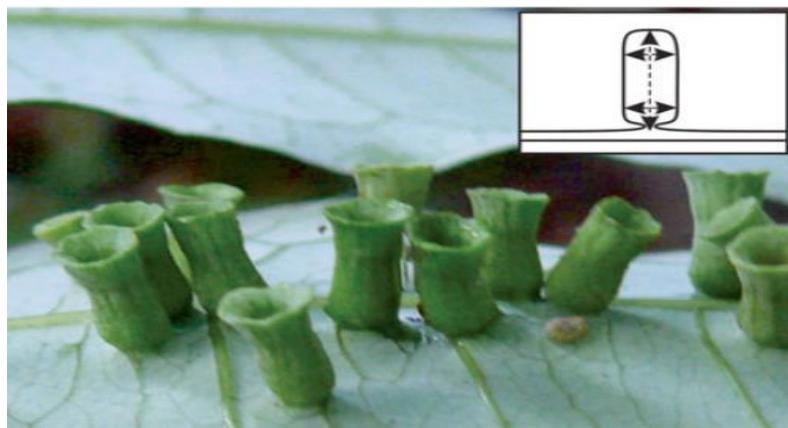


Figura 3. Agallas cilíndricas inducidas en la superficie adaxial de las hojas de *Mabea Occidentalis* (Euphorbiaceae).

Fuente: Isaias et. al ⁽²⁰⁾.

1.2.5.4. Fusiforme.

Esta forma se asemeja a de los conos conectados por sus bases, con ambas extremidades más estrechas que la porción mediana. Es común en tallos y pecíolos, pero también puede ocurrir a lo largo de las nervaduras centrales o en una posición extralaminar en las hojas. puede ser inducida por Lepidoptera y Cecidomyiidae en ocho familias de plantas hospedantes (Figura 4)⁽²¹⁾.



Figura 4. Agallas fusiformes inducidas en tallos de *Cordia Leucocephala* (Boraginaceae).

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.

1.2.5.5. Globoide.

Incluye formas redondas que van desde elipsoides hasta esferoides. Puede ser inducida en todos los órganos vegetativos y reproductivos de la planta huésped por varios taxones de Cecidomyiidae. Puede ser intralaminar o extralaminar, lo que puede ilustrarse con las agallas foliares de Cecidomyiidae en *Eugenia uniflora* (Myrtaceae). Se cree que este es el morfotipo de agalla más común y se ha mencionado en los inventarios

como "esférico", "esferoide", "globoso", "globular" y "ovoide", entre otros (Figura 5)⁽²¹⁾.

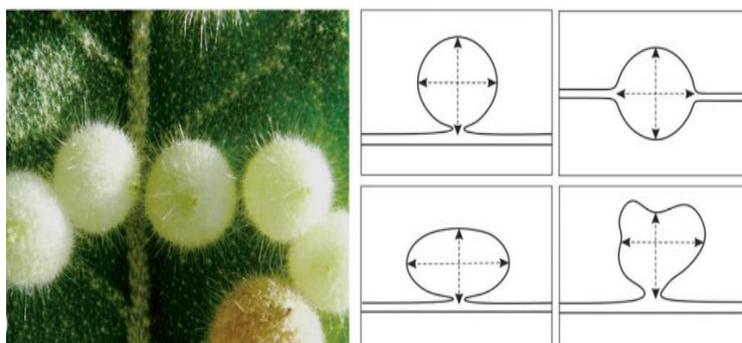


Figura 5. Agallas globoides inducidas en la superficie abaxial de la hoja de *Croton Echioides* (Euphorbiaceae).

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.

1.2.5.6. Lenticular.

Morfotipo comúnmente formando un halo circular en la lámina de la hoja. Se asemeja a lentes biconvexas o bicóncavas. A veces puede estar aplanado en distintos grados en una o ambas superficies y puede ser intralaminar o extralaminar (Figura 6)⁽²¹⁾.

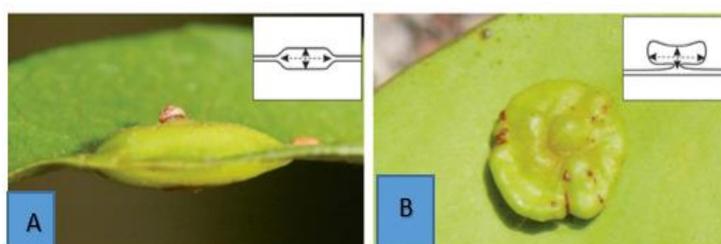


Figura 6. A: Agalla lenticular intralaminar en hojas de Sapindaceae. B: Agalla lenticular extralaminar en hojas de *Clusia Nemorosa*.

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.

1.2.5.7. Roseta.

Este morfotipo es consecuencia del acortamiento de los entrenudos de manera que varias hojas parten del mismo punto o muy cerca unas de otras. Es

comúnmente inducido en yemas y ha sido registrada como inducida por lepidópteros en distintas especies de plantas hospedantes de Melastomataceae.

Este morfotipo se ilustra mejor la agalla de yema en *Henriettea Succosa* (Melastomataceae) (Figura 7)⁽²¹⁾.

Figura 7. Agalla en roseta en el ápice del tallo de *Henriettea Succosa* (Melastomataceae).

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.



1.2.5.8. En concha.

Se parece al caparazón de un molusco bivalvo (Figura 8)⁽²¹⁾.



Figura 8. Agalla con forma de bivalvo en el folleto de *Lonchocarpus Muhelbergianus* (Fabaceae).

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.

1.2.5.9. En cuerno.

Similar a los cuernos de un toro en la posición apical. Está ejemplificado por uno de los morfotipos más comunes encontrados en *Copaifera Langsdorffii* (Fabaceae) (Figura 9)⁽²¹⁾.



Figura 9. Agallas en forma de cuerno en folíolos de *Copaifera Langsdorffii* (Fabaceae).

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.

1.2.5.10. Plegable.

Formado por el plegamiento de toda la lámina de la hoja a lo largo de la nervadura central. Aunque no está directamente asociado con la forma peculiar, este término describe con éxito este morfotipo debido al evidente proceso de desarrollo por el que pasa la hoja huésped hacia la formación de agallas (Figura 10)⁽²¹⁾.



Figura 10. Agalla plegable en hojas de *Baccharis Reticularia*.

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.

1.2.5.11. Enrollamiento.

Formado por el movimiento de balanceo de uno o ambos márgenes de las hojas (Figura 11)⁽²¹⁾.



Figura 11. Agalla de enrollamiento en una hoja de *B. Reticularia*.

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.

1.2.5.12. En bolso.

Está formado por el plegamiento de la lámina de la hoja sobre el sitio de la oviposición y está característicamente abierto sobre la superficie del órgano huésped, se ilustra mejor con las agallas inducidas por Cecidomyiidae a lo largo de la nervadura central de los folíolos de *C. langsdorffii* (Fabaceae) (Figura 12)⁽²¹⁾.



Figura 12. Agalla de bolso en la nervadura central del folleto de *Copaifera Langsdorffii*.

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.

1.2.5.13. En copa.

El proceso de desarrollo dura de 2 a 3 días, cuando la agalla cambia de verde claro a rojo, su forma también pasa de globosa a copa, cuando se alarga axialmente y abre en su porción apical largas cicatrices lineales preexistentes (Figura 13)⁽²¹⁾.



Figura 13. Agalla en forma de copa.

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.

Las alteraciones en color y forma podrían conducir al registro de tres morfotipos distintos si no se evalúa la variable temporal. Otro ejemplo de cambio de forma en la misma planta huésped es la agalla en forma de cuerno. Ocurre en la superficie del folíolo abaxial o adaxial, es pedunculado y varía de verde a rojo cuando madura, el desarrollo de este morfotipo de agalla dura aproximadamente 1 año., al principio, la agalla es cónica, con una gran cantidad de tricomas saliendo de su centro de la punta. Posteriormente, dos proyecciones pilosas sobresalen de la estructura cónica, formando el cuerpo biliar, y la porción basal origina el pedúnculo. Estos dos morfotipos ilustran la importancia de la

observación de campo periódica para seguir los cambios fenotípicos a lo largo del desarrollo de las agallas (Figura 14)⁽²¹⁾.



Figura 14. Agallas en forma de cuerno con alteraciones.

Fuente: Isaias et. al⁽²⁰⁾.

1.2.6. Desarrollo de las agallas

El proceso de desarrollo de las agallas pasa por cuatro fases diferentes: iniciación, crecimiento y diferenciación, maduración y dehiscencia, la fase de iniciación se caracteriza por una sucesión de eventos que definen el reconocimiento del sitio de oviposición (tejido, órgano y planta huésped) y el comportamiento del insecto inductor, es una fase crítica y los eventos durante la oviposición y/o alimentación introducen cambios importantes en los tejidos de la planta huésped⁽⁴⁾.

En general, los insectos inductores de agallas necesitan un tejido reactivo, el tejido meristemático, para la formación de agallas; hay pocos ejemplos conocidos de formación de agallas en tejidos no meristemáticos⁽⁴⁾.

La fase de crecimiento y diferenciación de la agalla es el período en el que la biomasa de la agalla aumenta extraordinariamente

como consecuencia del aumento del número de células – hiperplasia celular (división celular) y/o del aumento del tamaño celular – hipertrofia, el aumento está definido por la actividad de alimentación de las larvas, los fluidos de saliva de insectos modifican la pared celular y disuelven el contenido celular, la actividad larval define entonces la forma de la cámara larvaria y posiblemente la forma externa de la agalla^(2-4,14).

La fase de maduración de las agallas ocurre cuando el insecto se encuentra en su último estadio larvario, durante el cual consume una gran cantidad de alimento, esta es la principal fase de alimentación del insecto, ingiere activamente una masa de tejido nutritivo, ricamente vascularizado, que divide las agallas en dos regiones: una interna controlada por el insecto inductor y una externa o corteza de la agalla, que es más bajo la influencia de la planta, finalmente, la fase de dehiscencia o apertura de las agallas ocurre al final del período de maduración, cuando se produce el mayor cambio fisiológico y químico en los tejidos de las agallas, durante esta fase, cesa el flujo de nutrientes y agua a las agallas⁽⁴⁾.

1.2.7. Principales factores que afectan a diversidad y distribución de insectos agalladores.

Los patrones de diversidad y distribución de insectos agalladores están relacionados a las condiciones hídricas y nutricionales de los suelos en los cuales las plantas hospederas se desarrollan, la arquitectura de la planta hospedera, a los gradientes

latitudinales/altitudinales⁽⁷⁾, al tamaño de la familia de la planta hospedera, donde familias botánicas con mayor número de especies acumulan mayor riqueza de insectos agalladores e la localización geográfica, composición y riqueza de especies de la vegetación muestreada⁽¹⁴⁾.

Insectos agalladores, generalmente están asociados a ambientes donde predominan vegetaciones escleromórficas; las plantas que se encuentran en estos locales poseen características que favorecen a ocurrencia de estos insectos, tales como bajas probabilidades de abscisión de hojas, hojas perennes, altas concentraciones de fenol, bajos estratos nutricionales del suelo, especialmente con relación a los nutrientes primarios, como el fósforo⁽¹⁴⁾.

1.2.8. Hábitats xéricos y Mésicos

Los hábitats xéricos son aquellos ambientes los cuales se encuentran en estrés, debido a la falta de disponibilidad de nutrientes y agua. Representan nichos relativamente libres de patógenos y de enemigos naturales, como parasitoides y herbívoros que se alimentan de agallas debido a su alta concentración de nutrientes^(14,22).

Mientras que los hábitats mésicos, son ambientes con menos estrés, hay disponibilidad tanto de nutrientes como de agua, en estos ambientes se restringen la ocupación de organismos por sus condiciones de humedad y temperatura; los insectos

agalladores pueden presentar mayores tasas de parasitismo, así como de depredación⁽¹⁹⁾.

1.2.9. Hipótesis de estrés higrotérmico

Originalmente, la hipótesis del estrés higrotérmico se desarrolló a nivel de comunidad⁽⁷⁾. Esta hipótesis presenta una predicción diferente para los insectos agalladores debido a las particularidades de este grupo⁽¹¹⁾.

Para los insectos inductores de agallas, a diferencia de otros insectos, se espera que los ambientes xéricos presenten una mayor riqueza de especies que los ambientes mésicos; la mayor concentración de taninos y otros compuestos defensivos abundantes en la vegetación esclerófila, comúnmente presente en ambientes xerófilos, aparentemente proporciona resistencia a la defensa contra depredadores y principalmente hongos⁽¹¹⁾.

Varios trabajos aportan evidencia a favor de esta hipótesis, documentando una gran diversidad de insectos agalladores en ambientes xéricos a escala regional, local y global⁽¹¹⁾.

1.3. Definición de términos básicos

Dosel. Dosel forestal o techo es el hábitat formado por las copas de los árboles de un bosque; un factor ecológico importante, ya que limita la cantidad de luz que alcanza los hábitats que se encuentran bajo él, y condiciona el reparto del agua de precipitación hacia el suelo⁽²³⁾.

Agallas. Los tumores vegetales son tejidos u órganos vegetales formados por hiperplasia (aumento del número de células) y/o hipertrofia (aumento del tamaño de las células) inducida por organismos parásitos o patógenos^(4,13,14).

Xéricos. Hábitats con vegetación esclerófila y pobre en agua y nutrientes⁽⁸⁾.

Mésicos. Hábitats con vegetación no esclerófilo y rico en agua y nutrientes⁽⁸⁾.

Morfotipo. Grupo de organismos que no puede diferenciarse a simple vista en sus taxones respectivos (normalmente, o esperablemente, son especies del mismo género o subgénero)⁽⁴⁾.

Esclerófila. vegetación cuyas especies arbóreas y arbustivas están adaptadas a largos períodos de sequía y calor, que posee hojas duras y entrenudos cortos⁽⁴⁾.

Hipertrofia. Aumento del número de células⁽⁴⁾.

Hiperplaxia. Aumento del tamaño de las células⁽⁴⁾.

Tejido meristemático. Responsables del crecimiento vegetal, sus células son pequeñas, tienen forma poliédrica, paredes finas y vacuolas

pequeñas y abundantes. Se caracteriza por mantenerse siempre joven y poco diferenciado⁽⁴⁾.

Monófagos. Individuos que utilizan un solo taxón vegetal⁽⁴⁾.

Oligófagos. Individuos que utilizan pocos taxones de plantas, generalmente filogenéticamente cercanos, es decir, del mismo género o familia⁽⁴⁾.

Polífagos. Utilizan una amplia variedad de especies de plantas huésped no relacionadas filogenéticamente⁽⁴⁾.

Bosque sobre arena blanca. Crecen en suelos arenosos, que contienen una cantidad muy baja o nada de arcilla, poca materia orgánica y muy pocos nutrientes⁽²⁰⁾.

Hábitat. Espacio que reúne las condiciones y características físicas y biológicas necesarias para la supervivencia y reproducción de una especie^(4,14,24).

CAPITULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

La diversidad de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos es mayor que en los hábitats mésicos de bosques sobre arena blanca de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana.

2.2. Variables y su operacionalización

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	escala	Categorías	Valores de categorías	Medio de verificación		
Independiente: Hábitats Xéricos y Mésicos	Lugar que ocupan los organismos	Cualitativo	Temperatura atmosférica	Razón	1°C a más	-	Fichas de registros, Base de datos		
			Humedad relativa atmosférica	Razón	1 a 100 %	-			
			Temperatura del suelo	Razón	1°C a más	-			
			Humedad relativa del suelo	Razón	1 a 100%	-			
			Hojarasca (nutrientes)	Razón	1 gr/cm ² a más	-			
Dependiente: Diversidad de insectos agalladores	Insectos que varían en riqueza, y abundancia.	Cuantitativo	Riqueza	Razón	N° de taxa Índice de Shannon	Bajo Medio Alto	<2 ≥2-3.5< ≥3.5	Fichas de registros, Base de datos, registros fotográficos	
					Abundancia	Razón	Número de individuos		-

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño metodológico

El presente trabajo de investigación fue de carácter cuantitativo de diseño metodológico descriptivo, transversal debido a la temporalidad; de acuerdo al grado de recopilación de información fue prospectivo; su diseño estadístico fue descriptivo inferencial, al ejecutarse sobre la base de los resultados. El estudio tuvo dos tratamientos que corresponden a los hábitats xéricos (Varillal seco) y mésicos (Varillal húmedo), en cada tratamiento se ubicaron ocho parcelas (replicas) de 5 x 20 m. separadas cada una por 20m. Las parcelas se establecieron en el sotobosque y luego se proyectaron visualmente en el dosel, delimitando el área de muestreo para coleccionar las copas de los árboles que fueron ubicadas en el dosel.

3.2. Diseño muestral

3.2.1. Población de estudio

La población de estudio fueron todos los insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos (Varillal seco) (674668.143 9562748.865 UTM) y mésicos (Varillal húmedo) (676581.141 9563098.160 UTM) de bosques sobre arena blanca de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana, ubicada en el kilómetro 26.5 de carretera Iquitos-Nauta.

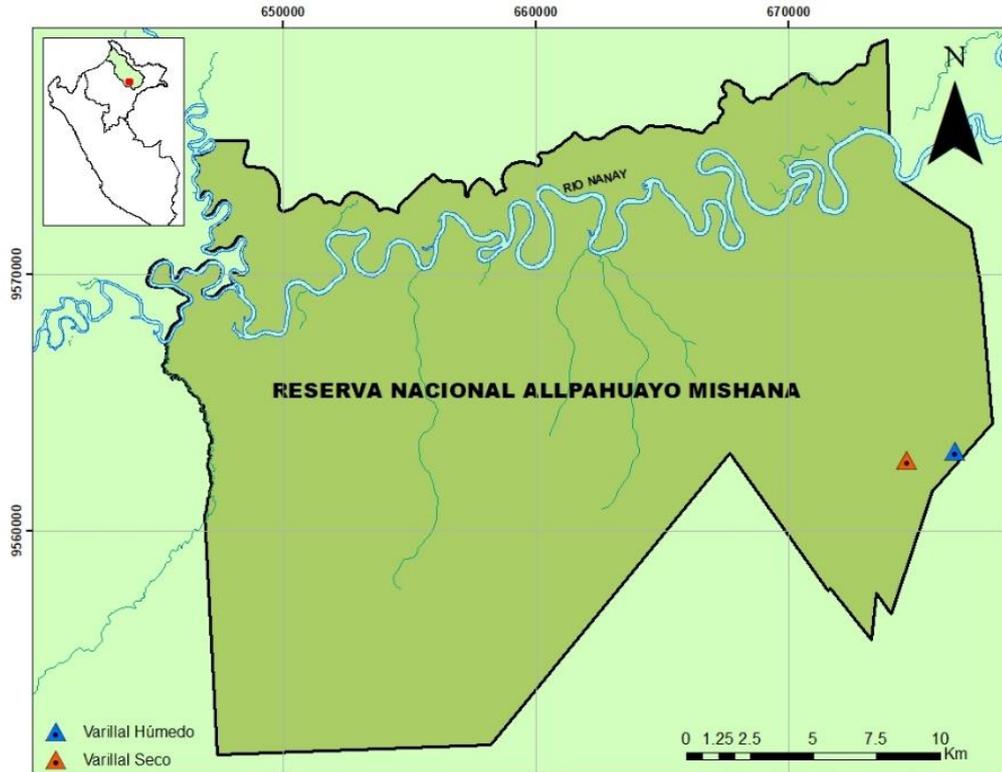


Figura 15. Área de estudio - Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana.

3.2.2. Tamaño de la población de estudio

La población de estudio estuvo constituida por todos los insectos agalladores que se encontraron en las ocho parcelas del hábitat méxico, el cual se caracterizó por presentar una mayor disponibilidad de nutrientes y agua; y las ocho parcelas del hábitat xérico, que presentó una limitada disponibilidad de nutrientes y agua en el suelo.

3.2.3. Muestreo o selección de la muestra

El muestreo es probabilístico simple, teniendo en cuenta los criterios de selección.

3.2.4. Criterios de selección

3.2.4.1. Criterios de exclusión

Solo se consideró aquellas unidades vegetales que presentaron agallas inducidas por insectos.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para recolección de datos se realizaron seis muestreos bimestralmente comprendidos entre los meses de febrero y diciembre del 2022 en dos tipos de hábitat.

Previamente en cada parcela todos los árboles ≥ 10 cm de diámetro a la altura del pecho (DAP 1.30 metros de altura) fueron medidos, colectados e identificados (Anexo 3) usando el método estándar descrito en el protocolo RAINFOR⁽²⁵⁾. Las especies de plantas muestreadas fueron identificadas por especialistas botánicos y descargados a través de la base de datos online ForestPlots.net⁽²⁶⁾.

3.3.1. Caracterización de parámetros físico-químicos para medir el estrés ambiental en los hábitats xéricos y mésicos de bosques sobre arena blanca, Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana. Perú.

Para medir el estrés ambiental entre los hábitats xéricos y mésicos se evaluaron los siguientes parámetros físico-químicos: temperatura y humedad atmosférica, temperatura, humedad y pH del suelo, para ello se utilizó un termohigrometro UNI-T 333. Las mediciones se tomaron del punto céntrico de cada parcela (Anexo 4).

Así mismo, para medir la disponibilidad de nutrientes, en cada parcela se cuantificó la cantidad de hojarasca usando la metodología propuesta por Sánchez⁽²⁷⁾. El método consistió en colocar sobre el suelo un cuadro de madera de 25 x 25cm en dos de los extremos de las parcelas en forma oblicua. Luego se procedió a retirar la hojarasca y se colocó en una bolsa de 10 kg (Anexo 5). Posteriormente la hojarasca húmeda fue trasladada al laboratorio de Química y Productos Naturales del Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana, fue secada a 60°C por 72 horas, luego fue pesada con la ayuda de una balanza digital (Anexo 6).

3.3.2. Determinación de la riqueza de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos y mésicos.

Se colectaron aleatoriamente 10 unidades terminales de cada individuo vegetal ubicadas en el dosel con la ayuda de una pata de loro y una tijera telescópica de 10 m. La unidad terminal fue considerada como el modulo más distal de la planta que expresa la naturaleza acumulativa del proceso de ramificación (Anexo 7).

Cada unidad vegetal colectada que presento agallas fueron cortadas con tijera podadora de mano y depositadas en bolsas de polipropileno (12x18 cm), luego fueron rotuladas (tipo de hábitat, fecha, ubicación, número de parcela y el número de individuo) (Anexo 8).

Posteriormente las bolsas fueron trasladadas al Laboratorio de Química y Productos Naturales del Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana, fueron caracterizados, separados y registrados por morfotipos en una ficha de campo. Las agallas fueron caracterizadas en cuanto al órgano de la planta hospedera en que se encuentra, forma, color, presencia o ausencia de tricomas, ocurrencia y número de cámaras, de acuerdo con las terminologías propuestas por Isaias et al⁽²¹⁾. Además, cada morfotipo registrado fue fotografiado utilizando una cámara Canon EOS MARK II (Anexo 2).

Por otro lado, para la identificación de los insectos inductores de agallas, cada morfotipo fue separado de las unidades vegetales para la obtención de los insectos inductores inmaduros (larvas y pupas) mediante la disección de las agallas con bisturí y el apoyo de un estereoscopio marca OPTIKA® (Anexo 9, 10 y 11). Otra parte fue acondicionada para la crianza siguiendo la metodología modificada planteada por Gagné⁽²⁸⁾, para conseguir los insectos inductores de agallas adultos (macho y hembra) (Anexo 12, 13 y 14).

Las larvas, pupas y adultos obtenidos fueron preservados utilizando alcohol al 70%; para su identificación, se utilizó la clave taxonómica elaborada por Gagné⁽²⁸⁾; fueron identificados hasta el nivel taxonómico de familia.

3.3.3. Determinación de la abundancia de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos y mésicos.

Para determinar la abundancia se contó el número de individuos por cada morfotipo de agallas.

3.3.4. Determinación de la familia botánica que presente mayor riqueza y abundancia de insectos agalladores.

Se seleccionó la familia botánica que presente mayor número de riqueza y abundancia de insectos agalladores.

3.4 Procesamiento y análisis de datos

Los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de probabilidad de 0.05 para testear la significancia de los efectos del tratamiento (Hábitat xérico y mésico). Los datos de los residuos no se distribuyeron normalmente cuando fue testado por el test de Shapiro- Wilks, por lo tanto, utilizamos modelos lineales generalizados (GLM).

Para cada modelo, diversidad y abundancia de insectos agalladores fueron considerados variable dependiente y los tipos de hábitats como variable independiente. Se usaron error de estructura gaussian (datos continuos) para el índice de shanon – weaver. Para la abundancia de insectos agalladores (datos de conteo) el modelo se observó una sobre-dispersión de los datos por lo cual se utilizó una estructura de error binomial negativo. Para cada modelo el test de Chi-cuadrado (χ^2) y los valores de probabilidad fueron calculados usando la función Anova en el paquete *car*.

Se utilizaron análisis de componentes principales (ACP) para describir la variación de los parámetros físico-químicos en los diferentes tipos de hábitats. Para el análisis se utilizó la función `prcomp()`.

Para obtener la diversidad de los insectos agalladores de los hábitats se utilizó Índice de Shannon – Weaver. La fórmula es la siguiente(29):

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Donde:

S = número de especies

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de

individuo (es decir la abundancia relativa de la especie i): $\frac{n_i}{N}$

n_i = número de individuos de la especie

N = número de todos los individuos de todas las especies

Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software R 4.2

2.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Parámetros físico-químicos para medir el estrés ambiental en los hábitats xéricos y mésicos de bosques sobre arena blanca, Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana. Perú.

Los dos primeros componentes del ACP explicaron juntos el 63.4% de la variación total de los diferentes factores entre los hábitats mésico y xérico. Las parcelas del hábitat mésico se relaciona positivamente con los nutrientes (Nutr, $r = 0.76$), en el primer eje del ACP, mientras que las parcelas del hábitat xérico se relacionan negativamente con el pH ($r = -0.87$), con el primer eje de ACP. Por lo tanto, el primer eje del ACP explica que factores son importantes para medir el estrés ambiental entre los tipos de hábitats (Figura 16).

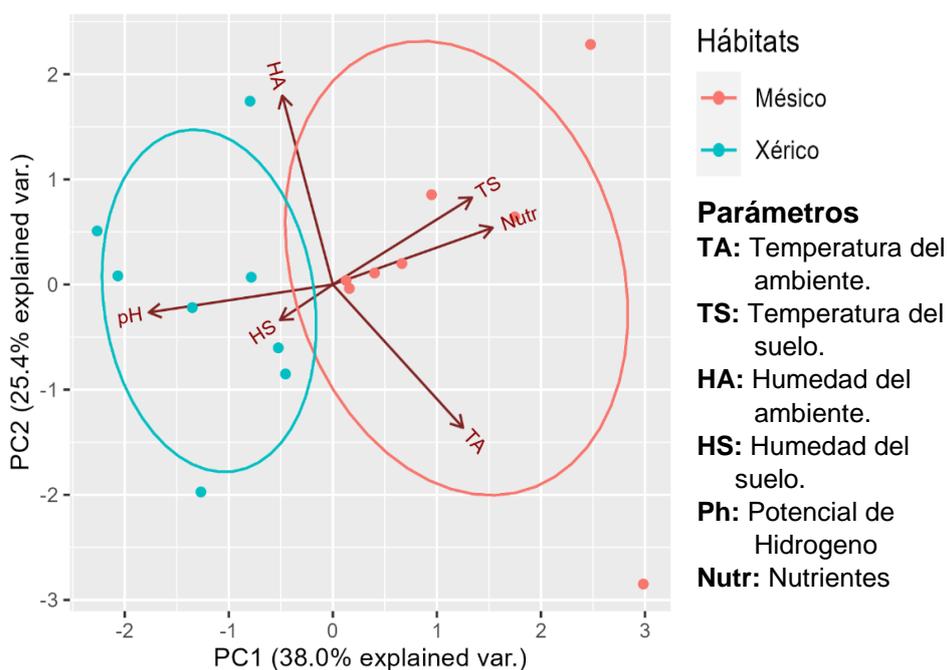


Figura 16. Medición del estrés ambiental en el hábitat xérico y mésico.

4.2. Riqueza de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos y mésicos.

Se registró un total de 98 morfotipos de insectos agalladores asociados al dosel en los hábitats xéricos y mésicos, de la RNAM. La única familia identificada fue Cecidomyiidae (Diptera) con 37 morfotipos (37.8%), el resto no fue posible identificar (62.2%) debido a la ausencia de los insectos agalladores (larvas, pupas y adultos) (Tabla 1) (Anexo 1 y 2).

Tabla 1. Riqueza de insectos agalladores

ORDEN	SUB ORDEN	FAMILIA	NUMERO DE MORFOTIPOS	%
Diptera	Nematocera	Cecidomyiidae	37	37.8
Indeterminados	-	-	61	62.2
TOTAL			98	

Del total de insectos agalladores se observa una mayor riqueza en el hábitat mésico, con 53 (54.1%) morfotipos, y menor riqueza en el hábitat xérico, con 44 (44.9%) morfotipos. Se observa además que 01 morfotipo se encuentra en ambos hábitats (Tabla 2) (Anexo 1 y 2). Aplicando el índice de Shannon – weaver, para estimar la diversidad de los hábitats xéricos y mésicos, los valores corresponden a una diversidad media respectivamente ($H' = 2.69, 2.68$).

Tabla 2. Distribución de los órdenes de insectos agalladores en hábitats xéricos y mésicos por número de morfotipos.

Tipo de hábitat	Orden	Familia	Número de morfotipos	Total	%
Hábitat xérico (Varillal seco)	Diptera	Cecidomyiidae	17	44	44.9
	Indeterminados	-	27		
Hábitat mésico (Varillal húmedo)	Diptera	Cecidomyiidae	20	53	54.1
	Indeterminados	-	33		
Ambos hábitats	Indeterminado		1	1	1

También se sometieron los datos a un modelo lineal generalizado, obteniéndose que la diversidad de insectos agalladores, usando el índice de Shanon – weaver, no fue significativamente diferente entre los tipos de hábitats ($X^2= 0.60$, $gl=1$ $P = 0.44$). (Figura 17).

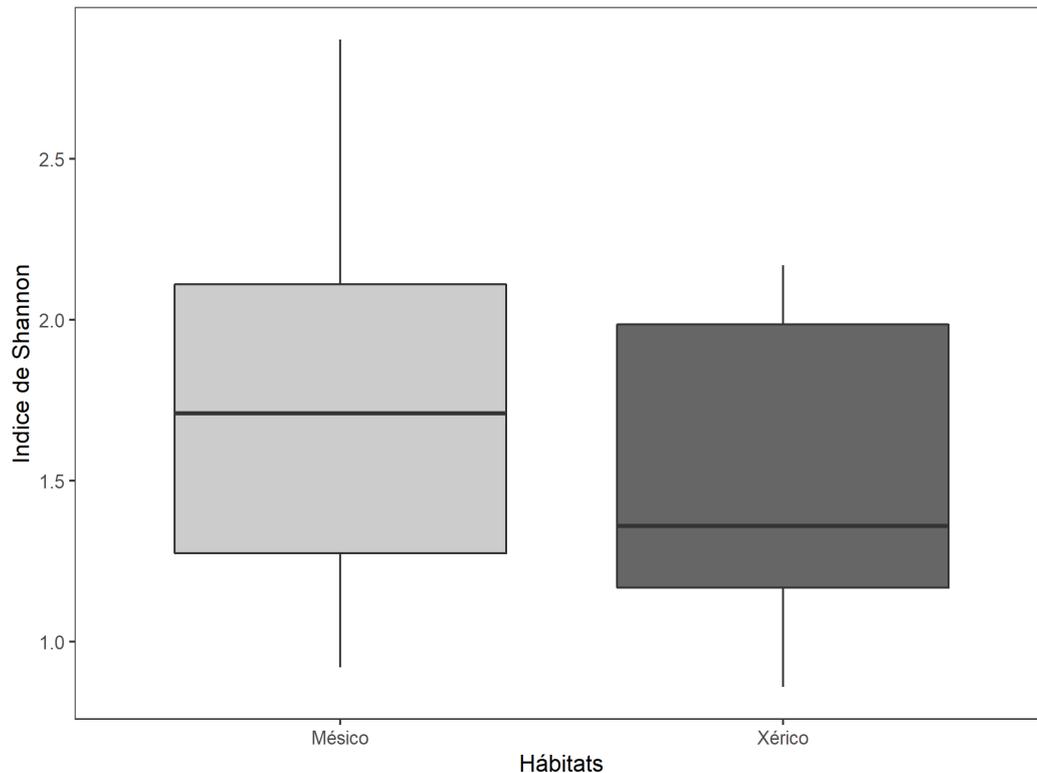


Figura 17. Comparación de la diversidad de los insectos agalladores entre los tipos de hábitats.

4.3. Abundancia de insectos agalladores asociados al dosel de hábitats xéricos y mésicos.

Se registró un total 10,649 agallas de 98 morfotipos de insectos agalladores asociados al dosel en los habitas xéricos y mésicos de la Reserva Nacional Alpahuayo-Mishana, siendo la familia Cecidomyiidae (Díptera) la única familia identificado con 4485 agallas (42.1%), el resto que no fue posible identificar con 6164 (57.9%) (Tabla 3) (Anexo 1).

Tabla 3. Abundancia de insectos agalladores

ORDEN	SUB ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA DE AGALLAS	%
Diptera	Nematocera	Cecidomyiidae	4485	42.1
Indeterminados	-	-	6164	57.9
TOTAL			10649	

Del total de agallas registradas, el hábitat mésico presento una mayor abundancia con 7745 (72.7%) de agallas, a diferencia del hábitat xérico con una abundancia de 2904 (27.3%) de agallas siendo el menos representativo (Tabla 4) (Anexo 1).

Tabla 4. Abundancia de insectos agalladores según el tipo de hábitat.

Tipo de hábitat	Orden	Familia	Abundancia de agallas	Total	%
Hábitat xérico (Varillal seco)	Diptera	Cecidomyiidae	1616	2904	27.3
	Indeterminados	-	1288		
Hábitat mésico (Varillal húmedo)	Diptera	Cecidomyiidae	2869	7745	72.7
	Indeterminados	-	4876		
TOTAL				10649	

La abundancia de insectos agalladores fue diferente significativamente entre los tipos de vegetación, con hábitats menos estresados (mésico) presentando mayor abundancia que hábitats más estresados (xéricos) ($X^2 = 6.86$, $gl = 1$, $P < 0.05$) (Figura 18).

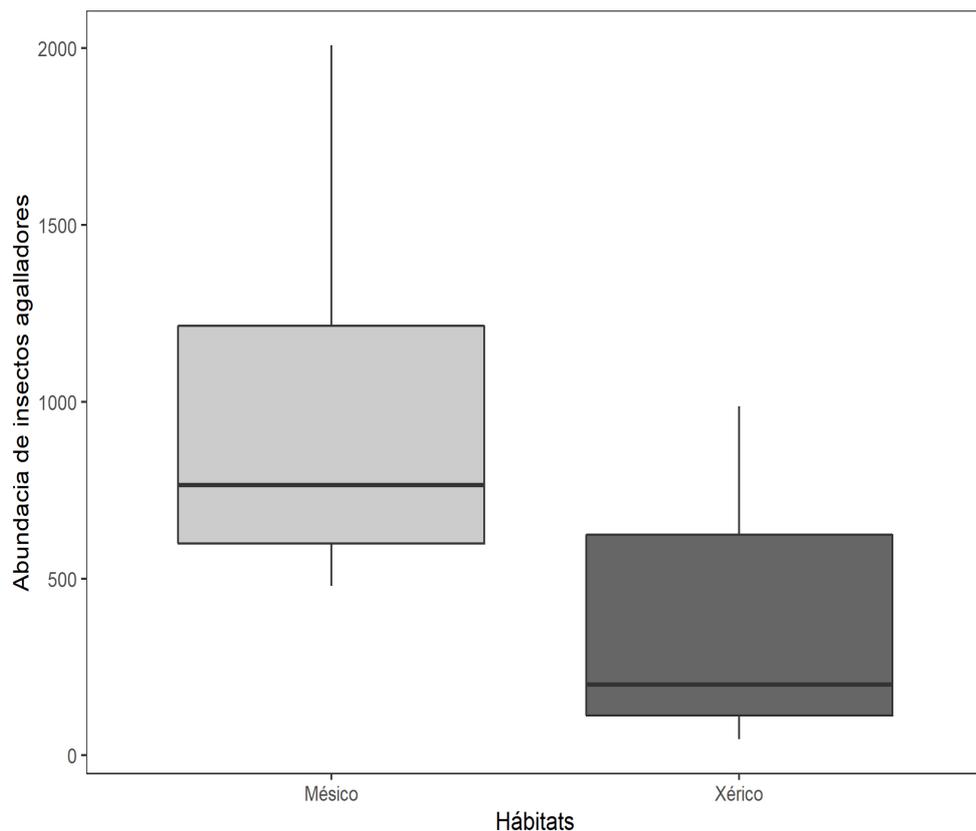


Figura 18. Comparación de abundancia de agallas de morfotipos de insectos agalladores entre los tipos de hábitats

Se observó que existe mayor cantidad de grupos predominantes en el hábitat méxico, sin embargo, aplicando el índice Simpson para ver predominancia. Los valores de dominancia son bajos 0.11 para el hábitat xérico y 0.15 para el hábitat méxico lo que refleja una diversidad de media a alta.

De los grupos predominantes sobresale el morfotipo 54 con 2687 agallas, solo se ha considerado 7 morfotipos por presentar cantidades mayores a 400 individuos de insectos agalladores (Grafico 1).

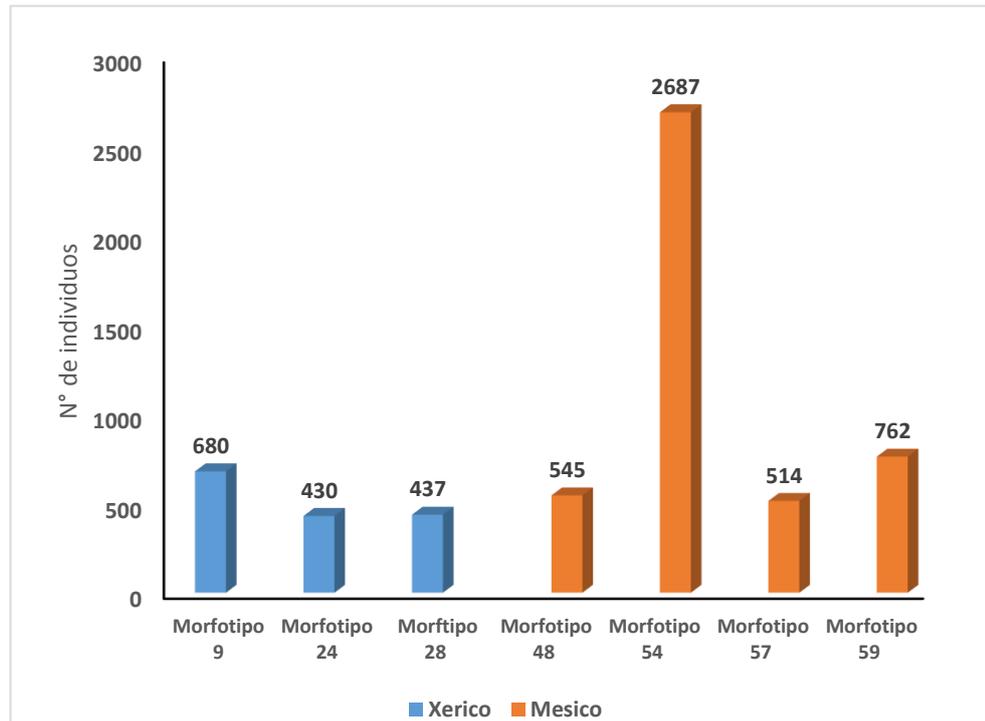


Gráfico 1. Morfotipos más abundantes de insectos agalladores en hábitat xérico y méxico.

4.4. Familia botánica que presenta mayor riqueza y abundancia de insectos agalladores.

Los 98 morfotipos de insectos agalladores fueron colectados de 18 familias botánicas. Fabaceae fue la familia que presentó mayor riqueza con 25 (25.1%) morfotipos de insectos agalladores, los cuales 7 morfotipos pertenecen al hábitat xérico y 17 al méxico, se observó que 01 morfotipo estaba presente en ambos hábitats, las familias menos representadas fueron: Metteniusaceae y Sapindaceae con 01 (1.02%) morfotipo cada uno para el hábitat méxico y Myristicaceae con 01 (1.02%) morfotipo para el hábitat xérico (Tabla 5).

Con respecto a la abundancia de agallas, Fabaceae fue la familia más representativa con 2987 agallas (28.05%), y la familia menos representada fue Metteniusaceae con 6 agallas (0.056%) (Tabla 6).

Tabla 5. Riqueza de insectos agalladores en familias botánicas.

Familia	Hábitat xérico	Hábitat mesico	Ambos hábitats	Total	%
Anacardiaceae	5	0	0	5	5.10
Annonaceae	2	0	0	2	2.04
Apocynaceae	2	0	0	2	2.04
Araliaceae	0	3	0	3	3.06
Calophyllaceae	0	16	0	16	16.33
Chrysobalanaceae	3	0	0	3	3.06
Elaeocarpaceae	0	7	0	7	7.14
Euphorbiaceae	11	0	0	11	11.22
Fabaceae	7	17	1	25	25.51
Lauraceae	6	0	0	6	6.12
Malvaceae	0	2	0	2	2.04
Metteniusaceae	0	1	0	1	1.02
Myristicaceae	1	0	0	1	1.02
Myrtaceae	3	0	0	3	3.06
Nyctaginaceae	2	0	0	2	2.04
Olacaceae	2	0	0	2	2.04
Sapindaceae	0	1	0	1	1.02
Sapotaceae	0	6	0	6	6.12
Total	44	53	1	98	

Tabla 6. Abundancia de insectos agalladores en familias botánicas.

Familia	Hábitat xérico	Hábitat mesico	Total	%
Anacardiaceae	54	0	54	0.507
Annonaceae	10	0	10	0.094
Apocynaceae	695	0	695	6.526
Araliaceae	0	46	46	0.432
Calophyllaceae	0	1536	1536	14.42
Chrysobalanaceae	60	0	60	0.563
Elaeocarpaceae	0	1265	1265	11.88
Euphorbiaceae	676	0	676	6.348
Fabaceae	1050	1937	2987	28.05
Lauraceae	64	0	64	0.601
Malvaceae	0	2695	2695	25.31
Metteniusaceae	0	6	6	0.056
Myristicaceae	172	0	172	1.615
Myrtaceae	79	0	79	0.742
Nyctaginaceae	30	0	30	0.282
Olacaceae	14	0	14	0.131
Sapindaceae	0	45	45	0.423
Sapotaceae	0	215	215	2.019
	2904	7745	10649	

CAPITULO V: DISCUSIÓN

Estudios han demostrado que la distribución de insectos agalladores depende de las características del entorno en el cual se establece la planta hospedera, así mismo describen a los hábitats xéricos como ambientes estresados (restricción hídrica y nutricional) y a los hábitats mésicos sin dicha restricción, ricos en nutrientes y con disponibilidad de agua^(5,7,8,10-16,18,19,24). De los datos obtenidos en este estudio según el análisis de componentes primarios (ACP) el hábitat mésico (Varillal húmedo) se relaciona positivamente con los nutrientes a diferencia del hábitat xérico (Varillal seco), el cual se relaciona negativamente con el pH. De la misma manera, un estudio realizado en Brasil⁽¹²⁾, reporta que sus ambientes sin estrés también se relacionan positivamente con la calidad del suelo (nutrientes).

Estudios anteriores^(12, 13, 14, 16, 17, 7) reportaron una mayor riqueza de insectos agalladores en hábitats xéricos a diferencia de los hábitats mésicos; tal como la hipótesis de estrés higrotermico lo predice^(7,11). Sin embargo, contradiciendo la predicción de dicha hipótesis, encontramos que la riqueza de insectos agalladores estadísticamente no presento diferencia significativa entre los tipos de hábitats. Cuyos datos coinciden con trabajos realizados⁽⁸⁾ en Floresta Nacional de Silvânia, Brasil, donde su vegetación de sabana (xérica) y forestal (mésica) tampoco muestran diferencia significativa en la riqueza de insectos agalladores, de la misma forma otra estudio realizado en Serra dos Pirineus, Goiás, Brasil, no fueron observadas diferencias significativas estadísticamente entre la riqueza de insectos agalladores del cerrado y de mata⁽¹⁰⁾. Así mismo Medianero et al⁽¹⁵⁾ reportaron por medio de un estudio realizado en dos bosques (Fuerte Sheman y Parque Nacional Metropolitano)

de la República de Panamá, tampoco presento estadísticamente diferencia en cuanto a la riqueza de morfotipos encontrados. Fernandes et al⁽¹⁷⁾ también realizaron un estudio en cinco poblaciones de hábitats mésicos (bosque pluvial atlántico) y cinco en hábitats xéricos (cerrado y campo rupestre) en el cual también se registró que no existe diferencia significativa estadísticamente en la riqueza de los insectos agalladores.

Similar a los resultados de estudios realizados en Brasil⁽¹⁰⁾ y República de Panamá⁽¹⁵⁾; la abundancia muestra una diferencia significativa entre los dos tipos de hábitats, debido a que los hábitats mésicos son los que presentaron mayor abundancia de insectos agalladores.

Una explicación ante los datos expuestos, es que los hábitats mésicos presentan una mayor complejidad estructural de las plantas⁽⁸⁾. Las plantas hospedadas estructuralmente más complejas brindan más recursos para los insectos agalladores y una mayor disponibilidad de sitios de ovoposición para las hembras⁽⁵⁾. Según lo mencionado, las plantas con una arquitectura más alta deberían soportar una mayor diversidad de insectos agalladores⁽¹⁰⁾.

De los datos obtenidos más del 30% de los morfotipos de agallas fueron inducidas por insectos pertenecientes a la familia Cecidomyiidae (Diptera) a si mismo Ribeiro et al⁽⁸⁾ también reportaron que esta familia indujo más del 30 % de sus agallas. Sin embargo, Rodrigues et al⁽¹³⁾ y Fernandes et al ⁽¹⁷⁾ reportaron que esta familia indujo más de la mitad de la muestra total convirtiéndose en el taxón de insectos más común.

Se observó que la familia Fabaceae tuvo mayor riqueza y abundancia de insectos agalladores, con 25 morfotipos y 2987 agallas.

En un estudio realizado por Rodriguez et al⁽¹³⁾ en una transición Cerrado-Caatinga en el norte de Minas Gerais, Brasil, también fue encontrada la mayor riqueza (10 morfotipos) de insectos agalladores en esa familia vegetal. Así mismo Julião⁽¹⁴⁾ también registro que esta familia albergaba mayor riqueza (13 morfotipos) en los bosques de tierra firme, várzea e igapó de la Amazonía Central, a diferencia de Fernandes et al⁽¹⁷⁾, registraron a Fabaceae como la familia vegetal con menos riqueza (16 morfotipos) de insectos agalladores.

Uno de los principales motivos de que esta familia albergue una alta riqueza de insectos agalladores en los hábitats xéricos y méxicos es por su elevado número de especies. Esto se debe a que fabaceae se encuentra entre las familias de plantas con mayor riqueza de especies hospedaderas en la región neotropical, siendo esta la tercera familia de angiospermas más grande con 770 géneros y aproximadamente 19.500 especies(30); en la Reserva Nacional Alpahuayo-Mishana un total de 89 especies fueron registradas(31) de las cuales *Tachigali lorentensis*, *Macrolobium limbatum*, *Macrolobium microcalyx*, *Parkia igneiflora*, *Abarema auriculata*, *Dicymbe uaiparuensis* y *Dimorphandra macrostachya* fueron muestreadas para el presente estudio.

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

- Los hábitats méxicos (Varillal húmedo) se relacionaron positivamente con los nutrientes a diferencia de los hábitats xéricos (Varillal seco) que están relacionados negativamente con pH debido a que en estos ambientes el suelo es pobre en nutrientes.
- En relación a riqueza los hábitats xéricos y méxicos presentaron una diversidad media de insectos agalladores; estadísticamente no se presentó diferencia significativa de insectos agalladores entre los tipos de hábitats.
- En relación a la abundancia de insectos agalladores, los hábitats xéricos y méxicos estadísticamente presentaron diferencia significativa, siendo el hábitat méxico el que registro mayor insectos agalladores.
- La familia vegetal que presento mayor riqueza y abundancia de insectos agalladores fue Fabácea.
- Se rechaza la hipótesis de la investigación porque no se encontraron diferencias significativas en la diversidad de los insectos agalladores en los hábitats xericos y méxicos de bosques sobre arena blanca de la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana.

CAPITULO VII: RECOMENDACIONES

- Realizar estudios encaminados a la diversidad de insectos agalladores relacionados a las condiciones de su entorno, para conocer la influencia que tienen estos en la distribución de los insectos.
- Se hace necesario promover el estudio de la fauna del dosel de los bosques, debido que a nivel de ese estrato son pocos los estudios y por ende se desconoce la distribución de diversidad de los insectos.
- Estudios futuros que también busquen comparar la diversidad de insectos agalladores entre los hábitats xéricos y méxicos tendrían que tener en cuenta también otros factores como, por ejemplo: la complejidad arquitectónica de la planta, presencia de taxones vegetales superhospederas y la riqueza de las plantas.

CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Mendonca. Plant diversity and galling arthropod diversity searching for taxonomic patterns in an animal plant interaction in the neotropics. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica Buenos Aires. 2007;42(3):347–57.
2. Grandez Rios, García Villacorta, Cuevas Reyes, Santos De Araujo. Insectos inductores de agallas en América Latina: Ecología, importancia y nuevas prespectivas. Rev Biol Neotrop. 2015;12(2):92–103.
3. Gonzalez, Solis. Anatomía y morfogenesis de las agallas producidas por *Leptocybe* invasora en plantas de eucalyptus. Bol Soc Argent Bot. 2015;50(2):141–51.
4. Fernandes, Carneiro. Insetos galhadores. 2009. 597–640 p.
5. Goncalves, Fernandes. Comunidades de insetos galhadores (insecta) em diferentes fisionomias do cerrdo em Minas Gerais, Brasil. Revta bras Zool. 2001;18(1):289–305.
6. Espirito, Fernandes. How Many Species of Gall-Inducing Insects Are There on Earth, and Where Are They? Ann Entomol Soc Am. 2007;100(2):95–9.
7. Fernandes, Price. Biogeographical gradients in galling species richness. Oecologi. 1988;76(2):161–7.
8. Ribeiro Bergamini, Lima Bergamini, Baptista Dos Santos, Santos De Araujo. Distribution of insect galls in xeric and mesic habitats of Floresta Nacional de Silvânia, Brazil. Iheringia, Série Zoologia. 2017;(107):1–6.

9. Lara ACF, Fernandes GW, Gonçalves-Alvim SJ. Tests of hypotheses on patterns of gall distribution along an altitudinal gradient. *Trop Zool.* 2002;15(2):219–32.
10. Santos de Araújo, Baptista Dos Santos. Efeitos do habitat e da sazonalidade na distribuição de insetos galhadores na Serra dos Pirineus, Goiás, Brasil. *Rev Biol Neotrop.* 2008;5(2):33–9.
11. Fleck, Fonseca. Hipóteses sobre a riqueza de insetos galhadores: uma revisão considerando os níveis intra-específico, interespecífico e de comunidade. *Neotropical Biology and Conservation.* 2007;2(1):36–45.
12. Ramos, Solar, Santos, Fagundes. Variation in community structure of gall-inducing insects associated with a tropical plant supports the hypothesis of competition in stressful habitats. *Ecology and Evolution.* 2019;(9):13919–30.
13. Rodrigues, Fernandes, Oliveira Silva, Siqueira Neve, Fagundes. Galhas de insetos em habitats xérico e méxico em região de transição Cerrado-Caatinga no norte de Minas Gerais, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation.* 2012;7(3):171–87.
14. Genimar R. Riqueza y abundancia de insetos galhadores associados ao dossel de florestas de terra firme, várzea e igapó da Amazonia Central. [Manaus]: Universidade Federal do Amazonas-UFAM; 2007.
15. Madianero, Valderrama, Barrios. Diversidad de insectos minadores de hojas y formadores de agallas en el dosel y sotobosque del bosque tropical. *Acta Zoologica Mexicana.* 2003;(89):153–68.

16. Mendes, Marques, Silva, Fernandes. Influence of host-plant sex and habitat on survivorship of insect galls within the geographical range of the host-plant. *Tropical Zoology*. 2002;15:5–15.
17. Fernandes, Julião, Araújo, Lombardi, Negreiros, et al. Distribution and morphology of insect galls of the Rio Doce Vallery, Brazil. *Naturalia*. 2001;(26):211–44.
18. Fernandes, Price. The adaptive significance of insect gall distribution: survivorship of species in xeric and mesic habitats. *Oecologia*. 1992;(90):14–20.
19. Araújo, Scareli, Guilherme, Cuevas. Comparing galling insect richness among Neotropical savannas: effects of plant richness, vegetation structure and super-host presence. *Biodiversity and Conservation*. 2013;22(4):1083–94.
20. García Villacorta, Ahuite, Olórtogui. Clasificación de bosques sobre arena blanca de la Zona Reservada Allpahuayo-Mishana. *Folia Amazónica*. 2003;14(11):17–33.
21. Isaias, Carneiro, Oliveira, Santos. Illustrated and Annotated Checklist of Brazilian Gall Morphotypes. *Neotrop Entomol*. 2013;(42):230–9.
22. Fernandes G, Alvim S, Carneiro MAA. Habitat-driven effects on the diversity of gall-inducing insects in the Brazilian Cerrado. En *USA: Science Publishers Inc*; 2005. p. 693–708.

23. Medianero, Barrios. Riqueza de insectos cecidógenos en el dosel y sotobosque de dos zonas Ecológicas en Panamá. *Scientia (Panamá)*. 2001;16(1):17–42.
24. Mani. *Ecology of plant galls*. 1a ed. 1964. 393 p.
25. Phillips, Baker, Feldpaush, Brienen. *Field manual for plot establishment and remeasurement*. Retrieved from; 2009.
26. <https://forestplots.net/>.
27. Sánchez Vela. *Macro invertebrados del suelo en diferentes tipos de vegetación de tierra firme, durante periodos de lluvias, y su relación con factores edáficos, puerto Almendra, Loreto. [Perú]: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; 2015.*
28. Gagné. *The gall midges of the Neotropical Region*. 1a ed. New York; 1994. 325 p.
29. Fernando, Goncalves, Brant, Humberto. *Análisis ecológicas no R*. 1a ed. Brasil: Canal 6; 2022. 641 p.
30. Santos, Araújo. Are Fabaceae the principal super-hosts of galls in Brazil? *An Acad Bras Cienc*. 2020;92(2):1–15.
31. Vasquez, Phillips. Allpahuayo: Floristics, Structure, and Dynamics of a High-Diversity Forest in Amazonian Peru. *ANN MISSOURI BOT GARD*. 2000;87(4):499–527.

ANEXOS

Anexo 1. Familias y especies de plantas huésped, insecto agallador, caracterización de las agallas y ubicación.

Plantas hospederas		Insecto agallador			Agallas							
Familia	Especie	Morfo-tipo	Abun-dancia	Insecto inductor	Organo atacado	Forma	Color	Trico-mas	Ocurrencia	Número de camaras internas	Hábitat	Figura
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	1	30	indeterminado	hoja	conica	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	1
		2	6	cecidomyiidae	rama	globoide	marron	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	2
		3	1	indeterminado	hoja	enrollamiento	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	3
		4	12	cecidomyiidae	hoja	globoide	marron	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	4
		5	5	cecidomyiidae	hoja	fusiforme	marron	no	aislado	Multilocular	<i>Xérico</i>	5
Annonaceae	<i>Gutteria megalophylla</i>	6	8	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	6
	<i>Diclinanona tessmannii</i>	7	2	indeterminado	rama	globoide	marron	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	7
Apocynaceae	<i>Aspidosperma excelsum</i>	8	15	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	8
		9	680	cecidomyiidae	hoja	lenticular	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	9
Chrysobalanaceae	<i>Couepia williamsii</i>	10	44	cecidomyiidae	hoja	enrollamiento	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	10
		11	14	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	11
		12	2	cecidomyiidae	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	12
Euphorbiaceae	<i>Micrandra elata</i>	13	154	cecidomyiidae	hoja	globoide	verde	no	aislado	Multilocular	<i>Xérico</i>	13
		14	118	cecidomyiidae	hoja	amorfa	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	14
		15	82	cecidomyiidae	rama	globoide	marron	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	15
		16	116	cecidomyiidae	hoja	enrollamiento	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	16
		17	112	cecidomyiidae	rama	fusiforme	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	17
		18	44	cecidomyiidae	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	18
		19	5	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	<i>Xérico</i>	19

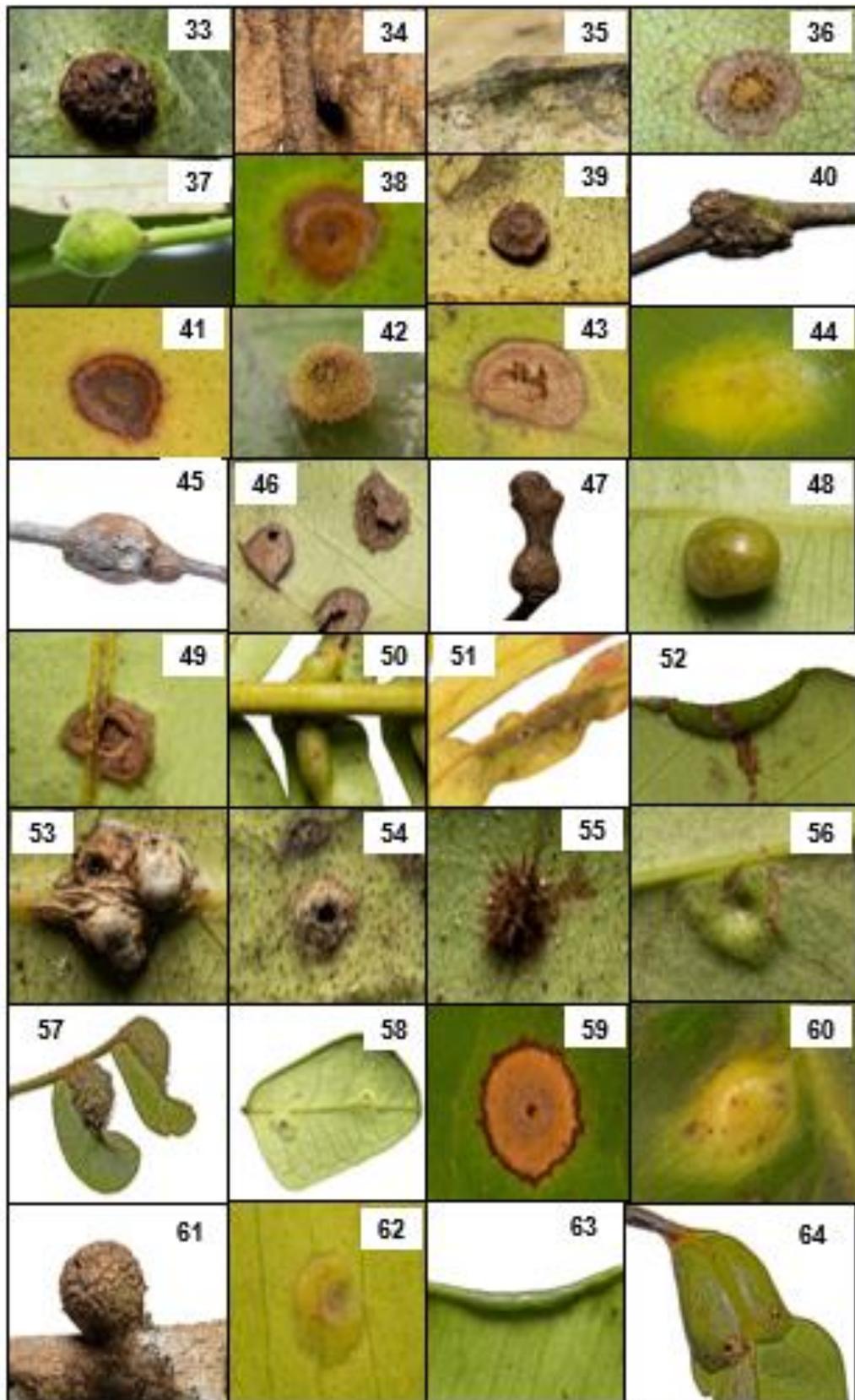
		20	22	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	Multilocular	Xérico	20
		21	13	cecidomyiidae	rama	globoide	marron	no	aislado	Unilocular	Xérico	21
		22	2	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico	22
		23	8	indeterminado	rama	globoide	marron	no	aislado	Unilocular	Xérico	23
Fabaceae	<i>Tachigali lorentensis</i>	24	430	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico	24
		25	47	indeterminado	hoja	enrollamiento	verde	si	aislado	Unilocular	Xérico	25
		26	77	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico	26
		27	2	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	Multilocular	Xérico	27
		29	437	indeterminado	hoja	roseta	verde	si	agrudo	Multilocular	Xérico	28
	<i>Macrolobium limbatum</i>	28	10	cecidomyiidae	hoja	lenticular	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico	29
	<i>Macrolobium microcalyx</i>	30	9	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	multilocular	Xérico	30
		31	148	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico/Mésico	31
		82	15	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	78
		90	1	indeterminado	hoja	fusiforme	marron	no	aislado	unilocular	Mésico	79
	<i>Parkia igneiflora</i>	72	2	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	80
		73	36	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	81
		74	27	indeterminado	hoja	fusiforme	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	82
		75	324	cecidomyiidae	hoja	copa	amarillo	no	aislado	unilocular	Mésico	83
		94	14	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	84
	<i>Abarema auriculata</i>	57	514	cecidomyiidae	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	85
		58	53	cecidomyiidae	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	86
	<i>Dicymbe uaiparuensis</i>	87	157	cecidomyiidae	hoja	conica	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	87
		89	114	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	88
	<i>Dimorphandra macrostachya</i>	49	90	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	72
50		5	cecidomyiidae	hoja	globoide	verde	si	aislado	unilocular	Mésico	73	
51		266	cecidomyiidae	hoja	bolso	verde	no	aislado	unilocular	Mésico	74	

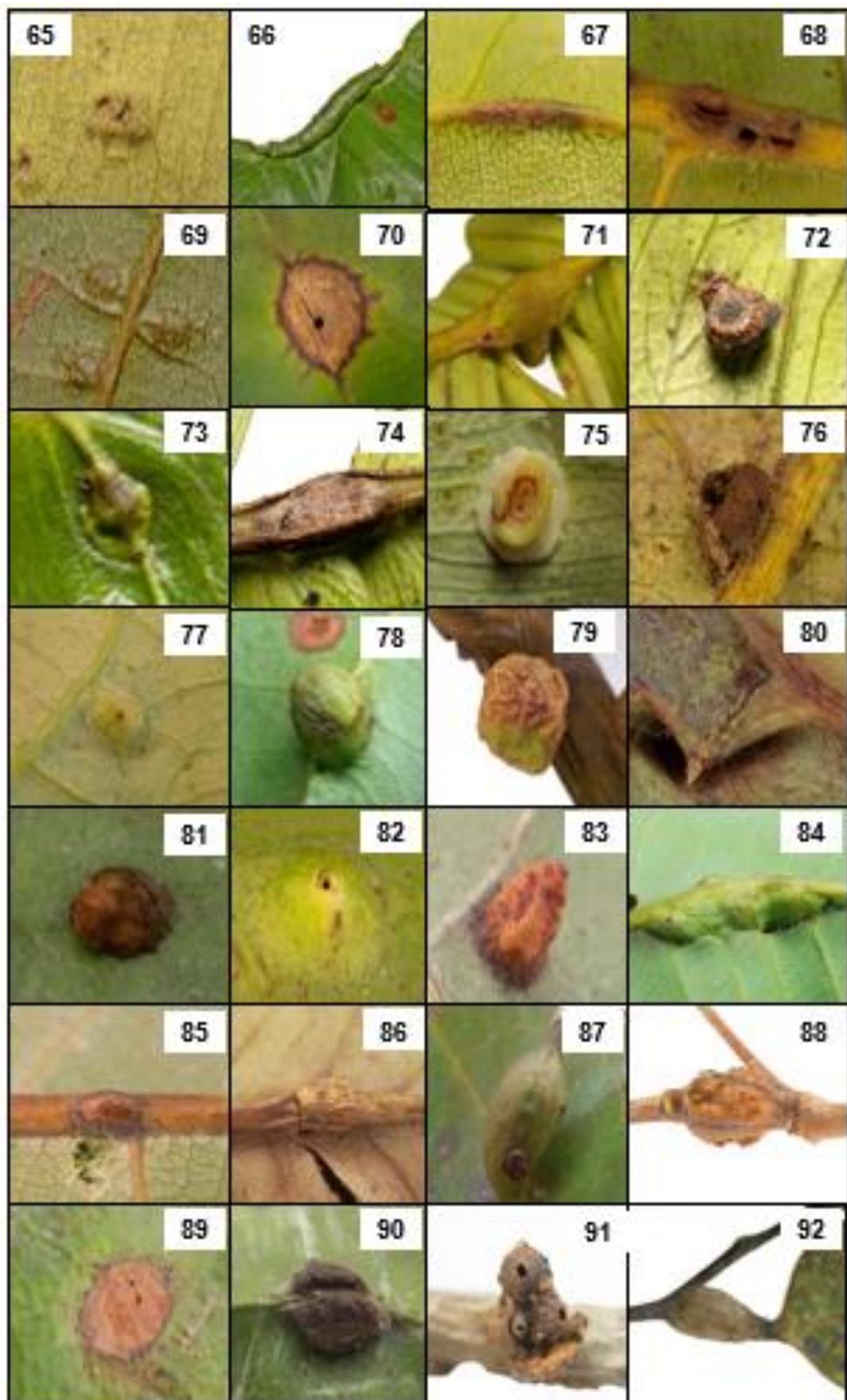
		71	206	cecidiomyiidae	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	México	75
		79	2	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	México	76
		98	1	indeterminado	hoja	globoide	marron	no	aislado	unilocular	México	77
Lauraceae	<i>Ocotea argyrophylla</i>	32	12	indeterminado	hoja	globoide	marron	si	aislado	Unilocular	Xérico	32
		33	6	indeterminado	hoja	globoide	marron	no	aislado	Unilocular	Xérico	33
		34	31	indeterminado	hoja	conica	marron	no	aislado	Multilocular	Xérico	34
	<i>Persea boliviensis</i>	35	1	indeterminado	hoja	lenticular	marron	no	aislado	Unilocular	Xérico	35
		36	3	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico	36
			37	11	cecidiomyiidae	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico
Myristicaceae	<i>Virola pavonis</i>	38	172	cecidiomyiidae	hoja	lenticular	marron	no	aislado	Unilocular	Xérico	38
Myrtaceae	<i>Myrcia cebra</i>	39	35	cecidiomyiidae	hoja	lenticular	marron	no	aislado	Unilocular	Xérico	39
		40	1	indeterminado	rama	globoide	marron	no	aislado	Unilocular	Xérico	40
		<i>Blepharocalyx eggersii</i>	41	43	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico
Nyctaginaceae	<i>Neea verticillata</i>	42	12	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico	42
		43	18	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico	43
Olacaceae	<i>Cathedra acuminata</i>	44	13	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	Unilocular	Xérico	44
		45	1	indeterminado	hoja	globoide	marron	no	aislado	Multilocular	Xérico	45
Araliaceae	<i>Dendropanax umbellatus</i>	55	3	indeterminado	hoja	globoide	marron	si	aislado	unilocular	México	46
		56	39	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	México	47
		86	4	cecidiomyiidae	hoja	fusiforme	verde	no	aislado	unilocular	México	48
Calophyllaceae	<i>Caraipa utilis</i>	46	153	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	México	49
		47	12	indeterminado	rama	globoide	marron	no	aislado	unilocular	México	50
		48	545	cecidiomyiidae	hoja	globoide	verde	no	aislado	multilocular	México	51
		52	114	cecidiomyiidae	hoja	enrollamiento	verde	no	aislado	unilocular	México	52
		53	146	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	agrupado	unilocular	México	53
		64	149	cecidiomyiidae	hoja	globoide	verde	no	agrupado	unilocular	México	54

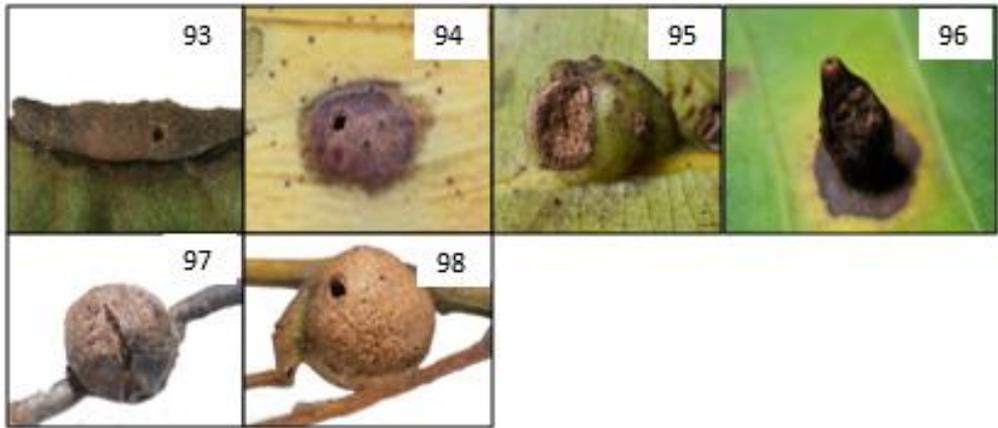
		88	5	cecidomyiidae	rama	globoide	marron	no	aislado	unilocular	México	55
		92	29	cecidomyiidae	hoja	globoide	marron	no	aislado	unilocular	México	56
		95	3	cecidomyiidae	hoja	globoide	verde	no	aislado	multilocular	México	57
		97	16	indeterminado	rama	globoide	marron	no	aislado	unilocular	México	58
	<i>Haploclathra cordata</i>	76	217	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	multilocular	México	59
		77	78	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	México	60
		96	2	indeterminado	hoja	conica	verde	no	aislado	unilocular	México	61
	<i>Caraipa tereticaulis</i>	84	17	cecidomyiidae	hoja	fusiforme	verde	no	aislado	multilocular	México	62
		85	1	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	México	63
		93	49	cecidomyiidae	hoja	enrollamiento	verde	no	aislado	unilocular	México	64
Elaeocarpaceae	<i>Sloanea parvifructa</i>	59	762	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	México	65
		66	70	cecidomyiidae	hoja	enrollamiento	verde	no	aislado	unilocular	México	66
		67	11	indeterminado	hoja	fusiforme	verde	no	aislado	unilocular	México	67
		68	47	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	México	68
		69	20	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	México	69
		78	63	cecidomyiidae	hoja	globoide	verde	no	aislado	multilocular	México	70
		91	292	cecidomyiidae	rama	globoide	verde	no	agrupado	multilocular	México	71
Malvaceae	<i>Pachira brevipes</i>	54	2687	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	México	89
		81	8	indeterminado	hoja	globoide	marron	no	aislado	unilocular	México	90
Metteniusaceae	<i>Emmotum floribundum</i>	65	6	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	México	91
Sapindaceae	<i>Cupania diphylla</i>	83	45	indeterminado	hoja	conica	marron	no	aislado	unilocular	México	92
Sapotaceae	<i>Manilkara bidentata</i>	60	136	indeterminado	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	México	93
		61	4	cecidomyiidae	hoja	globoide	verde	no	aislado	unilocular	México	94
		62	24	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	México	95
		63	24	indeterminado	hoja	enrollamiento	verde	no	aislado	unilocular	México	96
	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>	70	26	indeterminado	hoja	lenticular	verde	no	aislado	unilocular	México	97
		80	1	indeterminado	hoja	fusiforme	verde	no	aislado	unilocular	México	98

Anexo 2. Morfotipos de agallas encontradas en plantas hospederas de los hábitats xéricos y
mésicos en la Reserva Nacional Alpahuayo-Mishana. Más detalles en el Anexo
1.









Anexo 3. Medición del diámetro a la altura del pecho.



Anexo 4. Medición de factores físico-químicos.



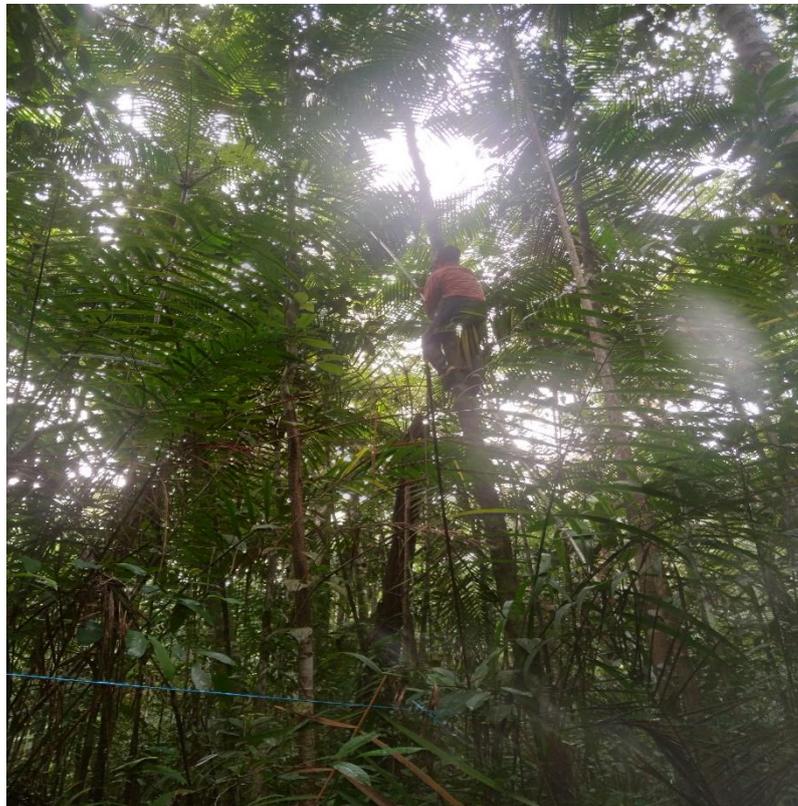
Anexo 5. Colecta de hojarasca



Anexo 6. Secado y pesado de hojarasca.



Anexo 7. Colecta de unidades terminales de individuos vegetales.



Anexo 8. colecta de agallas inducidas por insectos.



Anexo 9. Obtención de insectos agalladores inmaduros (larvas y pupas).



Anexo 10. Larva de Díptera de la familia Cecidomyiidae.



Anexo 11. Pupa de Díptera de la familia Cecidomyiidae.



Anexo 12. Crianza de agallas para la obtención de insectos agalladores adultos.



Anexo 13. Díptera adulto macho de la familia Cecidomyiidae.



Anexo 14. Díptera adulto hembra de la familia Cecidomyiidae.

