



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y
Geográfica
Unidad de Posgrado

**Áreas potenciales de conservación mediante la
caracterización de redes ecológicas de polinización en
el valle interandino de la provincia de Oyón,
departamento de Lima, 2023**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias
Ambientales con mención en Gestión y Ordenamiento Ambiental
del Territorio

AUTOR

Katherin BERNABE PANIAGUA

ASESOR

Dra. Nora Rosa Concepción MALCA CASAVILCA

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Bernabe, K. (2024). *Áreas potenciales de conservación mediante la caracterización de redes ecológicas de polinización en el valle interandino de la provincia de Oyón, departamento de Lima, 2023*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Katherin Bernabé Paniagua
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47613101
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-9225-386X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Nora Rosa Concepción Malca Casavilca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08129250
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-2625-9008
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jaime César Mayorga Rojas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10369482
Secretario del jurado	
Nombres y apellidos	Jorge Luis López Bulnes
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08153969
Miembro del jurado	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Toledo Gutiérrez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06016715
Datos de investigación	

Línea de investigación	Gestión y ordenación de espacios naturales
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Perú. PROCENCIA. Financiamiento con código PE501078688-2022.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Oyón Distrito: Oyón Latitud: -10.647868 Longitud: -76.785588
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2023 - 2024
URL de disciplinas OCDE	Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos– Lima, a los nueve días del mes de octubre de 2024, siendo las 15:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del Jurado Examinador de tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000342-2024-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 02 de octubre de 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TITULO

«ÁREAS POTENCIALES DE CONSERVACIÓN MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN DE REDES ECOLÓGICAS DE POLINIZACIÓN EN EL VALLE INTERANDINO DE LA PROVINCIA DE OYÓN, DEPARTAMENTO DE LIMA, 2023»

Que, presenta la Bach. **KATHERIN BERNABE PANIAGUA**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN GESTIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO**.

El secretario del Jurado Examinador de la tesis, analiza el expediente N° UNMSM-20230039810 del 09 de mayo de 2023, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

Luego de la Sustentación y la calificación de la tesis se realizará de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente en conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

Muy Bueno (17)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN GESTIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO** al Bach. **KATHERIN BERNABE PANIAGUA**.

Siendo las 16:00 horas, se dio por concluido al acto académico.


DR. JAIME CÉSAR MAYORGA ROJAS
Presidente


DR. JORGE LUIS LÓPEZ BULNES
Secretario


MG. CARLOS ALBERTO TOLEDO GUTIERREZ
Miembro


DRA. NORA ROSA CONCEPCIÓN MALCA CASAVILCA
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE
SAN MARCOS
Universidad del Perú, Decana de América

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo DRA. NORA ROSA CONCEPCIÓN MALCA CASAVILCA en mi condición de asesora acreditada con el Dictamen N° 000469-2023-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es «**ÁREAS POTENCIALES DE CONSERVACIÓN MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN DE REDES ECOLÓGICAS DE POLINIZACIÓN EN EL VALLE INTERANDINO DE LA PROVINCIA DE OYÓN, DEPARTAMENTO DE LIMA, 2023**», presentado por la BACHILLER KATHERIN BERNABE PANIAGUA para optar el Grado Académico de MAGISTER EN CIENCIAS AMBIENTALES CON MENCIÓN EN GESTIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO, **CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de Investigación y Producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante la plataforma PIDS, el documento evaluado cuenta con el **15 %** de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Lima, 13 de Agosto de 2024

Firma del Asesor:

Nombres y apellidos del asesor:

Nora Rosa Concepción Malca Casavilca

DNI:

08129250

Dedicatoria

A todos aquellos quienes contribuyen con estudios para la conservación de la
biodiversidad

AGRADECIMIENTOS

Esta Tesis fue posible gracias al financiamiento del proyecto de investigación: *“Dinámica y biogeografía de redes ecológicas de polinización y parasitismo de ecosistemas costeros y montanos del centro y sur del Perú”* subvencionada por *PROCIENCIA* (financiamiento con código PE501078688-2022), que tuvo como director del proyecto al **Doctor Akira Armando Wong Sato**, y al equipo de investigadores conformados por el **Blgo. Italo Revilla Pantigoso**, **Mgtr. Robin Fernández Hilario** y **Dra Julissa Churata Salcedo** quienes me brindaron su apoyo, conocimiento y motivación durante el desarrollo de la tesis, tanto en campo como en gabinete.

A mi asesora de tesis la Doctora **Nora Rosa Concepción Malca Casavilca**, una gran profesional quien confió en el proyecto, y me apoyó sin pensarlo.

A mis colegas **Miriam Zea**, **Patricia Manrique**, **Rocío**, quienes apoyaron con la recolección y procesamiento de datos.

INDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. <i>Problema General:</i>	3
1.2.2. <i>Problemas Específicos:</i>	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.3.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	4
1.3.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	4
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	6
2.1. MARCO FILOSÓFICO.....	6
2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.3. BASES TEÓRICAS.....	13
2.3.1. <i>Importancia de la polinización en la conservación</i>	13
2.3.2. <i>La polinización: coevolución planta-insecto</i>	15
2.3.3. <i>Procesos ecológicos de interacción y su topología</i>	16
2.3.4. <i>Interacción planta-insecto, un proceso mutualista</i>	19
2.3.5. <i>Estructura y representación de las redes ecológicas</i>	20
2.3.6. <i>Pérdida de la biodiversidad, un problema mundial</i>	24
2.3.7. <i>Conservación de ecosistemas</i>	25
2.3.8. <i>Enfoques de la biodiversidad en conservación</i>	26
2.3.9. <i>Tipos de medición y biodiversidad para la conservación</i>	28
2.3.10. <i>Modelos de distribución de especies</i>	30
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA	34
3.1. TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.3. UNIDAD DE ANÁLISIS.....	34
3.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	35
3.5. TAMAÑO DE MUESTRA.....	37
3.6. SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	39
3.7. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	39
3.8. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	40
3.9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	42
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES	53
4.1. RESULTADOS.....	53
4.1.1. <i>Determinación de la composición y diversidad de la flora asociada a la polinización</i>	53
4.1.2. <i>Determinación de la composición y diversidad de insectos asociados a la polinización</i> 58	
4.1.3. <i>Determinación de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización</i>	62
4.1.4. <i>Áreas potenciales de conservación de las redes ecológicas de polinización presentes en el valle interandino de Oyón</i>	80
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	93
4.3. DISCUSIÓN.....	94
4.3.1. <i>Determinación de la composición y diversidad de la flora asociada a la polinización</i>	94
4.3.2. <i>Determinación de la composición y diversidad de polinizadores</i>	96

4.3.3. <i>Determinación de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización</i>	98
4.3.4. <i>Áreas potenciales de conservación de las redes ecológicas de polinización presentes en el valle interandino de Oyón</i>	102
CONCLUSIONES	105
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	123
ANEXO 1: LISTADO DE FLORA DEL VALLE INTERANDINO DE OYÓN	123
ANEXO 2: LISTADO DE INSECTOS POLINIZADORES DEL VALLE INTERANDINO DE OYÓN	125
ANEXO 3: FUERZA DE INTERACCIÓN DE LA RED INSECTOS POLINIZADORES-PLANTA EN EL VALLE INTERANDINO DE OYÓN	129
ANEXO 4: ESPECIES DE PLANTAS REGISTRADOS, NÚMERO DE INDIVIDUOS, PROMEDIO DE CANTIDAD DE INDIVIDUOS CON FLORES, CANTIDAD DE VISITAS DE INSECTOS Y CANTIDAD DE MORFOESPECIES VISITADORAS.	131
ANEXO 5: MORFOESPECIES DE INSECTOS REGISTRADOS, NÚMERO DE INDIVIDUOS, CANTIDAD TOTAL DE VISITAS, NÚMERO PROMEDIO DE VISITAS Y CANTIDAD DE PLANTAS QUE VISITARON	134
ANEXO 6: VALORES OBSERVADOS DE DESCRIPTORES A NIVEL DE ESPECIE DE PLANTAS; INFORMAN LA FUERZA DE CONEXIÓN DE ESPECIE, ASIMETRÍA DE INTERACCIÓN DE ESPECIES Y GENERALIZACIÓN-ESPECIALIZACIÓN (D').	138
ANEXO 7: VALORES OBSERVADOS DE DESCRIPTORES A NIVEL DE ESPECIE DE POLINIZADORES; INFORMAN LA FUERZA DE CONEXIÓN DE ESPECIES, ASIMETRÍA DE INTERACCIÓN DE ESPECIES, CERCANÍA PONDERADA DEL ÍNDICE DE SERVICIO DE POLINIZACIÓN (PSI) Y LA GENERALIZACIÓN-ESPECIALIZACIÓN (D').	140
ANEXO 9. MATRIZ DE CONSISTENCIA	144
ANEXO 10. GALERÍA DE FOTOS (INTERACCIONES PLANTA-POLINIZADOR)	146
ANEXO 11. GALERÍA DE FOTOS (IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES DE POLINIZADORES)	147
ANEXO 12. GALERÍA DE FOTOS (REVISIÓN DE MUESTRAS PARA LA OBTENCIÓN DE COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE ESPECIES IMPORTANTES PARA MANTENER LA ESTRUCTURA DE LA RED ECOLÓGICA DE POLINIZACIÓN DE LA PROVINCIA DE OYÓN)	148
ANEXO 13. GALERÍA DE FOTOS (ALGUNOS ESPECÍMENES DE ASTERÁCEAS CONSIDERADAS ESPECIES IMPORTANTES PARA MANTENER LA ESTRUCTURA DE LA RED ECOLÓGICA DE POLINIZACIÓN DE LA PROVINCIA DE OYÓN EN EL PRESENTE TRABAJO)	149
ANEXO 14: OCURRENCIAS DE ESPECIES IMPORTANTES PARA MANTENER LA ESTRUCTURA DE LA RED ECOLÓGICA DE POLINIZACIÓN, PARA DETERMINAR ÁREAS DE CONSERVACIÓN EN EL VALLE INTERANDINO DE OYÓN	150

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1. BASES DE DATOS CON REGISTROS DE OCURRENCIAS DE ESPECIES RELACIONADOS AL PRESENTE TRABAJO	32
CUADRO 2. 19 VARIABLES BIOCLIMÁTICAS DE WORDCLIM.....	33
CUADRO 3. COORDENADAS DE LOS TRANSECTOS BOTÁNICOS EN LOS VALLES INTERANDINOS DE OYÓN	41
CUADRO 4. ÍNDICE DE DIVERSIDAD ALFA	43
CUADRO 5. IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES DE INSECTOS ASOCIADOS A LA POLINIZACIÓN	44
CUADRO 6. DESCRIPTORES A NIVEL DE RED.....	47
CUADRO 7. DESCRIPTORES DE ESPECIES.....	49
CUADRO 8. DIVERSIDAD ALFA DE PLANTAS POR TRANSECTOS.....	56
CUADRO 9. DIVERSIDAD ALFA DE INSECTOS POR TRANSECTOS	61
CUADRO 10. ESTRUCTURA Y TOPOLOGÍA DE LAS REDES DE INTERACCIÓN ENTRE INSECTOS Y PLANTAS ASOCIADAS A LA POLINIZACIÓN.	63
CUADRO 11. RESUMEN DE LOS VALORES OBSERVADOS DE DESCRIPTORES A NIVEL DE ESPECIES EN CUANTO A ESPECIES DE PLANTAS	66
CUADRO 12. RESUMEN DE LOS VALORES OBSERVADOS DE DESCRIPTORES A NIVEL DE ESPECIES EN CUANTO A MORFOESPECIES DE INSECTOS ASOCIADOS A LA POLINIZACIÓN	67
CUADRO 13. ESTRUCTURA Y TOPOLOGÍA DE LAS REDES DE INTERACCIÓN ENTRE INSECTOS Y PLANTAS ASOCIADAS A LA POLINIZACIÓN.	73
CUADRO 14. RESUMEN DE LOS VALORES OBSERVADOS DE DESCRIPTORES A NIVEL DE ESPECIES EN CUANTO A ESPECIES DE PLANTAS	75
CUADRO 15. VALORES OBSERVADOS DE DESCRIPTORES A NIVEL DE ESPECIES EN CUANTO A GRUPOS FUNCIONALES DE INSECTOS ASOCIADOS A LA POLINIZACIÓN	76
CUADRO 16. CONTRIBUCIONES DE LAS VARIABLES AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES IMPORTANTES PARA MANTENER LA ESTRUCTURA DE LA RED ECOLÓGICA DE POLINIZACIÓN DE OYÓN EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA.....	84
CUADRO 17. UMBRALES LOGÍSTICOS Y LAS CORRESPONDIENTES TASAS DE OMISIÓN.	89

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. EL SÍNDROME DE LA PÉRDIDA DE POLINIZADORES	14
FIGURA 2. TIPOS DE INTERACCIONES	17
FIGURA 3. REPRESENTACIÓN DE TOPOLOGÍA DE RED BIPARTITA	18
FIGURA 4. POLINIZACIÓN ENTOMÓFILA	19
FIGURA 5. MATRIZ DE INTERACCIÓN.....	21
FIGURA 6. CAMBIO EN LA BIODIVERSIDAD	25
FIGURA 7. ESQUEMA EFECTO-RESPUESTA	27
FIGURA 8. MÉTODOS PARA MEDIR LA BIODIVERSIDAD ALFA.....	29
FIGURA 9. MÉTODOS PARA MEDIR LA BIODIVERSIDAD BETA.....	30
FIGURA 10. VISTA PANORÁMICA DEL VALLE ITERANDINO DE OYÓN	35
FIGURA 11. ÁREA DE ESTUDIO.....	36
FIGURA 12. 6 SUBTRANSECTOS DE 50 X 3 M DIVIDIDOS POR UN TRANSECTO PRINCIPAL	37
FIGURA 13. DIVISIÓN DE 5 CUADRANTES DE 5X3 M EN CADA SUBTRANSECTO DE 25 X 3M	38
FIGURA 14. EVALUACIÓN DE CUADRANTES DE 5X3 M DURANTE 10 MINUTOS	39
FIGURA 15. DIVERSIDAD DE ESPECIES DE PLANTAS POR FAMILIAS MÁS REPRESENTATIVAS REGISTRADAS EN LOS VALLES INTERANDINOS DE OYÓN	54
FIGURA 16. CANTIDAD DE VISITAS Y PROPORCIÓN DE INSECTOS POR LA DISPONIBILIDAD DE INDIVIDUOS DE PLANTAS CON FLORES MÁS ABUNDANTES	55
FIGURA 17. DIVERSIDAD BETA DE PLANTAS POR TRANSECTOS.....	57
FIGURA 18. CANTIDAD DE MORFOESPECIES DE INSECTOS VISITADORES FLORALES POR ORDEN TAXONÓMICO EN LOS VALLES INTERANDINOS DE OYÓN.....	59
FIGURA 19. CANTIDAD DE MORFOESPECIES DE INSECTOS VISITADORES FLORALES POR GRUPO FUNCIONAL EN LOS VALLES INTERANDINOS DE OYÓN	59
FIGURA 20. DIVERSIDAD BETA DE INSECTOS POR TRANSECTOS	62
FIGURA 21. MATRIZ DE INTERACCIÓN DEL VALLE INTERANDINO DE OYÓN, MUESTRA EN EL LADO DERECHO A LAS ESPECIES DE PLANTAS Y EN LA PARTE INFERIOR A LAS MORFOESPECIES DE POLINIZADORES Y ENTRE ELLAS LAS CELDAS CON LOS COLORES MÁS OSCUROS POR LA MAYOR INTERACCIÓN QUE SE OBSERVARON.....	- 65 -
NOTA: ELABORACIÓN PROPIA	- 65 -
FIGURA 22. ANÁLISIS DE MODULARIDAD CON EL ALGORITMO PROPUESTO POR DORMANNSTRAUSS. EN EL EJE X SE ENCUENTRAN LOS INSECTOS Y EN EL EJE Y LAS PLANTAS. LOS CUADROS AZULES INDICAN LA OCURRENCIA DE INTERACCIÓN ENTRE PLANTA Y POLINIZADOR Y LOS CUADROS ROJOS LOS MÓDULOS IDENTIFICADOS POR EL ALGORITMO. - 70 -	
FIGURA 23. ESPECIES DE LA RED DE PLANTAS-INSECTOS DEL VALLE INTERANDINO DE OYÓN, ORGANIZADAS SEGÚN SU GRADO DE CONECTIVIDAD DENTRO Y ENTRE MÓDULOS. SEGÚN SU ROL EN LA ESTRUCTURA DE LA RED, COMO ESPECIES PERIFÉRICAS, CENTRO DE MÓDULO, CENTRO DE RED Y CONECTORAS.....	71
FIGURA 24. RED DE INTERACCIÓN DEL VALLE INTERANDINO DE OYÓN, MUESTRA EN LA PARTE INFERIOR A LAS ESPECIES DE PLANTAS Y EN LA PARTE SUPERIOR A LOS	

GRUPOS FUNCIONALES DE INSECTOS Y ENTRE ELLAS LAS INTERACCIONES QUE SE OBSERVARON.....	- 74 -
FIGURA 25. ANÁLISIS DE MODULARIDAD CON EL ALGORITMO PROPUESTO POR DORMANNSTRAUSS. EN EL EJE X SE ENCUENTRAN LOS GRUPOS FUNCIONALES Y EN EL EJE Y LAS PLANTAS. LOS CUADROS AZULES INDICAN LA OCURRENCIA DE INTERACCIÓN ENTRE PLANTA Y POLINIZADOR Y LOS CUADROS ROJOS LOS MÓDULOS IDENTIFICADOS POR EL ALGORITMO.	78
FIGURA 26. ESPECIES DE LA RED DE PLANTAS-INSECTOS DEL VALLE INTERANDINO DE OYÓN, ORGANIZADAS SEGÚN SU GRADO DE CONECTIVIDAD DENTRO Y ENTRE MÓDULOS. SEGÚN SU ROL EN LA ESTRUCTURA DE LA RED, COMO ESPECIES PERIFÉRICAS, CENTRO DE MÓDULO, CENTRO DE RED Y CONECTORAS.....	79
FIGURA 27. TASA DE OMISIÓN PROMEDIO Y ÁREA PREDICHA PARA LAS ESPECIES IMPORTANTES PARA MANTENER LA ESTRUCTURA DE LA RED DE OYÓN EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA	82
FIGURA 28. PROMEDIO DE CURVA DE CARACTERÍSTICA OPERATIVA (ROC) DEL DEPARTAMENTO DE LIMA	83
FIGURA 29. PRUEBA DE JACKKNIFE PARA LA GANANCIA DE ENTRENAMIENTO REGULARIZADO DEL MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES IMPORTANTES PARA MANTENER LA ESTRUCTURA DE LA RED ECOLÓGICA DE POLINIZACIÓN DE OYÓN EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA	86
FIGURA 30. MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOGÍSTICA DE LAS ESPECIES IMPORTANTES PARA MANTENER LA ESTRUCTURA DE LA RED ECOLÓGICA DE POLINIZACIÓN DE OYÓN EN EL DEPARTAMENTO DE LIMA.....	87
FIGURA 31. MODELO DE DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES IMPORTANTES PARA MANTENER LA ESTRUCTURA DE LA RED ECOLÓGICA DE POLINIZACIÓN DE LA PROVINCIA DE OYÓN	88
FIGURA 32. SOBREPOSICIÓN DE ÁREAS POTENCIALES DE CONSERVACIÓN AL MAPA DE ECOSISTEMAS DE LA PROVINCIA DE OYÓN.....	91
FIGURA 33. SOBREPOSICIÓN DE ÁREAS POTENCIALES DE CONSERVACIÓN AL MAPA DE CAPACIDAD DE USO MAYOR DE SUELO DE LA PROVINCIA DE OYÓN.....	92
FIGURA 34. DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS DE LA CONECTANCIA Y DEL ANIDAMIENTO DE MIL REDES ALEATORIAS DERIVADAS DE LA RED DE POLINIZACIÓN DEL VALLE INTERANDINO DE OYÓN. SE OBSERVA QUE LOS VALORES DE CONECTANCIA Y ANIDAMIENTO REAL DE LA RED DE OYÓN (LÍNEA ROJA) ES INFERIOR A LAS REDES ALEATORIAS	94

RESUMEN

Las redes ecológicas son procesos de mutualismo entre especies generalistas y especialistas que se organizan e interactúan haciendo que estas comunidades sean más resistentes y expliquen el estado de conservación de un ecosistema; es por ello que es necesario incluirlos en la determinación de áreas potenciales de conservación que actualmente poseen métodos no confiables para la conservación de muchos invertebrados incluyendo los polinizadores entomófilos. El objetivo de la presente investigación fue identificar áreas potenciales de conservación mediante la caracterización de redes ecológicas de polinización en el Valle Interandino de la provincia de Oyón, departamento de Lima, 2023.

El tipo de investigación es aplicada, no experimental y la muestra correspondió a 2 redes ecológica de polinización presente en parcelas de 0.1 hectárea cada una, la cual fue establecida durante el premuestreo; la técnica que se utilizó fue a través de matrices de interacción en las cuales se registraron visitas de insectos a individuos florales.

Los resultados indicaron que el conjunto de parámetros de la red ecológica posee un sistema de polinización especialista, pero con un gran componente de especies generalistas que dado el bajo anidamiento y la asimetría de las interacciones podría ser vulnerable; asimismo se identificaron ocho especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización en la provincia de Oyón. El modelo de distribución de especies de Maxent, indicó las áreas potenciales de conservación con un área total de 3 2676.41 ha., incluyendo otros ecosistemas importantes como bofedales y bosques de relictos, así como un sobrelape con tierras de protección de acuerdo a la Capacidad de uso mayor del suelo.

Palabras clave: Redes ecológicas, áreas potenciales, conservación, polinización, generalización, especialización, entomófilo.

ABSTRACT

Ecological networks are processes of mutualism between generalist and specialist species that organize and interact, making these communities more resistant and explaining the conservation status of an ecosystem; That is why it is necessary to include them in the determination of potential conservation areas that currently have unreliable methods for the conservation of many invertebrates, including entomophilous pollinators.

The objective of this research was to identify potential conservation areas through the characterization of ecological pollination networks in the Inter-Andean Valley of the province of Oyón, department of Lima, 2023.

The type of research is applied, non-experimental and the sample corresponded to 2 ecological pollination networks present in plots of 0.1 hectare each, which was established during pre-sampling; The technique used was through interaction matrices in which insect visits to floral individuals were recorded.

The results indicated that the set of parameters of the ecological network has a specialist pollination system, but with a large component of generalist species that, given the low nestedness and asymmetry of interactions, could be vulnerable; Likewise, eight important species were identified to maintain the structure of the ecological pollination network in the province of Oyón. Maxent's species distribution model indicated potential conservation areas with a total area of 3 2676.41 ha, including other important ecosystems such as wetlands and relict forests, as well as an overlap with protection lands according to the Capacity of major land use.

Keywords: Ecological networks, potential conservation areas, pollination, generalist species, specialist species, entomophile.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

La pérdida de biodiversidad es considerada una crisis que enfrenta el mundo en la actualidad, lo cual conlleva a adquirir nuevos conocimientos acerca de ello y evaluarlo desde diferentes perspectivas para su conservación (Posadas & Miranda, 1999). Una de las estrategias principales para enfrentar esta crisis, son las áreas de conservación de biodiversidad que luego de tener criterios de valor estético, pasaron a enfocarse en las especies (Castaño, 2006), por ello las áreas potenciales de conservación actualmente se delimitan a través de la distribución potencial de especies, las cuales pueden ser endémicas o amenazadas pudiendo asegurar así la persistencia de sus poblaciones (Rodríguez, 2013). Sin embargo algunos autores ya mencionan que la desaparición de las especies precede de la desaparición de interacciones ecológicas en la que participan las mismas, afectando directamente su funcionalidad y sus ecosistemas (Valiente *et al.*, 2014), y es que las redes ecológicas de polinización, son interacciones de plantas entre polinizadores, las cuales logran ser más informativas que una lista de especies para predecir las consecuencias de impactos antropogénicos sobre la biodiversidad y procesos ecológicos en un ecosistema que debe ser conservado (Manrique, 2022).

En América existe una controversia en cuanto a la delimitación de las áreas de conservación, debido a que estas se designan en base a patrones de distribución de una especie sombrilla que generalmente es una especie de mamífero. no genera un método confiable para la conservación de muchos invertebrados (Kerr, 1997). Asimismo, se han generado estudios en los cuales se proponen como áreas protegidas a los patrones de biodiversidad de otras taxa como aves, reptiles y flora (Portelli, 2017), sin tomar en consideración a los insectos o plantas que interaccionan con ellos, los cuales según algunos estudios requieren de áreas designadas para su conservación (Kerr, 1997).

En el Perú se están implementando metodologías para la conservación de la biodiversidad, las cuales se enfocan solo en la identificación de una especie clave y su distribución suponiendo que dichas especies al tener requerimientos ecológicos, abarcan la mayor parte de toda la comunidad, por lo que se tendría como resultado la conservación de otras especies pertenecientes a otras taxa (MINAM, 2013), sin embargo, no se consideran a las redes ecológicas, las cuales son importantes para determinar la función de los ecosistemas debido a que son susceptibles a cambios ambientales externos, por el cual la estructura a nivel de especies generalistas y especialistas pueden brindar información del estado de conservación de ellas (Baldock *et al.*, 2015), la función ecosistémica que cumplen los insectos al polinizar algunas especies de plantas es crucial para mantener un ecosistema equilibrado, por lo que se debería tener mayor importancia (Torres, C & Galetto, L., 2008).

Por lo expuesto, el objetivo principal de este trabajo se basó en identificar áreas potenciales de conservación mediante la caracterización de redes ecológicas de polinización en el valle interandino de la provincia de Oyón, teniendo como objetivos específicos el (i) Determinar la composición y diversidad de la flora asociada a la polinización entomófila, (ii) Determinar la composición y diversidad de insectos asociados a la polinización, y (iii) Caracterizar las interacciones de flora e insectos asociados a la polinización para la identificación de áreas potenciales de conservación; los cuales finalmente fueron modelados mediante el Software Maxent.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General:

¿Cómo la caracterización de redes ecológicas de polinización influyó en la identificación de áreas potenciales de conservación en el Valle Interandino de la provincia de Oyón, departamento de Lima, 2023?

1.2.2. Problemas Específicos:

¿Cómo influyó la determinación de la composición y diversidad de la flora asociada a la polinización entomófila para la identificación de áreas potenciales de conservación mediante la caracterización de redes ecológicas de polinización en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023?

¿En qué medida la determinación de la composición y diversidad de insectos asociados a la polinización influyó en la identificación de áreas potenciales mediante la caracterización de redes ecológicas de polinización en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima 2023?

¿De qué manera determinar las especies importantes para mantener la estructura de la red de ecológica de polinización influye en la identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de provincia de Oyón, Lima 2023?

1.3. Justificación teórica

La presente investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre las redes ecológicas basadas en interacciones planta-insecto y su importancia en la conservación de la biodiversidad, debido a que mediante este conocimiento se puede llegar a proponer mejores estrategias de conservación, las cuales permitan la continuidad ecológica ambiental del territorio (Vincenzo, 2007).

1.4. Justificación Práctica

Existe la necesidad de considerar a las redes ecológicas para tener un mejor enfoque de la conservación de la biodiversidad (Galindo *et al.*, 2021). La presente es un aporte científico que promoverá la evaluación de otras estrategias para la conservación de la biodiversidad, la cual puede ser aplicada en otros lugares del Perú. Esta investigación servirá como instrumento de evaluación y consulta, cuyo resultado podría ser incorporado como conocimiento a las ciencias que manejan temas de ecología y conservación de biodiversidad.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Identificar áreas potenciales de conservación mediante la caracterización de redes ecológicas de polinización en el Valle Interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.

1.5.2. Objetivos Específicos

Determinar la composición y diversidad de la flora asociada a la polinización entomófila para la identificación de las áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.

Determinar la composición y diversidad de insectos asociados a la polinización para la identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.

Determinar las especies que mantienen la estructura de la red ecológica de polinización para la identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Filosófico

El marco filosófico de esta tesis se basa en la importancia de la conservación de especies y la biodiversidad. Un fundamento filosófico importante para la conservación de la biodiversidad proviene del pensamiento del filósofo estadounidense Aldo Leopold, quien es conocido por su influencia en la ética ambiental y la conservación de la naturaleza. Leopold desarrolló su enfoque en su libro "A Sand County Almanac" (Almanaque de un Condado de Arena), en el cual propuso una ética de la conservación basada en lo que él llamó "una relación correcta" con la tierra (Marquez-Vargas, 2020). El concepto clave de Leopold es la "ética de la tierra". Sostiene que los seres humanos no solo tienen una ética de cómo tratar a otros seres humanos, sino también una ética de cómo tratar a la tierra y sus ecosistemas. Según Leopold, la biodiversidad y la salud de los ecosistemas son esenciales para una ética adecuada de la tierra (Leopold, 2004).

Uno de los pasajes más conocidos de su libro es su famosa declaración sobre la ética de la tierra: "Una cosa es correcta cuando tiende a preservar la integridad, la estabilidad y la belleza de la comunidad biótica. Es incorrecto cuando tiende a lo contrario". En otras palabras, Leopold argumenta que la conservación de la biodiversidad y la preservación de los ecosistemas son

valores éticos en sí mismos (Leopold, 2004). Leopold también defiende la idea de que los seres humanos deben adoptar una "conciencia ecológica" y desarrollar un sentido de responsabilidad y respeto hacia la tierra y todas las formas de vida que la habitan. Este enfoque filosófico ha influido en gran medida en la teoría y la práctica de la conservación de la biodiversidad al resaltar la importancia de considerar los intereses de la naturaleza en nuestras decisiones y acciones (Peralta, 2014).

2.2. Antecedentes de la Investigación

Arias (2016), tuvo como objetivo generar un modelo del nicho actual y realizado de tres especies de flora con distribución en la ecorregión yunga del Perú. El tipo de investigación fue aplicada, de nivel descriptivo, con un diseño no experimental y de corte longitudinal, la metodología consistió en reunir y procesar datos biológicos, reunir y procesar datos ambientales, decidir el modelo de algoritmo de modelación, graduar y configurar el algoritmo del modelado elegido, validar el modelo resultante y proyectar el modelo en el espacio geográfico.

Se concluye que el nicho ecológico obtenido muestra las áreas de distribución con probabilidades de presencia en las condiciones ambientales adecuadas, pero no se encontraron registros en los herbarios que documenten su presencia, por lo tanto, la modelación del nicho ecológico resulta de una herramienta que hace un mejor entendimiento de la distribución geográfica pudiendo generar una sobreproducción, por lo que es necesario la verificación en campo.

Mendoza (2017), señala como objetivo principal determinar zonas prioritarias para restauración de bosques altoandinos en la Concesión para Conservación Alto Huayabamba - CCAH, región San Martín, para ello

describió variables sociales que se relacionan espacialmente a los bosques altoandinos, identificó características topográficas y bioclimáticas importantes para el desarrollo de bosques altoandinos y delimitó la distribución potencial de los bosques altoandinos mediante el uso del software MaxEnt.

La metodología de la presente tesis consistió en el levantamiento de información, mediante la revisión de antecedentes y la visita de campo; el procesamiento de la información digital, mediante la incorporación de variables topográficas y registros de presencia; y por último la construcción del modelo de probabilidad de distribución que resulta en un mapa de zonas prioritarias.

De sus resultados más importantes fueron que el software MaxEnt permitió proyectar de manera eficiente la probabilidad de distribución de una especie según las variables topográficas y climáticas, tomando en cuenta que la variable altitud es la más útil en la predicción del modelo; asimismo la distribución actual de la especie del bosque andino muestra una mayor intervención por la población, por lo que es necesaria su restauración para recuperar sus servicios ambientales.

Gálvez (2018), cuyo objetivo fue caracterizar la diversidad vegetal leñosa e identificar sitios prioritarios de conservación de los bosques tropicales estacionalmente secos en el norte de Perú. El método fue de tipo aplicada utilizando instrumentos como base de datos y el empleo de mapas de ocupación del territorio y uso actual del suelo, así como la priorización de objetos de conservación mediante métodos multivariados y de clasificación y ordenación.

Se concluye que el análisis multivariado, permitió identificar patrones de distribución geográfica de las comunidades florísticas de BTES; sin embargo, el método de clasificación logro identificar dos grupos florísticos y en método de ordenación cuatro comunidades, haciendo necesaria una red de reserva que abarque y proteja toda la comunidad y diversidad de dichos bosques. Por

último, indica que mediante un análisis de representatividad mostraron que las áreas protegidas se concentran sobre comunidades de BTES asociados a mayores niveles de precipitación y altitud, mientras que comunidades asociadas a ambientes más secos se encuentran sub representados en las áreas protegidas, por lo que es de urgencia la expansión de la red de áreas protegidas sobre estos sectores para evitar la pérdida de la biodiversidad única que albergan.

Fuentes (2020) tuvo como objetivo estimar la distribución ecológica potencial de la especie de anuro, mediante el desarrollo de un modelo probabilístico de registro de presencias de la especie. El método de la presente tesis fue aplicada, y se muestreo a la especie de anuro mediante una metodología en campo; luego de ello se realizó una revisión y selección de registros, las cuales fueron proyectadas mediante el software ArcGis.

Se concluye que el uso de la presencia de la especie de anuro fue relevante para el modelamiento, debido a la adición de variables climáticas, las cuales generan la probabilidad de la distribución de la especie, evitando así la obtención de datos de ausencia. Sin embargo, mencionan que, aunque el modelo de distribución obtenido es bastante predictivo, este debe ser corroborado en campo con monitoreos periódicos, debido que la relación con otras especies como depredadores, presas, entre otros influye directamente con la distribución ecológica de cualquier especie.

Gorostiague (2016), se basó en cuatro capítulos; de los cuales dos capítulos tuvieron los siguientes objetivos: (i) Incorporar a la polinización como interacción que limita la distribución de cactáceas (ii) establecer un esquema de conservación in situ para 12 especies de cactáceas. El tipo de estudio fue no experimental y se utilizaron técnicas de observación y uso de software MaxEnt para seleccionar sitios con altas probabilidades de ocurrencia de especies.

De los resultados se obtuvo que las especies de cactáceas Trichocereae fueron auto-incompatibles, lo que quiere decir que necesitan de sus

polinizadores (aves, abejas, avispas, mariposas nocturnas) para la producción de frutos y semillas. Dichos polinizadores mostraron una especialización fenotípica (características florales), por lo que se concluye que ciertos organismos establecen numerosas interacciones con otras especies, las cuales pueden ser fundamentales para el desarrollo de ciclos de vida. Además, los resultados indicaron que el rango geográfico de doce especies de cactáceas presentó un alto nivel de acople espacial con el rango de sus polinizadores, lo que sugiere que dependen de su distribución y abundancia. Por último, al seleccionar áreas prioritarias para la conservación con base en el rango acoplado de interacción tuvieron una congruencia muy baja con respecto a las áreas seleccionadas con base en la distribución sin considerar los polinizadores, lo que resalta la importancia de tener en cuenta a las interacciones mutualistas en la estimación del rango geográfico de las especies, el cual constituye el insumo básico utilizado para la selección de áreas prioritarias para la conservación.

Brenes (2016), cuyo objetivo general fue analizar las interacciones de insectos visitantes florales en el ecosistema de páramo. La metodología tuvo un enfoque paradigmático positivista y de perspectiva cuantitativa, de tipo deductiva y con un diseño analítico, no experimental. Finalmente, la técnica utilizada fue la observación para el registro de la diversidad de plantas e insectos en el proceso de interacción de polinización.

El orden más diverso fue Díptera debido a la presencia de hábitos alimentarios muy variados y uso de diversos recursos; en específico la familia Tachinidae fue la más diversa del Cerro de la Muerte, así como de páramos americanos en general; en el caso del orden Hymenoptera que también presentó alta riqueza de especies, este fue más importante por su abundancia. El autor de la tesis sugiere que la relación mutualista entre plantas e insectos provocó una coevolución que los hace dependientes, por lo tanto, la conservación de la flora del páramo debe tomar en cuenta las poblaciones de insectos visitantes.

Beteta (2018), tuvo como objetivo evaluar el impacto de la urbanización en la estructura y composición de la interacción mariposa-planta utilizando la teoría de redes ecológicas. El tipo de estudio fue no experimental, con un diseño analítico sobre la zona metropolitana de Pachuca, Hidalgo, México. La población de estudio la conformaron las especies registradas de mariposas y más de 150 especies de plantas en 12 sitios de muestreo de 1000 m² dentro de la periferia urbana.

Se concluye que, a mayor gradiente urbano, las redes ecológicas tienen valores de anidamiento más altas y por ende son más estables ya que existe un mayor número de conexiones de especies generalistas a comparación de los sitios conservados. Las interacciones mariposa-planta si son afectadas por el grado de urbanización, porque las especies núcleo y periféricas varían en cuanto a cantidad cuando los sitios de urbanización son altos, medios y bajos disminuyendo el número de especies núcleo conforme disminuyen los grados de urbanización; por lo que el nivel de urbanización con mayor número de especies fue el de sitios perturbados, siendo un resultado común en sitios urbanos.

Picanço (2018), tuvo como objetivo investigar el impacto de los cambios en el uso de la tierra en la estructura de la comunidad de especies de insectos visitantes de flores, sobre las redes de interacción planta-insecto y sobre la provisión de servicios ecosistémicos de polinización, asimismo propone áreas prioritarias para la conservación de insectos polinizadores. El tipo de estudio fue no experimental longitudinal sobre cinco hábitats con gradiente de uso de suelo diferente en la isla Terceira (Azores). La población la conforman los insectos polinizadores de que habitan en cinco tipos de hábitat (NatFor, NatVeg, ExoFor, Semi/Past y IntPast) desde los menos hasta los más perturbados.

Se concluye que las redes se encontraban estructuradas por especies nativas generalistas, de los cinco hábitats comparados ninguna generó una estructura específica y que además del bosque nativo bien conservado, sin embargo, la composición de especies visitantes de flores está influenciada principalmente

por las especies de plantas hospedantes, esto quiere decir que ante cualquier cambio de composición de vegetación la estructura de las especies polinizadoras se vería afectada. En general las especies de plantas siguen dos patrones principales, (1) las interacciones mutualistas son impulsadas principalmente por la abundancia de especies y (2) las distribuciones de enlaces por especie siguen un modelo de distribución exponencial, lo último se basa en el continuo crecimiento de la red mediante la adición de nuevos enlaces y las nuevas especies se unen preferentemente a otras especies. Asimismo, resaltan la necesidad de preservar las redes de polinización por la importante contribución en cuanto al servicio potencial de polinización en diversos hábitats incluidos los agrícolas que poseen importancia económica. Cabe añadir que durante el estudio se observó que la abundancia de polinizadores influye en la estructura de la red, por el cual se sugiere que esta deba ser monitoreada al conservar áreas de redes ecológicas de polinizadores.

Monasterolo (2018) cuyo objetivo fue evaluar la influencia de las características locales y del paisaje de los Elementos lineales del paisaje (ELP) sobre la estructura y funcionamiento de las comunidades de plantas y polinizadores presentes. El tipo de estudio fue no experimental transversal con seis muestreos en dos temporadas anuales. De los resultados se obtuvo que el sistema planta-visitante floral en un paisaje característico se presenta como relativamente estable a las perturbaciones del hábitat debido a la generalización de las interacciones. Sin embargo, se considera que se debe priorizar la conservación de la diversidad de interacciones para el mantenimiento del servicio de polinización debido a que dentro de la red se registraron especies nativas y poco abundantes, las cuales pueden ser importantes para la provisión de polinización en el futuro.

Mantilla (2021) tuvo por objetivo delimitar áreas como sitios potenciales para la conservación de serpientes. El diseño metodológico que se aplicó es una investigación observacional, descriptiva; como métodos se utilizaron el registro de especies, las variables ambientales y los modelos de distribución de especies, teniendo un enfoque en zonas de endemismo.

Se concluye que la red de Matarredonda posee un sistema de polinización que tiende a la generalización, sin embargo, existe presencia considerable de interacciones especialistas, es decir interacciones exclusivas entre algunas plantas e insectos, por lo que dicha red es vulnerable ante cualquier disturbio. Es así que conocer estas especies clave, permite dar a conocer que deberían recibir una alta prioridad de conservación, ya sea a través de un plan de monitoreo y/o conservación priorizando el manejo de dichas especies conectoras y centros de módulo como la plantas e insectos.

2.3. Bases Teóricas

2.3.1. Importancia de la polinización en la conservación

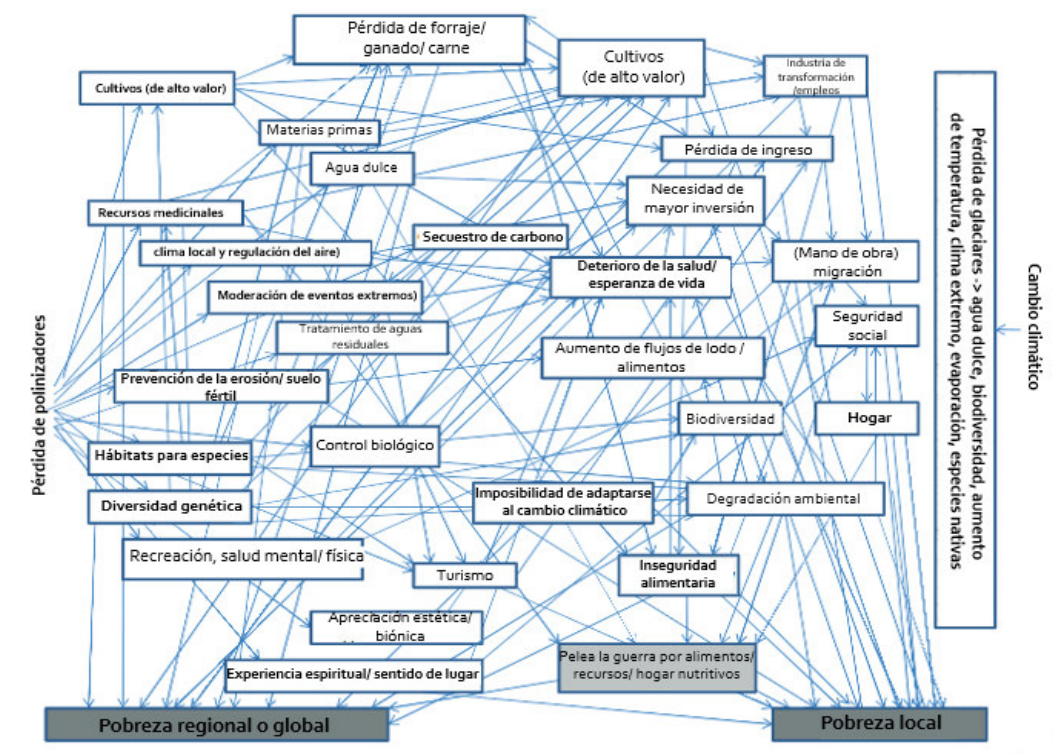
La polinización es un proceso esencial para la reproducción de numerosas plantas con flores, asegurando la fecundación y el posterior desarrollo de frutos y semillas, por ello este proceso mejora la calidad y cantidad de semillas y frutos de futuras generaciones de plantas. Entre los polinizadores más importantes del mundo se encuentran los insectos ya que son los animales más antiguos y numerosos; estos son las abejas, avispas, hormigas (himenópteros), moscas (dípteros), escarabajos (coleópteros), mariposas y polillas (lepidópteros). (Meléndez et al., 2020)

Según National Research Council (2007) el 80% de flora silvestre y el 75% de flora cultivada para consumo humano depende de la polinización; el cual además es considerado un servicio ecosistémico de regulación por mantener los procesos y funciones naturales de los ecosistemas al regular las condiciones del ambiente (Meléndez et al., 2020). Por lo tanto, los polinizadores y sobre todo de especies silvestres son clave en los ecosistemas,

en la conservación de la biodiversidad, producción agrícola, adaptación al cambio climático y para todos los demás servicios ecosistémicos.

Es por ello que como lo menciona Christmann (2019) la pérdida de especies de polinizadores puede causar cascadas de extinciones y esto afectaría directamente a las interrelaciones de redes complejas y composición funcional de la flora y fauna y sus hábitats y a su vez podría causar un empobrecimiento ambiental debido al síndrome de la pérdida de polinizadores, además se debe tener en cuenta que el radio de actividad de los polinizadores es limitado (de 50 a 2000 m alrededor de sus nidos), es por ello que su protección depende mucho de las acciones humanas locales y regionales. (ver Figura 1).

Figura 1. El síndrome de la pérdida de polinizadores



Nota. En donde las flechas representan impactos negativos; las cajas blancas los servicios ecosistémicos (ES); recuadros grises simples, impactos de la pérdida parcial de ES; caja gris estructurada, efectos del cambio climático que podrían impulsar la pérdida de polinizadores. Adaptado de *Do we realize the full impact of*

pollinator loss on other ecosystem services and the challenges for any restoration in terrestrial areas?. (p. 723), por Christmann, S. 2019.

2.3.2. La polinización: coevolución planta-insecto

La polinización vectorizada por insectos se da en las plantas angiospermas debido a la presencia de los óvulos protegidos dentro del ovario, lo cual hace necesaria dicha interacción desde el Cretácico Inferior (Nabors, 2005). Lo curioso es que a pesar que existen muchas plantas con flores especializadas para un solo grupo funcional de polinizadores, como polillas o abejas, y a veces incluso para una sola especie de polinizador, esto suele ser raro para el grupo de insectos polinizadores que no necesariamente se especializan en flores de una especie de planta en particular. Es por ello que se podría deducir que la coevolución de esta interacción es débil o difusa; sin embargo las especies generalistas a menudo interactúan con un subconjunto relativamente pequeño de especies a nivel de sitio local (especialistas), y esto podría conducir a un mosaico geográfico complejo de interacciones coevolutivas. (Bascompe & Jordano, 2008)

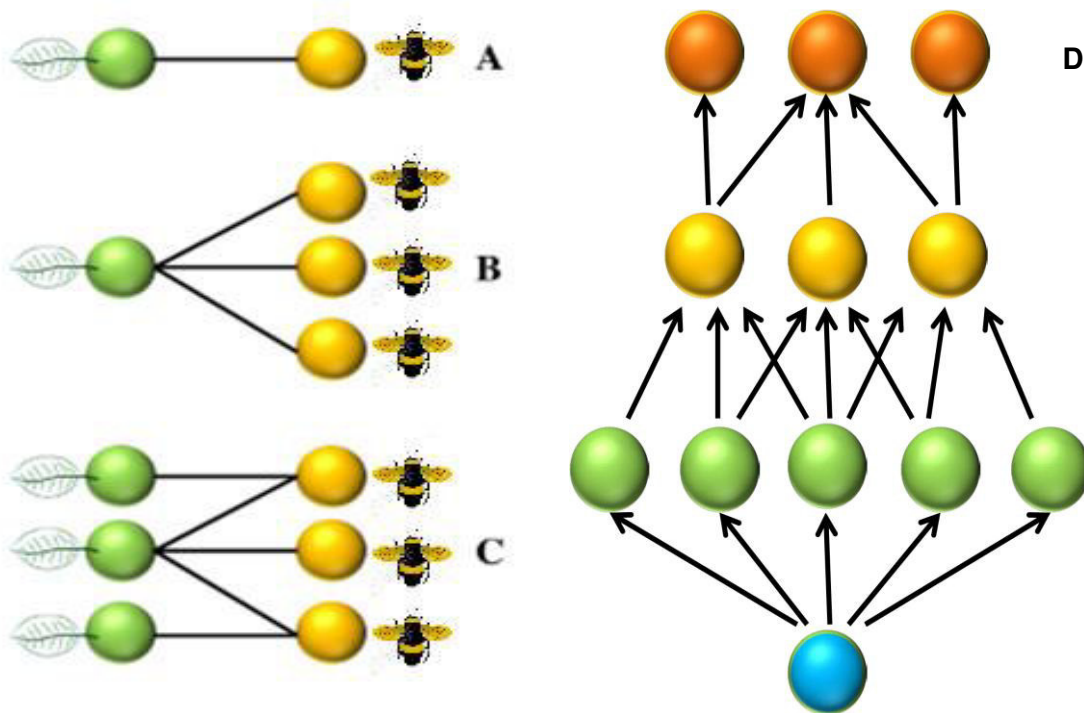
Para otros autores, la evolución paralela de plantas e insectos se caracteriza por ser una estrategia evolutiva estable para ambas poblaciones que sobreviven por medio de asociaciones ecológicas como el mutualismo y se refuerza en procesos como el territorialismo y la competencia (Dodson, 1975). Asimismo estas asociaciones influyeron en la gran diversidad floral que se presenta en la actualidad, ya que ha llevado al desarrollo de las flores en respuesta a las estrategias reproductivas. Muchas plantas dependen de los vectores de polinización como son los insectos, que son los mas eficientes debido a que pueden visitar varias flores durante el forrajeo y de ello dependen las plantas por su movilidad restringida. (Fontúrbel, 2002)

Por último se conoce que las plantas y los insectos se encuentran en un punto evolutivo estable en cuanto a la estrategia coevolutiva; también se menciona que existen insectos que perforan las flores para robar nectar sin polinizar, así como quienes los consumen lo cual no contribuye a la polinización; pero sí al desarrollo de ecosistemas más diversos con nichos reducidos. (Fontúrbel, 2002)

2.3.3. Procesos ecológicos de interacción y su topología

Se suele mencionar que las interacciones ecológicas comprenden las relaciones de una especie a una especie; por lo que se dividen en grupos de balance positivo cuando existen procesos de mutualismo (+,+) o comensalismo (+,0) y en grupos de balance negativo cuando existen procesos de depredación (+,-), parasitismo (+,-) o competencia (-,-); por último, la interacción es neutra cuando son procesos de amensalismo (-,0). Además, los organismos suelen interactuar con varias especies, presentándose así interacciones como una red (Martínez *et al.*, 2019). (ver Figura 2).

Figura 2. Tipos de interacciones



Nota. En donde (A) De uno a uno, B) interacciones con varias especies, C) red de interacciones y D) red de interacción unipartita. Adaptado de *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio.* (p. 268), por Martínez *et al.* 2019, Moreno CE.

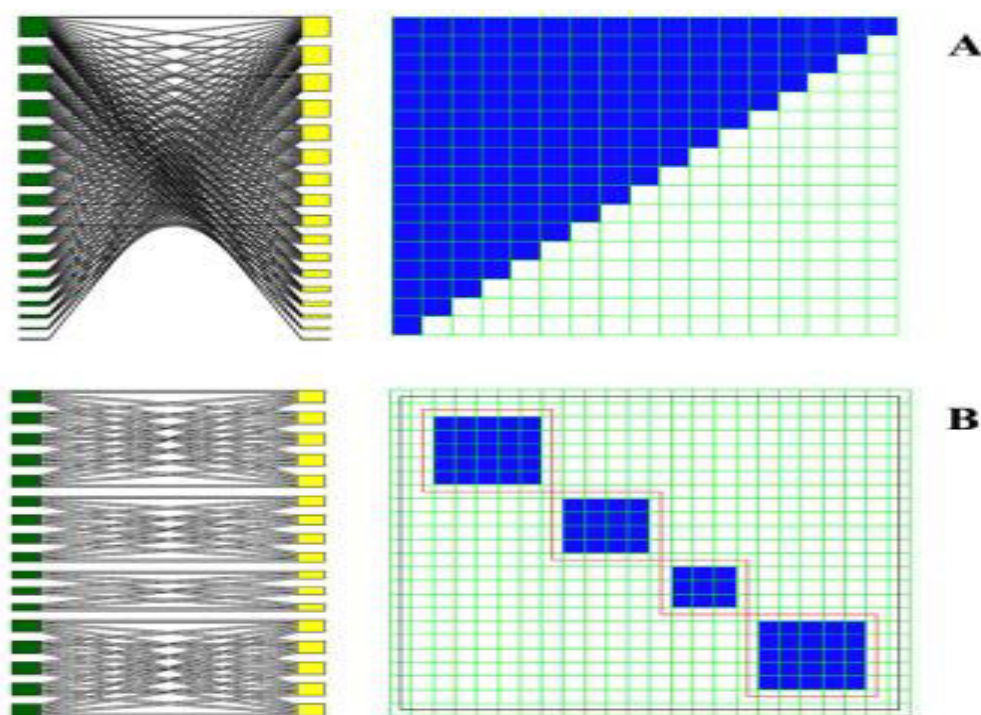
Entonces, las redes ecológicas describen las interacciones entre especies en diferentes procesos ecológicos como depredación, parasitismo, competencia o mutualismo en el caso de la dispersión de semillas y polinización (Dehling, 2018). Es así que las redes de interacción pueden ser unipartita cuando se observan relaciones entre todas las especies interactúan dentro y fuera de un mismo nivel trófico; por ejemplo los depredadores en una comunidad, y bipartita cuando los grupos de interactuantes se encuentran bien definidos, por ejemplo interacción planta-planta o interacción planta-visitante floral (dos niveles tróficos) (Picanço, 2018), la última es la que vimos en la presente tesis.

Cabe añadir que en una red de interacción ecológica, los nodos representan las diferentes especies que coexisten en un ecosistema determinado y los

vértices son las conexiones negativas y positivas entre ellas (Girón *et al.*, 2015).

La topología de redes de interacción bipartida de acuerdo con su estructura se conoce como: anidadas y modulares. (ver figura 3). La red anidada se caracteriza por (1) las especies generalistas que interactúan entre ellos deben formar un núcleo de especies interactuantes, (2) Las especies especialistas deben interactuar solamente con las generalistas y (3) Debe haber ausencia de especies especialistas que interactúen solamente con otras especialistas; mientras que las redes modulares son subgrupos de especies interactuantes con otros subgrupos. Entonces, en una red bipartita, las especies se dividen en dos grupos diferentes que interactúan con miembros del otro grupo, pero no dentro de su grupo (Dormann y Strauss, 2014).

Figura 3. Representación de topología de red bipartita



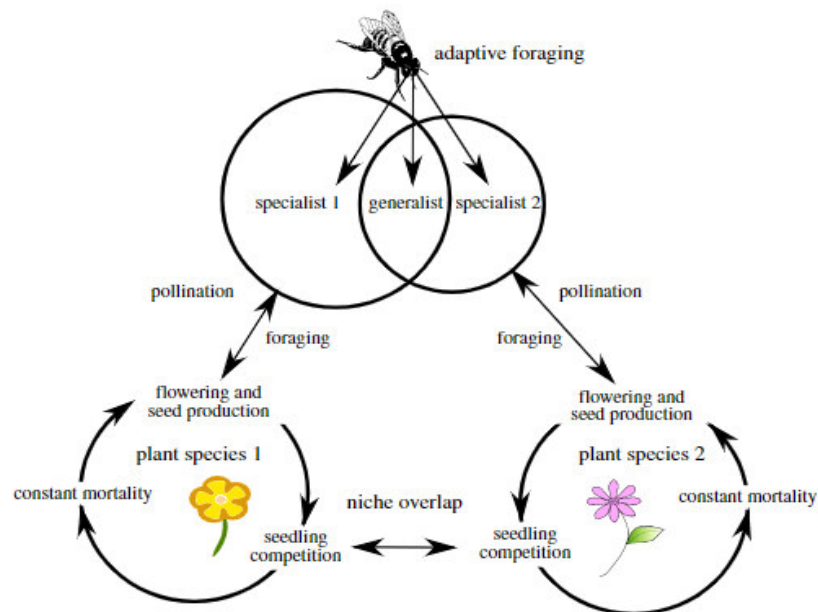
Nota. En donde (A) Red anidada, (B) red modular. Adaptado de La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio. (p. 273), por Martínez *et al.* 2019, Moreno CE.

2.3.4. *Interacción planta-insecto, un proceso mutualista*

El estudio de las interacciones planta-insecto, como redes ecológicas permite tener mayor conocimiento sobre la estructura y dinámica de estos conjuntos interactivos, de igual modo facilita la comprensión de los fenómenos del nivel de red (Vizentin *et al.*, 2018).

Existen varios tipos de relación planta-animal, pero la entomofilia (relación planta-insecto) es probablemente la más diversificada, dando como resultado una gran diversidad de relaciones mutualistas entre especies de plantas e insectos; las plantas con flores proporcionan recursos alimenticios (néctar y/o polen), refugios o incluso el material para los nidos de los insectos, mientras que, a su vez, los insectos aseguran la polinización y/o dispersión de las plantas (Picanço, 2018). (ver Figura 4).

Figura 4. Polinización entomófila



Nota. Tomado de “Adaptive foraging behaviour of individual pollinators and the coexistence of co-flowering plants” (p.4), por Song & Feldman, 2013, *Royal Society*, 281.

Cuando hablamos de redes de interacción planta-visitador floral (insecto), nos referimos a un proceso de mutualismo (Martínez *et al.*, 2019), por lo que este tipo de red tiene un mayor número de especies generalistas que se organizan en un patrón anidado, lo que significa que las especies especialistas interactúan con subconjuntos de especies que interactúan con especies generalistas, lo cual hace que dichas comunidades sean más resistentes a perturbaciones debido a que las especies generalistas crean el núcleo de interacción. (Almeida y Mikich, 2017).

2.3.5. Estructura y representación de las redes ecológicas

Para la representación de las interacciones se utilizan matrices de interacción. (ver Figura 5). En donde la fila representa especies de animales (polinizadores); y las columnas representan plantas (con flores). Las casillas se completan con los valores de 0 a 1 cuando existe interacción; sin embargo podrían tener datos cuantitativos, es decir datos de abundancia además de los de ausencia y presencia. (Jordano *et al.*, 2009)

Figura 5. Matriz de interacción

	P1	P2	P2	P4	P5	P6	P7
F1	1	1	1	1	1	0	1
F2	1	1	0	1	1	1	0
F3	1	1	1	0	0	0	0
F4	0	1	1	0	0	0	0

Nota. Adaptado de Capítulo 1: Redes complejas de interacciones mutualistas planta-animal. En *Ecología y Evolución de interacciones planta-animal*. (p. 18), por Jordano, P. *et al.*, 2009.

En la matriz de interacción, se pueden encontrar 11 especies que interactúan (7 especies de plantas y 4 especies de animales), lo cual supone que existen 28 interacciones entre ambos grupos de especies; sin embargo sólo 15 interacciones se encuentran presentes “1”; es así que se puede mencionar que si bien el polinizador F1 poliniza la flor de la planta P1, P2, P3, P4,P5 y P7, no poliniza a la flor de la planta P6.

Entonces a partir de dicha matriz se obtiene una variable importante, la conectancia, la cual corresponde a la fracción de interacciones registradas respecto al total posible de interacciones; a medida de que incrementa la riqueza de especies de una comunidad, incrementa el número de interacciones registradas. (Jordano *et al.*, 2009)

Del mismo modo existen atributos o parámetros que se emplean para analizar la estructura y funcionalidad de las redes; las cuales se dan a nivel de dos perspectivas: a nivel de especie y a nivel del red (Martínez *et al.*, 2019).

Entre los descriptores a nivel de redes que se utilizaron en el presente trabajo se encuentra la **Conectancia (*Connectance*)**, una de las propiedades que caracterizan una red y se define como la relación entre el número real de interacciones y el número máximo de enlaces que podrían realizarse en ese tipo de red (Vindigni, 2022). la baja conectancia indicaría la alta competencia

entre animales y poca interconectividad entre especies asociadas a redes más especialistas (Martínez *et al.*, 2019). La **Asimetría de especialización (Web Asymmetry)**, responde al equilibrio entre valores en los dos niveles, de tal forma que los números positivos indican mayor especialización en polinizadores y los valores negativos mayor especialización en plantas (Dormann *et al.*, 2009).

El **Anidamiento (nestedness)** es un patrón que considera la abundancia donde las interacciones forman una estructura jerárquica; entonces las redes de interacciones anidadas se caracterizan por que el núcleo de las especies generalistas (especies con muchas interacciones) interactúan entre ellas, así como las especies extremadamente especialistas (especies con pocas interacciones). A las especies generalistas se les denomina especies núcleo y a las especies con menos interacciones o especialistas se les denomina periféricas (Dehling, 2018; Martínez *et al.*, 2019).

La **Generalidad de plantas (Generality HL)** es el número especies de plantas que son utilizadas por un conjunto de especies de insectos en una red ecológica. En otras palabras, es la medida de cuántas especies de insectos dependen de una determinada especie de planta para sobrevivir. Se utiliza el número medio ponderado de especies de polinizadores por especie de planta. La **Vulnerabilidad de polinizadores (Vulnerability LL)**: Número de especies de plantas que son visitadas por un conjunto de especies de insectos polinizadores en una red ecológica. Se utiliza el número medio ponderado de especies de plantas por especie de polinizador (Martínez *et al.*, 2019).

La **Robustez (robustness HL/LL)**, ayuda saber cuanto puede soportar una red ante la pérdida de especies, calculandose por medio de una simulación de extinción de especies dentro de la red; sin embargo esto se da al azar, por lo que la red puede mantenerse conectada aún así los componentes hayan sido removidos en un 80%; por lo tanto se entiende que si la red pierde especies más conectadas o “especies clave”, las redes se vuelven inestables (Castaño, 2009). El **índice de especialización de la red (H2')**, también es una medida

descriptor de red; el valor resultante expone la especialización de la red entera de polinización (Blüthgen *et al.*, 2006).

Por último la **Modularidad (Modularity Q)**, una medida que reconoce las especies que interactúan con un grupo más pequeño de otras especies, considerándolas un poco más especialistas, permitiendo identificar componentes claves en la zona de estudio (Fontenla *et al.*, 2020; Dormann y Strauss, 2014). La modularidad se puede verificar con un modelo nulo de 1000 aleatorizaciones, el cual compara la modularidad real con la de redes aleatorias (Dormann y Strauss, 2014).

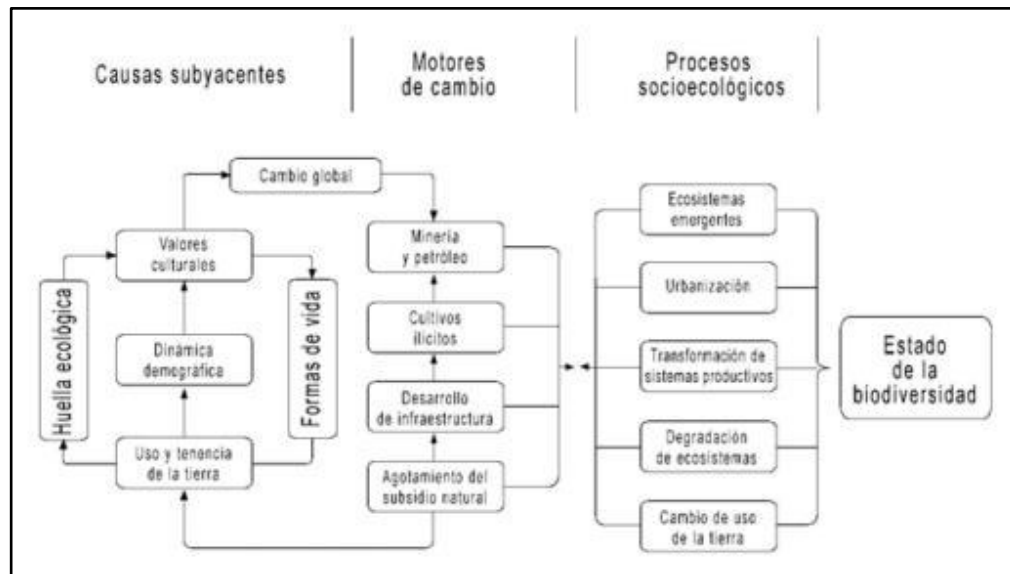
Entre los descriptores a nivel de especies que se utilizaron en el presente trabajo se encuentra la **Fuerza de conexión de las especies (Species.Strength)** la cual mide la importancia de una especie para las otras especies con las que interactúa (Bascompte *et al.*, 2006), además han sugerido que estas especies tienen una gran importancia funcional, ya que su desaparición de la red podría tener efectos negativos para la comunidad (Vásquez *et al.*, 2007). La **Asimetría de interacción de especies (Interaction.Push.Pull)** es una medida del desequilibrio entre el efecto que una especie tiene sobre las otras especies con las que interactúa y la dependencia de esa especie de sus socios; los valores positivos indican que una especie afecta a sus compañeros de interacción más fuertemente de lo que es afectada por ellos (especies "empujadoras"); valores negativos indican que una especie experimenta fuertes efectos de sus compañeros de interacción, pero no ejerce un fuerte efecto recíproco sobre ellos (especies "jaladoras"); y 0 indica simetría de dependencia total (Vásquez *et al.* 2007). Y la **Generalización-especialización (d')**, la cual mide el nivel de especialización de una especie en relación a la abundancia relativa de las otras especies con las que interactúa, el valor 0 indica una mínima especialización mínima; y 1 una especialización máxima (Blüthgen *et al.*, 2006).

2.3.6. Pérdida de la biodiversidad, un problema mundial

La pérdida de la biodiversidad es un tema de gran preocupación, la que puede afectar la funcionalidad de los ecosistemas de nuestro planeta y puede privarlos de importantes recursos o servicios ambientales, tales como (1) Servicios de producción, (2) Servicios de Regulación y (3) Servicios culturales; y esto se debe a que existen diversas amenazas para la supervivencia de las especies, tales como: (1) Pérdida, degradación y fragmentación de hábitat, (2) Sobreexplotación de especies silvestres, (3) Contaminación, (4) Cambio climático, (5) Especies invasoras y (6) Factores intrínsecos (Tellerià, 2013)

Se debe tener en cuenta que el cambio de la biodiversidad es el reconocimiento de impactos históricos acumulado por los humanos, Andrade y Castro (2012) propusieron un modelo del cambio de la biodiversidad. (ver Figura 6). El uso y tenencia de la tierra, la dinámica geográfica y los valores culturales, se presentan dentro de las causas subyacentes que favorecen la pérdida de biodiversidad, no es así para el cambio climático que entra en sinergia con procesos sociales y ecológicos del territorio, por otro lado los motores del cambio son el agotamiento del subsidio natural, el desarrollo de la infraestructura, los cultivos ilícitos, la minería y el petróleo, por último los procesos socioecológicos incluyen el cambio de uso de la tierra, la degradación de ecosistemas, transformación de sistemas productivos, la urbanización y los ecosistemas emergentes; todos estos procesos influyen en el estado de la biodiversidad.

Figura 6. Cambio en la biodiversidad



Nota. Tomado de *Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia Invitación a una interpretación socioecológica**. (p.55), por Andrade y Castro, 2012. Ambiente y Desarrollo, Bogotá.

Finalmente, Díaz et al., (2003) menciona que el evitar el deterioro de la diversidad biológica a medio y largo plazo, es en la actualidad de importancia en el desarrollo de políticas de uso de la tierra dado el incremento de la tasa de extinción de origen humano.

2.3.7. Conservación de ecosistemas

Es imprescindible la necesidad de conservar los ecosistemas debido al deterioro en el que se encuentran en la actualidad; a pesar de que desde el año setenta se han sumado muchas voces de ambientalistas para la generación de proyectos de conservación y los gobiernos han reconocido la gravedad e importancia del tema, la situación ha ido de mal en peor (Challenger, 2001).

Según Fontúrbel (2004), desde los años setenta la conservación se ha centrado en especies puntuales por el valor económico y/o carismático que

puedan tener y ya desde el 2000 se viene discutiendo el nuevo enfoque propuesto por Shwartz que viene a ser la conservación de ecosistemas. Por otro lado, Challenger (2001) mencionada que la mejor estrategia se debe enfocar en reconocer la importancia del ordenamiento territorial a nivel ecológico y valorar el potencial que tiene para rectificar y encaminar correctamente la planeación del uso del suelo de manera estratégica, asimismo menciona que la conservación de los ecosistemas dentro de un ordenamiento territorial debe garantizar la persistencia de un área que mantenga la biota y servicio ecológico en buenas condiciones.

Todas las especies de un ecosistema se relacionan, es por ello que su permanencia a largo plazo está condicionada por estas relaciones, lo que se entiende que las especies no pueden ser aisladas; ya que cada especie depende de un conjunto de otras especies para sobrevivir, así como del medio físico en el que viven. (Fontúrbel, F. 2004).

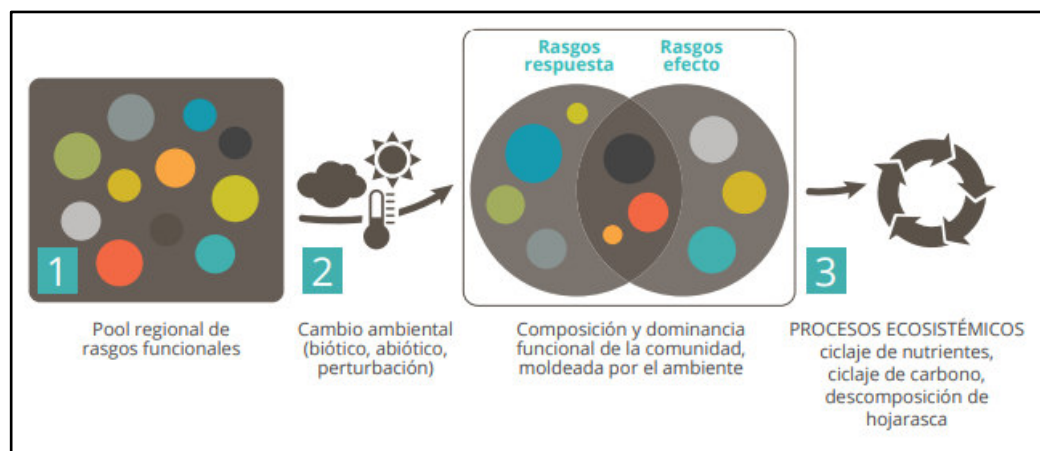
2.3.8. Enfoques de la biodiversidad en conservación

El concepto de biodiversidad ha ido evolucionando con el tiempo a medida que se ha logrado obtener resultados de las acciones a beneficio de la conservación (Peña & Palacios, 2013). Por lo que actualmente, para describir biodiversidad se describen sus componentes funcionales, los cuales pueden ser clave para entender las interacciones de comunidades, procesos de ecosistemas y servicios ecosistémicos; estos componentes funcionales son: a) Variedad de formas en que los seres vivos usan los recursos, b) Variedad de formas en que los seres vivos con su actividad transforman el ambiente (Salgado & Paz, 2016).

Cabe añadir, que la humanidad depende de la diversidad biológica del planeta, es decir del flujo de servicios del ecosistema, que es uno de los beneficios que la sociedad puede obtener. Entonces, existe una relación directa entre el funcionamiento de los ecosistemas y la producción de servicios ecosistémicos para la sociedad (Olade, 2007).

La diversidad funcional es una de las dimensiones de la diversidad, la cual indica el grado de diferencias de rasgos que poseen dos importantes características: (1) El valor particular tomado en un espacio y tiempo determinado que sirve para la medición de la información ambiental para su posterior interpretación ecológica, denominado atributo y (2) Son cualitativos cuando se asocian a variables multiestado (agentes polinizadores o tipos de alimentación) y cuantitativos cuando se obtienen a partir de conteos o mediciones (peso de individuo, etc.). Por último, los rasgos funcionales pueden predecir la respuesta de las comunidades a los cambios ambientales y el impacto que se genera en los procesos del ecosistema a través del esquema efecto-respuesta (Salgado & Paz, 2016). (ver Figura 7).

Figura 7. Esquema efecto-respuesta



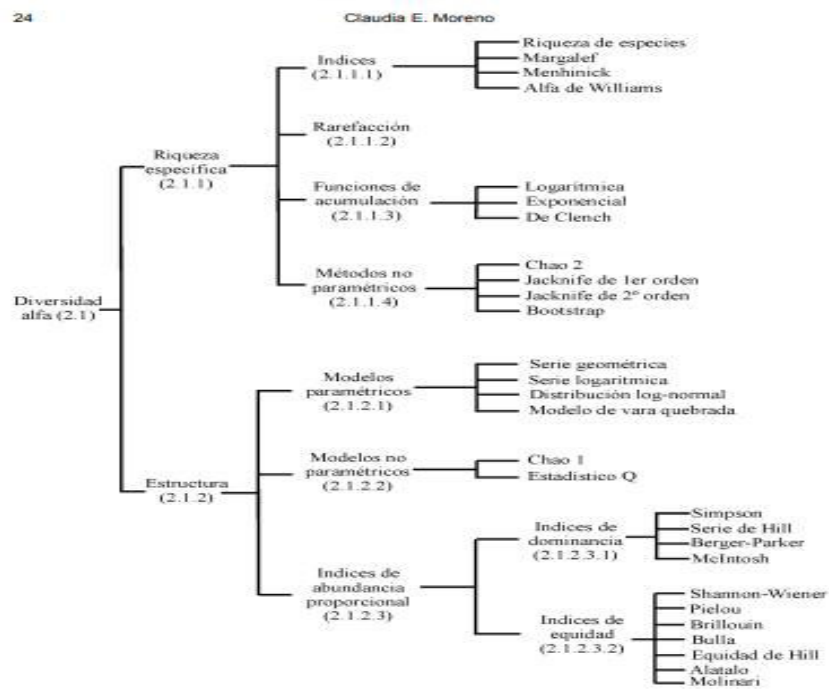
Nota. En donde (1) a nivel regional, el conjunto de especies posee una composición funcional representada por colores y una dominancia funcional representada por tamaños; (2) Cuando existen cambios ambientales, las especies responden a través de los rasgos funcionales, es así que las especies con rasgos para responder a la presión ambiental aumentan su dominancia y las especies con rasgos menos adaptados reducen su proporción en la comunidad y (3) Los rasgos de efecto son el conjunto de rasgos funcionales determina los procesos ecológicos, además los cambios ambientales también pueden afectar a los procesos ecológicos a través de

modificaciones en las características de ecosistemas. Tomado de *La Ecología Funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones*. (p.17), por Salgado & Paz, 2016. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.

2.3.9. Tipos de medición y biodiversidad para la conservación

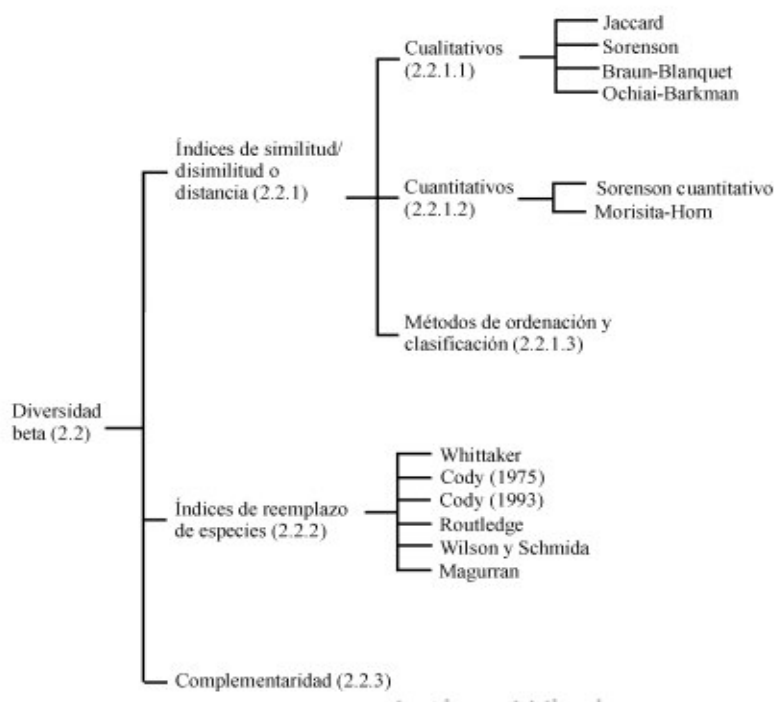
Para realizar un análisis de la comunidad, la diversidad y abundancia de especies deben ser medidas para comprender la variación de las interacciones de especies. En general, la diversidad se representa en tres niveles: (1) alfa, (2) beta y (3) gamma, los cuales se basan en (1) cuantificación del número de especies o riqueza de especies (ver Figura 8), (2) estructura de la comunidad o abundancia relativa, biomasa, etc., y estos se fundamentan en la dominancia o equidad de una comunidad (Moreno, 2001). (ver Figura 9).

Figura 8. Métodos para medir la biodiversidad alfa



Nota. Tomado de *Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA.* (p.24) Moreno, C., 2001. M&T – Manuales y Tesis SEA

Figura 9. Métodos para medir la biodiversidad beta



Nota. Tomado de *Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA*. (p.49) Moreno, C., 2001. M&T – Manuales y Tesis SEA

2.3.10. Modelos de distribución de especies

Con la llegada de las imágenes satelitales y del uso de sistemas de información geográfica, la teledetección espacial actualmente permite capturar imágenes satelitales de una superficie marina o terrestre por lo que ha aperturado oportunidades de estudios ambientales y de conservación (CSIC 2010). Dichas imágenes se componen por diferentes bandas espectrales que facilitan la interpretación de un paisaje, asimismo el tamaño de la superficie a representar (tamaño de pixel) cambia dependiendo del satélite y de los sensores de la imagen porque cada pixel posee un valor numérico que representa la cantidad de energía solar que dicha superficie refleja (CSIC 2010).

Las imágenes obtenidas mediante la imagen satelital pueden representar las áreas de estudio, las cuales requieren un pre procesamiento o corrección previa a la interpretación de la información, la cual consiste en tres tipos de correcciones; la geométrica, la radiométrica y la atmosférica. La corrección geométrica no es más que una asignación a la ubicación geográfica real, además de eliminar distorsiones causadas por el terreno o la ortorrectificación de la imagen; mientras que la radiométrica consiste en la conversión de niveles digitales (ND= de un pixel a radiancia) y la atmosférica tiene por objetivo eliminar las distorsiones que se generan por la atmosfera (BlackBridge, 2013). Por último, si hay presencia de nubes y sombras se deben eliminar mediante el proceso de enmascaramiento; ya que pueden interferir en el análisis.

Existen dos criterios para determinar un área de distribución espacial de una especie: los manuales según criterios de biogeógrafo o especialista de una especie, que se obtiene de acuerdo a la experiencia y el segundo que se desarrolla a partir de técnicas estadísticas y sistemas de información geográfica (SIG), con modelos de distribución de especies, los cuales no son considerados subjetivos debido a que se encuentran sujetas a variables como las condiciones ambientales, por lo que predicen de una manera adecuada (Reguerín, J. 2012).

Asimismo, los modelos de distribución de especies (MDE), se han convertido en una excelente herramienta para aplicaciones relacionados con patrones de biodiversidad y la biología de la conservación debido a la gran variedad ambiental y orográfica que poseen los países tropicales (Skov, F. & Borchsenius, F. 1997); existen cinco elementos para generar cualquier MDE; registro de incidencia de especies, variables ambientales, algoritmo que analiza la relación entre ambas entradas, el espacio ecológico y la representación geográfica en un mapa (Benito de Pando, 2009).

La incidencia (presencia/ausencia) de las especies en la distribución geográfica depende de múltiples factores ecológicos, fisiológicos y ambientales; entendiendo que existen dos tipos de distribución en un modelo: la distribución real de las especies, de la que se tiene certeza de su ocurrencia

por medio de verificaciones en campo, y la distribución potencial que se refiere a zonas geográficas que presentan condiciones ambientales de gran similitud con los sitios en los que se ha constatado su presencia y que en efecto tienen altas probabilidades que su distribución efectivamente ocurra (Rivera et al. 2021).

Aunque existen muchos modelos de distribución de especies, Maxent es un software popular que modela la distribución de especies y nicho ecológico con precisión; requiere únicamente datos de presencia de especies y variables ambientales para generar los análisis (Phillips et al. 2006). La presencia de especies se refiere a los sitios georreferenciados en los que se ha observado la especie de interés, estos se pueden adquirir en campo o en fuentes de bases de datos disponibles en línea. (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Bases de datos con registros de ocurrencias de especies relacionados al presente trabajo

Fuente	Disponible en	Descripción
	https://www.gbif.org/	Es una fuente internacional que reúne diversas fuentes de datos de millones de registros de ocurrencia de especies.
	https://www.tropicos.org/	Es una fuente que vincula más de 1,38 millones de nombres científicos con más de 6,99 millones de especímenes y más de 1,86 millones de imágenes digitales.

Nota: Elaboración propia

Las variables ambientales se pueden adquirir WorldClim, una fuente importante de variables bioclimáticas para detección remota ya que reúne conjuntos de datos climáticos a nivel mundial (Waltari et al. 2014). Se encuentra disponible en (<http://www.worldclim.org/>), pues contiene un repositorio de 19 variables climáticas disponibles para descarga en formato raster (una matriz de datos georeferenciada), asimismo tiene una resolución de 30 segundos de arco (aproximadamente “1km” de resolución en el ecuador) (Hijmans et al, 2005), los cuales han permitido la elaboración de diferentes trabajos sobre biogeografía macroecología y cambio climático en los últimos 10 años (Valera et al. 2015). (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. 19 variables bioclimáticas de WordClim

Variable	Significado
B1	Temperatura promedio anual (°C)
B2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)
B3	Isotermalidad (°C) $BIO2/BIO7*100$
B4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar *100) (°C)
B5	Temperatura máxima promedio del periodo más cálido (°C)
B6	Temperatura mínima del mes más frío (°C)
B7	Oscilación anual de la temperatura (°C) (BIO5-BIO6)
B8	Temperatura media del mes más húmedo (°C)
B9	Temperatura media del mes más seco (°C)
B10	Temperatura media del cuatrimestre más cálido (°C)
B11	Temperatura media del cuatrimestre más frío (°C)
B12	Precipitación anual (mm)
B13	Precipitación del periodo más húmedo (mm)
B14	Precipitación del periodo más seco (mm)
B15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación, CV)
B16	Precipitación del trimestre más húmedo (mm)
B17	Precipitación del trimestre más seco (mm)
B18	Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)
B19	Precipitación del cuatrimestre más frío (mm)

Nota: Elaboración propia

Por último, es preciso añadir que Shen, et al (2022) afirma que los animales inferiores deberían incluirse en la investigación biogeográfica y no solo animales superiores (vertebrados) porque sólo representan el 4% de la fauna mundial. Asimismo, es fundamental conocer la ubicación, estructura y cambios de distribución de especies a diferentes escalas espaciales.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1. Tipo de la Investigación

La presente investigación es de tipo aplicada: ya que se caracteriza por su interés en la aplicación y utilización de los conocimientos. Según Bunge (1999). “utiliza los conocimientos de la ciencia básica en vista a posibles aplicaciones prácticas”. (p. 19).

3.2. Diseño de la Investigación

El presente trabajo cuenta con un diseño no experimental. Según Fernández et al. (2016) son los “estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de las variables de estudio y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos” (p. 2). En la presente investigación no se sometió a ninguna manipulación artificial.

3.3. Unidad de Análisis

La unidad de análisis lo constituye la red ecológica de polinización entomófila en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima. Perú.

3.4. Población de Estudio

Lo conforman todas las redes ecológicas que existen en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima. Perú.

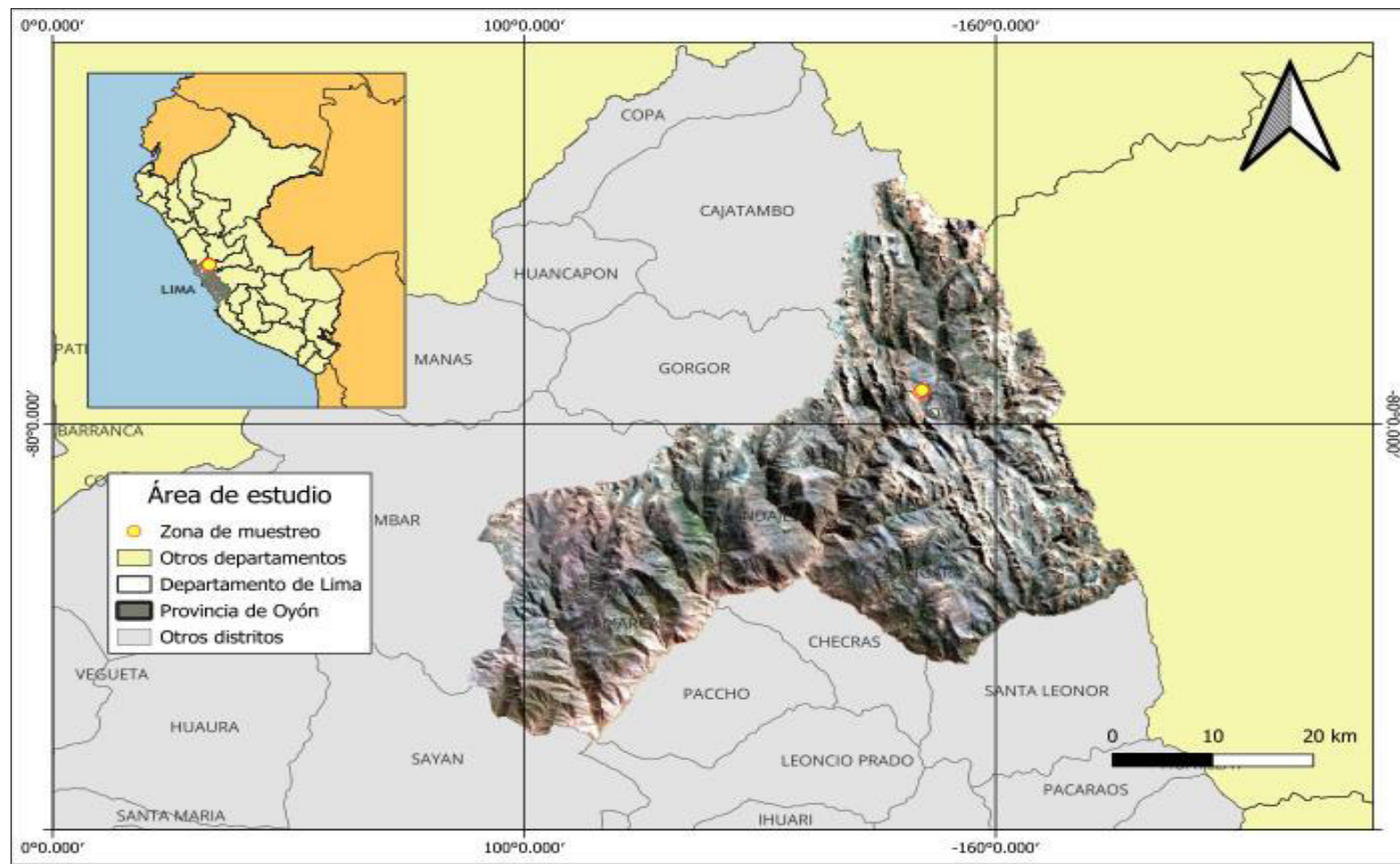
A continuación, el área de estudio (ver Figura 10 y 11).

Figura 10. Vista panorámica del Valle Interandino de Oyón



Nota: Elaboración propia

Figura 11. Área de estudio

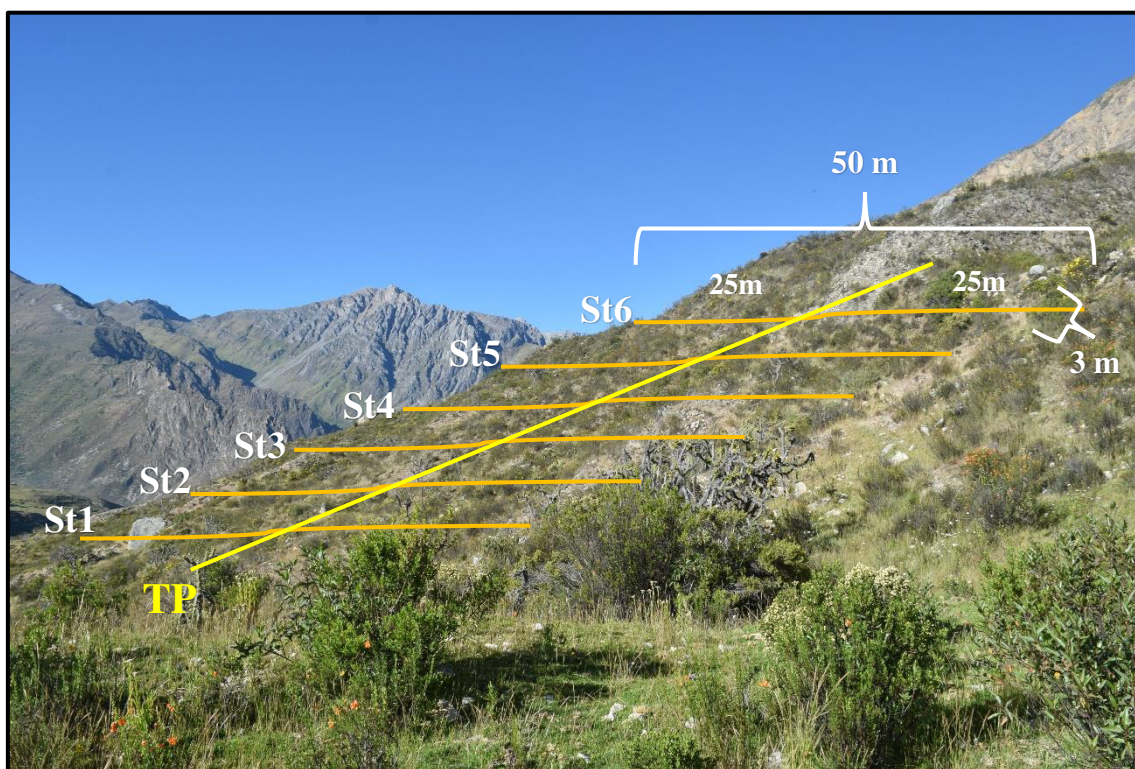


Nota. Elaboración propia

3.5. Tamaño de Muestra

El tamaño de muestra corresponde a 2 redes ecológicas de polinización presentes en dos parcelas de 0.1 hectárea cada una en donde seis subtransectos se trazaron de forma perpendicular a un transecto principal con una distancia 50 metros de altitud entre subtransecto cada subtransecto fue dividido en dos secciones de 25 x 3 m, como se muestra en la siguiente figura.

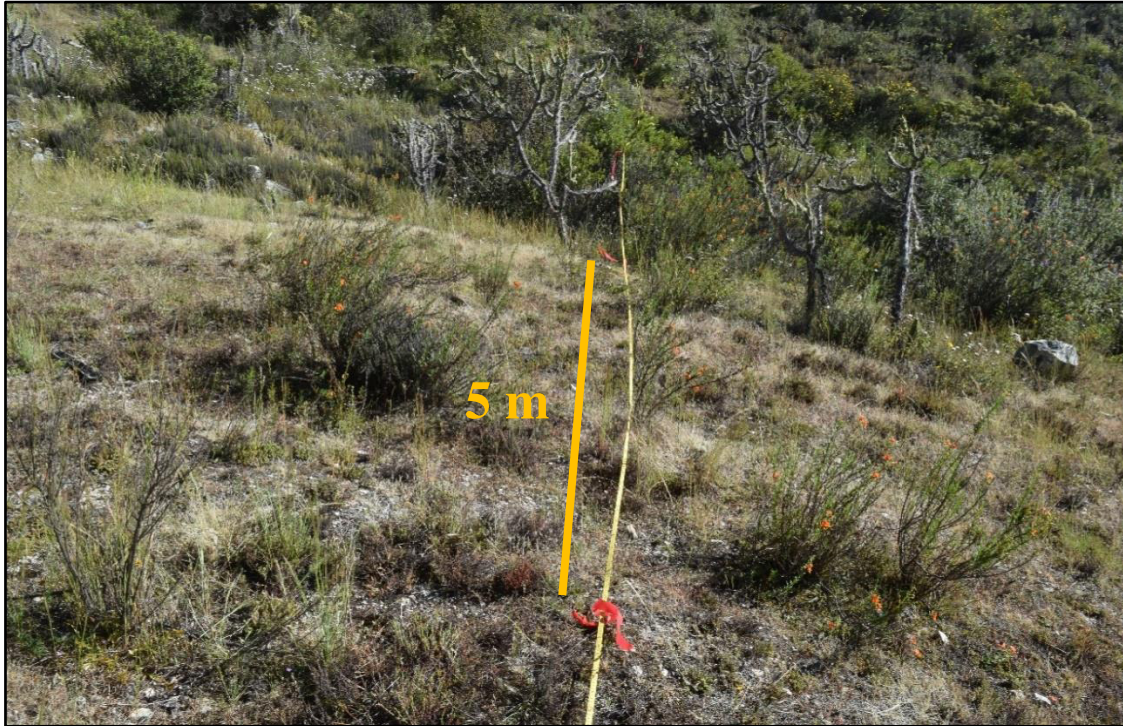
Figura 12. 6 subtransectos de 50 x 3 m divididos por un transecto principal



Nota. Elaboración propia

Asimismo, dentro de cada subtransecto se instalaron cinco áreas de 3 x 5 m (ver Figura 12); en las cuales se ejecutaron las observaciones de las interacciones por 10 minutos (ver Figura 13).

Figura 13. División de 5 cuadrantes de 5x3 m en cada subtransecto de 25 x 3m



Nota. Elaboración propia

Figura 14. Evaluación de cuadrantes de 5x3 m durante 10 minutos



Nota: Elaboración propia

3.6. Selección de la Muestra

La muestra fue establecida durante el premuestro, justificado en la capacidad del investigador para observar de manera óptima las interacciones de polinización planta-insecto. Cabe añadir que estas dimensiones son las que comúnmente se utilizan en este tipo de estudios (Dupont y Olesen, 2009).

3.7. Instrumentos de Recolección de datos

Este proceso se realiza en base a la técnica de matrices de interacción, en las cuales se registraron visitas florales de insectos asociados a la polinización.

3.8. Técnicas de Recolección de datos

La recolección de datos del presente trabajo se basó en un enfoque integrado multimodal, el cual consiste en el uso del método cuantitativo y cualitativo. El método cualitativo se utilizó para precisar la composición del hábitat, identificar las especies de flora e insectos asociados a la polinización y conocer las interacciones; mientras que el método cuantitativo se utilizó para determinar la abundancia, diversidad y estructura de la flora e insectos asociados a la polinización.

Etapa de “Pre Campo”

La recolección de datos en esta etapa consistió en la revisión de información bibliográfica sobre información de redes ecológicas basadas en interacciones de plantas y visitantes florales (insectos) y de identificación de áreas potenciales para conservación.

Etapa de “Campo”

En esta etapa se aplicó la metodología en campo adaptada de Watts et al., (2016). Para la identificación de las mejores áreas para hallar redes ecológicas en base de interacciones planta-visitador floral (insecto), tomando en cuenta la época de floración, se tuvieron que hacer visitas previas, las cuales se dieron a comienzos del mes de mayo del 2023.

A mediados de mayo del 2023 se recolectaron los datos de cada subtransecto de 50×3 m, en el que se registraron la diversidad y la abundancia de visitantes florales (insectos) por cada individuo de planta con flores en anthesis. Al inicio de cada observación, se registró el tiempo de inicio y fin por subtransecto. (ver Cuadro 3).

Cuadro 3. Coordenadas de los transectos botánicos en los Valles interandinos de Oyón

Transecto	Subtransecto	Coordenadas UTM		Altitud
		Este	Norte	
1	1	304678	8822393	3724
	2	304656	8822386	3745
	3	304633	8822377	3757
	4	304611	8822372	3759
	5	304589	8822368	3767
	6	304566	8822361	3775
2	1	304844	8822597	3712
	2	304825	8822599	3745
	3	304804	8822600	3731
	4	304785	8822599	3725
	5	304764	8822597	3746
	6	304740	8822595	3720

Nota: Elaboración propia

Por cada interacción observada se registró el taxón de la planta visitada y el de los insectos visitantes a nivel de especie o morfoespecie. Así mismo, se registró el número de visitas florales por especie de insecto a cada especie de planta. Se tomaron fotos digitales de las flores en antesis, y de los visitantes florales.

El último día de observación, para evitar algún tipo de alteración en el estudio, se colectaron a los insectos polinizadores que no pudieron ser identificados, esto mediante redes entomológicas y/o aspiradores para luego ser colocados en cámaras letales. Dichos insectos fueron montados en triángulos de papel cera con el código del transecto, subtransecto y fecha de colecta. Los especímenes pequeños (< 4mm) fueron preservados en alcohol 96°.

Así también se colectaron muestras botánicas de aquellas plantas que fueron registradas interactuando con los polinizadores dentro de los transectos

y que no fue posible su identificación. Las muestras se colocaron en una prensa botánica y luego se prepararán paquetes con las muestras obtenidas para su transporte con alcohol (50 – 70°).

Etapas de “Post Campo”

Se identificaron especies de flora e insectos polinizadores mediante el uso de claves de identificación y bibliografía especializada, tales como:

- Gentry, A. (1993). A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Perú) with supplementary notes on herbaceous taxa. *Conservation International, Washington*, 895p. para plantas
- Rafael, J.A., Melo G.A.R., de Carvalho, C.J.B., Casari, S.A. y Constantino, R. (Ed.). (2012) *Insectos do Brasil Diversidade e Taxonomia*. Holos Editora.

En cuanto al depósito de colecta, en el caso de los insectos, dichos especímenes fueron depositados en el Centro de Ornitología y Biodiversidad (CORBIDI) y en el Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD); mientras que los especímenes de flora fueron depositados en la Universidad Nacional Agraria La Molina-Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales (MOLF) y el Herbario surperuano del IMOD.

3.9. Análisis e interpretación de la información

3.9.1. Determinación de la composición y diversidad de la flora asociada a la polinización

Se analizó la composición y riqueza de flora asociada a la polinización, mediante datos cuantitativos y cualitativos, también se calculó la abundancia, el promedio de cantidad de individuos con flores, la cantidad de visitas de insectos y la cantidad de morfoespecies visitadoras. Se estimó la diversidad α

mediante los índices de Margalef para medir riqueza, Shannon-Wiener (H') para la heterogeneidad y Simpson (D) para la dominancia de especies. Los resultados se interpretaron mediante los índices de diversidad α acorde a Moreno (2001), como se indica en el siguiente cuadro:

Cuadro 4. Índice de diversidad alfa

Tipo de índice	Descripción	Formula	Condición
Índice de riqueza específica de Margalef	Basado en la distribución numérica de los individuos, mide el número de especies en función del número de individuos existentes.	$D_{Mg} = \frac{s - 1}{Ln N}$	≤ 1 muy baja $> 1 - 2$ baja $> 2 - 2,7$ media $> 2,7 - 3$ alta > 3 muy alta
Índice de equidad de Shannon (H)	Basado en la teoría de la información, relaciona el número de especies con la proporción de individuos pertenecientes a cada una de ellas presente en la muestra. Integra dos componentes: riqueza de especies y equitatividad.	$H = \sum (Pi) (\log_n Pi)$	$0 - 1,35$ baja $1,36 - 3,5$ media $> 3,6$ alta
Índice de dominancia de Simpson (δ)	Basado en la teoría de probabilidad. Indica la relación existente entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especie.	$\delta = \sum (Pi)^2$	$0 - 0,33$ baja $0,34 - 0,66$ media $> 0,67$ alta

Nota: Elaboración propia

Los análisis de diversidad α se efectuaron con el programa PAST versión 3.16 (Hammer *et al.*, 2001). Por último, la información obtenida incluye los criterios de distribución geográfica (endemismo) según León *et al.* (2006), categoría nativa o exótica según trópicos.org y estado de conservación según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre aprobadas por el Decreto Supremo 043-2006-AG.

3.9.2. Determinación de la composición y diversidad de insectos asociados a la polinización

Se analizó la composición y riqueza de insectos asociados a la polinización mediante datos cuantitativos y cualitativos, así como la identificación del número de visitas florales que realizó cada insecto. Debido a la gran cantidad de morfoespecies, estos fueron agrupados de acuerdo a ciertas características en función al tipo de estructura bucal que define el tipo de especie vegetal con el que interactúa, se le ha denominado grupos funcionales y se han identificado 11 en el siguiente cuadro:

Cuadro 5. Identificación de grupos funcionales de insectos asociados a la polinización

Característica	Grupo funcional identificado
Es una especie que se encuentra dentro de la familia Apidae y del orden Hymenoptera; pero debido a que es una especie introducida y por tener una mayor cantidad de interacciones, se le ha considerado aparte.	<i>Apis mellifera</i>
Abejas pertenecientes a las familias Apidae y Megachilidae. Poseen una estructura bucal con la que pueden acceder al néctar guardado en partes más profundas de muchas especies	Abejas lengua larga

florales, se relacionan con especies vegetales de flores tubulares.	
Abejas pequeñas pertenecientes a la familia Halictidae. Debido a la fenología de su estructura bucal, solo pueden libar de flores con corola abierta, que ofrecen su néctar cerca de la superficie.	Abejas de lengua corta
Se encuentran dentro del orden hymenoptera, debido a sus cuerpos peludos, pueden recoger polen de manera eficiente.	Avispas
En este caso, las hormigas conforman parte de este grupo, estos también contribuyen con la polinización pequeñas plantas con flores abiertas, blancas y amarillas que ofrecen polen y néctar en bajas cantidades.	Otros Hymenoptera
Diferentes escarabajos de la familia Aderidae, Buprestidae, Coccinellidae, Curculionidae y Melyridae que fueron registrados como visitantes florales, aunque se sabe que son menos adaptados para la polinización forman parte de la red.	Coleoptera
Once familias de dípteros (moscas) que se registraron como visitador floral, incluido los sírfidos quienes actúan como polinizadores.	Diptera
Insectos del orden hemiptera que contribuyen a la polinización	Hemiptera
Morfoespecies del orden lepidóptera que contribuye con la polinización y son de hábitos diurnos.	Mariposas
Morfoespecies del orden lepidóptera que contribuye con la polinización y tienen hábitos diurnos.	Polillas
Llamados comúnmente “trips”, estas especies se alimentan de las flores por lo que sirven de polinizadores.	Thysanoptera
Tales como arácnidos y orthopteros que fueron registrados visitando las flores y contenían polen.	Otros insectos

Nota: Elaboración propia

La diversidad α se estimó para ambas parcelas, mediante los índices de Margalef, Shannon-Wiener (H') y Simpson (D), los mismos que fueron empleados para la diversidad de flora. La información obtenida incluye los criterios de distribución geográfica (endemismo) y estado de conservación. Los análisis de diversidad α se efectuaron con el programa PAST versión 3.16 (Hammer et al., 2001).

3.9.3. Caracterización de interacciones de flora e insectos asociados a la polinización

Para caracterizar las redes de interacción planta-insectos polinizadores, se elaboró una matriz cuantitativa para cada parcela. Esta matriz fue llenada en campo con las especies de plantas en las filas y las especies y morfoespecies de insectos asociados a la polinización en las columnas que se registraron y en la celda interseca de dicha matriz se apuntó el número de interacciones de cada planta con su visitador floral (insectos). Los valores varían de 0 a más, dependiendo del número de veces en las que se observó una visita floral.

Con el fin de obtener a las especies más importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización y con ello hallar las áreas potenciales de conservación, en gabinete uní ambas parcelas y realicé el análisis de dos maneras: (1) considerando la interacción de especies de plantas y especies/morfoespecies de insectos, y (2) considerando la interacción de especies de plantas y grupos funcionales. Asimismo, para entender la importancia de la red obtenida, estas interacciones se evaluaron con métricas a **Nivel de Red:** Conectancia (*Connectance*), Asimetría de especialización (*Web asymmetry*), Anidamiento (*nestedness*), Robustez (*robustness* HL/LL), Índice de especialización ($H2'$), Modularidad (*Modularity* Q), Generalidad de plantas (*Generality* HL) y Vulnerabilidad de insectos (*Vulnerability* LL), y a **Nivel de Especie:** Fuerza de conexión de las especies (*Species Strength*), Asimetría de interacción de especies (*Interaction Push Pull*), Generalización-

Especialización (d') e Índice de Servicio de Polinización (PSI), éste último sólo para visitantes florales. (ver Cuadro 6 y 7).

Por último, se graficó la modularidad de la red y con ello se calcularon los valores de conectividad entre módulos (c) y conectividad dentro de los módulos (z) ($cyzvalues$), tomando en consideración la fuerza de especies para obtener el rol en la estructura de la red para cada especie de planta, insecto o grupo funcional.

Cuadro 6. Descriptores a Nivel de red

Descriptor	Descripción	Formula	Condición
Conectancia	Relación entre el número real de enlaces (es decir, interacciones por pares entre especies) y el número máximo de enlaces que podrían realizarse en ese tipo de red.	$C = L(IJ)$	varía entre 0 y 1, donde valores altos indican alta interconectividad entre las especies (Dormann et al. 2009)
Asimetría de especialización	Equilibrio del número de especies en los dos niveles	$W = \frac{I - J}{I + J}$	Los valores positivos (+) indican más especies a nivel de plantas y los valores negativos (-) más especies de insectos (-1, 1) (Dormann et al. 2009).
Anidamiento	evaluado a partir del índice NODF, mediante matrices cuantitativas, en las que se incluyen valores	$N_{NODF} = \frac{\sum_{ij} M_{ij}^{row} + \sum_{ij} M_{ij}^{col}}{\frac{m(m-1)}{2} + \frac{n(n-1)}{2}}$	Va de 0 a 100, siendo valores cercanos a 100 cuando se habla de una red completamente Anidada (Dormann et al. 2009).

	de frecuencia o abundancia de las interacciones. A este cálculo de anidamiento se le conoce como anidamiento ponderado (Weighted-NODF).		
Robustez	Identifica la importancia de algunas especies para mantener la robustez en la red, simulando la pérdida de las especies clave.	$l = \sum_{i=1}^g w_i (r_{ij})^2$	Varía de 0 a 1, siendo que la red tolera la pérdida de algunos enlaces cuando resulta 1 (Pocock et al. 2012)
Índice de especialización (H2')	Especialización de la red, basada en la desviación del número de interacciones realizadas por una especie y el esperado del número total de interacciones de cada especie.	$H_2 = \frac{H_{2max} - H_2}{H_{2max} - H_{2min}}$	Oscila entre 0 (sin especialización) y 1 (especialización perfecta para totales de interacción dados) (Blüthgen et al. 2007, Dormann et al. 2009)
Modularidad (Q)	Se presenta cuando hay especies que interactúan más íntimamente con un grupo de menor tamaño en cuanto al número de especies (módulo) que con el resto de las especies de la comunidad	$Q = \frac{1}{2m} \sum_{ij} (A_{ij} - P_{ij}) \partial(c_i, c_j)$	varía de 0 para redes configuradas aleatoriamente a 1 para redes compuestas de perfectos módulos (Dormann y Strauss 2014)
Generalidad de plantas (HL)	Número medio de especies de planta por insectos polinizadores	$H_j = - \sum_{i=1}^1 \left(\frac{a_{ij}}{A_j} \cdot \ln \frac{a_{ij}}{A_j} \right)$	(Dormann et al. 2009)
Vulnerabilidad de insectos (LL),	Número medio de insectos	$G_{qw} = \sum_{i=l}^i \frac{A_i}{m} 2^{H_i}$	(Dormann et al. 2009)

polinizadores por plantas. Análogo a Generalidad.

Nota: L: Número de enlaces realizados en una red, I: Número de especies de plantas, J: Número de especies de polinizadores, m: número total de interacciones para todas las especies, a_{ij} : Número de interacciones entre especies i y especies j, A_i : Número total de interacciones de la especie i, A_j : Número total de interacciones de la especie j.

Cuadro 7. Descriptores de especies

Descriptor	Descripción	Formula	Condición
Fuerza de conexión de las especies (Species Strength)	Mide la importancia de una especie de polinizador o planta en la comunidad.	$d_{ij}^P = \frac{N_{ij}}{N_i}$	Valores altos tienen mayor fuerza de conexión de especies.
Asimetría de interacción de especies (interaction push.pull.)	Dirección de interacción asimétrica basada en dependencias	$d_{ij} = S_{ij} - S_{ji}$	valores positivos indica una mayor dependencia de insectos y valores negativos indican una mayor dependencia de plantas, 0 indica simetría de dependencia total (Vásquez et al. 2007)
Generalización-Especialización (d')	Toma en cuenta la abundancia de la especie con la que interactúa con otras especies	$d'_i = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^r (d'_i \cdot A_i) = \sum_{i=1}^r (d'_i \cdot q_i)$; i puede cambiar por j	0 (especie más generalista) y 1 (especie más especializada) (Blüthgen et al., 2006)
Índice de Servicio de Polinización (PSI)	Estima la importancia de un polinizador para todas las especies de plantas.		0 indica que el polinizador es irrelevante para todas las especies de plantas (Dormann, et al. 2009)

Nota: N_{ij} es el número de interacciones observadas entre estas dos especies y N_i es el número total de interacciones registradas para la especie de planta i.

En el caso de la Modularidad (Q), se buscó la mejor organización de cada red en módulos de cinco series, siguiendo el método “DormannStrauss”, la modularidad corregida Q se calculó como la diferencia entre el valor de la red empírica y el valor medio obtenido de 100 modelos nulos (Schleuning et al. 2014).

Roles funcionales

Asimismo, para identificar los roles funcionales de las especies para las redes modulares, se calcularon los valores c y z para todas las especies en función del número de enlaces, donde c se refiere a la distribución uniforme de enlaces dentro y entre módulos (densidad o conectancia de la red) y z se refiere al número de interacciones dentro del módulo (Guimera et al., 2005). Los valores críticos de c y z fueron tomados de Olesen et al. (2007). A continuación, se muestran las ecuaciones de cada valor:

El papel funcional de una especie i se define por su **valor z** (es decir, el número estandarizado de interacciones de la especie i dentro de sus módulos s).

$$z = \frac{(k_{is} - k_s)}{SD_{k_s}}$$

y valor c (es decir, la conectividad de la especie i entre módulos; también conocido como coeficiente de participación P

$$c = 1 - \sum_{t=1}^{N_m} \left(\frac{k_{it}}{k_i}\right)^2$$

donde k_{is} es el número de interacciones de la especie i con otras especies dentro de sus módulos; k_s y SD_{k_s} son el promedio y desviación estándar de k dentro del módulo, considerando todas las especies en s, respectivamente; N_m

es el número de módulos en la red; k_{it} es el número de interacciones de la especie i con las otras especies del módulo t (incluido el propio módulo de la especie i); y k_i es el número total de interacciones de la especie i en la red (Bellay et al., 2013).

Si todas las interacciones de una especie ocurren dentro de su módulo, entonces $c = 0$; sin embargo, si todas las interacciones se distribuyen uniformemente entre los módulos, el valor de c tenderá hacia 1. Entonces, teniendo como base los valores de z y c calculados a partir de cada matriz, se clasificaron las especies de la siguiente manera: periférica ($z \leq 2.5$ y $c \leq 0.62$, es decir, con algunas interacciones con otras especies); conectoras ($z \leq 2.5$ y $c > 0.62$, es decir, conecta varios módulos entre sí); centro de módulo ($z > 2.5$ y $c \leq 0.62$, es decir, tiene varias interacciones dentro de su módulo); o centro de red ($z > 2.5$ y $c > 0.62$, es decir, la especie es un conector y tiene varias interacciones en el módulo) (Bellay et al., 2013). Los roles de las especies que definirán las áreas potenciales de conservación serán las centro de módulo, centro de red y conectoras.

Todos los cálculos, incluido la elaboración de gráficos se ejecutó con el paquete “bipartite” en el software R, asimismo para las gráficas también se usaron el mismo paquete (Dormann 2023).

3.9.4. Modelo de distribución y determinación de áreas potenciales de conservación

Para obtener el modelo de distribución, fue necesario extrapolar los datos de las especies seleccionadas, en este caso la presencia de las especies de flora más importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización, ya que según lo indicado es indispensable su presencia para las interacciones con especies de insectos y que constituyen las redes hacia otras adyacentes que posean características similares para establecer las áreas potencialmente ocupadas para cada especie, tal como lo sugiere Zamora et al., (2011). Es así que se elaboró una base de datos de distribución a partir de

registros extraídos de literatura especializada, informes técnicos, tesis, artículos y colecciones científicas de referencias de Museos y data disponible de Global Biodiversity Information Facility (GBIF), trópicos, entre otros; éstos contenían registros geográficos. Debido a la escasa información obtenida en Oyón, se optó por delimitar el espacio del departamento de Lima.

Se modeló la potencial distribución de las especies indispensables para mantener la estructura de la red ecológica de polinización, utilizando datos de ocurrencia para el modelo de máxima entropía implementado en el software MaxEnt versión 3.3.3., el cual combina datos de presencia de especies con datos ambientales para estimar la probabilidad de distribución de una especie, es bastante preciso para modelar nichos de especies sujetas a restricciones proporcionadas por variables ambientales (Coderniz, 2018).

Entonces la delimitación del área potencial se halló a partir de los registros de ocurrencia (presencia), junto con las 19 variables ambientales de la base de datos WorldClim (Fick y Hijmans, 2017), y la capa de cobertura vegetal propuesto por MINAM (2015); los que pueden significar una barrera para la dispersión de las interacciones. Utilicé el software MaxEnt en lugar de otro que podría usar datos solo de presencia porque su algoritmo restringe los rangos de especies previstos y, por lo tanto, reduce y evita errores de comisión que podrían llevar a decisiones de conservación erróneas (Urbina-Cardona y Loyola 2008).

Se produjo una distribución geográfica del modelo de nicho ecológico para las especies importantes, con el software MaxEnt (Phillips et al. 2006) con el fin de incluir cada especie como objetivo de conservación. MaxEnt calcula la probabilidad de distribución de máxima entropía (es decir, la distribución más próxima a la uniforme) sujeta a estas condiciones. El resultado final es una expresión del tipo:

$$P(x) = \exp(C1 * F1(x) + C2 * F2(x) + C3 * F3(x) \dots) / Z$$

donde $C_1, C_2...$ son constantes; $F_1, F_2...$ son las variables, y Z es una constante que asegura que la suma de todos los valores de P para todas las celdas sea 1.

Durante el proceso, Maxent generó distintas distribuciones de probabilidad, comenzando por una distribución uniforme, sucesivamente mejoró el ajuste a los datos. Es decir, que al final del proceso, se indicó el ajuste del modelo a las localidades de presencia. Del mismo modo utilicé el formato “cumulative”, en donde las celdas que el modelo predijo presentaron mejores condiciones para la especie cuando el valor acumulativo fue de 100 e indicaron condiciones inadecuadas para el desarrollo de la especie cuando los valores acumulativos resultaron próximos a 0.

Los modelos resultantes fueron seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios: 1) por medio de las pruebas curva de respuesta (análisis de omisión/comisión), 2) sensibilidad Receiver Operating Characteristic (ROC) y 3) Valores más altos de AUC (Área Under Curve), finalmente se utilizó la prueba Jackknife para medir los efectos de cada variable en el modelo y para conocer el comportamiento de cada variable ambiental en función al modelo elegido.

Todos los análisis espaciales se realizaron en el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcMap 10.3. y QGIS.

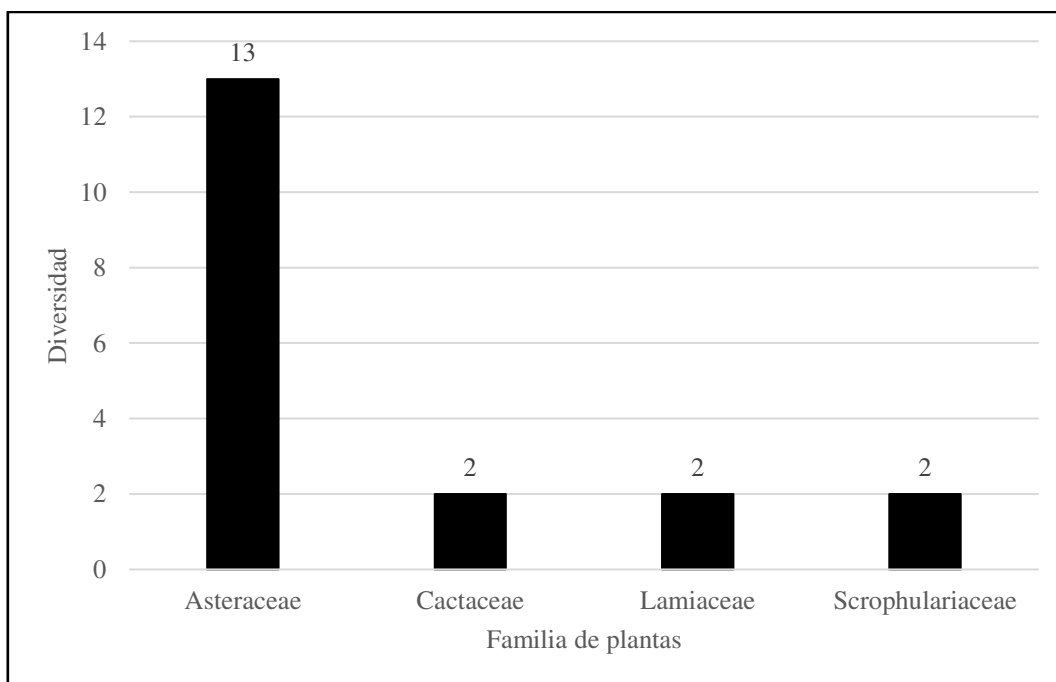
CAPÍTULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. Determinación de la composición y diversidad de la flora asociada a la polinización

Se identificaron un total de 30 especies de plantas con flores que interactuaron con insectos visitantes florales; mostrando una diversidad (α) alta de plantas que son visitadas y/o polinizadas acorde a los índices de Margalef (8.52) y Shannon-Wiener (3.40), asimismo el índice de Simpson (0.9) determinó diversidad y dominancia alta. Las especies de plantas pertenecen a 28 géneros, 17 familias y 11 órdenes. La familia más representativa fue Asteraceae, mientras que las familias Cactaceae, Lamiaceae y Scrophulariaceae presentaron más de 2 especies; y 11 familias presentaron una especie. (ver Figura 15). El 60% de las especies son herbáceas, el 36.66% son arbustivas y el 3.33% son árbol. (Anexo 1).

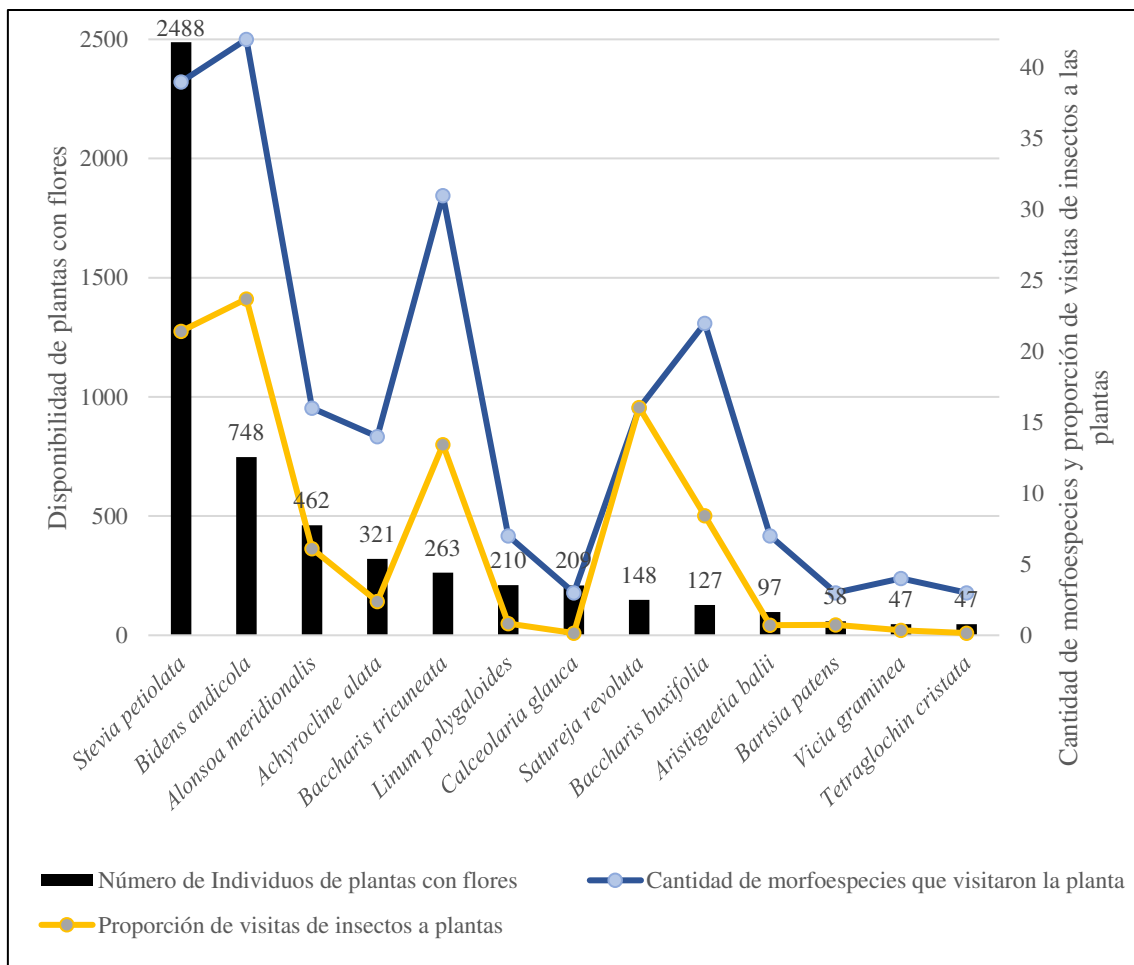
Figura 15. *Diversidad de especies de plantas por familias más representativas registradas en los Valles Interandinos de Oyón*



Nota: Elaboración propia

Las especies de plantas con mayor disponibilidad fueron *Stevia petiolata* (12440 ind/ha), seguida de *Bidens andicola* (3740 ind/ha) y *Alonsoa meridionalis* (2310 ind/ha) y el 43.33% de especies tuvieron menos de 100 ind/ha. La planta con más visitas fue *Bidens andicola* con 100.83 visitas/día, seguida de *Stevia petiolata* con 91.17 visitas/día y *Satureja revoluta* con 68.33 visitas/día. El 83.33% (25) de las especies de plantas recibieron menos de 50 visitas/día durante la evaluación y de éstas el 76.66% (23) recibió menos de 10 visitas/día. Se observó que 7 especies de plantas obtuvieron 14 a más diferentes visitantes, siendo *Bidens andicola*, *Stevia petiolata*, *Baccharis tricuneata*, *Baccharis buxifolia*, *Satureja revoluta*, *Alonsoa meridionalis* y *Achyrocline alata* las cuales obtuvieron visitas de hasta 42 morfoespecies diferentes. (Anexo 4, ver Figura 16).

Figura 16. Cantidad de visitas y proporción de insectos por la disponibilidad de individuos de plantas con flores más abundantes



Nota: Elaboración propia

Asimismo, en el transecto 1 se registraron 20 especies de plantas; aunque los subtransectos no tuvieron tanta diferencia de altitud a 3 724 msnm se observó la mayor riqueza de especies y dominancia ($H' = 2.05$; $M = 2.48$; $1-D = 0.83$) y a 3 775 msnm con la menor riqueza ($H' = 0.58$; $M = 0.851$; $1-D = 0.26$). El transecto 2 presentó el mayor número de especies (24); ya que, a 3 731 msnm y a 3 720 msnm, presentaron mayor número de especies (14); sin embargo, a 3 746 msnm se observó el mayor índice de diversidad de shannon y dominancia ($H' = 1.94$; $1-D = 0.83$). (ver Cuadro 8).

Cuadro 8. Diversidad alfa de plantas por transectos

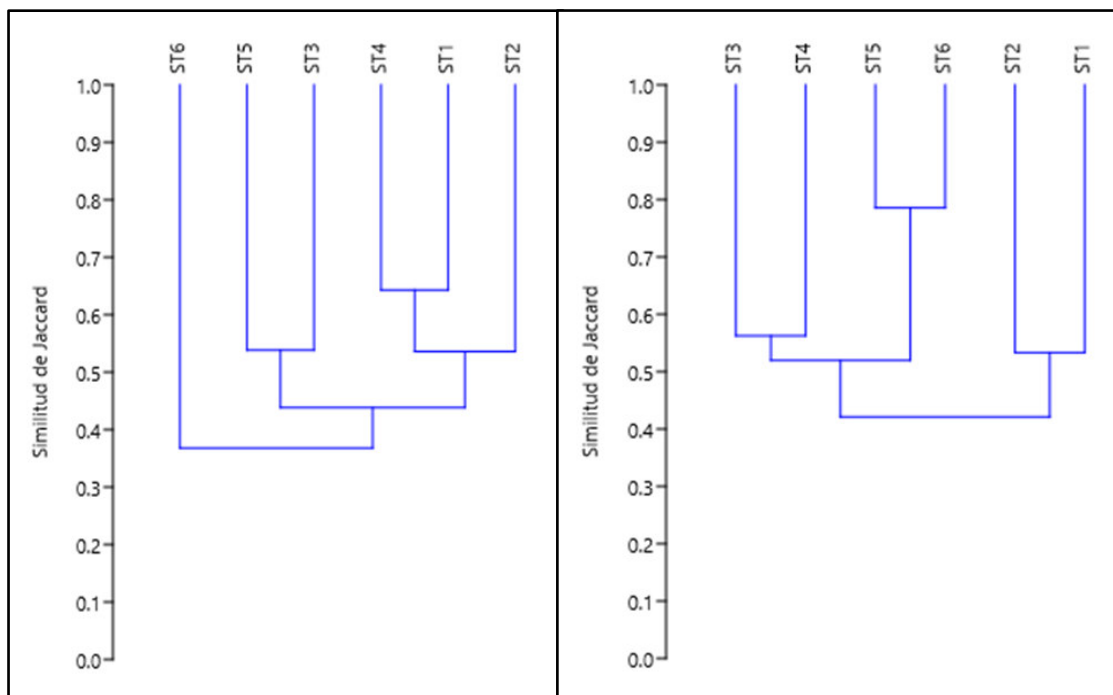
	Transecto 1						Transecto 2					
	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
Altitud	372	374	375	375	376	377	371	374	373	372	374	372
	4	5	7	9	7	5	2	5	1	5	6	0
(S)	13	10	10	10	10	5	10	13	14	11	11	14
(1-D)	0.83	0.81	0.75	0.72	0.73	0.26	0.77	0.78	0.71	0.75	0.83	0.70
(H')	2.05	1.84	1.76	1.56	1.61	0.58	1.73	1.86	1.59	1.68	1.94	1.78
(M)	2.48	1.85	1.91	1.84	2.00	0.85	1.90	2.32	2.34	1.72	1.83	2.72

S: Riqueza; 1-D=Índice de Simpson; H'=Índice de Shannon; M: Índice de Margalef

Nota: Elaboración propia

En el transecto 1, la similitud a nivel de composición de especies se agrupa entre los subtransectos ST4 y ST1 con un 65% de similitud, así como los subtransectos ST5 y ST3 con un 55% de similitud; las especies *Alonsoa meridionalis*, *Baccharis tricuneata*, *Bidens andicola* y *Stevia petiolata* se registraron en todos los subtransectos. En el transecto 2, la similitud más relevante se agrupa en los subtransectos ST5 y ST6 con 80% de similitud, seguida de la agrupación de los subtransectos ST3 y ST4 con 58% y subtransectos ST2 y ST1 con 55% de similitud, asimismo las especies *Baccharis buxifolia*, *Baccharis tricuneata*, *Bidens andicola*, *Satureja revoluta* y *Stevia petiolatala* se registraron en todos los subtransectos. (ver Figura 17).

Figura 17. Diversidad beta de plantas por transectos



Nota: Elaboración propia

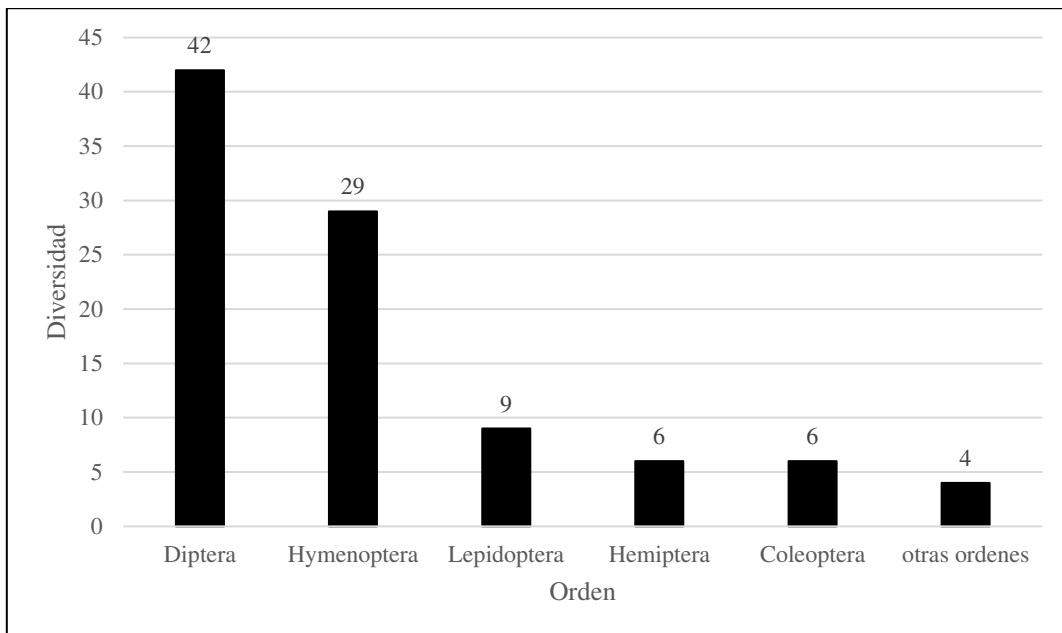
4.1.2. *Determinación de la composición y diversidad de insectos asociados a la polinización*

Se identificaron 96 morfoespecies de insectos. *Apis mellifera* fue la más representativa con 511 individuos (35.33%), seguida de *Xylocopa sp.* con 163 individuos (11.27%) y *Miridae sp.* con 145 individuos (10.20%), asimismo 38 morfoespecies (2.62%) se observaron sólo una vez y el 5.47% (79 morfoespecies) tuvieron menos de 10 individuos. Dichas morfoespecies de insectos interactúan con 30 especies vegetales, *Apis mellifera* fue la especie que interactuó con el 50% de plantas (15 especies de plantas), seguida de *Miridae sp.* con 36.66% (11 especies), *Xylocopa sp.*, *Halictidae sp.* y *Anthomyidae sp.* con 33.33% cada una (10 especies). (Anexo 5).

El orden más representativo fue Diptera (42 morfoespecies), seguida de Hymenoptera (29 morfoespecies) y los órdenes con menos morfoespecies fueron Lepidoptera (9 morfoespecies), Hemiptera (6 morfoespecies),

Coleoptera (6 morfoespecies), Arachnida (2 morfoespecies), Thysanoptera (1 morfoespecie) y Orthoptera (1 morfoespecie). (ver Figura 18).

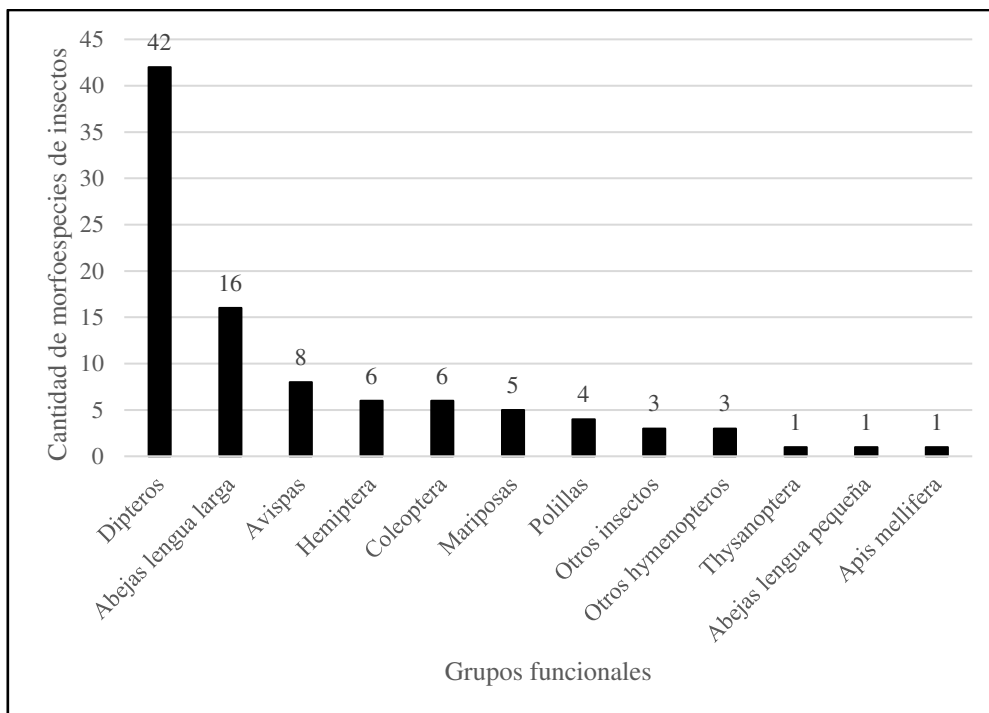
Figura 18. Cantidad de morfoespecies de insectos visitantes florales por orden taxonómico en los Valles Interandinos de Oyón



Nota: Elaboración propia

Asimismo, el grupo funcional más representativo fue los Dípteros (42 morfoespecies), seguidos de Abejas lengua larga (16 morfoespecies) y Avispas (8 morfoespecies). (ver Figura 19).

Figura 19. Cantidad de morfoespecies de insectos visitantes florales por grupo funcional en los Valles Interandinos de Oyón



Nota: Elaboración propia

Las especies *Apis mellifera*, *Xylocopa sp.* y *Miridae sp.* fueron las más abundantes y a su vez las que más interacciones tuvo. Estas especies representan el 56.67% del total de individuos de insectos registrados y la suma de sus visitas son el 66.67% del total de visitas registradas. Asimismo, estas especies visitaron la mayor cantidad de especies de plantas; *A. mellifera* visitó a 15 especies de plantas, *Miridae sp.* visitó a 11 especies de plantas y *Xylocopa sp.* visitó a 10 especies de plantas, al igual que *Anthomyiidae sp.* y *Augochlorella sp.* (Anexo 5).

Otras abejas presentaron valores altos de abundancia y visitas florales; *Bombus coccineus/excellents* (Apidae) con 14 individuos y 28 visitas, *Bombus funebris* (Apidae) con 14 individuos y 22 visitas y *Centris caelebs* (Apidae) con 6 individuos y 15 visitas, asimismo la familia Formicidae presentó 88 individuos. Algunas familias de dípteros también resultaron importantes por su abundancia y cantidad de visitas totales como Syrphidae (9 morfoespecies, 79 individuos y 107 visitas), Calliphoridae (4 morfoespecies, 57 individuos y 101 visitas), Anthomyiidae (3 morfoespecies, 57 individuos y 60 visitas). (Anexo 5).

El promedio general de visitas por cada morfoespecie de insecto fue 1.55 con una desviación estándar de 2.07. La morfoespecie con mayor promedio de visitas fue *Hymenoptera sp.7* ($\bar{x}=20$), seguida por *Mycetophilidae sp.* ($\bar{x}=7$), *Hymenoptera sp. 13* ($\bar{x}=4.5$); cabe añadir que estas morfoespecies sólo visitaron uno o dos especies de plantas.

En la evaluación por transectos, el transecto 2 registró mayor número de morfoespecies (7) a comparación del transecto 1 (61 morfoespecies); asimismo los índices indicaron que a 3 725 msnm se obtuvo mayor riqueza (36 especies), sin embargo, a 3 720 msnm el índice de Shannon fue mayor ($H'=2.52$), a 3 712 se observó el mayor índice de Simpson ($1-D=0.86$) y a 3 725 msnm se observó mayor índice de Margalef. En el transecto 1 el mayor valor de riqueza se obtuvo a 3 757 msnm, lo que coincidió con mayores valores de índices de diversidad ($H'=2.57$, $1-D=0.88$, $M=5.51$). (ver Cuadro 9)

Cuadro 9. Diversidad alfa de insectos por transectos

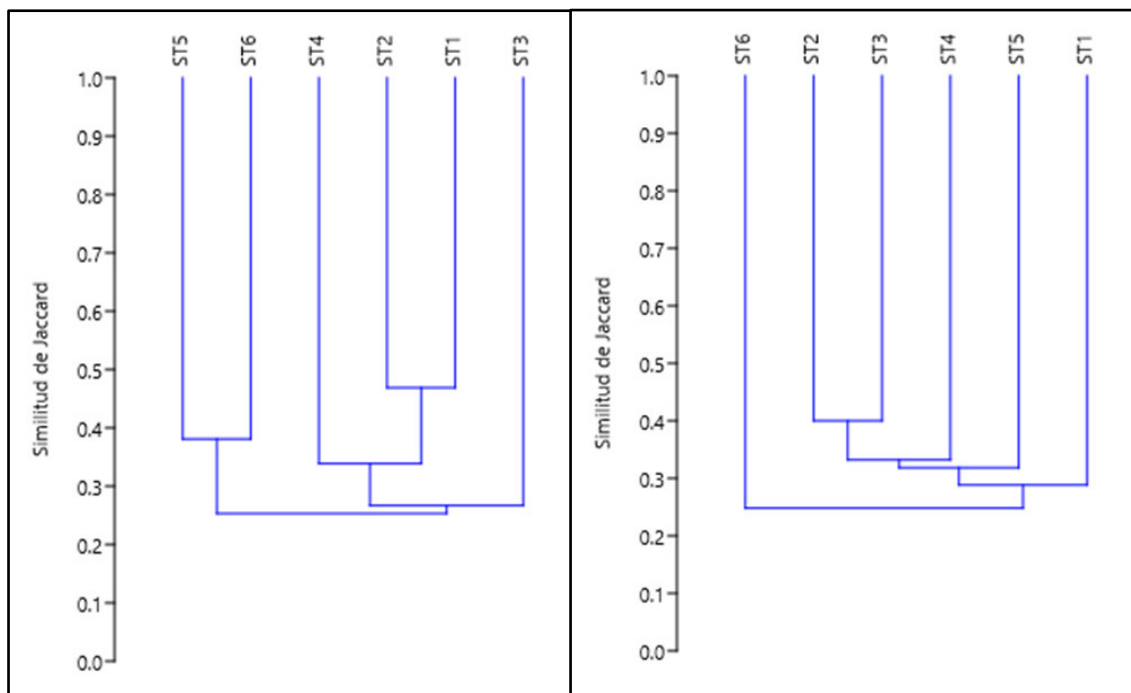
	Transecto 1						Transecto 2					
	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
Altitud	372	374	375	375	376	377	371	374	373	372	374	372
d	4	5	7	9	7	5	2	5	1	5	6	0
(S)	23	24	27	24	14	15	17	24	32	36	19	27
(1-D)	0.81	0.78	0.88	0.82	0.8	0.83	0.86	0.83	0.75	0.55	0.66	0.84
(H')	2.31	2.2	2.57	2.19	2.1	2.05	2.27	2.35	2.11	1.66	1.69	2.52
(M)	4.55	4.73	5.51	4.7	2.9	2.98	3.37	4.44	5.57	6.02	3.30	5.44

Nota: Elaboración propia

En cuanto a los valores de diversidad beta, en el transecto 1, los subtransectos ST1 y ST2 tienen mayor similitud en cuanto a las morfoespecies registradas (49%), seguida de ST5 y ST6 con 39% de similitud en ambos

subtransectos, esta agrupación también mostró que el 75% de morfoespecies registradas en dichos subtransectos no fueron registradas en los subtransectos restantes. En el subtransecto 2 los subtransectos ST2 y ST3 mostraron el 41% de similitud, mientras que el subtransecto ST4 mostró un 32% de similitud con esa agrupación, finalmente el subtransecto ST6 muestra que el 75% de morfoespecies registradas no se registraron en otros subtransectos del transecto 2. (ver Figura 20).

Figura 20. Diversidad beta de insectos por transectos



Nota: Elaboración propia

4.1.3. Determinación de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización

Análisis por interacción de especies de plantas-morfoespecies de insectos asociados a la polinización

La arquitectura de las redes de interacción en el valle interandino de Oyón (agrupando los 2 transectos evaluados), está compuesto por 96 especies y morfoespecies de visitantes florales y 30 especies de plantas; la cual representa 2880 posibles interacciones, de las cuales se observaron 263. (ver Figura 21). Observamos que al eliminar especies de plantas e insectos con igual o menos de 2 interacciones las morfoespecies de insectos se reducen a 43 y las especies de plantas a 24 y a 1032 posibles interacciones y se observan 193 interacciones.

La conectancia de la estructura de la red mostró valores bajos; lo que responde a una alta estabilidad y que existen pocas interacciones entre especies, aunque las probabilidades eran mayores. Asimismo, se observó un predominio generalista de acuerdo a los índices de especialización $H_2=0.36$ y 0.35 , por lo tanto, la mayoría de las especies interactúan entre ellas y no se presentan subgrupos de especialización uno a uno, o de restricción marcada. Cabe añadir que el valor negativo de asimetría indica que las plantas son más generalistas que los insectos y el valor de anidamiento bajo (17.10 y 24.27) muestra que la red es anidada y que las especies generalistas que se encuentran en la red están interactuando entre generalistas y especialistas. La robustez de las redes es alta tanto para la eliminación de especies como para la eliminación de enlaces, lo que significa que la red puede tolerar la eliminación de una gran cantidad de especies o de enlaces sin perder ninguna interacción o especie. (ver Cuadro 10).

Cuadro 10. Estructura y topología de las redes de interacción entre insectos y plantas asociadas a la polinización.

Métricas a nivel de red	Red de polinización por especies	Red de polinización con + de 2 enlaces
Nro. de especies	96	43
Nro. de especies de plantas	30	24
Conectancia	0.09	0.18
Asimetría de especialización	-0.10	-0.06
Anidamiento	17.10	24.27
Número de compartimientos	2	1
Robustez (HL)	0.76	0.76
Robustez (LL)	0.60	0.73
Índice de especialización H2	0.36	0.35
Generalidad (HL)	4.27	4.34
Vulnerabilidad (LL)	8.21	7.04
Modularidad (Q)	0.35	0.34

Nota: Elaboración propia

Asimismo, la red con menos de 2 interacciones posee muchas interacciones generalistas según el descriptor Generalización-Especialización (d'), para plantas ($\bar{x}=0.35$) como para polinizadores ($\bar{x}=0.25$). Los valores más cercanos a 0 indican que las especies son más oportunistas o generalistas y el promedio (d') más cercano a 1 indica que las especies de plantas son más especialistas, por lo que concuerda con la asimetría negativa de la red. De acuerdo al promedio de la fuerza de la conexión de especies, existen plantas más generalistas (1.79) por lo que dependen más de los polinizadores a diferencia de los polinizadores (0.55) que dependen menos de las plantas. El promedio de la Asimetría de Interacción de Especies con valor negativo sugiere que en su mayoría las especies están siendo jaladas (ver Cuadro 11 y 12).

Cuadro 11. Resumen de los valores observados de descriptores a nivel de especies en cuanto a especies de plantas

	Fuerza de Conexión de Especies	Asimetría de Interacción de Especies	Generalización- Especialización
<i>Mínimo</i>	0.002	-0.998	0.000
<i>Máximo</i>	9.50	0.33	0.78
<i>Promedio</i>	1.79	-0.16	0.35
<i>Mediana</i>	0.50	-0.09	0.33
<i>Desviación estándar (SD)</i>	2.72	0.37	0.19

Nota: Elaboración propia

Cuadro 12. Resumen de los valores observados de descriptores a nivel de especies en cuanto a morfoespecies de insectos asociados a la polinización

	Fuerza de Conexión de Especies	Asimetría de Interacción de Especies	Índice de Servicio de Polinización	Generalización-Especialización
Mínimo	0.01	-0.98	0.006	0.03
Máximo	5.22	0.28	0.500	0.82
Promedio	0.55	-0.25	0.096	0.25
Mediana	0.17	-0.23	0.041	0.22
Desviación estándar (SD)	0.95	0.28	0.13	0.16

Nota: Elaboración propia

Las especies de plantas con mayor fuerza de conexión de especies y de las que los polinizadores dependen más son: *Bidens andicola* (9.49) *Stevia petiolata* (7.67), *Baccharis tricuneata* (7.33) y *Satureja revoluta* (4.70); los valores de fuerza de conexión de especies que restan se encuentran por debajo de (2.3). De acuerdo con el descriptor Generalización-Especialización, el 87.5% de las especies de plantas son generalistas con respecto a la abundancia de insectos, por ejemplo, se entendería que *Minthostachys mollis* (0.13), *Aristiguetia balii* (0.16) y *Senecio sp.* (0.17) son más generalistas porque el recurso es más disponible, al contrario de *Matucana haynei* (0.64), *Linum polygaloides* (0.72) y *Austrocylindropuntia subulata* (0.78). Por último, 8 especies con valores positivos de Asimetría de interacción de especies afectarían a las especies de polinizadores si desaparecieran: *Baccharis buxifolia*, *Achyrocline alata*, *Alonsoa meridionalis*, *Linum polygaloides*, *Baccharis tricuneata*, *Stevia petiolata*, *Bidens andicola* y *Satureja revoluta* (Anexo 6), por lo que son importantes para su conservación.

Las especies de insectos con mayor fuerza de conexión de especies son *Apis mellifera* (5.22), *Xylocopa sp.* (2.48) y *Miridae sp.* (2.13) *Drosophilidae sp.* (1.68), y *Halictidae sp.1* (1.61); según el descriptor Generalización-

Especialización (d'), el 86.40% de las especies de insectos tienen valores menores a ($d'=0.5$), por lo que tienden a ser más generalistas. Los polinizadores especialistas con valores mayores a ($d'=0.5$) son *Curculionidae sp.* (0.82), *Diptera sp. 13* (0.66), *Diptera sp. 11* (0.63) y *Xylocopa sp.* (0.51). Estas especies serían generalistas en la utilización de recursos.

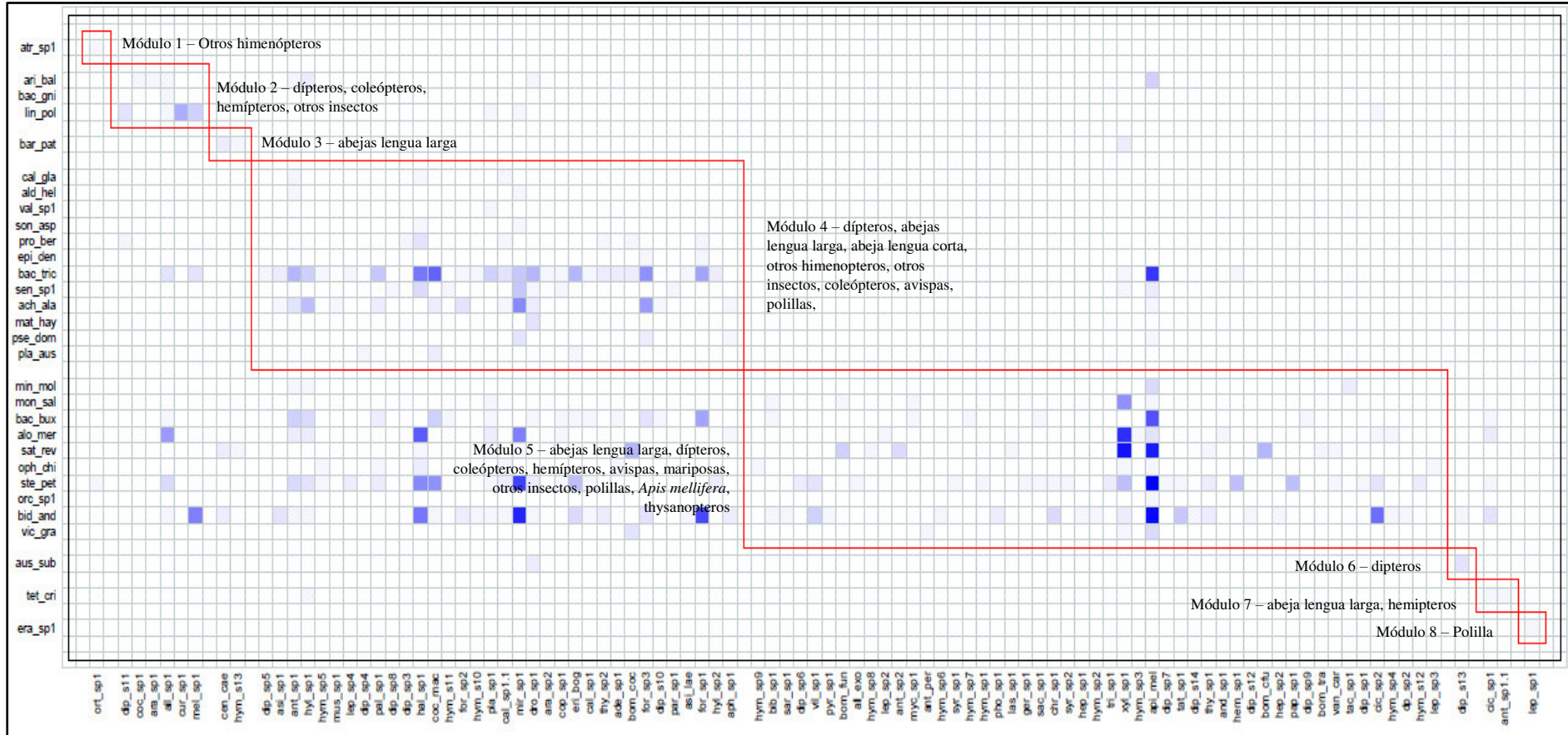
En cuanto al índice de servicio de polinización (PSI) los valores más altos fueron de las especies *Apis mellifera* (0.49), *Diptera sp. 13* (0.45), *Xylocopa sp.* (0.43) y *Curculionidae sp.* (0.42), lo que sugiere que, al tener mayor interacción con una planta, esta depende completamente del polinizador; sin embargo, los valores no llegan a 1, lo que significa que estas especies visitan más de una planta. Similar a la fuerza de conexión de especies, las especies con valores positivos de asimetría de interacción de especies que afectarían a las especies de plantas si desaparecieran son: *Apis mellifera*, *Xylocopa sp.*, *Drosophilidae sp.*, *Miridae sp.*, *Halictidae sp.*, *Allograpta sp.* y *Anthomyiidae sp.* (Anexo 7).

La red de polinizadores del Valle Interandino de Oyón de acuerdo a la fuerza de interacción, se comporta como una red modular de ocho módulos claramente identificados. (ver Figura 22). Las especies incluidas dentro de cada módulo interactúan más entre ellas que con otras especies de la comunidad. Los módulos uno y ocho están completamente aislados sin interacciones fuera del módulo; mientras que las especies de los módulos restantes interactúan con otras especies fuera del módulo. Las especies que conforman el módulo dos son las plantas *Aristiguetia balii*, *Baccharis gnidiifolia* y *Linum polygaloides* con dípteros, coleópteros, hemípteros, y otros insectos. Las especies del módulo cuatro la conforman *Calceolaria glauca*, *Aldama helianthoides*, *Valeriana sp.*, *Sonchus aff. asper*, *Proustia berberidifolia*, *Epilobium denticulatum*, *Baccharis tricuneata*, *Senecio sp.*, *Achyrocline alata*, *Matucana haynei* y *Plantago australis* asociadas en el mismo módulo con abejas lengua corta, abejas lengua larga, otros himenópteros, dípteros, otros insectos, avispa, coleópteros y polillas. Por último, el Módulo cinco se conforma de *Minthostachys mollis*, *Monnina*

salicifolia, *Baccharis buxifolia*, *Alonsoa meridionalis*, *Satureja revoluta*, *Ophryosporus chilca*, *Stevia petiolata*, *Orchidaceae sp. 1*, *Bidens andicola* y *Vicia graminea* asociadas dentro del módulo con abejas lengua larga, dípteros, coleópteros, hemípteros, avispas, mariposas, otros insectos, polillas, *Apis mellifera*, y thysanopteros. (ver Figura 22).

En algunos módulos las especies de plantas tienen rasgos florales parecidos lo que podría explicar que compartan los mismos polinizadores. Por ejemplo, en el módulo cinco se observa que los géneros de abejas grandes: *Xilocopa* y *Bombus*. está interactuando con flores zigomorfas de los órdenes Fabales y Lamiales: *Monnina salicifolia*, *Satureja revoluta* y *Alonsoa meridionalis*; dípteros, sírfidos, hormigas y otros interactúan con flores cimosas de la familia asteráceas. (ver Figura 22).

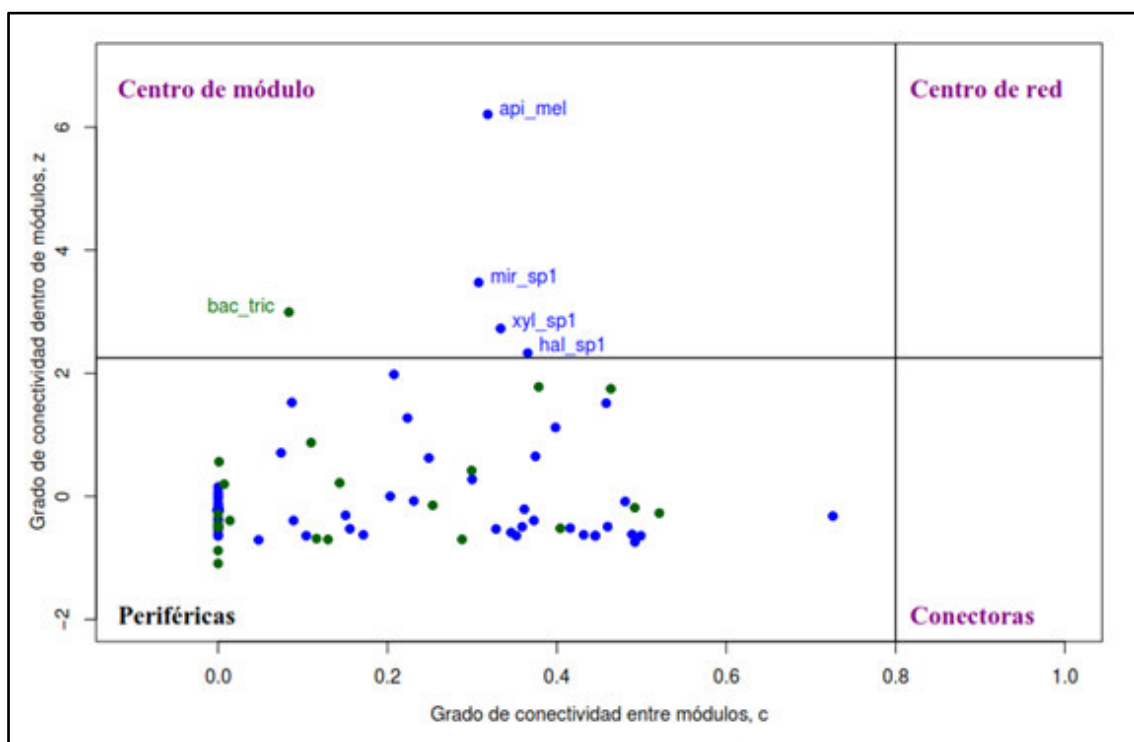
Figura 22. Análisis de modularidad con el algoritmo propuesto por DormannStrauss. En el eje X se encuentran los insectos y en el eje Y las plantas. Los cuadros azules indican la ocurrencia de interacción entre planta y polinizador y los cuadros rojos los módulos identificados por el algoritmo.



Nota: Elaboración propia

Al analizar los valores de cada especie de acuerdo a la fuerza de interacción, en cuanto a su conectividad entre módulos (c) y conectividad dentro de los módulos (z), encontramos que no se obtuvieron especies “centro de red” ni especies “conectoras” y que las morfoespecies *Apis mellifera*, *Miridae sp. 1* (Hemiptero), *Halictidae.sp.1* (abeja lengua corta) y *Xylocopa.sp.1* (abeja lengua larga) resultaron ser “centro de módulo”, finalmente el 95.83% son periféricas. En cuanto a plantas, *Baccharis tricuneata* resultó como “centro de módulo”. (ver Figura 23).

Figura 23. *Especies de la red de plantas-insectos del Valle Interandino de Oyón, organizadas según su grado de conectividad dentro y entre módulos. Según su rol en la estructura de la red, como especies periféricas, centro de módulo, centro de red y conectoras.*



Nota: Elaboración propia

Análisis por interacción de especies de plantas-grupos funcionales de insectos asociados a la polinización

Al clasificar a los insectos por grupos funcionales, tenemos a 11 grupos funcionales interactuando con 30 especies de plantas con la posibilidad de obtener 330 interacciones, aunque sólo se observan 108. La conectancia es baja; lo que responde a una alta estabilidad con bajas conexiones. El valor positivo de asimetría indica que las plantas son más generalistas que los insectos y el valor de anidamiento bajo (37.34) muestra que la red es anidada y que las especies generalistas de la red están interactuando tanto con generalistas y especialistas. (ver Figura 24).

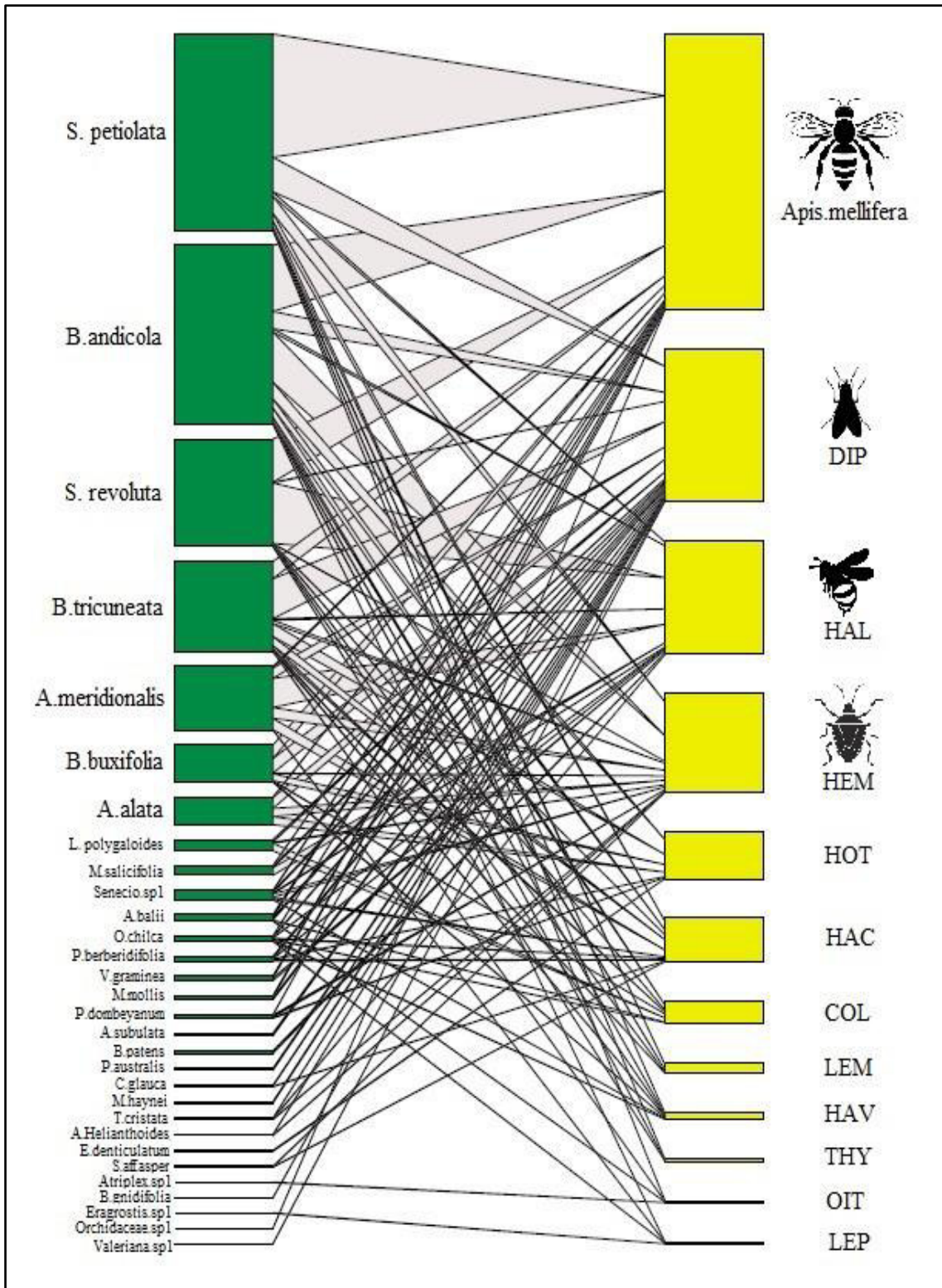
El predominio generalista de acuerdo a los índices de especialización $H_2=0.28$, por lo tanto, la mayoría de las especies interactúan entre ellas. La robustez de las redes es alta tanto para la eliminación de especies como para la eliminación de enlaces, lo que significa que la red puede tolerar la eliminación de una gran cantidad de especies o de enlaces sin perder ninguna interacción o especie. (ver Cuadro 13).

Cuadro 13. Estructura y topología de las redes de interacción entre insectos y plantas asociadas a la polinización.

Métricas a nivel de red	Red de polinización por grupos funcionales
Nro. de grupos funcionales de insectos	11
Nro. de especies de plantas	30
Conectancia	0.3
Asimetría de especialización	0.09
Anidamiento	37.34
Número de compartimientos	1
Robustez (HL)	0.63
Robustez (LL)	0.84
Índice de especialización H2	0.28
Generalidad (HL)	5.62
Vulnerabilidad (LL)	3.94
Modularidad (Q)	0.31

Nota: Elaboración propia

Figura 24. Red de interacción del Valle Interandino de Oyón, muestra en la parte inferior a las especies de plantas y en la parte superior a los grupos funcionales de insectos y entre ellas las interacciones que se observaron.



Nota: Elaboración propia

Según el descriptor de especie Generalización-Especialización (d'), la red posee más interacciones generalistas para plantas ($\bar{x}=0.23$) como para polinizadores ($\bar{x}=0.25$). Los valores más cercanos a cero indican que las especies son más oportunistas o generalistas y el promedio (d') cercano a uno indica que las especies de polinizadores son ligeramente más especialistas, por lo que concuerda con la asimetría positiva de la red. De acuerdo al promedio de la fuerza de conexión de especie, existen polinizadores más generalistas (2.5) por lo que dependen más de las plantas (0.4) a diferencia de las plantas que dependen menos de los polinizadores. Existen valores positivos y negativos de interacción tanto en polinizadores como en las plantas (ver Cuadro 14 y 15).

Cuadro 14. Resumen de los valores observados de descriptores a nivel de especies en cuanto a especies de plantas

	Fuerza de Conexión de Especies	Asimetría de Interacción de Especies	Generalización-Especialización
Mínimo	0.002	-0.99	0
Máximo	3.035	0.185	0.778
Promedio	0.4	-0.45	0.237
Mediana	0.057	-0.407	0.193
Desviación estándar (SD)	0.73	0.4	0.18

Nota: Elaboración propia

Cuadro 15. Valores observados de descriptores a nivel de especies en cuanto a grupos funcionales de insectos asociados a la polinización

	Fuerza de Conexión de Especies	Asimetría de Interacción de Especies	Índice de Servicio de Polinización	Generalización n-Especialización
<i>Diptera</i>	10.30	0.42	0.33	0.20
<i>Apis mellifera</i>	4.77	0.25	0.48	0.21
<i>Abejas lengua larga</i>	4.07	0.26	0.51	0.53
<i>Hemiptera</i>	3.22	0.17	0.23	0.21
<i>Otros himenópteros</i>	2.12	0.16	0.18	0.32
<i>Abejas lengua corta</i>	1.96	0.10	0.12	0.17
<i>Polillas</i>	1.11	0.03	0.28	0.42
<i>Otros insectos</i>	1.09	0.02	0.27	0.39
<i>Coleoptera</i>	0.96	-0.01	0.26	0.37
<i>Avispas</i>	0.32	-0.10	0.04	0.13
<i>Mariposas</i>	0.07	-0.23	0.03	0.08
<i>Thysanoptera</i>	0.02	-0.33	0.01	0.04

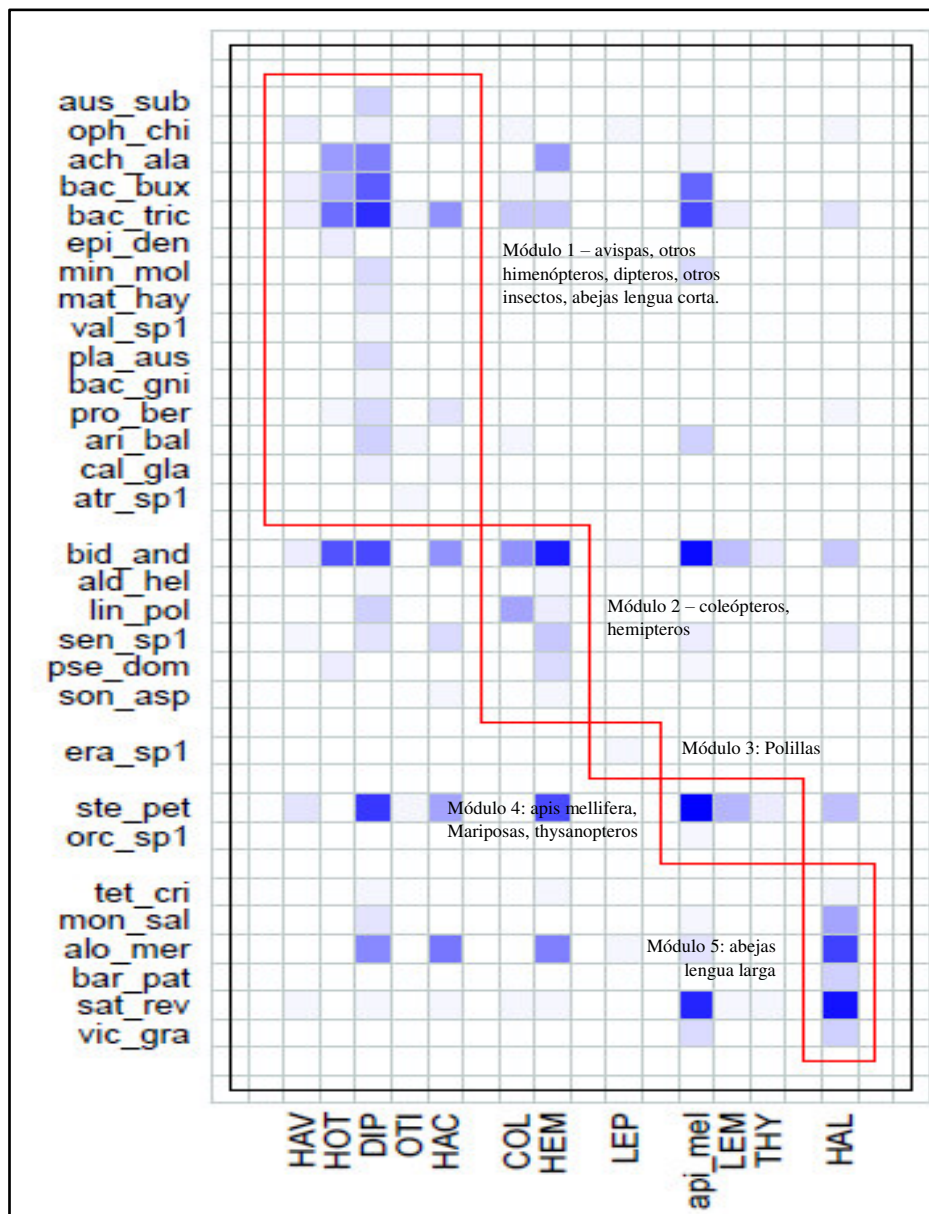
Nota: Elaboración propia

Las especies de plantas con mayor fuerza de conexión de especies resultaron ser: *Bidens andicola* (3.03); *Stevia petiolata* (2.44) y *Baccharis tricuneata* (1.49), seguida del 73.33% de plantas generalistas. De acuerdo al descriptor (d'), las plantas resultaron ser más generalistas, presentando valores menores a 0.5. Por último, sólo cuatro especies de plantas resultaron con valores positivos indicando la afectación a las especies de polinizadores con las que interactúan: *Bidens andicola*, *Stevia petiolata*, *Baccharis tricuneata* y *Satureja revoluta*; mientras que el 90% de especies están siendo jaladas.

Los grupos funcionales con mayor fuerza de conexión de especie son los dípteros (10.30) y *Apis mellifera* (4.77). Todos los valores del descriptor (d') resultaron menores a 0.53 indicando que todos los grupos funcionales son generalistas. En cuanto al índice de servicio de polinización (PSI), las abejas lengua larga resultan con mayor importancia en cuanto a su interacción (0.51) con una o más plantas dependientes y los thysanopteros resultaron ser polinizadores más irrelevantes por el valor de 0.01. En este caso todos los grupos funcionales que afectarían menos a las plantas si desaparecieran, son los coleópteros, Avispas, Mariposas y thysanopteros (-0.33 a -0.01).

Utilizando la fuerza de conexión de especies, la red del valle interandino de Oyón se comporta como una red modular de cinco módulos claramente identificados (ver Figura 25). El módulo tres conformado por *Eragrostis sp.1* y polillas se encuentra aislada, es decir que todas las especies de plantas están interactuando con todos los grupos funcionales, a excepción de esta interacción. En el módulo uno, los dípteros tienen mayor fuerza de interacción con la especie *Baccharis tricuneata* y se puede observar también que fuera del módulo interacciona con *Apis mellifera*, coleópteros, hemípteros, mariposas y abejas lengua larga. El módulo dos se encuentra conformada por hemípteros y coleópteros los cuales interactúan con mayor fuerza con *Bidens andicola*; asimismo *Bidens andicola* tiene una mayor fuerza de interacción con *Apis mellifera* fuera de dicho módulo. Las abejas lengua larga se encuentran en un sólo módulo cinco conformado por *Tetraglochin cristata*, *Monnina salicifolia*, *Alonsoa meridionalis*, *Bartsia patens*, *Satureja revoluta* y *Vicia graminea*. Finalmente, el cuarto módulo demuestra que *Apis mellifera* tiene una mayor fuerza de interacción con *Stevia petiolata*. (ver Figura 25).

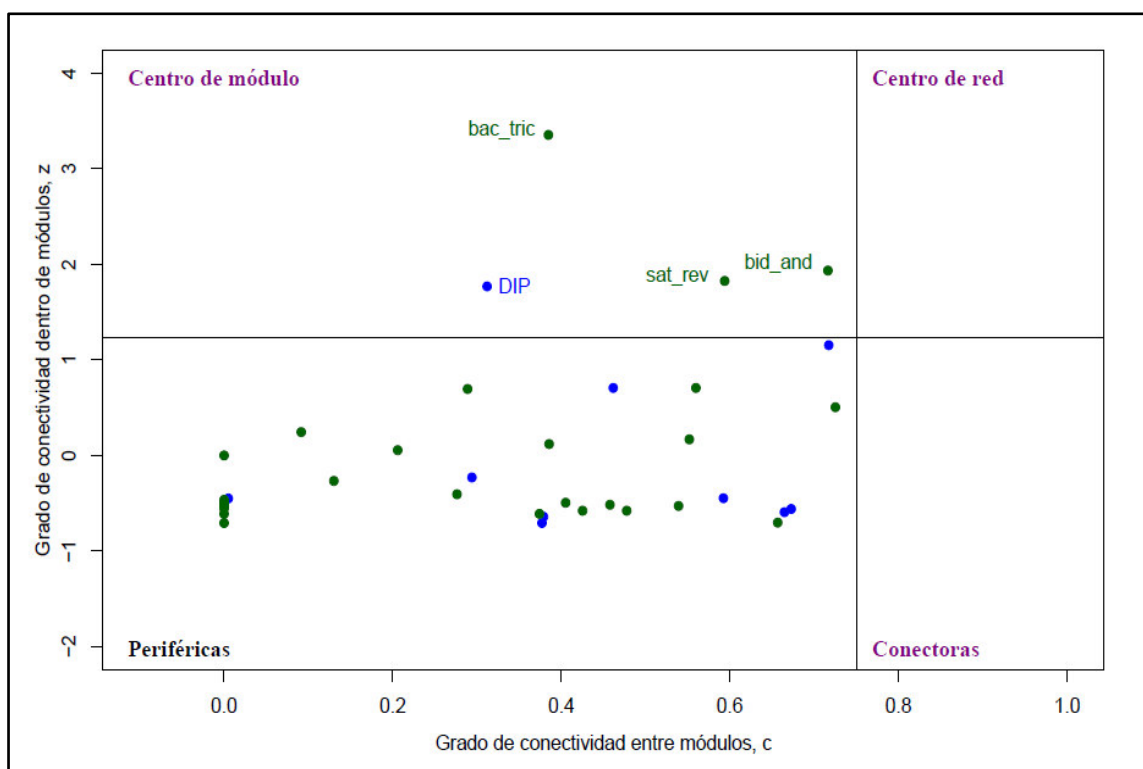
Figura 25. Análisis de modularidad con el algoritmo propuesto por DormannStrauss. En el eje X se encuentran los grupos funcionales y en el eje Y las plantas. Los cuadros azules indican la ocurrencia de interacción entre planta y polinizador y los cuadros rojos los módulos identificados por el algoritmo.



Nota: Elaboración propia

Al analizar los valores de cada especie de plantas y grupos funcionales de acuerdo a la fuerza de interacción, en cuanto a su conectividad entre módulos (c) y conectividad dentro de los módulos (z), encontramos que, a nivel de grupo funcional, no se obtuvieron especies “centro de red” ni “centro de módulo” y que los dípteros cumplen el rol de centro de módulo, por lo que el resto de grupos funcionales son periféricas. En cuanto a plantas, ninguna de ellas resultó como “centro de red” ni “conectoras”, mientras que *Baccharis tricuneata*, *Bidens andicola* y *Satureja revoluta* resultaron “centro de módulo” (ver Figura 26).

Figura 26. Especies de la red de plantas-insectos del Valle Interandino de Oyón, organizadas según su grado de conectividad dentro y entre módulos. Según su rol en la estructura de la red, como especies periféricas, centro de módulo, centro de red y conectoras.



Nota: Elaboración propia

Categorías de conservación de especies de flora y morfoespecies de insectos

Según la UICN, *Austrocylindropuntia subulata* y *Matucana haynei* se encuentran en categoría de preocupación menor (LC); mediante el D.S. 043-3006-AG ninguna de las especies de plantas se encuentran categoría de conservación y sólo *Orchidaceae sp.* fue clasificado dentro del Apéndice I de las CITES; y en cuanto al endemismo por registro departamental, según León *et al.* (2006) las especies *Aristeguietia ballii*, *Proustia berberidifolia*, *Stevia petiolata*, *Calceolaria glauca* y *Linum polygaloides* son endémicas, asimismo según trópicos.org el 50% de las especies registradas son endémicas y/o nativas de Perú, entre ellas *Baccharis buxifolia*, *Achyrocline alata*, *Linum polygaloides*, *Stevia petiolata*, *Bidens andicola* y *Satureja revoluta*, especies más importantes para mantener la estructura de la red de polinización de Oyón (Anexo 1).

En cuanto a las morfoespecies de polinizadores, *Apis mellifera* tiene datos insuficientes para encontrarse en alguna categoría de amenaza; mientras que *Bombus coccineus*, *B. funebris* y *B. transversalis*, se encuentran en categoría de preocupación menor (LC); y *Bombus coccineus*; *Bombus funebris*; *Astylus laetus*; *Vanessa carye*; *Allograpta exótica*; géneros como *Partamona*; *Xylocopa*; *Anthidium*; *Lasionota*; *Allograpta*; *Capestylum* y *Toxomerus* son nativas; asimismo según el análisis éstas especies cumplen un rol como periféricas, y en cuanto a la interacción, las plantas tienen dependencia baja de éstas especies por sí solas, es decir que son más importantes en conjunto.

4.1.4. Áreas potenciales de conservación de las redes ecológicas de polinización presentes en el valle interandino de Oyón

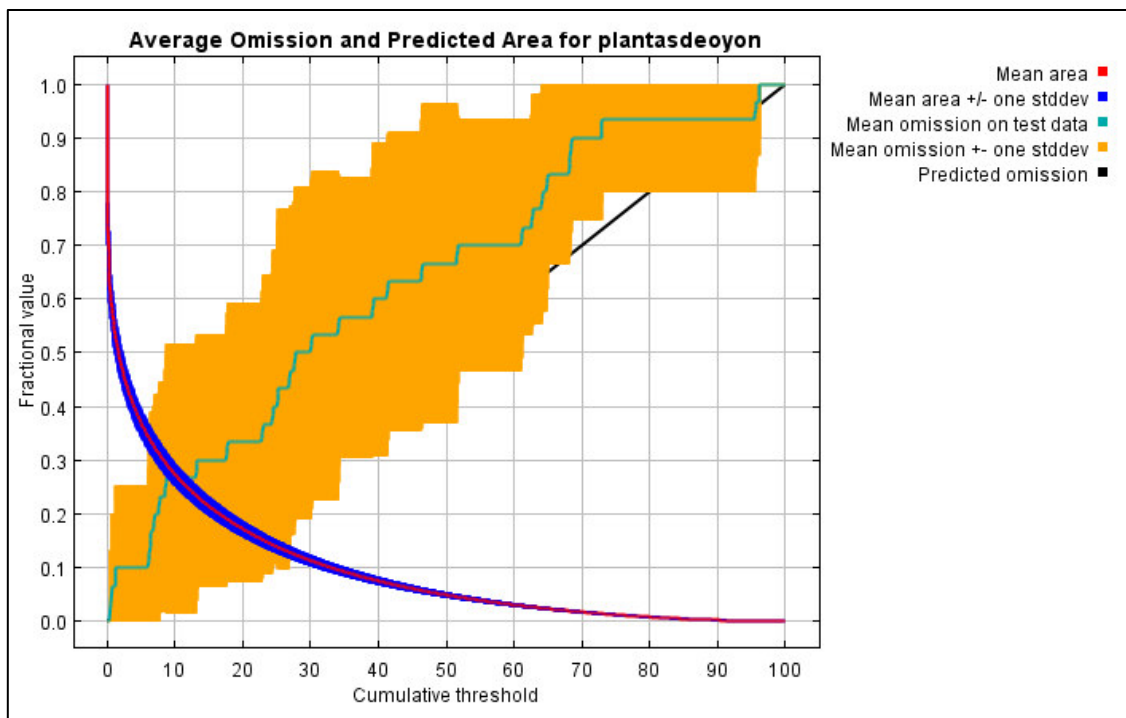
Para la determinación de áreas potenciales Se obtuvieron 49 registros de las ocho especies más importantes para mantener la estructura de la red de polinización en la provincia de Oyón según la asimetría de especies, las cuales incluyen las tres especies “centro de módulo” según los valores c y z:

Baccharis buxifolia, *Achyrocline alata*, *Alonsoa meridionalis*, *Linum polygaloides*, *Baccharis tricuneata*, *Stevia petiolata*, *Bidens andicola* y *Satureja revoluta*, estos fueron procesados en el programa Maxent, con el que se pudo ejecutar los siguientes análisis:

Análisis de omisión dependiente del umbral

Para verificar el rendimiento del modelo, verificamos la tasa de omisión que resultó de la interacción de los datos de ocurrencias con las variables cuantitativas y cualitativas. La siguiente imagen muestra la tasa de omisión promedio de la prueba (color verde) y el área prevista (línea negra) en función del umbral acumulativo (Cumulative threshold), sobre las ejecuciones replicadas (área naranja). El área media (línea roja) indica las fracciones de los puntos de fondo elegidos aleatoriamente e incluidos en el área predicha para cada umbral acumulativo. Esta figura representa la estimación de la distribución del modelo desarrollado para las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón, indicando un buen ajuste a la omisión predicha para la obtención de un modelo cercano a la realidad.

Figura 27. Tasa de omisión promedio y área predicha para las especies importantes para mantener la estructura de la red de Oyón en el Departamento de Lima



Nota: Elaboración propia

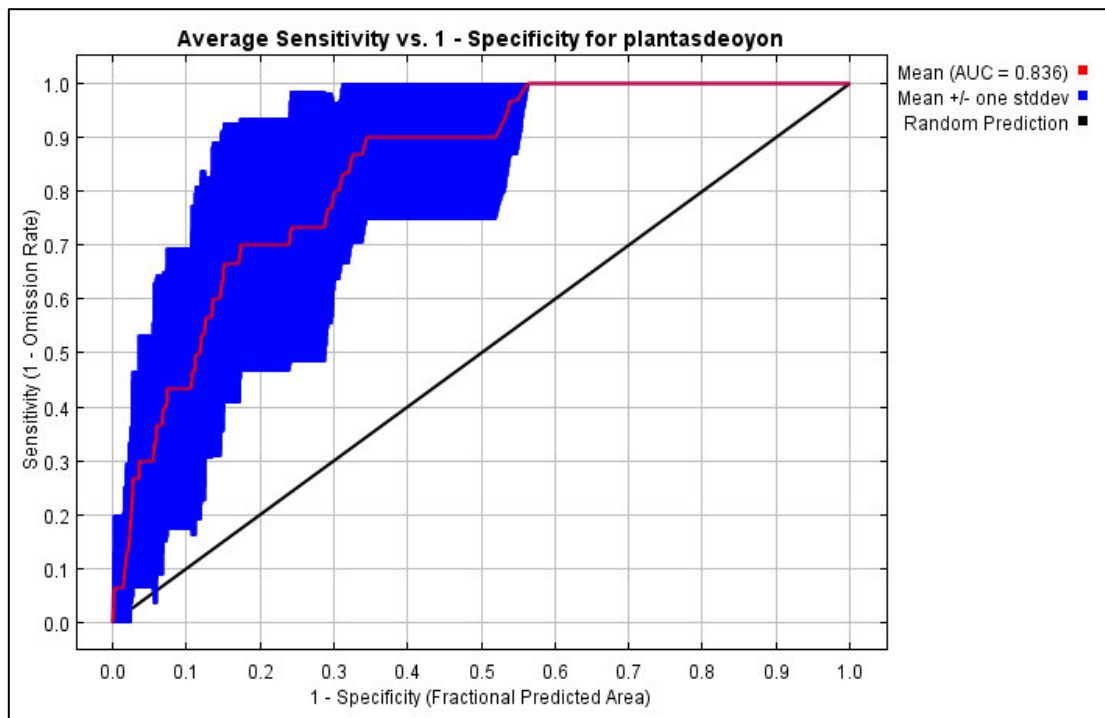
Análisis de prueba independiente del umbral

En la siguiente figura, se muestra la curva de respuesta de las variables y su contribución a la distribución potencial de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón, también denominada Curva de Característica Operativa (ROC) del modelo. El valor de AUC (Área Bajo la Curva)

El modelo muestra el desplazamiento promedio del ROC, como resultado de las repeticiones ejecutadas para el modelamiento de la distribución potencial de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón, resultando con buena precisión (AUC=0.836; sd=0.086) del modelo desarrollado para dichas especies, lo que evidencia que el modelo es mejor que el azar (AUC>0.5), el cual representa

una capacidad del 83% para predecir la presencia de un individuo de dichas especies.

Figura 28. *Promedio de curva de característica operativa (ROC) del departamento de Lima*



Nota: Elaboración propia

Contribución de variables

Las variables bioclimáticas que más contribuyen al modelo de distribución de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón, son la precipitación del trimestre más cálido (35.7%), la precipitación del trimestre más seco (19%), la temperatura mínima del mes más frío (15.1%) y el rango de temperaturas diurnas (11.6%), en el caso de la cobertura vegetal, sólo contribuyó un 4.2%. En cuanto a la importancia de las

variables, la precipitación del trimestre más seco (36.9) y la temperatura mínima del mes más frío (28.5) resultaron con valores mayores a 20. (ver Cuadro 16).

Cuadro 16. Contribuciones de las variables al modelo de distribución de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón en el Departamento de Lima

Código	Variable	Porcentaje de Contribución	Importancia por permutaciones
B18	Precipitación del cuatrimestre más cálido (mm)	35.7	9.7
B17	Precipitación del trimestre más seco (mm)	19	36.9
B6	Temperatura mínima del mes más frío (°C)	15.1	28.5
B2	Oscilación diaria de la temperatura (°C)	11.6	14.7
B16	Precipitación del trimestre más húmedo (mm)	4.5	1.4
-	Cobertura vegetal	4.2	0.9
B13	Precipitación del periodo más húmedo (mm)	4.1	0.5
B3	Isotermalidad (°C) BIO2/BIO7*100	3.8	2.6
B10	Temperatura media del cuatrimestre más cálido (°C)	0.5	0
B4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar *100) (°C)	0.5	0.6
B7	Oscilación anual de la temperatura (°C) (BIO5-BIO6)	0.4	0.3
B14	Precipitación del periodo más seco (mm)	0.3	0
B8	Temperatura media del mes más húmedo (°C)	0.2	0
B9	Temperatura media del mes más seco (°C)	0.1	3.8

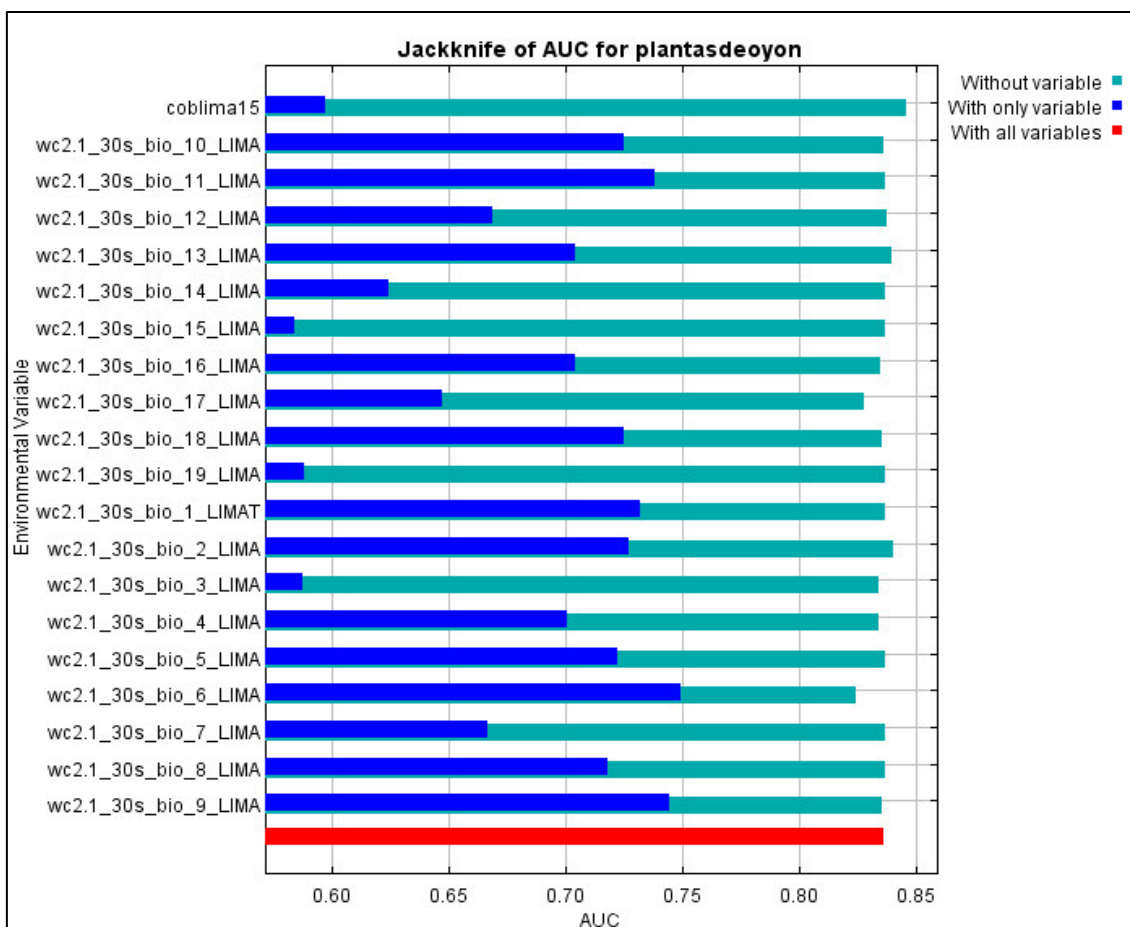
Nota: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de Jackknife en la que los valores mostrados son promedios de ejecuciones replicadas, se observa que la variable ambiental con

mayor ganancia cuando se usa de forma aislada y que más disminuye la ganancia cuando se omite es la Temperatura mínima del mes más frío “B6=wc2.1_30s_bio_6_LIMA”; por lo tanto, parece tener la información más útil por sí sola y la mayor cantidad de información que no está presente en las otras variables. Cabe añadir que a pesar de que existen variables que desarrollan poca ganancia, la omisión de dichas variables no representa mayor ganancia en el poder predictivo, lo que hace necesaria la inclusión de dichas variables.

Con respecto al rendimiento del modelo, las variables muestran valores de ganancia de poder predictivo por encima del 50% cuando son empleadas independientemente. Por lo cual, las variables empleadas en el modelo otorgan un alto poder predictivo de las zonas potenciales en las que se encuentran las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón.

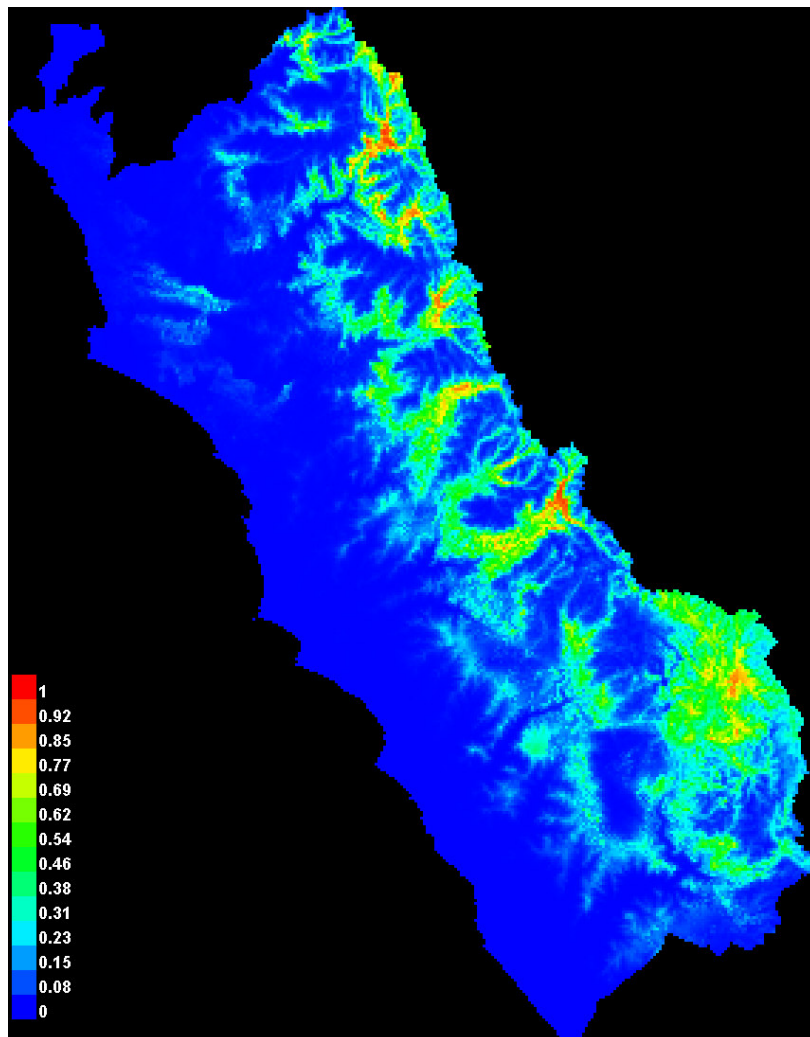
Figura 29. Prueba de Jackknife para la ganancia de entrenamiento regularizado del modelo de distribución de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón en el Departamento de Lima



Nota: Elaboración propia

A continuación, se presenta el modelo de la idoneidad de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón en el departamento de Lima; el cual cuenta con un rango de incremento de cero (azul) a uno (rojo). Debido a los resultados de AUC se puede asegurar que el modelo cuenta con un alto poder predictivo de distribución (0.83%).

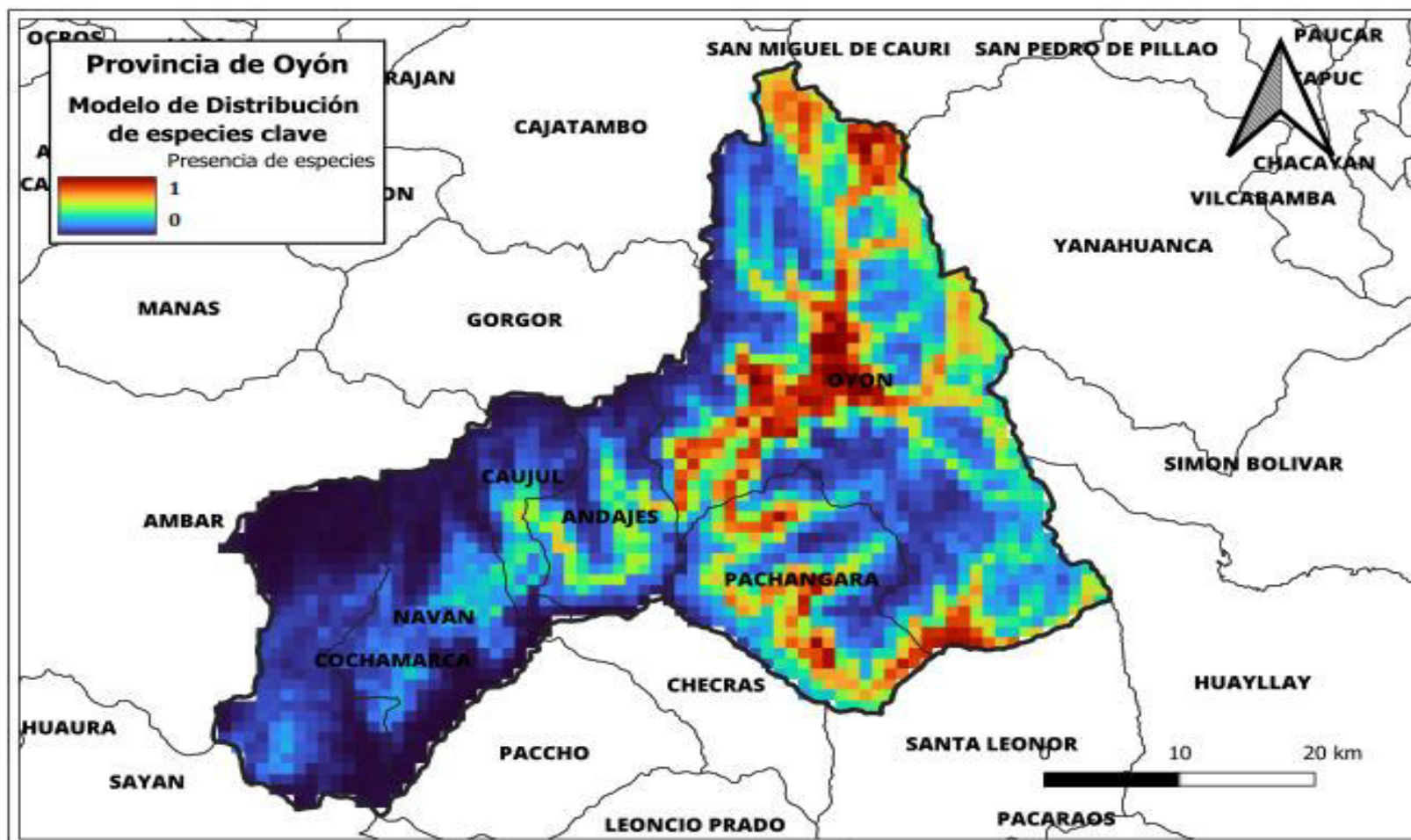
Figura 30. *Modelo de distribución logística de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón en el departamento de Lima*



Nota: Elaboración propia

Entonces, las posibles áreas de hábitat de especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón, reflejan la producción acumulada del modelo Maxent, en el cual se utilizaron las 14 variables que más contribuyen al modelo, dichas áreas en coloración cálida se identifican como áreas altamente adecuadas para la conservación de estas especies (83%), mientras las áreas en colores fríos reflejan la baja probabilidad de presencia de especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización (ver Figura 31).

Figura 31. Modelo de distribución de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de la provincia de Oyón



Nota: Elaboración propia

Con los resultados del modelo se generaron cuadro clases: la primera que va desde 0 hasta 0.268 (Probabilidad baja); la segunda desde 0.268 hasta 0.368 (Probabilidad media), la tercera de 0.368 a 0.551 (Probabilidad media alta) y la cuarta para valores mayores de 0.551 (Probabilidad alta) (ver Cuadro 17).

Cuadro 17. Umbrales logísticos y las correspondientes tasas de omisión

Cumulative threshold	Logistic threshold	Description	Fractional predicted area	Training omission rate	Test omission rate
1	0.025	Fixed cumulative value 1	0.551	0	0
5	0.08	Fixed cumulative value 5	0.368	0.067	0
10	0.138	Fixed cumulative value 10	0.268	0.067	0.667

El polígono de las áreas potenciales de conservación de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón, se determinó mediante los valores de probabilidad alta (0.551), por lo que las áreas potenciales de conservación resultaron con un área total de 3 2676.41 ha. y abarcaron los distritos de Oyón, Pachangara, Caujiul y Andajes, reconociendo también un total de 120 centros poblados.

Las áreas potenciales de conservación de especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización para el presente trabajo abarcan nueve ecosistemas: Matorral andino (Ma= 13 134.56 ha), Pajonal de puna húmeda (Pjph= 9 951.08 ha), Zona periglacial y glacial (Zp-gla= 3 603.77 ha y 521.33 ha), Zona agrícola (Agri= 3 102.83 ha), Bosque relicto andino (1 706.60 ha), lago, laguna y río (L= 415.821 ha y R= 54.43 ha)

y Bofedal (185.98 ha) (MINAM, 2018). Asimismo, de acuerdo al mapa de capacidad de uso mayor de suelo abarca las siguientes áreas: Tierra apta para producción forestal-limitación clima-calidad agrologica baja-Tierra de protección (F3c-P2e-X= 15 0531.32 ha), Asociación de protección de pastos-Limitada erosión-Calidad agrologica media (X-P2e=9 724.14), Tierra de protección (X=7 283.15) y Tierra apta para pastos-limitación clima calidad agroecológica alta (P1c=137.78 ha) (MIDAGRI, 2022) (ver Figura 32 y 33)

Figura 32. Sobreposición de Áreas potenciales de conservación al mapa de ecosistemas de la provincia de Oyón

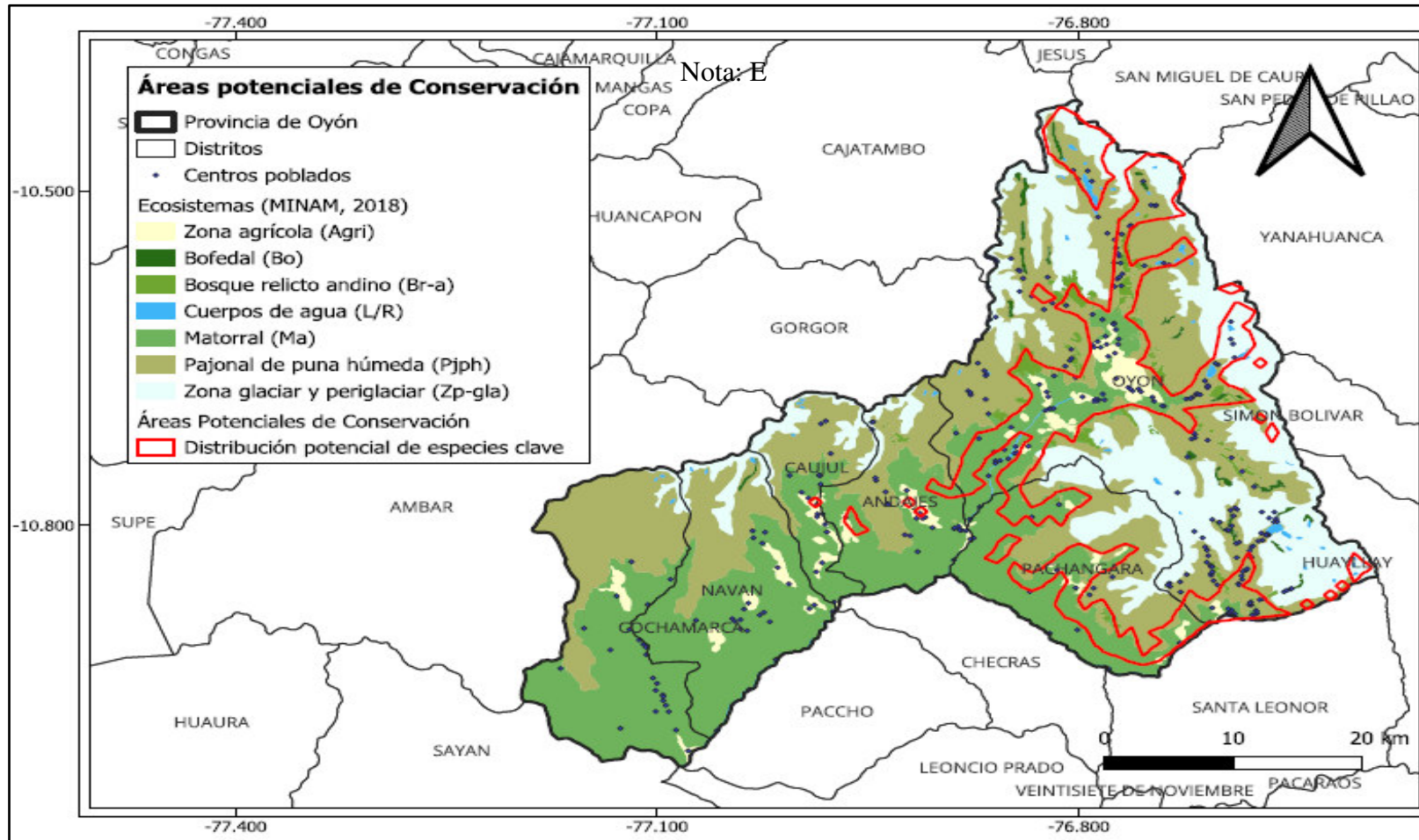
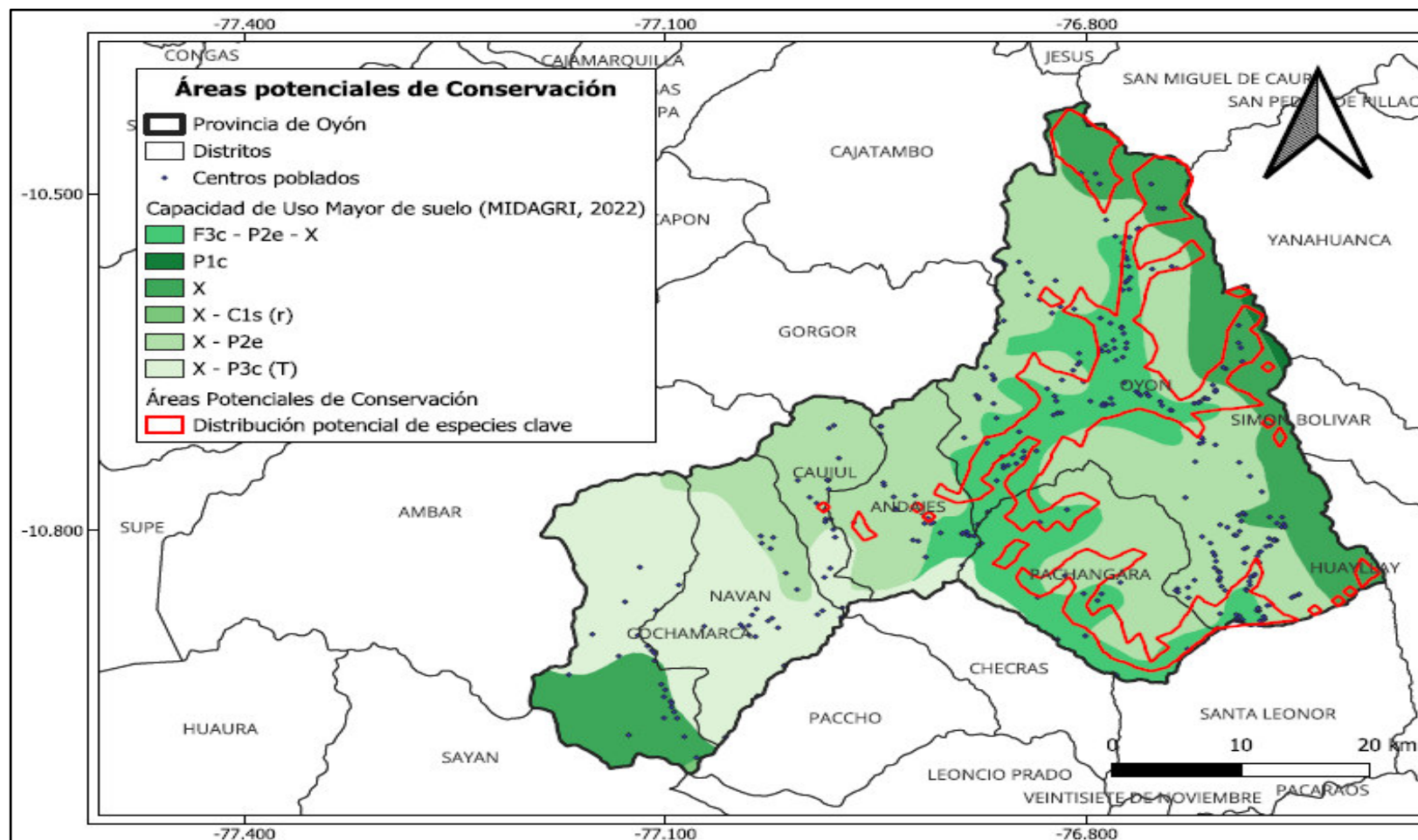


Figura 33. Sobreposición de Áreas potenciales de conservación al mapa de Capacidad de Uso Mayor de suelo de la provincia de Oyón



Nota: Elaboración propia

4.2. Prueba de hipótesis

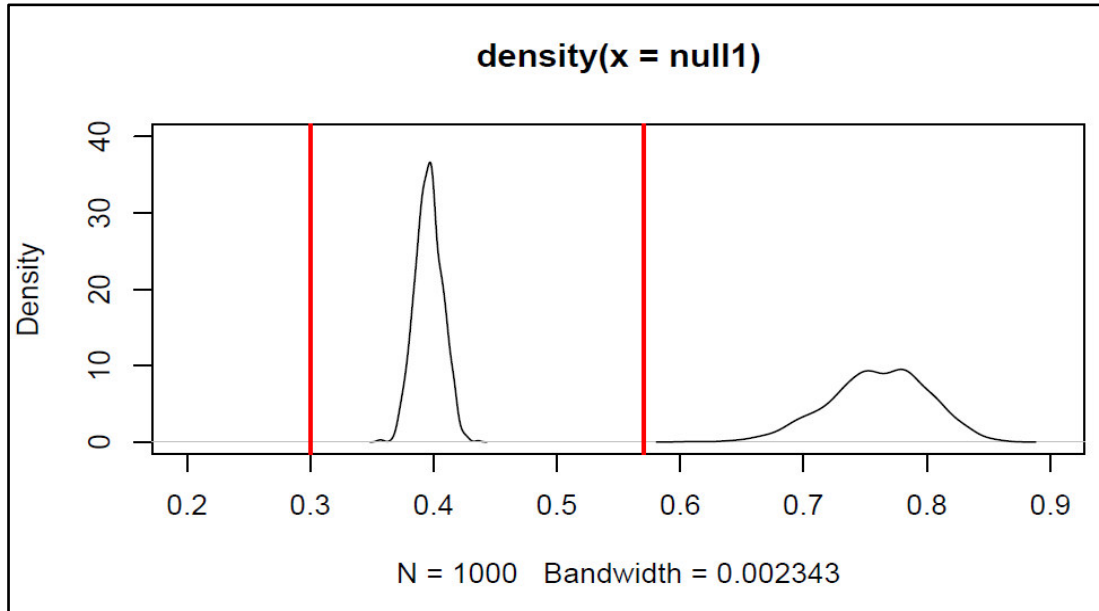
Hipótesis específica 3: Las interacciones de flora e insectos polinizadores influyen con la identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.

Para ello, se utilizó los modelos nulos que permitieron verificar si los resultados de conectancia y anidamiento responden a un proceso de especialización en la interacción, o si existe la posibilidad de que sea resultado simplemente aleatorio pues si las interacciones obedecen a la abundancia relativa de especies sería lógico que tengan más interacciones entonces sería un proceso al azar.

La hipótesis plantea que las especies que han obtenido mayor fuerza de interacción en la red de polinización pueden influir en la identificación de áreas potenciales de conservación porque responden a la conectancia y anidamiento de la red interacciones de polinización y no son producto del azar; en este caso las especies *Baccharis Tricuneata*, *Bidens andicola* y *Satureja revoluta* que resultan especies centro de módulo por la mayor fuerza de conexión de especies que presentan.

Con el resultado de los modelos nulos de conectancia y anidamiento cercano a 0, podemos inferir entonces que las especies de esta red se relacionan de manera selectiva: las interacciones efectivas de una planta o polinizador particular se dan con un subconjunto no aleatorio de especies. (ver Figura 34).

Figura 34. Distribución de frecuencias de la conectancia y del anidamiento de mil redes aleatorias derivadas de la red de polinización del Valle interandino de Oyón. Se observa que los valores de conectancia y anidamiento real de la red de Oyón (línea roja) es inferior a las redes aleatorias



Nota: Elaboración propia

4.3. Discusión

4.3.1. Determinación de la composición y diversidad de la flora asociada a la polinización

El presente estudio permitió conocer la composición florística y la riqueza específica de flora asociada a la polinización entomófila en el valle interandino de Oyón, ya que se desarrolló en época de floración, lo cual influye en el número de visitas (Monasterolo, 2018). Además, el mayor porcentaje de forma de vida en la zona fue herbácea y la familia más representativa resultó Asteraceae, lo cual coincide con Kahn *et al.* (2016) que menciona que, de la revisión de los inventarios en todas las regiones altoandinas del Perú, las Asteraceae son la familia más representativa, seguida de las Poaceas. Asimismo, Kahn *et al.* (2016) dio a conocer 181 especies de plantas vasculares

en el distrito de Oyón, de las cuales 94 fueron nuevos registros para Lima. En el presente estudio se identificó como especie endémica al 50% de plantas registradas, lo que resulta de bastante importancia en este ecosistema. Del mismo modo González (2016) encuentra que el 94.77% de las asteráceas son nativas y el 34% de las nativas son endémicas en el departamento de Lima, siendo *Senecio* (49 especies), *Lomanthus* (11 especies), *Baccharis* (9 especies), *Mniodes*, *Ophryosporus* y *Stevia* (8 especies cada uno), los géneros más diversos. Por último, en ecosistemas de páramo en donde se realizó un estudio de interacciones de polinización, la familia Asteraceae tuvo mayor cantidad de especies (Brenes, 2016; Manrique 2022).

Las especies de las familias asteráceas se distribuyen en muchos hábitats como la puna, vertientes occidentales y orientales de los Andes, valles interandinos, lomas, desiertos McBride (1936), además la riqueza incrementa a mayores altitudes, por lo que tiene pocas especies en bosques lluviosos tropicales y subtropicales (Cano et al. 2011), lo que coincide con este estudio, que presenta el muestreo en altitudes mayores (3 700 – 3 800).

Además, muchas asteráceas tienen capacidad de autopolinización; pero cuando lo hacen no producen frutos viables por la ausencia de polinizadores (Torres y Galetto, 2008). Del mismo modo, muchas especies de plantas en general presentan adaptaciones morfológicas, repelentes y otros que evitan o limitan sus visitas de especies no deseadas; pero existe la posibilidad de que el espectro de polinizadores cambie a lo largo de la distribución de plantas (Caraipoma y Martel, 2012), lo que resulta una barrera para estas interacciones.

Coincidentemente, la familia Asteraceae constituye uno de los componentes principales de las floras del mundo (Judd et al. 1999); esto por su rápida expansión en todos los ecosistemas terrestres, lo que ha sido atribuido a la eficiencia en el proceso de polinización y a su gran capacidad reproductiva (Mani y Saravanan 1999). La gran abundancia de algunas especies cosmopolitas ha conducido a subestimar el hecho de que gran parte de las asteráceas son endémicas. Muchas especies tienen una distribución

actual muy reducida y poseen ciertos caracteres que las hacen susceptibles de extinción local o definitiva (Villaseñor *et al.* 1998).

La diversidad (α) de plantas asociadas a la polinización entomófila resultó alta según los índices de Shannon; no fue tan diferente de un matorral andino en Ecuador que tuvo un índice medio y riqueza específica de 30 especies por haber sido afectado por un incendio forestal. En áreas de matorral no afectadas los valores de riqueza son más altos Medina (2018) y en otras latitudes con características ambientales diferentes, se encuentran 30 especies en un matorral mixto de páramo y 80 en un arbustal de páramo (Cabrera-Amaya 2021). Si bien la composición de plantas no es la misma ya que registraron pocas especies herbáceas; las Asteráceas también fueron la familia más diversa, así como el género *Baccharis* (Muñoz-Chamba *et al.* 2022). De igual manera, Watts (2016) identificó 43 especies de Asteraceae con el 65 % del total de visitas, seguida de Lamiaceae (10 %) y Myrtaceae (6 %), además menciona que la mayor frecuencia registró *Baccharis*, recibiendo el 29% de todas las visitas de un total de 73 especies de polinizadores.

4.3.2. Determinación de la composición y diversidad de polinizadores

La composición de la diversidad de polinizadores no ha sido estudiada anteriormente en el valle interandino de Oyón y los estudios ejecutados en el departamento de Lima, se limitan a provincias como Huaura, Canta, Huaral y Lima (Aguilar, 1965, Rasmussen 1999; Caraipoma, *et al.* 2012; Espinoza Badajoz 2012; Acosta Mendoza 2018; Caraipoma *et al.* 2020; Morales *et al.* 2020; Vargas *et al.* 2020; Gusqui, 2020; Ochoa, 2023 y Quispe, 2015).

En el presente estudio se logró identificar 91 morfoespecies de las cuales muy pocas alcanzaron el nivel de especie y de género debido a la complejidad de su clasificación, lo cual es una de las razones para que no se ejecuten los estudios en insectos (Brenes, 2016). Uno de los primeros registros de polinizadores en el Perú fue de Aguilar (1965), durante su estudio en los alrededores de Lima, afirma que los hemípteros de tamaño mediano son

polinizadores ocasionales y que aún falta determinar la importancia de los pequeños Miridae que son frecuentes en muchas flores, tal y como sucede en el presente estudio.

El orden representativo fue Diptera, seguido de Hymenoptera. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Aguilar (1965) y Brenes (2016). Las familias más frecuentes en las flores de Lima según Aguilar (1965) fueron: Bombyllidae, Syrphidae, Sarcophagidae y Tachinidae y que, aunque no han encontrado flores adaptadas especialmente a dípteros, visitan mayormente las flores de Lamiaceae, Solanaceae y Amaranthaceae, además en el buche de algunos Syrphidae han encontrado polen.

En cuanto a los Hymenopteros, la mayoría busca néctar para su alimentación, por lo que tienen aparatos bucales adaptados, Aguilar (1965) evidencia que las vespidae visitan flores de poco fondo, mientras las Apoidea tienen mayor adaptabilidad debido a su proboscis alargada y aparatos colectores de polen, y son los únicos que dependen de las flores, ya que su cría es alimentada con polen y miel y en su adultez se alimentan de néctar, estas son las familias Halictidae, Colletidae, Anthophorinae, Andrenidae, Apidae y Megachilidae. Asimismo, Caraipoma y Martel (2012) encontró que los hymenopteros fueron los principales visitantes florales de *Salvia rhombifolia* (Lamiaceae), pero agrupa a Syrphidae y Halictidae como no polinizadores, a Trochilidae como polinizador secundario y a *Apis mellifera*, *Xylocopa* sp. y *Megachilidae* sp. como principales polinizadores de esa especie. En una planta de Asteraceae los insectos polinizadores corresponden a los Apidae y Halictidae, mientras que los Carabidae, Coccinelidae y Staphylinidae son insectos predadores (Acosta Mendoza, 2018). Contradictoriamente, Brenes (2016) señala que los dípteros en específico de la familia Syrphidae, es un indicador de la importancia que tienen como visitantes florales.

Las especies de insectos con mayor frecuencia de visitas a las plantas fueron *Apis mellifera*, *Xylocopa* sp. y *Halictidae* (*Agapostemon*)., lo que coincide con Acosta Mendoza (2018). Cabe añadir que *Apis mellifera* es considerada una especie exótica; sin embargo, realiza la mayor cantidad de

visitas a muchas plantas, esto debido a que poseen caracteres considerados comunes en plantas que atraen a gran diversidad de visitantes (baja concentración de sacarosa y gran cantidad de oferta simultánea de flores) (Torres y Galetto, 2008).

La diversidad de morfoespecies de insectos medida por el índice de Shannon es alta para los dos transectos lo cual es propio de este grupo faunístico, así como del ecosistema, ya que la diversidad de plantas también resultó alta formando una tendencia entre ambos grupos. Las plantas con flor co-evolucionaron junto con los insectos, por lo que existe una mayor cantidad y variedad de nichos lo que favoreció la diversificación de ambos grupos (Bascompte y Jordano, 2008). Es por ello que ambos grupos deben tratarse de manera conjunta cuando se habla de conservación.

4.3.3. Determinación de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización

Se ejecutó la primera red de polinización basada en visitas florales por insectos en los Valles interandinos de Oyón (Zea-Fernández, 2024); por lo que la información para este tipo de ecosistema, es escasa; pudiendo ejecutar la comparación con otras comunidades alpinas tropicales y no tropicales como los páramos y los andes (Manrique 2022; Watts 2016; Brenes 2016).

De los datos obtenidos de la matriz de interacción, fue conveniente dividir aquellas especies que tienen poca participación, es decir menos de 2 interacciones (Brenes, 2016; Watts *et al* 2016). Fueron 42 morfoespecies de insectos y 24 especies de plantas registradas en menos de dos ocasiones, lo que indica que no cuentan con suficiente representatividad como para formar parte del proceso de interacción; además existe poco efecto sobre los valores de los índices (Watts *et al.* 2016). Las pocas interacciones registradas en una especie pueden deberse a que también existen especies no entomófilas o no visitadoras, o incluso puede depender de la detección del observador; debido al tamaño de algunas especies pertenecientes al orden díptera (Brenes, 2016).

Los valores de estructura y topología resultaron similares en otros ecosistemas alpinos; por ejemplo, la conectancia resulta baja al igual que en los páramos y va disminuyendo a medida que aumenta la elevación en montañas tropicales las redes son más especialistas (Manrique, 2022), lo que le lleva a la afirmación de que la conectancia disminuye con la elevación (Johanson et al. 2019). En cuanto al valor de asimetría, indicó que las plantas son más especialistas, de igual manera el promedio d' más especialista de las plantas concuerda con el valor negativo de la asimetría en la interacción, es decir, efectivamente las plantas son más especialistas que los animales (Manrique, 2022). En los andes las redes de polinización son moderadamente especialistas con una representación importante de especies generalistas (Watts et al. 2016).

Las especies con mayor fuerza de interacción en la red fueron: Plantas: *Bidens andicola*, *Stevia petiolata*, *Baccharis tricuneata*, *Satureja revoluta* e Insectos: *Apis mellifera*, *Xylocopa* sp. y *Miridae* sp. *Drosophilidae* sp. y *Halictidae* sp.1. Sin embargo, según la asimetría de especies, fueron ocho plantas que afectarían a las especies de polinizadores si desaparecieran: *Baccharis buxifolia*, *Achyrocline alata*, *Alonsoa meridionalis*, *Linum polygaloides*, *Baccharis tricuneata*, *Stevia petiolata*, *Bidens andicola* y *Satureja revoluta* y siete morfoespecies de insectos *Apis mellifera*, *Xylocopa* sp., *Drosophilidae* sp., *Miridae* sp., *Halictidae* sp., *Allograpta* sp. y *Anthomyiidae* sp. A ello, la asimetría es una propiedad a nivel de vínculo basada en dependencias mutuas específicas de cada especie, de modo que si una especie vegetal que depende fuertemente de una especie animal, el animal depende débilmente de la planta; por lo que la distribución de las visitas de animales depende en gran medida de las especies de plantas, además la arquitectura de las redes mutualistas se caracteriza por el bajo número de dependencias fuertes, su asimetría y la alta heterogeneidad en la fuerza de las especies, todo lo cual puede promover la coexistencia, pues la asimetría parece ser la clave tanto de su diversidad como de su coexistencia. (Bascompte et al. 2006).

En cuanto al índice de servicio de polinización (PSI), los valores no llegaron a uno y *Apis mellifera* tuvo el valor más alto (0.49); por lo que no se podría afirmar que, en los valles interandinos de Oyón, las plantas dependan completamente de los polinizadores, además de por sí ésta especie europea se ha convertido en uno de los principales visitantes florales de especies vegetales de diversos ecosistemas en todo el mundo, sin embargo al ser introducida ha desplazado muchas especies nativas pudiendo contribuir a la polinización de muchas especies, sin embargo en algunos casos también se consideran no eficaces para depositar el polen, por lo que ciertas plantas pueden sufrir agotamiento de polen en el caso de orquídeas (Scaccabarozzi et al. 2024)

Por otro lado, la modularidad de red (grado en la que se organizan las interacciones) posee subconjuntos de especies débilmente interconectados (módulos), que, sin embargo, internamente consisten en especies fuertemente conectadas (Olesen et al. 2007); la red de polinizadores del Valle Interandino de Oyón, se comporta como una red modular de ocho módulos claramente identificados, en algunos módulos las especies de plantas tienen rasgos florales parecidos lo que podría explicar que compartan los mismos polinizadores, esto puede ayudarnos a mantener la biodiversidad al preservar grupos clave de taxones desempeñando un papel fundamental en la persistencia de la red (Olesen et al. 2007). En el páramo Matarredonda se registraron 11 módulos, mencionando que existe una relación directa con la riqueza de especies que suman 110 (Manrique, 2022); esto se asemeja al presente resultado ya que se obtuvo ocho módulos con 67 especies de plantas e insectos, a comparación de cinco módulos con 41 especies de plantas y 11 grupos funcionales.

Asimismo, los módulos variaron en cuanto a tamaño y forma, se observa que géneros de abejas grandes como *Xilocopa* y *Bombus*. están interactuando con flores zigomórficas de los órdenes Fabales y Lamiales: *Monnina salicifolia*, *Satureja revoluta* y *Alonsoa meridionalis*; mientras que dípteros, sírfidos, hormigas y otros interactúan con flores cimosas de la familia Asteracea. En el caso de la presencia de formas florales abiertas (plato o tazón)

como el de algunas asteráceas constituye una adaptación dirigida a aumentar las posibilidades de polinización cruzada, el cual no se ajusta a un grupo específico de agentes polinizadores, sino más bien promueve la visita de un conjunto variado de polinizadores generalistas (Barrios et al., 2010). Asimismo, este tipo de flores, a comparación de las que tienen formas florales más complejas, como las flores tubulares, ha sido previamente señalada e interpretada como una adaptación a la polinización por dípteros e insectos poco especializados (McCall & Primack 1992). Entre los diversos visitantes florales que interactúan con las especies de asteráceas se encuentran los himenópteros, sin embargo, casi la mitad de las visitas fueron realizadas por dípteros, lepidópteros y coleópteros (Torres y Galetto, 2008). Otro estudio reporta que existen plantas como las Annonaceae (flores en forma de plato similar a asteráceas), que son polinizadas por Hymenoptera, Diptera y Lepidoptera, aunque en menor medida por Thysanoptera también se consideran importantes, así como a polinizadores Hormigas, mosquitos, mariposas y coleópteros (Peña, 2003).

Para analizar los roles tróficos de las especies según los valores c (según su conectividad, es decir el nivel al que la especie está vinculada a otras especies módulos) y z (su número estandarizado de enlaces a otras especies en el mismo módulo dentro del módulo); se tuvo dos enfoques: el primero a nivel de especies en donde se identificó que el 95.83% de las especies de plantas son periféricas y sólo *Baccharis tricuneata* resultó como centro de módulo; mientras que *Apis mellifera*, *Miridae sp. 1* (Hemiptero), *Halictidae.sp.1* (abeja lengua corta) y *Xylocopa.sp.1* (abeja lengua larga) resultaron ser “centro de módulo”. El segundo fue un análisis a nivel de grupo funcional de especies de insectos, en donde no se obtuvieron especies de insectos “centro de red” ni “centro de módulo” y que los dípteros cumplen el rol de centro de módulo, por lo que el resto de grupos funcionales son periféricas. En cuanto a plantas, ninguna de ellas resultó como “centro de red” ni “conectoras”, mientras que *Baccharis tricuneata*, *Bidens andicola* y *Satureja revoluta* resultaron “centro de módulo” Según Olensen et al (2007), las especies centro (especies altamente vinculadas dentro de su propio módulo), conectores que vinculan diferentes módulos, o ambos son especies clave que, si se extinguen, los

módulos y las redes pueden romperse e iniciar cascadas de extinción. Por lo tanto, las especies que sirven como centros y conectores deberían recibir una alta prioridades de conservación.

Las especies con un alto valor de z o c son generalistas o especies altamente conectadas vinculadas a muchas especies dentro de su propio módulo; se evidencia que los resultados fueron diferentes al de Olensen (2007), ya que ellos registraron que la mayoría de los polinizadores del centro de la red eran abejas sociales del género *Apis* y *Bombus* o abejas solitarias como *Xylocopa* y algunas especies de Diptera, y a Manrique (2022) que registraron a Chrysomelidae, Syrphidae y *Bombus rubiscundus* como centro de módulo y a *Curculionidae*, *Apis mellifera*, *Naymphalidae*, *tachinidae*, *Bombus sp* como conectoras de red. Del mismo modo, Watts et al (2016) registró en algunos valles peruanos, a las abejas melíferas como periféricas, pero ocupó el puesto más alto en términos de visitas, lo mismo pasó en este estudio. Watts et al (2016), observó que los polinizadores de redes y centros de módulos obtuvieron una calificación alta al cuantificar el grado de especie, la fuerza de la especie, ponderado cercanía y PSI menciona que los valores de PSI, lo que sugiere que los centros de red y los centros de módulos son potencialmente polinizadores importantes para la planta en las redes.

Este análisis de interacción planta-polinizador, se hace cada vez más necesario, ya que este mutualismo es vital para muchas especies de flora incluidas en este estudio, por necesitar de los animales polinizadores para la producción de frutos y semillas, además que la variación de la importancia de especies cambia de acuerdo al ecosistema en donde se encuentren. La información acerca del grado de dependencia que tienen las especies de los animales que polinizan sus flores, así como su identidad, resulta fundamental para ser considerada en la estimación del nicho ecológico de las especies (Gorostiague 2016).

4.3.4. Áreas potenciales de conservación de las redes ecológicas de polinización presentes en el valle interandino de Oyón

Para obtener un mayor registro de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización en toda la zona de Oyón, se utilizó información disponible en las colecciones de los herbarios de San Marcos (USM), herbario La Molina (MOL), (MOL-FO), herbario del Missouri Garden, algunos se encontraron disponibles en GBIF. Si bien algunos especímenes no brindaban la información de su ubicación exacta, esto permitió conocer la distribución actual de las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización a nivel departamental, al igual que Arias (2016), se recalca la importancia de contar con una gran base de datos para obtener valiosos mapas que contribuyen al conocimiento sobre la riqueza de especies en un territorio; sin embargo, la falta de datos como la localidad y coordenadas en algunos registros reduce la posibilidad de que los análisis sean más representativos en el espacio geográfico.

Con la información recolectada se obtuvieron 49 registros, lo que cumple con el número mínimo de registros (20), que se debe tener para que un modelo con el software Maxent sea mejor (Stockwell y Peterson 2002); Asimismo el valor AUC fue de 0.836, lo que resulta similar a otros modelos (Arias, 2016; Mendoza, 2017) y por ser cercano a 1 indica que el modelo fue bueno al predecir el área ($AUC > 0.8$) (Buckley *et al.* 2011; Phillips *et al.* 2006; Gorostiague 2016). Si bien Maxent es una buena herramienta de predicción, la cual genera modelos sin profundizar otras dimensiones ecológicas como interacciones de mutualismo o depredación; para ello ese análisis debe ser preliminar, es muy útil para determinar áreas potenciales de conservación (Arias, 2016)

En cuanto a las variables bioclimáticas, se observó que la precipitación del trimestre más cálido (B18), la precipitación del trimestre más seco (B17), la temperatura mínima del mes más frío (B6), el rango de temperaturas diurnas (B2), la precipitación del trimestre más húmedo (B13), la cobertura vegetal y la precipitación del trimestre más seco (B13) contribuyeron más que otras variables al modelo; lo que sugiere que algunas variables tienen más influencia que otras en el modelado (Phillips *et al.* 2006).

La combinación de datos de presencia con las variables bioclimáticas, otorgan probabilidades de potencial distribución de la especie y generando pseudoausencias para la evaluación del modelo, lo que conlleva a no requerir de evaluaciones más rigurosas (Fuentes, 2020). En este trabajo no incluimos a la interacción planta-polinizador como indicador como lo hizo Gorostiague (2026) ya que en el análisis se pudo identificar que se tiene mayor dependencia de las plantas hacia los polinizadores, además este autor menciona que en la práctica, los polinizadores de cada especie podrían variar en el tiempo y en el espacio; es decir que para los sitios donde se predice ausencia de polinizadores, podrían existir otros animales que polinizan las flores y que no han sido registrados aún.

Las áreas potenciales de distribución se emplazaron con mayor énfasis en el matorral andino; sin embargo también se verifica el emplazamiento con otros ecosistemas o tierras están destinadas a zonas agrícolas; esto debido a que los matorrales andinos poseen buena capacidad para el uso agrícola; sucede lo mismo en el estudio de Picanço (2018), por ello apoya el hecho de que los usos de la tierra con perturbaciones no tiene influencia negativa en el establecimiento de interacciones y estructuras de red, por el contrario el uso del suelo de perturbación moderada parece promover el establecimiento y desarrollo de estructuras robustas anidadas de interacción de redes planta-insectos. El autor propone que las áreas que tienen otros usos podrían servir como una continuidad de áreas protegidas, debido a que las especies de insectos polinizadores no solo brindan servicios polinizadores para hábitats nativos sino también en ecosistemas agrícolas que no se encuentran manejados intensivamente.

Por otro lado, las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón resultaron en su mayoría perteneciente a la familia asterácea, las cuales no son consideradas prioritarias en las estrategias de conservación, por su gran abundancia y a la idea de que las extinciones son menos frecuentes en especies con sistema de polinización generalista (Torres & Galetto 2008) está sesgada, ya que existen trabajos que confirman que la

disminución en la polinización se puede dar tanto en especialistas como generalistas (Aguilar et al. 2006; Galetto et al. 2007).

CONCLUSIONES

Conclusion general

Se identificaron las áreas potenciales de conservación mediante la caracterización de redes ecológicas, encontrando a nivel general que las interacciones de la red ecológica tuvieron una conectancia baja, con predominio generalista; lo que sugiere que la mayoría de especies interactúan entre ellas y no tienen restricción de especialización marcada; la red ecológica presentó ocho especies de plantas importantes según la asimetría de especies, las cuales incluyen las tres especies centro de módulo de acuerdo a la modularidad evaluada.

Conclusion específica

Se determinó la composición y diversidad de la flora asociada a la polinización entomófila, identificando un total de 30 especies de plantas con flores que interactúan con insectos, las cuales resultaron con una diversidad alta de acuerdo a los índices de diversidad alfa. Asimismo, la familia de planta más representativa fue Asteraceae y las especies con mayor disponibilidad de

flores fueron *Stevia petiolata* (12440 ind/ha), *Bidens andicola* (3740 ind/ha) y *Alonsoa meridionalis* (2310 ind/ha).

Se determinó la composición y diversidad de insectos asociados a la polinización, se identificaron 96 morfoespecies de insectos, en donde *Apis mellifera* fue la más representativa con 511 individuos, seguida del género *Xilocopa* con 163 individuos y la morfoespecie *Miridae sp.* con 145 especies. Dichas morfoespecies fueron agrupadas de acuerdo a la forma bucal, resultando más diversos los Dípteros (42 morfoespecies), Abejas lengua larga (16 morfoespecies) y Avispas (8 morfoespecies).

Se determinaron que ocho especies mantienen la estructura de la red ecológica de polinización, es decir que afectarían a las especies de polinizadores si desaparecieran, éstas son: *Baccharis buxifolia*, *Achyrocline alata*, *Alonsoa meridionalis*, *Linum polygaloides*, *Baccharis tricuneata*, *Stevia petiolata*, *Bidens andicola* y *Satureja revoluta*, por lo que se les consideró especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de Oyón para el presente estudio. En cuanto a los polinizadores, ninguna de las especies tuvo un valor de PSI de 1, lo que significa que todas las especies de polinizadores visitan más de una planta, por lo que las especies de plantas no dependen solo de un polinizador, sino de un conjunto de ellos.

RECOMENDACIONES

Generar una base de datos espacial con presencias georreferenciadas de especies importantes para mantener la estructura de las redes ecológicas de polinización en el Perú, el cual permita aumentar el conocimiento de su distribución espacial.

Utilizar datos confiables (colectas de herbario, tesis, estudios de especialistas), en el uso de estas herramientas de simulación para no causar sesgos y errores en los resultados, incluir variables abióticas para obtener un modelado más preciso.

Se debe hacer un mayor análisis para delimitar el área con el fin de conservar las interacciones mutualistas importantes, tomando en cuenta también que esta área abarca otros ecosistemas relevantes como los bosques de relictos y bofedales que tienen otro tipo de composición de especies, asimismo se podría aprovechar el solapamiento de áreas con capacidad de uso mayor como tierras de protección para que las estrategias de conservación sean sostenibles en el tiempo; definiendo mejor ello e incluyendo otras variables ambientales y sociales significativas del territorio; por ejemplo se puede utilizar la metodología de análisis multicriterio con el objetivo de delimitar un área destinada a la conservación de éstos ecosistemas que en un futuro podrían perderse.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Mendoza, A. (2018). *Fauna benéfica asociada al cultivo orgánico de tomate (Solanum lycopersicum) en el fundo de la Universidad Nacional la Agraria la Molina*. [Tesis Lic. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3152>
- Aguilar, P.G. (1965). Algunas consideraciones sobre los insectos polinizadores en los alrededores de Lima. *Revista Peruana de Entomología* 8, 138-146.
- Aguilar, R., Ashworth, L., Galetto, L. y Aizen, M.A. (2006). Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters*, 9: 968-980.
- Almeida, A. y Mikich, S. (2017). Combining plant–frugivore networks for describing the structure of neotropical communities. *Oikos* 127(2), 184-197. <https://doi.org/10.1111/oik.04774>
- Andrade, G. y Castro, L. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia Invitación a una interpretación socioecológica. *Ambiente y Desarrollo*. 16(30), 53-71. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3196>
- Arias, D. (2016). *Modelado del nicho ecológico de diablo fuerte, (Prumnopitys harmsiana), ulcumano (Retrophyllum rospigliosii), y nogal (Juglans neotropica) en las regiones de Huánuco, Pasco y Junín*. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3458>

- Baldock, K., Goddard, M., Hicks, D., Kunin, W., Mitschunas, N., Osgathorpe, L., Potts, S., Robertson, K., Scott, A., Stone, G., Vaughan, I. & Memmott, J. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *The Royal Society*. 8(282), 1-10. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2849>
- Barrios, Y, Ramírez, N, Ramírez, E., Sánchez, E y Del Castillo, R. (2010). Importancia de los polinizadores en la reproducción de seis especies de subpáramo del Pico Naiguatá (Parque Nacional el Ávila-Venezuela). *Acta Botánica Venezuela*. 33(2), 213-231.
- Bascompte, J., Jordano, P. y Olesen, J. (2006). Asymmetric coevolutionary networks facilitate biodiversity maintenance. *Science* 312,431-433. DOI: 10.1126/science.1123412
- Bascompte, J. y Jordano, P. (2008). Redes mutualistas de especies. *Investigación y ciencia*. (384),50-59. <http://hdl.handle.net/10261/38401>
- Benito de Pando, B.M. (2009). *Ecoinformática Aplicada a conservación: simulación de efectos del cambio global en la distribución de la flora de Andalucía*. [Tesis Doctoral. Univ. De la Granada. España]. <http://hdl.handle.net/10481/2606>
- Bellay, S. Fontes, E., Almeida-Neta, M., Pereira, D., Massato, R y Luque, J. (2013). Developmental stage of Parasites Influences the Structure of Fish-Parasite Networks. *Plosone*, 8(10), 1-6. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075710>
- Beteta, C. (2018). *Redes de interacciones entre mariposas y plantas en un gradiente de urbanización en el área metropolitana*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/2435>

- BlackBridge. (2013). Imágenes Satelitales Especificaciones Técnicas. https://www.geosoluciones.cl/documentos/rapideye/RE_Product_Specifications_SPA.pdf
- Bunge, M. (1999) La investigación Científica. Su Estrategia y su Filosofía. Editorial ARIEL. Barcelona – España.
- Blüthgen, N., Menzel, F., y Blüthgen, N. (2006). Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecology*, 6(1), 1-9.
- Blüthgen, N., Menzel, F., Hovestadt, T., Fiala, B. y Blüthgen, N. (2007). Specialization, Constraints, and Conflincting Interestes in Mutualistic Networks. *Current Biology* 17, 341-346.
- Brenes, E. (2016). *Análisis de las interacciones de visitación floral por insectos y su importancia para la conservación de la flora del páramo, en el Macizo Cerro de la Muerte*. [Tesis de grado costa Rica, Universidad Estatal a Distancia].
- Buckley, L; Waaser, S; MacLean, H.; Fox, R. 2011. Does including physiology improve species distribution model predictions of responses to recent climate change?. *Ecology*, 92(12):2214-2221.
- Cabrera-Amaya, D. (2021). Riqueza, composición forística y estructura de la vegetación silvestre en la zona rural de las cuencas de las quebradas Yomasa y Fucha, Bogotá, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(176):761–776.
- Cano A, Delgado A, Mendoza w, Trinidad H, Gonzáles P, La Torre MI, La Torr M., Chanco, M., Aponte, H., Roque J., Valencia N. y Navarro E. 2011. Flora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en los alrededores del abra Apacheta, Ayacucho-Huancavelica (Perú). *Revista Peruana de biología* 18(2), 169-78.

- Castaño, G. (2006). Áreas protegidas, criterios para su selección y problemáticas en su conservación. *Museo de Historia Natural*, 10, 79-101.
- Castaño, S. (2009). *Murciélagos frugívoros y plantas quiropterocoras: descubriendo la estructura de sus interacciones mutualistas en una selva semi-caducifolia*. [Tesis de Licenciatura, Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela].
- Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC). (2010). Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente. P. (Ed). 208
- Challenger, A. (2001). Estrategias para la conservación de ecosistemas. *Gaceta Ecológica*, 61, 22-29
- Christmann, S. (2019). Do we realize the full impact of pollinator loss on other ecosystem services and the challenges for any restoration in terrestrial areas?. *Restoration ecology*, 27(4), 720-725.
- Coderniz, A. (2018). *Biodiversity conservation in island protected areas: the case of plant-insect pollinating networks* [Tesis de doctorado, Universidade dos Acores].
- Díaz, M. y Marañón, T. (2003). Diversidad biológica y sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas adhesionados. *Revista científica y técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 12(3).
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/229>
- Dehling, D. (2018). The Structure of Ecological Networks en W.Dáttilo y V. Rico (Ed.), *Ecological Networks in the tropics an integrative overview of species interactions from some of the most species-rich hábitats on earth* (1 ed., 29-42). Springer International Publishing AG. Switzerland.

- Dodson, C. (1975). Coevolution of orchids and bees. En Gilbert & Raven (eds.), *Coevolution of Animals and Plants*, University of Texas Press, EUA, pp 91–99.
- Dormann, C., Fründ, J., Blüthgen, N y Gruber, B. (2009). Indices, Graphs and Null Models: Analyzing Bipartite Ecological Networks. *The Open Ecology Journal*, 2,7-24.
- Dormann, C. y Strauss, R. (2014). A method for detecting modules in quantitative bipartite networks. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(1),90–98.
[https://doi: 10.1111/2041-210X.12139](https://doi.org/10.1111/2041-210X.12139)
- Dormann, C. (30 de noviembre del 2023). Using bipartite to describe and plot two-mode networks in R. (Archivo PDF).
<https://cran.r-project.org/web/packages/bipartite/vignettes/Intro2bipartite.pdf>
- Dupont, Y y Olesen, J. (2009). Ecological Modules and Roles of Species in Heathland Plant-Insect Flower Visitor Networks. *Journal of Animal Ecology*. 78(2), 346-353. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01501.x>
- Espinoza Badajoz, F. (2012). *Estudio botánico y cultivo de Jaltomata Bicolor (R. & P.) Mione & M. Nee "Huallaco" (solanaceae) en el distrito de Arahuary, Canta-Lima*. [Tesis doctorado Lima, Perú, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/229>
- Faúndez, M. (2014). Análisis geográfico de áreas prioritarias para restauración ecológica en la Isla Robinson Crusoe. (Memoria para optar el título de Geógrafa, Universidad de Chile). 94 p.
- Fernández, C; Hernández, R. y Baptista, P. (2016) *Metodología de la investigación*, México McGRAW-HILL

- Novella-Fernández, R., Rodrigo, A., Arnan, X., Bosch, J. (2019). Interaction strength in plant-pollinator networks: Are we using the right measure? *PLoS ONE*. 14(12), 1-15.
- Fontenla, J., Fontenla, Y. y Mancina, C. (2020). Composición y Modularidad de los ensamblajes de mariposas de playas del este, La Habana. *Poeyana Revista Cubana de zoología* 511.
- Fontúrbel, F. (2004). Conservación de ecosistemas: un nuevo paradigma en la conservación de la biodiversidad. *Ciencia Abierta*. (23), 1-18.
- Fontúrbel, F. (2002). Rol de la coevolución planta-insecto en la evolución de las flores cíclicas en las angiospermas. *Ciencia abierta*. (7), 1-11.
- Fick, S.E. y Hijmans, R.J. (2017). WorldClim 2: nuevas superficies climáticas de resolución espacial de 1 km para áreas terrestres globales. *Revista Internacional de Climatología*, 37 (12): 4302-4315.
- Fuentes, C. (2020). *Modelación de la distribución ecológica potencial del anuro pristimantis simonsii (boulenger, 1900) en el departamento de Cajamarca, Perú*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Galetto, L., Aguilar, R., Musicante, M., Astegiano, J., Ferreras, A., Jausoro, M., Torres, C., Ashworth, L. & Eynard, C. (2007). Fragmentación de hábitat, riqueza de polinizadores y reproducción de plantas nativas en el bosque chaqueño de Córdoba, Argentina. *Ecology Austral* 17: 67-80.
- Galindo, A. et al. (2021). Priorización de áreas para la conservación de aves en el occidente de la Faja Volcánica Transmexicana. *Madera y bosques*. 27(2).

Gálvez, E. (2018). *Caracterización de la diversidad vegetal leñosa e identificación de sitios prioritarios de conservación de los bosques tropicales estacionalmente secos en el norte de Perú*. [Tesis de maestría, Universidad de Chile].

GBIF.org (04 April 2024) GBIF Occurrence Download
<https://doi.org/10.15468/dl.q9qavh>

GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download
<https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4>

Girón, A. et al. (2015). *Redes de interacción Ecológica: Balance y Frustración en Redes complejas con signo*. [Tesis de Maestría, Universidad de Zaragoza].

Gorostiague, P. (2016). *Las cactáceas y sus polinizadores en el noroeste de argentina: distribución geográfica, cambio climático y conservación*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de La Plata].

González, P. 2016. Riqueza y distribución de Asteraceae en el departamento de Lima (Perú). *Arnaldoa* 23(1),111-134.

Guimera, R., Mossa, S., Turttschi, A. y Amaral, L. (2005). The worldwide air transportation network: anomalous centrality, community structure, and cities global roles. In: *Proceedings of the National Academy of Science USA* 102:7794-7799.

Gusqui Mata, R.C. (2020). *Fauna benéfica asociada a refugios vegetales en el cultivo de Capsicum annuum L. en la Universidad Nacional Agraria La Molina*. [Tesis Lic. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina].

- Hammer, O., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electrónica*, 4(1), 1-9.
- Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G. y Jarvis A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *Global Change Biology. International Journal of Climatology*, 25: 1965-1978.
- Jordano, P., Vásquez, D. y Bascompte, J. (2009). Capítulo 1: Redes complejas de interacciones mutualistas planta-animal. en *Ecología y Evolución de interacciones planta-animal*. Editorial Universitaria. (pp. 17-41)
- Judd, W.S., Campbell, C.S., Kellogg, E.A. & Stevens, P.F. (1999). Plant Systematics: A Phylogenetic Approach. *Systematic Biology*, 48(8): 826-828.
- Kahn, F., Millán, B., Cano, A., La Torre, M.I., Baldeón, S., Beltrán, H. Trinidad, H., Castillo, S. y Machahua, M. 2016. Contribución a la flora altoandina del distrito de Oyón, región Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 23(1), 67-72.
- Kerr, J. (1997). Species Richness, Endemism, and the Choice of Areas for Conservation. *Conservation Biology*. 11(5), 1094-1100.
- Leopold, A (2004). “La Ética de la Tierra” [Traducción de Alicia Herrera Ibañez]. En *Naturaleza y Valor: Una aproximación a la ética ambiental*, editado por Margarita Valdés, 25-44.

- López, C. (2019). Fundamentos Básicos de Teledetección. Universidad Católica del Norte.
- Mani, M.S. y Saravanan, J.M. (2000). Pollination ecology and evolution in Compositae (Asteraceae). Science Publishers, Inc.
- Manrique, L. (2022). Red de polinización para los Páramos Andinos: Un caso de estudio en el páramo de Matarredonda. [Tesis de Maestría, Universidad de los Andes].
- Mantilla, E. (2021). *Áreas potenciales de conservación para serpientes del género atractus por encima de los 2000 m.s.n.m. en el Ecuador*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Central del Ecuador]. <http://hdl.handle.net/1992/64477>
- Martínez, F., et al. (2019). Redes complejas como herramientas para estudiar la diversidad de las interacciones ecológicas en Moreno CE (Ed.). *La Biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. (pp. 265-283). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México.
- Márquez-Vargas, F. (2020). Hacia una fundamentación de la bioética ambiental desde la visión de Fritz Jahr, Aldo Leopold y Van Rensselaer Potter. *Revista Colombiana de Bioética* 15(2),1-26.
- Mateo, R. et al. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84(2),217-240.
- Medina, J. (2018). Diversidad Florística y estimación de la captura de carbono en tres ecosistemas del parque Universitario “Francisco Vivar Castro”. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional de Loja].
- Mendoza, M. (2017). *Determinación de zonas prioritarias para restauración de bosques altoandinos en la Concesión para Conservación Alto Huayabamba - CCAH*,

región San Martín. [Tesis para optar el título profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].

Meléndez, V. et al. (2020). Polinización y polinizadores amenazados en desaparecer. *Bioagrociencias* 13(2), 109-119.

McBride, J.F. (1936). Flora of Peru, Botanical Series. Field Museum of Natural History, Chicago, U.S.A.

McCall, C. & Primack, R. (1992). Influence of flower characteristics, weather, time of day, and season on insect visitation rates in three plant communities. *American Journal Botánica* 79,434-442.

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2013). ¿Cómo incorporar Redes de conectividad a la Planificación Territorial Regional? Experiencia de Cajamarca. 1era Edición SERNANP.

Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis SEA. 1, 1-84.

Monasterolo, M. (2018). *Los elementos lineales del paisaje en agroecosistemas: su rol como reservorios de biodiversidad e implicancias para la conservación de las interacciones planta-polinizador y del servicio de polinización asociado*. [Tesis de doctorado: Universidad de Buenos Aires, Área Ciencias Agropecuarias].

Morales, B; Bautista, J; Vergara, C. (2020). Pollinating insects of cherimoya (*Annona cherimola* Miller) in La Molina, Lima, Peru. *Peruvian Journal of Agronomy* 4(1), 10-16.

Muñoz-Chamba, L.; Ulloa, E.; Muñoz, J. y Aguirre, Z. (2022). Composición y diversidad florística del matorral andino afectado por incendios forestales en el Ecuador. *Bosques latitud Cero* 12(2): 13-25.

- Nabors, M. (2005). Capítulo 23 Angiospermas: plantas con flores. En *Introducción a la Botánica*. Editorial Pearson.
- National Research Council (USA). (2007). Status of pollinators in North America. Washington, DC: National Academy Press.
- Ochoa Balboa, L.J. (2023). *Implementación y desarrollo de jardines polinizadores en el distrito de San Isidro, Lima*. [Tesis Lic. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Olesen, J.M., Bascompte, J., Dupont, Y.L. y Jordano, P. (2007). The modularity of pollination networks. In: Proceedings of the National Academy of Sciences USA 104:19891–19896.
- Peña, J.E. Insectos polinizadores de frutales tropicales: no solo las abejas llevan la miel al panal. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, (16),6-20
- Peña, E. & Palacios, M. (2013). La biodiversidad como estrategia para el desarrollo sustentable en el pacífico colombiano: algunos enfoques para su gestión. *Revista del Doctorado Interinstitucional en Ciencias Ambientales*, (3), 37-43.
- Peralta, A. (2014). La ética de la tierra de Aldo Leopold: antecedentes y perspectivas. [Tesis de licenciatura: Universidad Autónoma de México, Facultad de Filosofía y letras].
- Picanço, A. (2018). *Biodiversity conservation in island protected areas: the case of plant-insect pollinating networks*. [Tesis de doctorado, Universidade dos Acores].
- Phillips, S., Anderson, R. y Schapire, R. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190(3-4),231-259.

- Pocock, M., Evans, D y Memmott, J. (2012). The Robustness and Restoration of a Network of Ecological Networks. *Science* 335:974-977.
- Posadas, P. y Miranda, D. (1999). El PAE (Parsimony Analysis of Endemicity) como una herramienta en la evaluación de la Biodiversidad. *Revista Chilena de Historia Natural*. 72, 539-546.
- Portelli, S. y Díaz, J. (2017). Determinación de áreas prioritarias de conservación en la Puna y Prepuna del norte argentino. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, 19(1), 9-17.
- Quispe Tarqui, R. (2015). *Refugios vegetales para el fomento de la entomofauna benéfica en el agoecosistema del cultivo de maíz en La Molina*. [Tesis Lic. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Rasmussen, C. (1999). *Coevolution of the oil bee-Calceolaria system in the Andes of Perú*. [Tesis Master Aarhus C, Denmark, University of Aarhus].
- Reguerin, J. (2012). *Distribución potencial de especies de la familia Araliaceae de la región Madidi*. [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés].
- Rivera, C.G., Funes-Hernández, K.T., Merino-Villalta, J.F. y Beltrán-Sánchez, A.V. (2021). Guía para el modelo de distribución de especies por Máxima Entropía, estudio de caso de la “lora nuca amarilla” *Amazona auropalliata* en El Salvador. *Revista Minerva* 4(2),125-142.
- Rodríguez, C. (2013). *Identificación de áreas potenciales para la conservación de depredadores tope en México*. [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Salgado, B. & Paz, H. (2016). Escalando de los rasgos funcionales a procesos poblacionales, comunitarios y ecosistémicos. En *La ecología funcional como*

aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. (pp. 12-35).

Senapathi, D. et al. (2015). Pollinator conservation — the difference between managing for pollination services and preserving pollinator diversity. *Current Opinion in Insect Science* 12, 93-101.

Scaccabarozzi, D., Guzzetti, L., Pioltelli, E., Brundrett, M., Aromatisi, A., Polverino, G., Vallejo-Marin, M., Cozzolino, S., Zong-Xin, R. Evidence of introduced honeybees (*Apis mellifera*) as pollen wasters in orchid pollination. *Scientific Reports*, 14: 14076.

Schleuning, M., Ingmann, L., Strauß, R., Fritz, S., Dalsgaard, B., Dehling, M., Plein, M., Saavedra, F., Sandel, B., Svenning, J.C., Böhning-Gaese, K., Dormann, C.F. (2014). Ecological, historical and evolutionary determinants of modularity in weighted seed-dispersal networks. *Ecology Letters* 17,454-463.

Shen, Q., Lu, Y., Zhang, S., You, Z., Ren, Y. y Shen, X. (2022). The Bio-Geographical Regions Division of Global Terrestrial animal by Multivariate Similarity Clustering Analysis Method. *Open Journal of Ecology* 12,236-255.

Song, Z. y Feldman, M. (2013). Adaptive foraging behaviour of individual pollinators and the coexistence of co-flowering plants. *Royal Society* 28,1-9.

Skov, F. y Borchsenius, F. (1997). Predicting plant species distribution patterns using simple climatic parameters: a case study of Ecuadorian palms. *Ecography* 20(4),347-355.

Stockwell, D. y Peterson, A. (2002). Effects of sample size on accuracy of species distribution models. *Ecological Modelling*, 148(1):1-13.

- Torres, C. y Galetto, L. (2008). Importancia de los polinizadores en la reproducción de asteraceae de argentina central. *Acta Botánica Venezuela*, 31(2).
- Urbina-Cardona, J. y Loyola, R. (2008). Applying niche-based models to predict endangered-hyloid potential distributions: Are neotropical protected areas effective enough? *Tropical Conservation Science*, 1,417–445.
- Varela, S.; Terribile, L.C.; de Oliveira, G.; Diniz-Filho, J.A.F.; González-Hernández, J.; Lima-Ribeiro, M.S. (2015). EcoClimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía Ecosistemas. *Revista científica de Ecología y Medio ambiente*, 24(3),88-92
- Valiente, A. (2014). Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing. World. *Funcional Ecology* 29,299-307.
- Vásquez, D., Melián, C., Williams N., Blüthgen, N., B. Krasnov, B. y Poulin R. (2007). Species abundance and asymmetric interaction strength in ecological networks. Nordic society. *Oikos*, 116(7),1120-1127.
- Villaseñor, J.L., Ibarra, G. y Ocaña, D. (1998). Strategies for the Conservation of Asteraceae in Mexico. *Conservation Biology* 12(5), 1066-1075.
- Vizentin-Bugoni, J.; Kiyochi, P.; Silveira, C. (2018). Plant-Pollinator Networks in the Tropics: A Review en W. Dáttilo & V. Rico (Ed.), *Ecological Networks in the tropics an integrative overview of species interactions from some of the most species-rich habitats on earth* (1 ed., pp 29-42). Springer International Publishing AG. Switzerland.
- Vincenzo, T. (2007). Procesos de integración entre redes ecológicas e instrumentos de planificación. *Cuaderno de Investigación urbanística* 54, 1-91.
- Vindigni, A. (julio 2022). Web of life tutorial. <https://www.web-of-life.es/tutorial/>

- Waltari, E., Schroeder, R., McDonald, K., Anderson, R.P. y Carnaval, A. (2014). Bioclimatic variables derived from remote sensing: assessment and application for species distribution modelling. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(10),1033-1042.
- Watts, S. et al. (2016). The influence of floral traits on specialization and modularity of plant–pollinator networks in a biodiversity hotspot in the Peruvian Andes. *Annals of Botany* 1-15.
- Zamora, C. et al. (2011). Patrones de distribución de los geométridos de la Región del Biobío, Chile: Una aproximación para su conservación. *Revista Chilena de Historia Natural* 84(4), 465-480.
- Zea-Fernández, M.; Bernabé, K.; Wong, A.; Fernández-Hilario, R.; Revilla, I. & Churata-Salcedo, J. 2024. Proyecto: Redes: Estudio de las redes ecológicas de polinización y parasitismo en el Territorio Peruano. *Revista Xilema* (32):24-28

ANEXOS

Anexo 1: Listado de flora del Valle interandino de Oyón

Se indica la especie con la familia y orden correspondiente, forma de crecimiento, categoría de conservación según la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN) y el Decreto Supremo 043-2006-AG que aprueba la categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre, Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) endemismo, categoría según trópicos (Tropicos.org) y transecto en el que se reportó.

Simbología

Endemismo por registro departamental: Arequipa (AR); Lima (LI); Ayacucho (AY); Cajamarca (CA); Huancavelica (HV); Junín (JU); Moquegua (MO); Tacna (TA); Ancash (AN); La Libertad (LL).

Categoría de conservación: Preocupación menor (LC)

Categoría según trópicos: N: Nativa y E: Endemismo

CITES: Apéndice I, II y III

Orden	Familia	Especie	Forma de crecimiento	Categoría de conservación		Endemismo	CITES	Categoría según trópicos	Transecto
				IUCN	D.S. 043-2006-AG				
Aspargales	Orchidaceae	<i>Orchidaceae sp.</i>	Hierba	-	-	-	I	-	2
Asterales	Asteraceae	<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	Hierba	-	-	-	-	N	1, 2
Asterales	Asteraceae	<i>Aldama helianthoides</i> (Rich. ex Willd.) E.E. Schill. & Panero	Hierba	-	-	-	-	-	2
Asterales	Asteraceae	<i>Aristeguietia ballii</i> (Oliv.) R.M. King & H. Rob.	Arbusto	-	-	AR, LI	-	E	1, 2
Asterales	Asteraceae	<i>Baccharis buxifolia</i> (Lam.) Pers	Arbusto	-	-	-	-	N	1, 2
Asterales	Asteraceae	<i>Baccharis gnidiifolia</i> Kunth	Arbusto	-	-	-	-	-	1

Asterales	Asteraceae	<i>Baccharis tricuneata</i> (L. f.) Pers.	Arbusto	-	-	-	-	-	1, 2
Asterales	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i> Kunth	Hierba	-	-	-	-	N	1, 2
Asterales	Asteraceae	<i>Ophryosporus chilca</i> (Kunth) Hieron.	Hierba	-	-	-	-	E	1, 2
Asterales	Asteraceae	<i>Proustia berberidifolia</i> (Cuatrec.) Ferreyra	Arbusto	-	-	AR, AY, CA, HV, JU, LI, MO, TA.	-	-	1, 2
Asterales	Asteraceae	<i>Pseudognaphalium dombeyanum</i> (DC.) Anderb.	Hierba	-	-	-	-	N	1
Asterales	Asteraceae	<i>Senecio</i> sp.	Arbusto	-	-	-	-	-	1, 2
Asterales	Asteraceae	<i>Sonchus aff. asper</i> (L.) Hill	Arbusto	-	-	-	-	N	1
Asterales	Asteraceae	<i>Stevia petiolata</i> (Cass.) Sch. Bip.	Hierba	-	-	AN, LI.	-	E	1, 2
Caryophyllales	Amaranthaceae	<i>Atriplex</i> sp.	Arbusto	-	-	-	-	-	2
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Austrocylindropuntia subulata</i> (Muehlenpf.) Backeb.	Árbol	LC	-	-	-	-	1
Caryophyllales	Cactaceae	<i>Matucana haynei</i>	Hierba	LC	-	-	-	-	2
Calceolariaceae	Calceolariaceae	<i>Calceolaria glauca</i> Ruiz & Pav.	Arbusto	-	-	AN, CA, HV, LI, LL	-	E	1, 2
Dipsacales	Valerianaceae	<i>Valeriana</i> sp.	Hierba	-	-	-	-	-	1
Fabales	Polygalaceae	<i>Monnina salicifolia</i> Ruiz & Pav.	Hierba	-	-	-	-	-	1, 2
Fabales	Fabaceae	<i>Vicia graminea</i> Sm.	Hierba	-	-	-	-	I	2
Lamiales	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i> Griseb.	Hierba	-	-	-	-	N	2
Lamiales	Lamiaceae	<i>Satureja revoluta</i> (Ruiz & Pav.) Briq.	Arbusto	-	-	-	-	E	1, 2
Lamiales	Plantaginaceae	<i>Plantago australis</i> Lam.	Hierba	-	-	-	-	-	2
Lamiales	Scrophulariaceae	<i>Alonsoa meridionalis</i> (L. f.) Kuntze	Hierba	-	-	-	-	-	1, 2
Lamiales	Scrophulariaceae	<i>Bartsia patens</i> Benth	Hierba	-	-	-	-	E	2
Malpighiales	Linaceae	<i>Linum polygaloides</i> Planch.	Hierba	-	-	AN, AY, CA, HV, JU, LI, PI	-	E	1, 2
Myrtales	Onagraceae	<i>Epilobium denticulatum</i> Ruiz & Pav.	Hierba	-	-	-	-	E	2
Poales	Poaceae	<i>Eragrostis</i> sp.	Hierba	-	-	-	-	-	1
Rosales	Rosaceae	<i>Tetraglochin cristata</i> (Britton) Rothm.	Arbusto	-	-	-	-	N	2

Anexo 2: Listado de insectos polinizadores del Valle interandino de Oyón

Se indica la morfoespecie con la familia/orden y grupo funcional correspondiente, categoría de conservación según la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN), endemismo y transecto en el que se reportó.

Simbología

Categoría de conservación: Datos Desconocidos (DD); Preocupación menor (LC)

E: Exótica; N: Nativa

Grupos funcionales	Orden	Familia	Especie	Autor	Categoría de conservación	Endemismo	Transecto
					IUCN		
<i>Apis mellifera</i> (api_mel)	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Linnaeus, 1758	DD		1, 2
Abejas lengua larga (HAL)			<i>Andinagochlora sp.</i>	-	-		1
			<i>Anthophora sp. 1</i>	-	-		2
			<i>Anthophora sp. 2</i>	-	-		1, 2
			<i>Bombus coccineus/excellens</i>	Friese, 1903	LC		1, 2
			<i>Bombus funebris</i>	Smith, 1854	LC		2
			<i>Bombus cf. funebris</i>	Smith, 1855	LC		2
			<i>Bombus transversalis</i>	(Oliver, 1789)	LC		2
			<i>Centris caelebs</i>	Friese, 1903	-		1, 2
			<i>Partamona sp.</i>	-	-	Nativa	2
		<i>Xylocopa sp.</i>	-	-		1, 2	
		Megachilidae	<i>Anthidium peruvianum</i>	Schrottky, 1910	-	Nativa	2
		SD	<i>Hymenoptera sp. 1</i>	-	-		2
			<i>Hymenoptera sp. 2</i>	-	-		2
			<i>Hymenoptera sp. 3</i>	-	-		1
<i>Hymenoptera sp. 4</i>	-		-		1, 2		
<i>Hymenoptera sp. 13</i>	-		-		2		

Abejas lengua corta (HAC)		Halictidae	<i>Halictidae sp.</i>	-	-	1,2
Otros Hymenopteros (HOT)		Formicidae	<i>Formicidae sp. 1</i>	-	-	1, 2
			<i>Formicidae sp. 2</i>	-	-	1, 2
			<i>Formicidae sp. 3</i>	-	-	1, 2
Avispas (HAV)		SD	<i>Hymenoptera sp. 5</i>	-	-	1
			<i>Hymenoptera sp. 6</i>	-	-	1
			<i>Hymenoptera sp. 7</i>	-	-	2
			<i>Hymenoptera sp. 8</i>	-	-	2
			<i>Hymenoptera sp. 9</i>	-	-	2
			<i>Hymenoptera sp. 10</i>	-	-	1
			<i>Hymenoptera sp. 11</i>	-	-	2
			<i>Hymenoptera sp. 12</i>	-	-	2
Thysanoptera (THY)	Thysanoptera	Thysanoptera	<i>Thysanoptera sp. 1</i>	-	-	1, 2
Otros insectos (OTI)	Arachnida	Araneae	<i>Araneae sp. 1</i>	-	-	2
			<i>Araneae sp. 2</i>	-	-	1
	Orthoptera	Orthoptera	<i>Orthoptera sp.</i>	-	-	1, 2
Coleoptera (COL)	Coleoptera	Aderidae	<i>Aderidae sp.</i>	-	-	2
		Buprestidae	<i>Lasionota sp.</i>	-	-	1
		Coccinellidae	<i>Coccinellidae sp.</i>	-	-	1
		Curculionidae	<i>Curculionidae sp.</i>	-	-	1, 2
		Melyridae	<i>Astylus laetus</i>			
<i>Melyridae sp.</i>	-		-	1, 2		
Diptera (DIP)	Diptera	Anthomyiidae	<i>Anthomyiidae sp.</i>	-	-	1,2
			<i>Hylemya sp. 1</i>	-	-	1, 2
			<i>Hylemya sp. 2</i>	-	-	2
		Asilidae	<i>Asilidae sp.</i>	-	-	1
		Bibionidae	<i>Bibionidae sp.</i>	-	-	1, 2

		<i>Chrysanthrax sp.</i>	-	-	1
	Bombyliidae	<i>Geron sp.</i>	-	-	2
		<i>Triploechnus sp.</i>	-	-	1
		<i>Villa sp.</i>	-	-	1, 2
	Calliphoridae	<i>Calliphora sp.</i>	-	-	1, 2
		<i>Calliphoridae sp.</i>	-	-	1, 2
		<i>Cochliomyia macellaria</i>	(Fabricius, 1775)	-	1, 2
		<i>Sarconesiopsis sp.</i>	-	-	1
	SD	<i>Diptera sp. 1</i>	-	-	2
		<i>Diptera sp. 2</i>	-	-	1
		<i>Diptera sp. 3</i>	-	-	2
		<i>Diptera sp. 4</i>	-	-	2
		<i>Diptera sp. 5</i>	-	-	1
		<i>Diptera sp. 6</i>	-	-	2
		<i>Diptera sp. 7</i>	-	-	2
		<i>Diptera sp. 8</i>	-	-	1
		<i>Diptera sp. 9</i>	-	-	2
		<i>Diptera sp. 10</i>	-	-	2
		<i>Diptera sp. 11</i>	-	-	1
		<i>Diptera sp. 12</i>	-	-	1
		<i>Diptera sp. 13</i>	-	-	1
		<i>Diptera sp. 14</i>	-	-	1
	Drosophilidae	<i>Drosophilidae sp.</i>	-	-	1, 2
	Muscidae	<i>Muscidae sp.</i>	-	-	2
	Mycetophilidae	<i>Mycetophilidae sp.</i>	-	-	2
	Sarcophagidae	<i>Sarcophaga sp.</i>	-	-	1, 2
	Tachinidae	<i>Pales sp.</i>	-	-	1, 2

			<i>Tachinidae sp.</i>	-	-	2
		Syrphidae	<i>Allograpta exotica</i>	(Wiedemann, 1830)	-	2
			<i>Allograpta sp.</i>	-	-	1, 2
			<i>Copestylum sp.</i>	-	-	1, 2
			<i>Eristalis bogotensis</i>	Macquart, 1842	-	1, 2
			<i>Palpada sp.</i>	-	-	2
			<i>Platycheirus sp.</i>	-	-	1, 2
			<i>Syrphidae sp. 1</i>	-	-	2
			<i>Syrphidae sp. 2</i>	-	-	1
			<i>Toxomerus sp.</i>	-	-	1, 2
Hemiptera (HEM)	Hemiptera	Aphididae	<i>Aphididae sp.</i>	-	-	1, 2
		Cicadellide	<i>Cicadellidae sp.1</i>	-	-	1, 2
			<i>Cicadellidae sp. 2</i>	-	-	1, 2
		Hemiptera	<i>Hemiptera sp. 1</i>	-	-	1
			<i>Hemiptera sp. 2</i>	-	-	1
Miridae	<i>Miridae sp.</i>	-	-	1, 2		
Polillas (LEP)	Lepidoptera	Lepidoptera	<i>Lepidoptera sp. 1</i>	-	-	1
			<i>Lepidoptera sp. 2</i>	-	-	1
			<i>Lepidoptera sp. 3</i>	-	-	2
			<i>Lepidoptera sp. 4</i>	-	-	2
		Pyalidae	<i>Pyalidae sp.</i>	-	-	1
Mariposas (LEM)		Nymphalidae	<i>Vanessa carye</i>	(Hübner, 1812)	-	1
		Lycaenidae	<i>Hemiargus sp.</i>	-	-	1, 2
		Pieridae	<i>Phoebis sp.</i>	-	-	2
			<i>Tatochila sp.</i>	-	-	1, 2

Anexo 3: Fuerza de interacción de la red insectos polinizadores-planta en el Valle interandino de Oyón

	HAL	HAC	<i>Api_mel</i>	HAV	COL	DIP	HEM	LEM	HOT	OTI	LEP	THY
<i>Achyrocline alata</i>	0	0	1	0	0	20	15	0	15	0	0	0
<i>Aldama helianthoides</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
<i>Alonsoa meridionalis</i>	54	21	3	0	0	19	20	0	0	0	1	0
<i>Aristiguetia balii</i>	0	0	5	0	1	5	0	0	0	1	0	0
<i>Atriplex sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis buxifolia</i>	0	0	25	2	1	27	1	0	13	0	0	0
<i>Baccharis gnidiifolia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Baccharis tricuneata</i>	3	17	32	2	6	74	6	2	24	1	0	0
<i>Bartsia patens</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bidens andicola</i>	6	17	123	2	17	32	93	8	31	0	1	2
<i>Calceolaria glauca</i>	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Epilobium denticulatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Eragrostis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Linum polygaloides</i>	0	0	0	0	14	5	2	0	0	0	0	0
<i>Matucana haynei</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Minthostachys mollis</i>	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Monnina salicifolia</i>	14	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0
<i>Ophryosporus chilca</i>	1	2	1	2	1	2	0	0	0	0	1	0
<i>Orchidaceae sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Plantago australis</i>	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<i>Proustia berberidifolia</i>	1	3	0	0	0	4	0	0	1	0	0	0

Anexo 4: Especies de plantas registrados, número de individuos, promedio de cantidad de individuos con flores, cantidad de visitas de insectos y cantidad de morfoespecies visitadoras.

Familia	Especie	Número de Individuos	Promedio de cantidad de individuos con flores	Cantidad de visitas de insectos	Visitas/día	Cantidad de morfoespecies visitadores	Grupos funcionales visitadores
<i>Amaranthaceae</i>	<i>Atriplex sp.</i>	1	1	1	0.17	1	OTI
<i>Asteraceae</i>	<i>Achyrocline alata</i>	321	8.02	61	10.17	14	Api_mel, HEM, DIP, HOT,
	<i>Aldama helianthoides</i>	31	2.81	2	0.33	2	DIP, HEM
	<i>Aristiguetia balii</i>	97	3.23	18	3.00	7	Api_mel, COL, DIP, HOT
	<i>Baccharis buxifolia</i>	127	5.29	215	35.83	22	Api_mel, DIP, HAV, HEM, HOT
	<i>Baccharis gnidiifolia</i>	10	5.00	1	0.17	1	DIP
	<i>Baccharis tricuneata</i>	263	4.69	303	57.17	31	HAC, HAL, Api_mel, HAV, COL, DIP, HEM, LEM, HOT, OTI
	<i>Bidens andicola</i>	748	7.71	605	100.83	42	HAC, HAL, Api_mel, HAV, COL, DIP, HEM, LEM, HOT, OTI, LEP, THY
<i>Ophryosporus chilca</i>	13	2.6	11	1.83	9	HAC, HAL, Api_mel,	

							HAV, COL, DIP, LEP
	<i>Proustia berberidifolia</i>	29	4.14	16	2.67	7	HAL, HAC, DIP, HOT
	<i>Pseudognaphalium dombeyanum</i>	24	3.42	9	1.50	4	Api_mel, HEM, HOT
	<i>Senecio sp.</i>	19	2.37	24	4.00	9	HAC, HAL, Api_mel, HAV, DIP, HEP
	<i>Sonchus aff. asper</i>	17	4.25	2	0.33	2	HAC, HEM
	<i>Stevia petiolata</i>	2488	23.69	547	91.17	39	HAL, HAC, Api_mel, HAV, DIP, HEM, LEM, OTI, LEP, THY
<i>Cactaceae</i>	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	4	2.00	2	0.83	5	DIP
	<i>Matucana haynei</i>	1	1.00	3	0.50	1	DIP
<i>Calceolariaceae</i>	<i>Calceolaria glauca</i>	209	8.03	4	0.67	3	HAC, DIP
<i>Fabaceae</i>	<i>Vicia graminea</i>	47	3.61	9	1.50	4	HAC, Api_mel
<i>Lamiaceae</i>	<i>Minthostachys mollis</i>	15	3.00	15	2.50	4	Api_mel, DIP
	<i>Satureja revoluta</i>	148	4.62	410	68.33	16	HAL, HAC, Api_mel, HAV, COL, DIP, HEM, LEM, THY
<i>Linaceae</i>	<i>Linum polygaloides</i>	210	5.12	21	3.50	7	COL, DIP, HEM
<i>Onagraceae</i>	<i>Epilobium denticulatum</i>	4	4.00	2	0.33	2	HOT
<i>Orchidaceae</i>	<i>Orchidaceae sp.</i>	2	2.00	1	0.17	1	Api_mel

<i>Plantaginaceae</i>	<i>Plantago australis</i>	2	2.00	4	0.67	3	DIP
<i>Poaceae</i>	<i>Eragrostis sp.</i>	1	1	1	0.17	1	LEP
<i>Polygalaceae</i>	<i>Monnina salicifolia</i>	30	1.50	45	7.50	6	All, Am, D
<i>Scrophulariaceae</i>	<i>Alonsoa meridionalis</i>	462	8.40	156	26.00	16	HAL, HAC, Api_mel, DIP, HEM, LEP
	<i>Bartsia patens</i>	58	3.62	19	3.17	3	HAL
<i>Rosaceae</i>	<i>Tetraglochin cristata</i>	47	11.75	4	0.67	3	HAL, DIP, HEM
<i>Valerianaceae</i>	<i>Valeriana sp.</i>	1	1	1	0.17	1	DIP

Nota: HAL: Abejas lengua larga, HAC: Abejas lengua corta, HAV: Avispas, Api_mel: *Apis mellifera*, COL: Coleoptera, DIP: Diptera, HEM: Hemiptera, LEM: Mariposas, LEP: Polillas, THY: Thysanoptera, HOT: Otros Hymenopteros, OTI: Otros insectos

Anexo 5: Morfoespecies de insectos registrados, número de individuos, cantidad total de visitas, número promedio de visitas y cantidad de plantas que visitaron

Grupos funcionales	Orden	Familia	Especie	Cantidad de individuos	Cantidad total de visitas	Promedio cantidad de visitas	Cantidad de especies de plantas visitadas	
<i>Apis mellifera</i>	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	511	1227	2.4	15	
Abejas lengua larga			<i>Andinaugochlora sp.</i>	1	1	1	1	
			<i>Anthophora sp. 1</i>	1	2	2	1	
			<i>Anthophora sp. 2</i>	4	9	2.25	1	
			<i>Bombus coccineus/excellens</i>	14	28	2	4	
			<i>Bombus funebris</i>	6	10	1.66	2	
			<i>Bombus cf. funebris</i>	8	12	1.5	1	
			<i>Bombus transversalis</i>	1	2	2	1	
			<i>Centris caelebs</i>	6	15	2.5	3	
			<i>Partamona sp.</i>	1	1	1	1	
			<i>Xylocopa sp.</i>	163	298	1.83	10	
			Megachilidae	<i>Anthidium peruvianum</i>	1	1	1	1
		SD	<i>Hymenoptera sp. 1</i>	1	1	1	1	
			<i>Hymenoptera sp. 2</i>	1	2	2	1	
			<i>Hymenoptera sp. 3</i>	1	1	1	1	
			<i>Hymenoptera sp. 4</i>	2	2	1	2	
			<i>Hymenoptera sp. 13</i>	2	9	4.5	2	
Abejas lengua corta			Halictidae	<i>Halictidae sp.</i>	81	101	1.24	10
Otros Hymenopteros		Formicidae	<i>Formicidae sp. 1</i>	48	54	1.12	5	
			<i>Formicidae sp. 2</i>	6	11	1.83	3	
	<i>Formicidae sp. 3</i>		34	39	1.14	6		
Avispas			<i>Hymenoptera sp. 5</i>	3	3	1	3	

			<i>Hymenoptera sp. 6</i>	1	1	1	1
			<i>Hymenoptera sp. 7</i>	1	20	20	1
			<i>Hymenoptera sp. 8</i>	1	1	1	1
			<i>Hymenoptera sp. 9</i>	1	1	1	1
			<i>Hymenoptera sp. 10</i>	2	3	1.5	2
			<i>Hymenoptera sp. 11</i>	2	4	2	2
			<i>Hymenoptera sp. 12</i>	2	2	2	1
Thysanoptera	Thysanoptera	Thysanoptera	<i>Thysanoptera sp.</i>	5	8	1.6	3
Otros insectos	Arachnida	Araneae	<i>Araneae sp. 1</i>	1	1	1	1
			<i>Araneae sp. 2</i>	1	1	1	1
	Orthoptera	Orthoptera	<i>Orthoptera sp.</i>	2	2	1	2
Coleoptera	Coleoptera	Aderidae	<i>Aderidae sp.</i>	4	4	1	3
		Buprestidae	<i>Lasionota sp.</i>	1	1	1	1
		Coccinellidae	<i>Coccinellidae sp.</i>	1	1	1	1
		Curculionidae	<i>Curculionidae sp.</i>	9	9	1	1
		Melyridae	<i>Astylus laetus</i>	2	2	1	2
			<i>Melyridae sp.</i>	24	24	1	3
Diptera	Diptera	Anthomyiidae	<i>Anthomyiidae sp.</i>	27	30	1.11	10
			<i>Hylemya sp. 1</i>	26	26	1	9
			<i>Hylemya sp. 2</i>	4	4	1	2
		Asilidae	<i>Asilidae sp.</i>	6	6	1	3
		Bibionidae	<i>Bibionidae sp.</i>	3	3	1	3
		Bombyliidae	<i>Chrysanthrax sp.</i>	5	5	1	2
			<i>Geron sp.</i>	1	1	1	1
			<i>Triploechnus sp.</i>	2	4	2	1
			<i>Villa sp.</i>	8	10	1.25	2
		Calliphoridae	<i>Calliphora sp.</i>	4	5	1.25	4

	<i>Calliphoridae sp.</i>	10	15	1.5	7
	<i>Cochliomyia macellaria</i>	42	80	1.9	6
	<i>Sarconesiopsis sp.</i>	1	1	1	1
Diptera	<i>Diptera sp. 1</i>	1	1	1	1
	<i>Diptera sp. 2</i>	1	1	1	1
	<i>Diptera sp. 3</i>	1	2	1	1
	<i>Diptera sp. 4</i>	1	1	1	1
	<i>Diptera sp. 5</i>	1	1	1	1
	<i>Diptera sp. 6</i>	2	2	1	1
	<i>Diptera sp. 7</i>	1	1	1	1
	<i>Diptera sp. 8</i>	1	1	1	1
	<i>Diptera sp. 9</i>	1	2	1	1
	<i>Diptera sp. 10</i>	2	2	1	2
	<i>Diptera sp. 11</i>	4	8	2	2
	<i>Diptera sp. 12</i>	1	1	1	1
	<i>Diptera sp. 13</i>	4	4	1	2
	<i>Diptera sp. 14</i>	1	1	1	1
Drosophilidae	<i>Drosophilidae sp.</i>	21	24	1.14	9
Muscidae	<i>Muscidae sp.</i>	1	1	1	1
Mycetophilidae	<i>Mycetophilidae sp.</i>	2	8	8	2
Sarcophagidae	<i>Sarcophaga sp.</i>	2	2	1	2
Tachinidae	<i>Pales sp.</i>	13	15	1.15	5
	<i>Tachinidae sp.</i>	2	8	4	1
Syrphidae	<i>Allograpta exotica</i>	1	2	2	1
	<i>Allograpta sp.</i>	24	36	1.5	8
	<i>Copestylum sp.</i>	5	8	1.6	5
	<i>Eristalis bogotensis</i>	21	25	1.19	5

			<i>Palpada sp.</i>	7	8	1.14	1
			<i>Platycheirus sp.</i>	14	21	1.5	9
			<i>Syrphidae sp. 1</i>	1	1	1	1
			<i>Syrphidae sp. 2</i>	1	1	1	1
			<i>Toxomerus sp.</i>	5	5	1	3
Hemiptera	Hemiptera	Aphididae	<i>Aphididae sp.</i>	5	6	1.2	4
		Cicadellide	<i>Cicadellidae sp.1</i>	8	8	1	5
			<i>Cicadellidae sp. 2</i>	23	24	1.04	4
		Hemiptera	<i>Hemiptera sp. 1</i>	1	1	1	1
			<i>Hemiptera sp. 2</i>	1	1	1	1
Miridae	<i>Miridae sp.</i>	145	152	1.04	11		
Polillas	Lepidoptera	Lepidoptera	<i>Lepidoptera sp. 1</i>	1	1	1	1
			<i>Lepidoptera sp. 2</i>	1	1	1	1
			<i>Lepidoptera sp. 3</i>	1	1	1	1
		Lycaenidae	<i>Hemiargus sp.</i>	8	8	1	2
		Pyralidae	<i>Pyralidae sp.</i>	1	1	1	1
Mariposas	Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Vanessa carye</i>	2	2	1	2
		Pieridae	<i>Phoebis sp.</i>	2	2	1	1
			<i>Tatochila sp.</i>	7	8	1.14	2
			<i>Lepidoptera sp. 4</i>	3	3	1	2

Anexo 6: Valores observados de descriptores a nivel de especie de plantas; informan la Fuerza de Conexión de Especie, Asimetría de Interacción de Especies y Generalización-Especialización (d').

Especies	Fuerza de Conexión de Especie	Asimetría de Interacción de Especies	Generalización-Especialización (d')
<i>Bidens andicola</i>	9.499	0.293	0.255
<i>Stevia petiolata</i>	7.678	0.256	0.247
<i>Baccharis tricuneata</i>	7.320	0.234	0.241
<i>Satureja revoluta</i>	4.703	0.336	0.402
<i>Baccharis buxifolia</i>	2.360	0.085	0.211
<i>Alonsoa meridionalis</i>	2.231	0.102	0.391
<i>Linum polygaloides</i>	2.127	0.161	0.725
<i>Achyrocline alata</i>	2.117	0.093	0.434
<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	0.845	-0.077	0.781
<i>Ophryosporus chilca</i>	0.793	-0.029	0.308
<i>Proustia berberidifolia</i>	0.680	-0.053	0.425
<i>Monnina salicifolia</i>	0.659	-0.068	0.358
<i>Senecio sp.</i>	0.349	-0.108	0.174
<i>Bartsia patens</i>	0.345	-0.327	0.480
<i>Pseudognaphalium dombeyanum</i>	0.283	-0.179	0.259
<i>Vicia graminea</i>	0.228	-0.257	0.227
<i>Aristiguetia bali</i>	0.216	-0.156	0.165
<i>Calceolaria glauca</i>	0.149	-0.283	0.387
<i>Matucana haynei</i>	0.142	-0.857	0.641
<i>Plantago australis</i>	0.095	-0.452	0.439
<i>Minthostachys mollis</i>	0.084	-0.305	0.131
<i>Aldama helianthoides</i>	0.043	-0.478	0.270

<i>Baccharis gnidiifolia</i>	0.041	-0.958	0.490
<i>Orchidaceae sp.</i>	0.001	-0.998	0

Anexo 7: Valores observados de descriptores a nivel de especie de polinizadores; informan la Fuerza de conexión de Especies, Asimetría de Interacción de Especies, cercanía ponderada del Índice de Servicio de Polinización (PSI) y la Generalización-Especialización (d').

Morfoespecies de insectos asociados a la polinización	Fuerza de Conexión de Especie	Asimetría de Interacción de Especies	PSI	Generalización-Especialización (d')
<i>Apis mellifera</i>	5.222	0.281	0.499	0.220
<i>Xylocopa sp.</i>	2.489	0.148	0.430	0.517
<i>Miridae sp.</i>	2.138	0.113	0.191	0.189
<i>Drosophilidae sp.</i>	1.681	0.075	0.212	0.328
<i>Halictidae sp.</i>	1.612	0.068	0.126	0.170
<i>Anthomyiidae sp.</i>	1.321	0.032	0.079	0.200
<i>Allograpta sp.</i>	1.301	0.037	0.105	0.239
<i>Cochliomyia macellaria</i>	0.944	-0.009	0.107	0.239
<i>Formicidae sp.3</i>	0.667	-0.066	0.142	0.373
<i>Hylemya sp.1</i>	0.633	-0.045	0.081	0.231
<i>Calliphoridae sp.</i>	0.631	-0.052	0.067	0.217
<i>Diptera sp.13</i>	0.603	-0.198	0.450	0.668
<i>Bombus coccineus excellens</i>	0.553	-0.111	0.114	0.371
<i>Centris caelebs</i>	0.516	-0.161	0.172	0.336
<i>Eristalis bogotensis</i>	0.431	-0.113	0.044	0.134
<i>Curculionidae sp.</i>	0.428	-0.571	0.428	0.825
<i>Formicidae sp.1</i>	0.426	-0.143	0.094	0.271
<i>Melyridae sp.</i>	0.306	-0.231	0.085	0.293
<i>Diptera sp.11</i>	0.267	-0.366	0.138	0.639
<i>Pales sp.</i>	0.240	-0.151	0.038	0.228
<i>Platycheirus sp.</i>	0.181	-0.102	0.024	0.111
<i>Aphididae sp.</i>	0.178	-0.205	0.036	0.224

<i>Aderidae sp.</i>	0.153	-0.282	0.041	0.316
<i>Toxomerus sp.</i>	0.143	-0.285	0.032	0.213
<i>Hymenoptera sp.5</i>	0.134	-0.288	0.044	0.228
<i>Cicadellidae sp.2</i>	0.121	-0.219	0.047	0.197
<i>Copestylum sp.</i>	0.100	-0.179	0.020	0.156
<i>Bombus funebris</i>	0.084	-0.457	0.031	0.322
<i>Bibionidae sp.</i>	0.077	-0.307	0.025	0.245
<i>Formicidae sp.2</i>	0.073	-0.308	0.033	0.242
<i>Cicadellidae sp.1</i>	0.045	-0.238	0.011	0.097
<i>Asilidae sp.</i>	0.042	-0.319	0.012	0.144
<i>Bombus cf. funebris</i>	0.041	-0.958	0.041	0.357
<i>Calliphora sp.</i>	0.028	-0.242	0.007	0.051
<i>Hemiargus sp.</i>	0.026	-0.486	0.018	0.183
<i>Villa sp.</i>	0.024	-0.487	0.013	0.117
<i>Tatochila sp.</i>	0.021	-0.489	0.016	0.165
<i>Anthophora sp.2</i>	0.020	-0.979	0.020	0.293
<i>Palpada sp.</i>	0.020	-0.979	0.020	0.231
<i>Hylemya sp.2</i>	0.018	-0.490	0.009	0.130
<i>Thysanoptera sp.</i>	0.017	-0.327	0.005	0.037
<i>Chrysanthrax sp.</i>	0.015	-0.492	0.010	0.125
<i>Lepidoptera sp.4</i>	0.011	-0.494	0.005	0.087

Anexo 8: Códigos de especies de plantas, morfoespecies de insectos y grupos funcionales

ID	Especies de plantas	códigos	ID	Morfoespecies de insectos	códigos	ID	Morfoespecies de insectos	códigos	ID	Grupos funcionales	códigos
1	<i>Achyrocline alata</i>	ach_ala	1	<i>Aderidae sp.</i>	ade_sp1	49	<i>Geron sp.</i>	ger_sp1	1	Abejas legua larga	HAC
2	<i>Aldama helianthoides</i>	ald_hel	2	<i>Allograpta exotica</i>	all_exo	50	<i>Halictidae sp.</i>	hal_sp1	2	Abejas lengua corta	HAL
3	<i>Alonsoa meridionalis</i>	alo_mer	3	<i>Allograpta sp.</i>	all_sp1	51	<i>Hemiargus sp.</i>	hem_sp1	3	Avispas	HAV
4	<i>Aristiguetia balii</i>	ari_bal	4	<i>Andinaugochlora sp.</i>	and_sp1	52	<i>Hemiptera sp. 1</i>	hep_sp1	4	Coleopteros	COL
5	<i>Atriplex sp.</i>	atr_sp1	5	<i>Anthidium peruvianum</i>	ant_per	53	<i>Hemiptera sp. 2</i>	hep_sp2	5	Dipteros	DIP
6	<i>Austrocylindropuntia subulata</i>	aus_sub	6	<i>Anthomyiidae sp.</i>	ant_sp1	54	<i>Hylemya sp. 1</i>	hyl_sp1	6	Hemipteros	HEM
7	<i>Baccharis buxifolia</i>	bac_bux	7	<i>Anthophora sp.1</i>	ant_sp1	55	<i>Hylemya sp. 2</i>	hyl_sp2	7	Mariposas	LEM
8	<i>Baccharis gnidiifolia</i>	bac_gni	8	<i>Anthophora sp. 2</i>	ant_sp2	56	<i>Hymenoptera sp. 1</i>	hym_sp1	8	Otros himenopteros	HOT
9	<i>Baccharis tricuneata</i>	bac_tric	9	<i>Aphididae sp.</i>	aph_sp1	57	<i>Hymenoptera sp. 10</i>	hym_s10	9	Otros insectos	OTI
10	<i>Bartsia patens</i>	bar_pat	10	<i>Apis mellifera</i>	api_mel	58	<i>Hymenoptera.sp. 11</i>	hym_s11	10	Polillas	LEP
11	<i>Bidens andicola</i>	bid_and	11	<i>Araneae sp. 1</i>	ara_sp1	59	<i>Hymenoptera sp. 12</i>	hym_s12	11	Thysanopteros	THY
12	<i>Calceolaria glauca</i>	cal_gla	12	<i>Araneae sp. 2</i>	ara_sp2	60	<i>Hymenoptera sp. 13</i>	hym_s13			
13	<i>Epilobium denticulatum</i>	epi_den	13	<i>Asilidae sp.</i>	asi_sp1	61	<i>Hymenoptera sp. 2</i>	hym_sp2			
14	<i>Eragrostis sp.</i>	era_sp1	14	<i>Astylus laetus</i>	asi_lae	62	<i>Hymenoptera sp. 3</i>	hym_sp3			
15	<i>Linum polygaloides</i>	lin_pol	15	<i>Bibionidae sp.</i>	bib_sp1	63	<i>Hymenoptera sp. 4</i>	hym_sp4			
16	<i>Matucana haynei</i>	mat_hay	16	<i>Bombus coccineus/excellens</i>	bom_coc	64	<i>Hymenoptera sp. 5</i>	hym_sp5			
17	<i>Minthostachys mollis</i>	min_mol	17	<i>Bombus funebris</i>	bom_fun	65	<i>Hymenoptera sp. 6</i>	hym_sp6			
18	<i>Monnina salicifolia</i>	mon_sal	18	<i>Bombus cf. funebris</i>	bom_cfu	66	<i>Hymenoptera sp. 7</i>	hym_sp7			
19	<i>Ophryosporus chilca</i>	oph_chi	19	<i>Bombus transversalis</i>	bom_tra	67	<i>Hymenoptera sp. 8</i>	hym_sp8			
20	<i>Orchidaceae sp.</i>	orc_sp1	20	<i>Calliphora sp.</i>	cal_sp1	68	<i>Hymenoptera sp. 9</i>	hym_sp9			
21	<i>Plantago australis</i>	pla_aus	21	<i>Calliphoridae sp.</i>	cal_sp1	69	<i>Lasionota sp.</i>	las_sp1			
22	<i>Proustia berberidifolia</i>	pro_ber	22	<i>Centris caelebs</i>	cen_cae	70	<i>Lepidoptera sp. 1</i>	lep_sp1			

23	<i>Pseudognaphalium dombeyanum</i>	pse_dom	23	<i>Chrysanthrax sp. 1</i>	chr_sp1	71	<i>Lepidoptera sp. 2</i>	lep_sp2			
24	<i>Satureja revoluta</i>	sat_rev	24	<i>Cicadellidae sp. 1</i>	cic_sp1	72	<i>Lepidoptera sp. 3</i>	lep_sp3			
25	<i>Senecio sp.1</i>	sen_sp1	25	<i>Cicadellidae sp. 2</i>	cic_sp2	73	<i>Lepidoptera sp. 4</i>	lep_sp4			
26	<i>Sonchus aff. asper</i>	son_asp	26	<i>Coccinellidae sp.</i>	coc_sp1	74	<i>Melyridae sp.</i>	mel_sp1			
27	<i>Stevia petiolata</i>	ste_pet	27	<i>Cochliomyia macellaria</i>	coc_mac	75	<i>Miridae sp.</i>	mir_sp1			
28	<i>Tetraglochin cristata</i>	tet_cri	28	<i>Copestylum sp.</i>	cop_sp1	76	<i>Muscidae sp.</i>	mus_sp1			
29	<i>Valeriana sp.</i>	val_sp1	29	<i>Curculionidae sp.</i>	cur_sp1	77	<i>Mycetophilidae sp.</i>	myc_sp1			
30	<i>Vicia graminea</i>	vic_gra	30	<i>Diptera sp. 1</i>	dip_sp1	78	<i>Orthoptera sp.</i>	ort_sp1			
			31	<i>Diptera sp. 10</i>	dip_s10	79	<i>Pales sp.</i>	pal_sp1			
			32	<i>Diptera sp. 11</i>	dip_s11	80	<i>Palpada sp.</i>	pap_sp1			
			33	<i>Diptera sp. 12</i>	dip_s12	81	<i>Partamona sp.</i>	par_sp1			
			34	<i>Diptera sp. 13</i>	dip_s13	82	<i>Phoebis sp.</i>	pho_sp1			
			35	<i>Diptera sp. 14</i>	dip_s14	83	<i>Platycheirus sp.</i>	pla_sp1			
			36	<i>Diptera sp. 2</i>	dp_sp2	84	<i>Pyralidae sp.</i>	pyr_sp1			
			37	<i>Diptera sp. 3</i>	dip_sp3	85	<i>Sarconesiopsis sp.</i>	sar_sp1			
			38	<i>Diptera sp. 4</i>	dip_sp4	86	<i>Sarcophaga sp.</i>	sac_sp1			
			39	<i>Diptera sp. 5</i>	dip_sp5	87	<i>Syrphidae sp.1</i>	syr_sp1			
			40	<i>Diptera sp. 6</i>	dip_sp6	88	<i>Syrphidae sp.2</i>	syr_sp2			
			41	<i>Diptera sp. 7</i>	dip_sp7	89	<i>Tachinidae sp.</i>	tac_sp1			
			42	<i>Diptera sp. 8</i>	dip_sp8	90	<i>Tatochila sp.</i>	tat_sp1			
			43	<i>Diptera sp. 9</i>	dip_sp9	91	<i>Thysanoptera sp.</i>	thy_sp1			
			44	<i>Drosophilidae sp.</i>	dro_sp1	92	<i>Toxomerus sp.</i>	thy_sp2			
			45	<i>Eristalis bogotensis</i>	eri_bog	93	<i>Triploechus sp.</i>	tri_sp1			
			46	<i>Formicidae.sp.1</i>	for_sp1	94	<i>Vanessa carye</i>	van_car			
			47	<i>Formicidae.sp.2</i>	for_sp2	95	<i>Villa sp.</i>	vil_sp1			
			48	<i>Formicidae.sp.3</i>	for_sp3	96	<i>Xylocopa sp.</i>	xyl_sp1			

Anexo 9. Matriz de consistencia

ÁREAS POTENCIALES DE CONSERVACIÓN MEDIANTE LA CARACTERIZACIÓN DE REDES ECOLÓGICAS DE POLINIZACIÓN EN EL VALLE INTERANDINO DE LA PROVINCIA DE OYÓN, DEPARTAMENTO DE LIMA, 2023

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DISEÑO METODOLÓGICO	POBLACIÓN Y MUESTRA
GENERAL	General	General	Independiente	Tipo	Población
¿Cómo la caracterización de redes ecológicas de polinización influyó en la identificación de áreas potenciales de conservación en el Valle Interandino de la provincia de Oyón, departamento de Lima, 2023?	Identificar áreas potenciales de conservación mediante la caracterización de redes ecológicas de polinización en el Valle Interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.	Caracterizar las redes ecológicas de polinización influyó directamente con la identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023	Redes ecológicas de polinización	Aplicada	Lo conforman todas las redes ecológicas que existen en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima. Perú.
ESPECÍFICO	Específico	Específica	Dependiente	Diseño	Muestra
¿Cómo influyó la determinación de composición y diversidad de la flora asociada a la polinización entomófila para la identificación de áreas potenciales de conservación mediante la caracterización de redes ecológicas de polinización en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023?	Determinar la composición y diversidad de la flora asociada a la polinización entomófila para la identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.	La composición y diversidad de la flora asociada a la polinización entomófila influyó en la identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.	Áreas potenciales de conservación	No experimental	El tamaño de muestra corresponde a 2 redes ecológicas de polinización presentes en dos parcelas de 0.1 hectárea cada una
¿En qué medida la determinación de composición y diversidad de insectos asociados a la polinización influyó en la identificación de áreas potenciales mediante la	Determinar la composición y diversidad de insectos asociados a la polinización para la identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.	La composición y diversidad de insectos asociados a la polinización influyeron con la identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.			
	Determinar las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización para la	Las especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización influyeron con la identificación			

caracterización de redes ecológicas de polinización en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima 2023?

¿De qué manera determinar las especies importantes para mantener la estructura de la red de ecológica de polinización influye en la identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de provincia de Oyón, Lima 2023?

identificación de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.

de áreas potenciales de conservación en el valle interandino de la provincia de Oyón, Lima, 2023.

Anexo 10. Galería de fotos (Interacciones planta-polinizador)



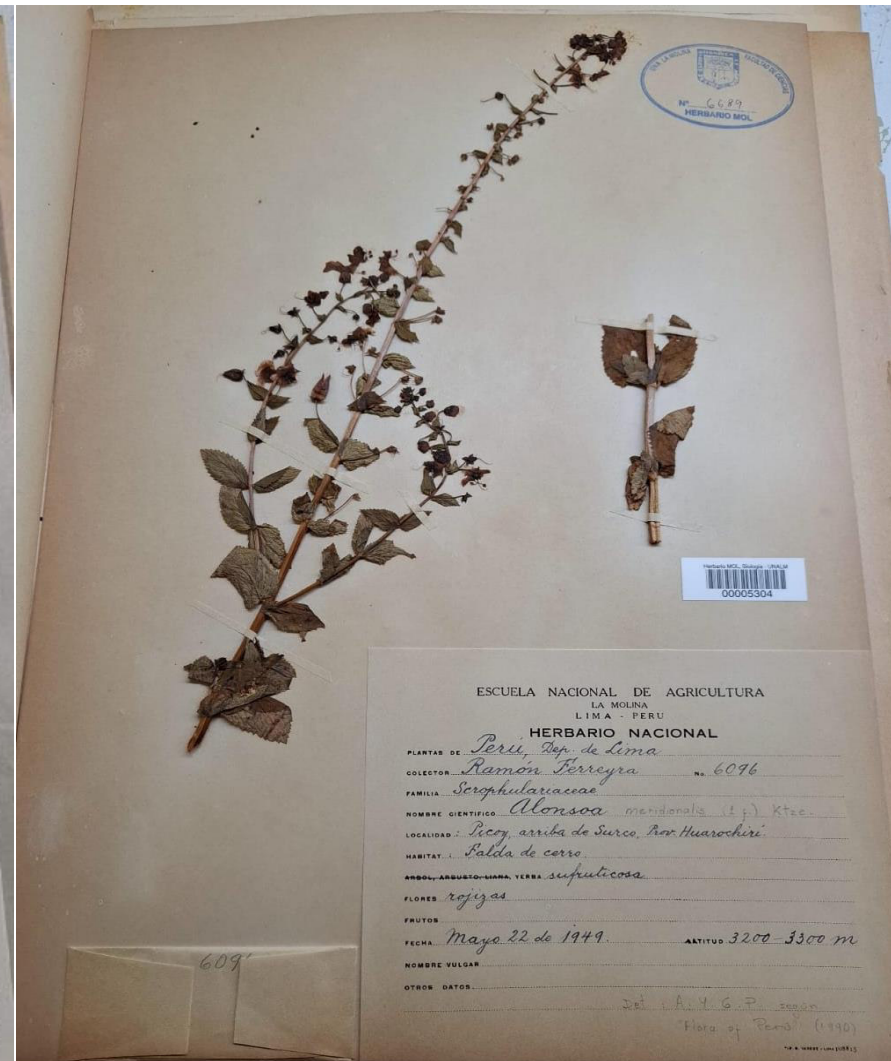
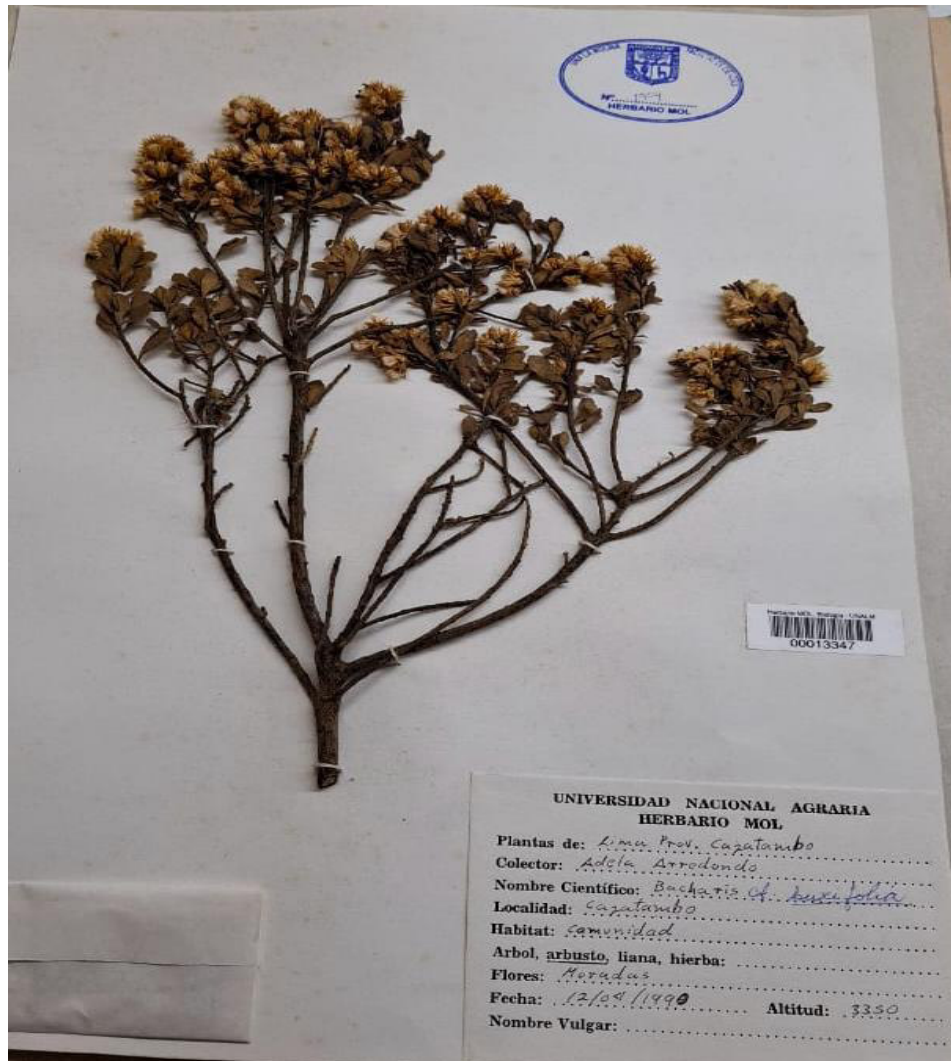
Anexo 11. Galería de fotos (Identificación de especies de polinizadores)



Anexo 12. Galería de fotos (Revisión de muestras para la obtención de coordenadas geográficas de especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de la provincia de Oyón)



Anexo 13. Galería de fotos (Algunos especímenes de asteráceas consideradas especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización de la provincia de Oyón en el presente trabajo)



Anexo 14: Ocurrencias de especies importantes para mantener la estructura de la red ecológica de polinización, para determinar áreas de conservación en el Valle Interandino de Oyón

Especie	Institución Depositaria	Fecha	Colector	Identificado por	Latitud	Longitud	Tipo de ocurrencia	Fuente
<i>Achyrocline alata</i> (Kunth)	Missouri Botanical Garden	10/06/1998	Thomas B. Croat; Mary Sizemore	-	-11.58333	-76.26666	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	-	25/02/2014	-	Ruth Ripley	-11.734603	-76.257155	Observación	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Missouri Botanical Garden	28/06/1976	M. Dillon	-	-11.706389	-76.268333	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Missouri Botanical Garden	10/05/1984	H. Robinson	-	-11.676667	-76.256389	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Missouri Botanical Garden	21/09/1982	H. Robinson	-	-11.659722	-76.242222	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Missouri Botanical Garden	21/05/1981	M. Dillon	-	-12.41666	-75.75	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Missouri Botanical Garden	10/06/1998	H. Robinson	-	-11.58333	-76.26666	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Herbario Nacional de México (MEXU)	10/06/1998	H. Robinson	-	-11.35	-76.16	Espécimen preservado	Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM), <i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC., ejemplar de: Herbario Nacional de México (MEXU), Plantas Vasculares. En Portal de Datos Abiertos UNAM (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:1238970
	-	-	-	Eduardo Navarro	-12.374881	-75.752595	Observación	Navarro, E. Composición y estructura de las formaciones vegetales altoandinas en el distrito de Laraos, Lima, Perú.

								Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 194 p.
	-	-	-	Eduardo Navarro	-12.379585	-75.738967	Observación	Navarro, E. Composición y estructura de las formaciones vegetales altoandinas en el distrito de Laraos, Lima, Perú. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 194 p.
	Herbario USM	-	B. Millán y F. Kahn	B. Millán y F. Kahn	-10.714116	-76.722311	Espécimen preservado	Kahn, F. et al. 2016. Contribución a la flora altoandina del distrito de Oyón, región Lima, Perú. Rev. Peru biol 23(1)
	Herbario USM	-	B. Millán y F. Kahn	B. Millán y F. Kahn	-10.527038	-76.765218	Espécimen preservado	Kahn, F. et al. 2016. Contribución a la flora altoandina del distrito de Oyón, región Lima, Perú. Rev. Peru biol 23(1)
	Herbario La Molina	26/01/1950	Ramon Ferreyra	Ramón Ferreyra	-11.735923	-76.275831	Espécimen preservado	Herbario MOL, Biología- UNALM-6505 (coordinada generada de acuerdo a los datos de la ficha de colecta)
<i>Alonsoa meridionalis</i> (L.fil.) Kuntze	-	28/07/2023	-	Brandon Ortiz A.	-11.903819	-76.437766	Observación	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akr qx4
	-	02/12/2022	-	Brandon Ortiz A.	-11.907517	-76.437726	Observación	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akr qx4
	Herbario del Real Jardín Botánico de Madrid	25/03/2005	C. Aedo & A. Galán de mera	C. Aedo & A. Galán de mera	-11.461111	-76.6025	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akr qx4
	Missouri Botanical Garden	21/05/1981	Gene A. Sullivan;et al	Gene A. Sullivan;et al	-12.41666	-75.75	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akr qx4
	Missouri Botanical Garden	7/03/1982	Alwyn H. Gentry;David N. Smith	Alwyn H. Gentry;David N. Smith	-11.83333	-76.66666	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akr qx4
	-	-	-	Eduardo Navarro	-12.378986	-75.73949	Observación	Navarro, E. Composición y estructura de las formaciones vegetales altoandinas en el distrito de Laraos, Lima, Perú. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 194 p.
	-	-	-	Eduardo Navarro	-12.397457	-75.71348	Observación	Navarro, E. Composición y estructura de las formaciones vegetales altoandinas en el distrito de Laraos, Lima, Perú. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 194 p.
	No específica	-	Paúl Gonzáles Arce	Paúl Gonzáles Arce	-11.565725	-76.685744	Espécimen preservado	Gonzáles, P. & Navarro, E. 2015. Flora y vegetación del distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta (Lima). Arnaldoa 22(1):155-182.
	Herbario La Molina	22/05/1949	Ramon Ferreyra	Ramón Ferreyra	-11.89720	-76.430560	Espécimen preservado	Herbario MOL, Biología- UNALM-6063 (coordinada generada de acuerdo a los datos de la ficha de colecta)

	Herbario La Molina	22/05/1949	Ramon Ferreyra	Ramón Ferreyra	-11.869355	-76.447727	Espécimen preservado	Herbario MOL, Biología- UNALM-6596 (coordenada generada de acuerdo a los datos de la ficha de colecta)
	Herbario La Molina	25/03/1950	Ramon Ferreyra	Ramón Ferreyra	-11.735769	-76.258523	Espécimen preservado	Herbario MOL, Biología- UNALM-6979 (coordenada generada de acuerdo a los datos de la ficha de colecta)
<i>Baccharis buxifolia</i> (Lam.) Pers.	Missouri Botanical Garden	27/05/2019	Paúl Gonzáles;E. Huamán-Melo;B.	Paúl Gonzáles;E. Huamán-Melo;B.	-11.505778	-76.715028	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	-	-	B. Millán y F. Kahn	B. Millán y F. Kahn	-12.360572	-75.692832	Observación	Navarro, E. Composición y estructura de las formaciones vegetales altoandinas en el distrito de Laraos, Lima, Perú. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 194 p.
	Herbario USM	-	B. Millán y F. Kahn	B. Millán y F. Kahn	-10.714116	-76.722311	Espécimen preservado	Kahn, F. et al. 2016. Contribución a la flora altoandina del distrito de Oyón, región Lima, Perú. Rev. Peru biol 23(1)
	Herbario USM	-	B. Millán y F. Kahn	B. Millán y F. Kahn	-10.527038	-76.765218	Espécimen preservado	Kahn, F. et al. 2016. Contribución a la flora altoandina del distrito de Oyón, región Lima, Perú. Rev. Peru biol 23(1)
	Herbario La Molina	12/04/1990	Adela arredondo	Adela arredondo	-10.468677	-76.996511	Espécimen preservado	Herbario MOL, Biología- UNALM (coordenada generada de acuerdo a los datos de la ficha de colecta)
<i>Baccharis tricuneata</i> (L.fil.) Pers.	Missouri Botanical Garden	10/06/1998	Thomas B. Croat;Mary Sizemore	Thomas B. Croat;Mary Sizemore	-11.58333	-76.26666	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	The Field Museum of Natural History	6/05/1978	A. H. Gentry	A. H. Gentry	-12	-76.6333	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Missouri Botanical Garden	10/06/1998	Thomas B. Croat;Mary Sizemore	Thomas B. Croat;Mary Sizemore	-11.58333	-76.26666	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Missouri Botanical Garden	6/05/1978	Alwyn H. Gentry	Alwyn H. Gentry	-11.69	-76.58	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Herbario Forestal del Perú	29/06/2010	C. Florencio	C. Florencio	-11.654562	-76.455526	Espécimen preservado	Herbario Forestal del Perú- UNALM (coordenada generada de acuerdo a los datos de la ficha de colecta)
	Herbario Forestal del Perú	20/04/1998	C. del Carpio	C. del Carpio	-10.349614	-76.947183	Espécimen preservado	Herbario Forestal del Perú- UNALM (coordenada generada de acuerdo a los datos de la ficha de colecta)
	-	-	-	Eduardo Navarro	-12.388477	-75.66759	Observación	Navarro, E. Composición y estructura de las formaciones vegetales altoandinas en el distrito de Laraos, Lima, Perú.

								Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 194 p.
	-	-	-	Eduardo Navarro	-12.399516	-75.664748	Observación	Navarro, E. Composición y estructura de las formaciones vegetales altoandinas en el distrito de Laraos, Lima, Perú. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 194 p.
	-	-	-	Eduardo Navarro	-12.397626	-75.714769	Observación	Navarro, E. Composición y estructura de las formaciones vegetales altoandinas en el distrito de Laraos, Lima, Perú. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 194 p.
	-	-	-	Eduardo Navarro	-12.378986	-75.73949	Observación	Navarro, E. Composición y estructura de las formaciones vegetales altoandinas en el distrito de Laraos, Lima, Perú. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 194 p.
	-	-	-	Eduardo Navarro	-12.379164	-75.743841	Observación	Navarro, E. Composición y estructura de las formaciones vegetales altoandinas en el distrito de Laraos, Lima, Perú. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 194 p.
<i>Bidens andicola</i> Kunth	Missouri Botanical Garden	10/06/1998	Thomas B. Croat; Mary Sizemore	Thomas B. Croat; Mary Sizemore	-11.58333	-76.26666	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	McGregor Herbarium Vascular Plants Collection	12/04/1977	Al Gentry; J Revilla; Doug Daly; D Alfaro Castaneda	Al Gentry; J Revilla; Doug Daly; D Alfaro Castaneda	-11.627613	-76.221549	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Missouri Botanical Garden	10/06/1998	Thomas B. Croat; Mary Sizemore	Thomas B. Croat; Mary Sizemore	-11.58333	-76.26666	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Missouri Botanical Garden	6/05/1978	Alwyn H. Gentry	Alwyn H. Gentry	-11.69	-76.58	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
	Herbario USM	-	B. Millán y F. Kahn	B. Millán y F. Kahn	-10.714116	-76.722311	Espécimen preservado	Kahn, F. et al. 2016. Contribución a la flora altoandina del distrito de Oyón, región Lima, Perú. Rev. Peru biol 23(1)
	Herbario USM	-	B. Millán y F. Kahn	B. Millán y F. Kahn	-10.527038	-76.765218	Espécimen preservado	Kahn, F. et al. 2016. Contribución a la flora altoandina del distrito de Oyón, región Lima, Perú. Rev. Peru biol 23(1)
<i>Linum polygaloides</i> Planch	Herbario del Real Jardín Botánico de Madrid	-	C. Aedo & A. Galán de mera	C. Aedo & A. Galán de mera	-11.461111	-76.6025	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4

<i>Stevia petiolata</i> (Cass.) Sch.Bip.	Missouri Botanical Garden	18/05/1981	Gene A. Sullivan;et al.	Gene A. Sullivan;et al.	-11.5	-76.75	Espécimen preservado	GBIF.org (03 May 2024) GBIF Occurrence Download https://doi.org/10.15468/dl.akrqx4
--	---------------------------------	------------	-------------------------------	-------------------------------	-------	--------	-------------------------	--