

Universidad Andina Simón Bolívar

Sede Ecuador

Área de Ambiente y Sustentabilidad

Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo

**Sistemas productivos agroecológicos para la conservación de la
diversidad taxonómica y funcional de aves en los altos Andes
Tropicales**

Diana Lizeth Rocha Cuascota

Tutor: Santiago Patricio Bonilla Bedoya

Quito, 2025

Trabajo almacenado en el Repositorio Institucional UASB-DIGITAL con licencia Creative Commons 4.0 Internacional

	Reconocimiento de créditos de la obra No comercial Sin obras derivadas	
---	---	---

Para usar esta obra, deben respetarse los términos de esta licencia

Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Diana Lizeth Rocha Cuascota, autora del trabajo intitulado “Sistemas productivos agroecológicos para la conservación de la diversidad taxonómica y funcional de aves en los altos Andes Tropicales”, mediante el presente documento de constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster en Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo, en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que, en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

11 de marzo de 2025

Firma: _____

Resumen

La conversión de hábitats nativos en sistemas agrícolas a nivel global provoca cambios en la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas, particularmente en los ecosistemas altoandinos debido a su vulnerabilidad y a las políticas que fomentan la intensificación y expansión agrícola. Estos cambios afectan la composición y estructura de las comunidades bióticas. Este estudio evalúa la diversidad taxonómica y la diversidad funcional de aves en sistemas de producción agroecológica y sistemas de producción convencional, en el norte del Cantón Cayambe. Selecciona seis unidades de muestreo para cada tipo de cultivo y realizó dos censos de aves en cada unidad para describir la comunidad de aves. Analiza la diversidad funcional, aquella asociada a rasgos de las especies que influyen en las funciones del ecosistema, mediante cuatro rasgos funcionales: longitud del pico, longitud del tarso, extensión alar y masa corporal. Calculamos tres índices de diversidad funcional: riqueza, uniformidad y dispersión funcionales. Encontré que existe un 70 % más de especies de aves en los sistemas de producción agroecológica en comparación con los sistemas convencionales, respecto a la diversidad funcional, los índices medidos, la uniformidad funcional y la equidad funcional mostraron diferencias significativas en los cultivos agroecológicos, estos sistemas presentan mayor riqueza, uniformidad y dispersión funcional lo que sugiere, que las comunidades de aves son más heterogéneas, ocupan de manera uniforme los nichos, y no existen especies dominantes respecto de sus rasgos funcionales. La diversidad de plantas es notablemente superior en los cultivos agroecológicos, lo que contribuye a una estructura más compleja que facilita la disponibilidad de recursos para mantener las dinámicas ecológicas estables en el sistema.

Describir la diversidad desde múltiples perspectivas permite un análisis integral del ecosistema y su capacidad para mantener la biodiversidad ante los cambios producidos por la agricultura. Es esencial implementar políticas que promuevan un manejo agrícola que garantice la producción de alimentos mientras permite la coexistencia de diversas especies y sus rasgos funcionales.

Palabras clave: agroecología, aves, rasgos funcionales, conservación, índices de diversidad funcional

A mi hijo Randy, mi mayor inspiración y motivo de esfuerzo constante.

Agradecimientos

A mi madre, familiares, compañeros y amigos que me acompañaron en este proceso y me brindaron su apoyo incondicional en todo momento para culminar esta etapa académica de mi vida.

A la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, por acogerme en esta casa de estudios y brindarme una formación profesional ética y con compromiso social. Sin duda los conocimientos adquiridos son de gran valor y aportan significativamente en mi carrera.

Al mi docente y director de tesis, el doctor Santiago Bonilla Bedoya investigador del Centro de Investigación para el Territorio y Hábitat Sostenible (CITEHS) de la Universidad Indoamérica, por sus valiosos aportes y seguimiento en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Al PhD. Esteban Guevara del Grupo de Investigación en Ecología y Evolución en los Trópicos-EETrop- Universidad de las Américas, y a William Arteaga del Programa de Recursos Naturales Renovables de la Universidad del Azuay, por sus valiosos aportes en la parte estadística y revisión del documento de esta investigación.

Tabla de contenidos

Figuras y tablas.....	14
Introducción.....	16
Capítulo primero Enfoque y marco teórico	20
1. Fragmentación y pérdida de hábitat.....	20
1.1. Fragmentación en los ecosistemas altoandinos del Ecuador	21
1.2. Efectos de la fragmentación de hábitat en las aves.....	22
2. Agroecosistemas y biodiversidad	23
2.1. Sistema de producción convencional.....	24
2.3. La agroecología en el cantón Cayambe	27
3. Ecología de aves	29
3.1. Diversidad taxonómica de aves.....	30
3.2. Diversidad funcional (DF)	30
Capítulo segundo Materiales y métodos.....	33
1. Caracterización del área de estudio	33
2. Metodología.....	39
2.2. Estimación de la diversidad taxonómica.....	42
2.3. Diversidad funcional de aves	43
2.4. Estimación de la diversidad funcional de aves	43
2.5. Índice de riqueza funcional (FRic).....	44
2.6. Índice de divergencia funcional (FDiv)	44
2.7. Índice de uniformidad funcional (FEve).....	44
2.8. Índice de dispersión funcional (FDis).....	45
3. Censo de plantas en los cultivos	45
3.1. Estimación de la riqueza de plantas	46
Capítulo tercero Análisis de resultados y discusión	47
1. Análisis de resultados	47
1.1. Diversidad taxonómica	47
2. Diversidad funcional.....	51
2.1. Riqueza funcional	51
2.2. Uniformidad funcional.....	52
2.3. Dispersión funcional	53
3. Caracterización de las plantas de los sistemas productivos.....	54

4. Discusión	55
4.1. Riqueza de aves en los tipos de sistemas de producción agrícola	55
4.2. Diversidad funcional	56
4.3. Riqueza de plantas	59
Conclusiones.....	61
Obras citadas.....	66
Anexos.....	76

Figuras y tablas

Figura 1. Área de estudio.....	37
Figura 2. Unidad de muestreo con sistema de producción agroecológica.....	38
Figura 3. Unidad de muestreo con sistema de producción Convencional.....	39
Figura 4. Esquema metodológico.	40
Figura 5. Registro fotográfico de las especies de aves.	41
.Figura 6. Identificación de aves en campo	42
Figura 7. Censo de plantas en su parcela agroecológica.	46
Figura 8. <i>Grallaria quitensis</i> Figura 9 <i>Setophaga fusca</i>	48
Figura 10. <i>Turdus fuscater</i> Figura 11. <i>Zonotrichia capensis</i>	50
Figura 12. Diversidad taxonómica de aves.....	51
Figura 13. Diversidad funcional de aves	52
Figura 14. Diversidad funcional de aves	53
Figura 15. Diversidad funcional de aves.	54
Figura 16. Riqueza de especies de plantas.	55
Tabla 1 Codificación de los sitios de muestreo	40
Tabla 2. Descripción de rasgos funcionales	43
Tabla 3 Inventario total de especies localizadas en los sistemas productivos.....	47
Tabla 4 Inventario de especies localizadas en los sistemas productivos agroecológicos.	49
Tabla 5 Clasificación taxonómica de especies en cultivos convencionales	50

Introducción

El reemplazo de hábitats nativos por sistemas productivos agrícolas a nivel global genera cambios importantes en la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema (Andino Martínez 2014; Tinoco, Santillán, y Graham 2018; Guevara et al. 2023). Estos cambios tienen efectos sobre las especies provocando la pérdida de las funciones ecológicas, incluso antes de ser valoradas y evaluadas (Mouchet et al. 2010; Wilson et al. 2020). La extensión e intensificación de las actividades agrícolas alteran las dinámicas ecológicas de las comunidades de organismos, que pueden influir negativamente en la composición, la estructura y el funcionamiento del ecosistema (Sans 2007; Guarderas, Franz, y Marc 2022).

Estos efectos son particularmente notables en los ecosistemas altoandinos debido a su vulnerabilidad, además, de las políticas y condiciones tecnológicas que promueven la intensificación y la expansión agrícola (Donald, Green, y Heath 2001). En el contexto ecuatoriano, el área agro-productiva abarca todo el territorio nacional. Sin embargo, en las últimas décadas, la región andina ecuatoriana, específicamente Cotopaxi, Carchi, Tungurahua y Pichincha, experimentan un aumento significativo en la intensificación de los sistemas agrícolas convencionales (Chuncho 2019). Este fenómeno genera la homogeneización del paisaje y la disminución de la disponibilidad de recursos para las especies locales como aves, mamíferos, anfibios e insectos., obligándose a coexistir en ambientes disturbados (Velásquez-Trujillo et al. 2021).

Las aves son un grupo altamente sensible ante los cambios que se producen en el ambiente, por ello son adecuadas para estudiar los efectos que puede tener el cambio de uso de suelo y la pérdida de cobertura vegetal en un ecosistema (Sekercioglu 2012; Velásquez-Trujillo et al. 2021). En los Andes tropicales las aves constituyen un taxón numeroso, que desempeña roles ecológicos fundamentales como la polinización, la regulación de plagas y la dispersión de semillas (De Camargo, Boucher-Lalonde, y Currie 2018). Estas funciones mantienen la dinámica y estabilidad en los ecosistemas, lo cual deriva en servicios ecosistémicos que son vitales para los seres humanos (Whelan, Sekercioglu, y Wenny 2015; Rahbek et al. 2019). Por ello, comprender el rol que las especies cumplen en los ecosistemas, permite prever posibles acciones que conlleven daños futuros irreversibles en el ambiente_(Vaccaro y Bellocq 2019).

Frecuentemente, la biodiversidad es evaluada con índices de diversidad taxonómica es decir por el número de especies (Velásquez-Trujillo et al. 2021). Sin embargo, en los últimos años se han considerado otras dimensiones para evaluar la diversidad, por ejemplo, la diversidad funcional, la cual está dada por la diversidad de rasgos funcionales con los que la especie interactúa con el ecosistema y con otras especies (Tinoco, Santillán, y Graham 2018; Vaccaro y Bellocq 2019). Esta última dimensión de la biodiversidad permite comprender el aporte de la especie al ecosistema, y predecir cómo podrían responder las especies en relación a los cambios ambientales (Córdova-Tapia y Zambrano 2015; Guevara et al. 2023).

No todas las especies responden de la misma forma a los cambios ambientales, por lo tanto algunas especies pueden verse más afectadas que otras (Karp et al. 2012; Tinoco, Santillán, y Graham 2018). Las aves presentan características que les permiten ocupar una diversidad de nichos ecológicos dentro de sus hábitats (Zaccagnini et al. 2011). Sin embargo, dependiendo de la fisiología y morfología, las aves pueden tener diferentes amplitudes de nichos, y se clasifican como generalistas o especialistas de hábitat o alimentación (Salgado-Negret et al. 2015; Tinoco, Santillán, y Graham 2018). Así, las especies con rasgos especializados son las primeras en reaccionar ante los disturbios (Mouchet et al. 2010; Santillán et al. 2019). Por ejemplo, en aves con dietas especializadas, sus poblaciones tienden a disminuir a nivel taxonómico y funcional, después de la fragmentación de un bosque (Hadley et al., 2018).

El avance de la frontera agrícola hacia el ecosistema de páramo genera fragmentación y su retroceso, que afectan el funcionamiento natural de los ecosistemas. Con el objetivo de contrarrestar estos efectos se plantean estrategias de manejo que podrían ayudar a mitigar sus efectos sobre la biodiversidad (Sarandón y Flores 2014; Hussain et al. 2022; Isbell et al. 2023). En una escala de paisaje se recomienda, asociar diversos cultivos ecológicos dentro del paisaje con el objetivo de sostener a largo plazo las especies, la conectividad y el flujo de genes en el paisaje (Jeanneret et al. 2021). La evidencia sugiere que los cultivos que integran aspectos ecológicos en su sistema, favorecen significativamente la conservación de la biodiversidad (Wezel et al. 2016; Zuluaga Carrero y Renjifo Martínez 2020).

Varios estudios desarrollados en torno a los sistemas agrícolas señalan que el manejo agroecológico es óptimo para la conservación de las aves y sus funciones (Velásquez et al. 2021; Jernakoff et al. 2023). Por ejemplo, en Santa Fe, Argentina, se encontró que la diversidad funcional de aves es mayor en arrozales gestionados

agroecológicamente, con respecto a cultivos convencionales (Lawrence et al. 2020). De forma similar, en otro estudio realizado en Guatemala, mostró que la diversidad funcional en monocultivos de aguacate es menor que en cultivos diversificados de cafetales (Sekercioglu 2012). Concluyendo que los servicios ecosistémicos facilitados por las aves son potenciados por el manejo agroecológico (Velásquez-Trujillo et al. 2021).

En Ecuador, la agroecología ha crecido exponencialmente en las últimas décadas, como una respuesta a las crisis alimentaria, ambiental y social (Altieri y Nicholls 2012). En el cantón Cayambe, el movimiento agroecológico sostiene un proceso histórico que ha permitido la integración y consolidación de varias organizaciones dedicadas a la producción de alimentos de forma integral y sostenible (Requelme et al. 2019), si bien la economía del cantón se basa en la producción intensiva de cultivo de rosas y papas (Jeanneret et al. 2021). El movimiento agroecológico se presenta como una alternativa sostenible y socialmente justa, que busca no solo preservar el medio ambiente, sino también oponerse a la lógica del capital, la destrucción de la naturaleza y la inequidad social (Stupino et al. 2014; Requelme et al. 2019).

En este contexto, se plantea el presente estudio que tiene como objetivo principal contribuir al conocimiento de la diversidad taxonómica y funcional de aves en sistemas productivos agroecológicos y convencionales del paisaje altoandino en las comunidades norte del Cantón Cayambe, como aporte para la conservación de las aves locales. Esta investigación consta de tres objetivos. El primer objetivo es describir la composición de la comunidad de aves a través de la diversidad taxonómica en los sistemas de producción agroecológicos y convencionales. El segundo objetivo determina la diversidad funcional de las aves asociadas a los sistemas de producción agroecológicos y convencionales. Finalmente, el tercer objetivo busca caracterizar la diversidad de plantas cultivadas en las parcelas considerando sus sistemas de producción tanto el agroecológico como el convencional.

El presente trabajo consta de tres capítulos: en el primer capítulo se abordará la fundamentación teórica, que contempla tres secciones en la primera sección se describe como el cambio de uso de suelo transforma los hábitats naturales y sus dinámicas ecológicas, en la segunda sección se describe la ecología de aves y en la sección final se detallan dos sistemas de producción agrícola que coexisten en el territorio de Cayambe. En el segundo capítulo se describe los materiales y métodos que incluye el área de estudio y las metodologías aplicadas. Finalmente, en el tercer capítulo se realiza el análisis estadístico de los resultados, la interpretación y las conclusiones finales.

Capítulo primero

Enfoque y marco teórico

1. Fragmentación y pérdida de hábitat

La fragmentación implica la división de un hábitat extenso y continuo en fragmentos más pequeños, que son geoméricamente más complejos y experimentan un progresivo aislamiento (Santos & Tellería 2006). A escala de paisaje este fenómeno puede tener efectos positivos o negativos (De Camargo, Boucher-Lalonde, y Currie 2018). Sin embargo, la evidencia muestra que la acelerada fragmentación en un paisaje conlleva cambios significativos en la composición, la estructura y el funcionamiento del ecosistema, con efectos negativos sobre la biodiversidad y la integridad del ecosistema (Flynn et al. 2009; Rodríguez-Echeverry y Leiton 2021).

En los paisajes fragmentados las especies experimentan una disminución en la disponibilidad de recursos y cambios en las condiciones micro ambientales que pueden incidir directamente en el tamaño de las poblaciones biológicas (Santos y Tellería 2006). Generalmente en los fragmentos pequeños la composición y el número de especies tienden a disminuir (Rahbek et al. 2019). Sin embargo, la composición de especies no solo depende del tamaño sino también, de la distancia entre el fragmento y la matriz, su forma, el efecto de borde y otros factores que influyen en la riqueza o el recambio de especie en el ecosistema (Cagnolo y Valladares 2011; Gibson et al. 2011; Gámez-Virúés et al. 2015).

Si bien la fragmentación tiene efectos sobre la riqueza y composición de especies, paralelamente afecta a los roles funcionales que desempeñan las especies dentro de los ecosistemas (Valdés 2011). A su vez alteran la estabilidad en una escala superior, por ejemplo, con la fragmentación las especies raras tienen una mayor probabilidad de desaparecer junto a sus interacciones, incluso antes de ser valoradas o evaluadas (Cagnolo y Valladares 2011). Por consiguiente, las variaciones en la abundancia o la pérdida de especies generan efectos indirectos sobre la estructura de estas redes de interacciones ecológicas (Velásquez-Trujillo et al. 2021).

1.1. Fragmentación en los ecosistemas altoandinos del Ecuador

Los Andes tropicales representan el sistema montañoso con mayor elevación a nivel mundial (Llambí et al. 2012). Se ubican en América del Sur y se extienden a través de Venezuela, Colombia (Andes septentrionales), Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina y Chile (Andes Sur), cubriendo un área superficial de 7000 km, con una altura que oscila entre 3.200 y los 4.700 msnm (Hofstede et al. 2014; Camacho 2014). Presentan tres subregiones, la región norte, centro y sur, cada una con características ambientales y climáticas distintas que dan lugar a diversos ecosistemas altamente diversos, como los bosques altoandinos y páramos (Hofstede 2013).

En Ecuador, los ecosistemas altoandinos constituyen el 7 % del territorio nacional (Chuncho 2019). Se caracterizan por presentar extensos páramos húmedos con áreas de matorral interandino y remanentes boscosos (Llambí et al. 2012). Sus temperaturas son extremas (entre 9 y 11 °C), y reciben altos niveles de radiación solar (Chuncho 2019). Los altos andes desempeñan un papel crucial en la regulación del clima, el suministro de agua y la mitigación del cambio climático, por ser reservorios de carbono (Camacho 2014). Además poseen un alto valor biológico, ya que albergan especies endémicas de flora (6,7 %) y fauna (5,7 %) (Hofstede 2013). Por lo tanto, debido a su importancia ecológica y su fragilidad inherente, estos ecosistemas se consideran altamente vulnerables (Llambí et al. 2012)

El 70 % de los páramos en Ecuador han sido modificados parcial o totalmente debido a varios factores, dentro de los principales se encuentran los incendios, la agricultura a pequeña y mediana escala y el establecimiento de pastizales para la ganadería tanto para la producción de leche como para la obtención de carne (Guarderas, Franz, y Marc 2022). En algunas provincias de la región sierra por ejemplo, el 40 % de estos ecosistemas degradados responde al cambio de uso de suelo para la producción de alimentos que proveen a las grandes ciudades (Llambí et al. 2012; Hofstede et al. 2014; Chuncho 2019). La agricultura se practica a diferentes escalas y se desarrolla con mayor intensidad en algunas provincias como Imbabura, Carchi, Chimborazo, Tungurahua y Pichincha (Chuncho 2019). En estos socio-ecosistemas los rubros más cultivados son los tubérculos (p. ej., papas, mellocos), cereales, hortalizas y los cultivos de flores a gran escala que demandan altas cantidades de agua y un uso intensificado de fertilizantes y pesticidas (Hofstede et al. 2014; Chuncho 2019).

1.2. Efectos de la fragmentación de hábitat en las aves

La fragmentación crea condiciones ambientales y ecológicas distintas con respecto a aquellas que presentan un hábitat natural continuo. Con la transformación del hábitat, las especies experimentan diversas respuestas para coexistir en estos nuevos entornos (Zaccagnini et al. 2011; Bonilla-Bedoya et al. 2013; Reyes-Palomino et al. 2022). Algunas comunidades de aves declinan sus poblaciones drásticamente, incluso pueden llegar al umbral de extinción, particularmente aquellas especies con alta especificidad en sus requerimientos de hábitat y dependen de condiciones ambientales específicas (Cagnolo y Valladares 2011; Pejchar et al. 2018). En otras especies, las poblaciones pueden mantenerse estables o incrementar su abundancia, dependiendo de su historia de vida, su capacidad de respuesta a las perturbaciones y las interacciones con otras especies (Zaccagnini et al. 2011; Santillán et al. 2019).

La agregación o eliminación de especies puede tener consecuencias negativas en la funcionalidad del ecosistema y los beneficios que estas ofrecen (Cagnolo y Valladares 2011). Por ejemplo, si se elimina una especie frugívora del ecosistema, la dispersión de las semillas facilitada por esa ave se verá afectada. Consecuentemente podría desencadenar efectos adversos como la reducción del flujo genético de las especies involucradas y las especies dependientes (C. Sekercioglu, Daily, y Ehrlich 2005; Karp et al. 2012). Con la fragmentación del hábitat, las especies de mayor tamaño tienden a ser las primeras en desaparecer, particularmente las aves carroñeras. La pérdida de estas especies dificulta el proceso de saneamiento y reciclaje de nutrientes provocando efectos directos e indirectos en la cadena trófica (Sekercioglu 2012).

Aunque la polinización, la depredación y otros procesos ecológicos están siendo ampliamente estudiados, aún persisten vacíos de información en la ecología de numerosas especies de aves tropicales y aún más de las especies en los altos andes (Isbell et al. 2023). Esta falta de información dificulta la capacidad para prever con certeza los impactos reales y potenciales que puede generar la presencia o ausencia de una especie en un paisaje que está siendo transformado. Además, existe un desconocimiento de las múltiples y complejas interacciones que surgen entre las especies tanto de flora y fauna en relación con su entorno, y que pueden verse afectadas o generar efectos negativos en cascada en la cadena trófica (Zaccagnini et al. 2011; Quitián et al. 2019).

2. Agroecosistemas y biodiversidad

Los agroecosistemas son sistemas agrícolas complejos diseñados por el ser humano con el objetivo de producir alimentos y materias primas para satisfacer las demandas de la sociedad actuales (Sarandón y Flores 2014; Requelme et al. 2019). Estos sistemas experimentan un proceso de sucesión desde su implementación hasta su establecimiento, e implica cambios tanto en su estructura como en su función a lo largo del tiempo (Stupino et al. 2014). En su etapa inicial generalmente aparecen las especies pioneras que facilitan la presencia de las especies en sucesión hasta llegar a su clímax que es dónde las dinámicas ecológicas permanecen relativamente estables (Igbozurike 1978; Sans 2007; Sarandón y Flores 2014).

La complejidad y estabilidad de los sistemas agrícolas se ven influidas por las decisiones de gestión que toma el agricultor, las cuales pueden favorecer o disminuir la diversidad y alterar los flujos de energía en el sistema (Altieri, Koohafkan, y Gimenez 2012). Estas decisiones conllevan implicaciones socioculturales, como los conocimientos y creencias arraigados en su comunidad local que responden a sus normas de comportamiento individual y social (Sarandón y Flores 2014). Así, la agricultura se practica en diferentes escalas y con distintas formas de manejo, desde pequeños huertos familiares, hasta extensas áreas de producción intensiva (Sans 2007).

Uno de los principios fundamentales de los agroecosistemas establece que cuando el cultivo tiene mayor similitud en estructura y función al ecosistema natural, tiene mayor probabilidad de ser sostenible y aportar al mantenimiento de la biodiversidad a largo plazo (Velásquez-Trujillo et al. 2021). Además, permite la resiliencia del sistema porque es más resistente ante el cambio climático y otros riesgos ambientales (Stupino et al. 2014). A nivel sociocultural fortalece la participación comunitaria, con el intercambio de saberes en torno a las prácticas agrícolas y la soberanía alimentaria (Iermanó et al. 2015).

Existen diversos tipos de agroecosistemas, cada uno adaptado a diferentes condiciones y necesidades (Jeanneret et al. 2021). Por ejemplo, la agroforestería combina árboles con cultivos y ganado, la agricultura orgánica evita productos químicos y promueve la salud del suelo, y la agroecología aplica principios ecológicos a la agricultura promoviendo de esta manera el equilibrio ecológico y sostiene a largo plazo (Sarandón y Flores 2014).

2.1. Sistema de producción convencional

Los sistemas de producción convencionales se definen como sistemas agrícolas que se caracterizan principalmente por cultivar plantas de interés comercial de forma extensiva en un área determinada (Willcox et al. 2010; Reyes-Palomino et al. 2022). Generan ambientes homogéneos con baja diversidad, lo que hace que sean susceptibles a enfermedades y plagas (Velásquez-Trujillo et al. 2021). Su manejo se enfoca en intensificar su producción a través de la maximización del rendimiento, requieren el uso intensivo de pesticidas y fertilizantes, que conducen a la erosión, desertificación y contaminación del suelo y el agua, afectando aún más a los ecosistemas (Apollin y Eberhart 1999; Jeanneret et al. 2021). Además, tiene implicaciones en la salud humana debido a la exposición de químicos (Jeanneret et al. 2021).

Cultivar un solo rubro de forma extensiva, genera efectos negativos para los ecosistemas y las comunidades locales (Reyes-Palomino et al. 2022). Esta práctica requiere de grandes extensiones de tierra y reduce significativamente la biodiversidad, afectando a las especies nativas de flora y fauna, que dependen de una variedad de plantas y recursos para su supervivencia (Altieri, Koohafkan, y Gimenez 2012; Sarandón y Flores 2014). Se eliminan hábitats y recursos importantes para otras especies de plantas, animales vertebrados e invertebrados, lo que puede llevar a la pérdida de diversidad biológica (Johnson et al. 2011; Jeanneret et al. 2021). La evidencia señala que la riqueza de especies asociadas a monocultivos es baja en comparación a los agroecosistemas con una mayor estructura en su cobertura vegetal (Hussain et al. 2022).

La diversidad vegetal es un elemento clave para sostener funciones ecológicas que derivan en servicios ecosistémicos fundamentales para garantizar la protección de los cultivos como la polinización o el control de plagas (Altieri y Nicholls 2007). Los monocultivos son sistemas uniformes que carecen de un diseño sostenible a largo plazo, plantean sus objetivos desde una visión productiva a corto plazo y que no consideran los principios ecológicos, como el ciclo de los nutrientes, el ciclo del agua, la regulación biótica o la sucesión vegetal (Sarandón y Flores 2014). Esto hace que estos ecosistemas sean altamente vulnerables a plagas y enfermedades, ya que pierden la capacidad de autorregularse debido a la drástica disminución de las comunidades biológicas como aves, mamíferos, insectos que dan estabilidad al ecosistema. Estos sistemas requieren de una constante intervención humana para controlar estos efectos, e implica un manejo con altos costes ambientales y a largo plazo altos costos económicos (Altieri y Nicholls 2007).

En la sierra ecuatoriana los sistemas agrícolas convencionales de mayor frecuencia son los monocultivos de rosas, maíz, cebada y papas. Según datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) y del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG), aproximadamente el 30-45 % de la superficie agrícola en la región sierra está dedicada a este tipo de cultivos. Además de implicaciones ambientales como su afectación al agua, suelo y biodiversidad. La dependencia de un solo tipo de cultivo también puede llevar a fluctuaciones económicas y a una menor seguridad alimentaria, ya que los agricultores pueden ser más vulnerables a las variaciones de precios en el mercado global y a las condiciones climáticas adversas (Altieri, Koohafkan, y Gimenez 2012; Sarandón y Flores 2014)

2.2. Sistema de producción agroecológica

La agroecología o ecología agrícola es un campo interdisciplinario del conocimiento científico que integra la ecología a los sistemas alimentarios sostenibles, abarcando dimensiones económicas, sociales y culturales (Gliessman 2018). Incorpora principios biológicos en la producción agrícola, aplica conocimientos ancestrales, optimiza el ecosistema considerando su estructura, composición y funcionalidad (Albarracín, Fonseca-Carreño, y López-Vargas 2019). Además, son sistemas productivos que tienen la capacidad de autorregularse, son eficientes en el reciclaje de nutrientes, mantienen los flujos de energía y las dinámicas ecológicas (Sans 2007; Hussain et al. 2022).

Este enfoque permite generar sistemas agrícolas basados en la naturaleza, integrando la diversificación de cultivos y la gestión integrada de recursos a escala de paisaje (Jeanneret et al. 2021). La agroecología se fundamenta en varios principios clave uno de ellos es mejorar la resiliencia y la productividad a través de una variedad de especies y cultivos, también permite la conservación de los recursos naturales a largo plazo (Gliessman 2018). Estos sistemas tienen un diseño que incluye una biodiversidad planificada y la biodiversidad asociada, que prosperan en el sistema y el entorno dependiendo de la estructura y el manejo. Por ejemplo, el hecho de que el agricultor emplee sistemas vegetativos favorece a la formación de estratos que facilitan la disponibilidad de los otros recursos como sitios de perchas para las aves, proveen sombra, flores que contienen néctar para las aves y los insectos, y una serie de recursos impulsan las dinámicas ecológicas y favorecen a la permanencia de la biodiversidad. Un sistema

agroecológico óptimo implica la cantidad de interacciones presentes entre los elementos bióticos y abióticos del sistema (Altieri y Nicholls 2007).

Las dinámicas ecológicas que presentan los agroecosistemas diversificados forman una red de interacciones que se ven determinadas por las decisiones que toma el agricultor en torno a la diversidad planificada. Integra procesos como el flujo de energía, el ciclo de nutrientes, el ciclo del agua, la regulación biótica y la sucesión vegetal. Incluir en este diseño cultivos intercalados, vegetación de borde, rotación de cultivos, potencia a la diversidad biótica y las interacciones, manteniendo estables funciones ecosistémicas. Paralelamente mejora las condiciones abióticas, que permite que el sistema adopte cualidades emergentes reduciendo los riesgos ante los disturbios y brindando una mayor resiliencia al sistema (Sarandón y Flores 2014; Altieri y Nicholls 2007).

A nivel socioambiental, promueve la equidad social, para mejorar las condiciones de vida de los agricultores y sus comunidades con justicia (Altieri, Koohafkan, y Gimenez 2012). También integra conocimientos tradicionales y científicos en el desarrollo de prácticas agrícolas innovadoras adaptadas a contextos locales (Altieri, Koohafkan, y Gimenez 2012). La agroecología a nivel mundial está transformando los sistemas agrícolas y alimentarios hacia modelos más sostenibles y equitativos, apoyando la biodiversidad, fortaleciendo las economías locales y mejorando la resiliencia frente a los desafíos ambientales y económicos (Altieri, Koohafkan, y Gimenez 2012; Wilson et al. 2020). La creciente aceptación y adopción de la agroecología subraya su potencial para contribuir significativamente a la seguridad alimentaria global y la sostenibilidad ecológica (Apollin y Eberhart 1999; Wezel et al. 2016). En América Latina, la agroecología ha sido especialmente influyente en países como Brasil, México y Cuba fortaleciendo la participación de las comunidades locales, el empoderamiento de los agricultores locales a través del desarrollo de políticas públicas y programas nacionales que promueven prácticas agroecológicas (Altieri y Nicholls 2012).

2.3. La agroecología en el cantón Cayambe

La agroecología en la región andina ha existido intrínsecamente desde antes de que se estableciera como una filosofía formal en el país (Becker y Tuttillo 2009). Los pueblos ancestrales ya practicaban una agricultura basada en principios agroecológicos, la forma de producir alimentos era a través de la chakra andina, propia de los pueblos kichwas de la sierra, desde el Carchi hasta el norte de Loja, se caracteriza por sus cultivos en gradientes altitudinales, la conservación de semillas y el uso de un calendario agrícola (Gortaire 2016). Con la revolución verde esta práctica fue desplazada parcialmente por el modelo de explotación de la tierra, sin embargo, la forma tradicional aún se mantiene hasta el día de hoy (Requelme et al. 2019).

La agroecología en el cantón Cayambe tuvo sus inicios en la década de 1980 y 1990, y surge de la necesidad de impulsar a las comunidades locales a encontrar formas de producción agrícola más sostenible, tener acceso a alimentos sanos y generar ingresos económicos mediante la comercialización de sus productos. Algunas organizaciones como “La Casa campesina”, la vía campesina, Heifer Internacional, las asociaciones de productores campesinos indígenas entre otros fueron fundamentales para que la agroecología se desarrolle en el cantón como una respuesta ante los sistemas de producción intensivos como las floricultoras. Este modelo emplea altos porcentajes de pesticidas, grandes cantidades de consumo de agua y contaminan las áreas circundantes en las comunidades en donde estas se sitúan. Rompen con las dinámicas ecológicas ya que su producción es bajo invernaderos lo cual desequilibra las interacciones tanto bióticas como abióticas de ahí que para enfrentar a la reproducción de este modelo se propone la producción agroecológica en la agricultura familiar y campesina (Requelme et al 2019; Becker y Tuttillo 2009). Por otro lado, la reforma agraria impulsada en las comunidades indígenas del cantón Cayambe, dio legitimidad a la lucha por la redistribución de tierras (Larrea 2022). Beneficiando a las organizaciones campesinas que accedieron por primera vez a parcelas destinadas a la agricultura familiar de autoconsumo (Altieri, Koohafkan, y Gimenez 2012). Este cambio propició el impulso de los movimientos sociales campesinos e indígenas para visibilizar la propuesta agroecológica, que busca respaldar la lógica natural y reconocer al campesino como actor social fundamental (Larrea 2022).

En la actualidad a nivel cantonal se han consolidado 13 organizaciones sociales enfocadas en la agroecología, con aproximadamente 600 agricultores con un promedio de 1.5 hectáreas de terreno cultivado por agricultor (Requelme et al. 2019). Las

asociaciones dedicadas a la producción agroecológica en su mayoría están constituidas por madres cabezas de hogar y grupos vulnerables, el 80 % son mujeres y el 20 % son hombres en edades superiores a 45 años. La comercialización de los rubros cultivados se realiza en diferentes espacios públicos que han sido destinados bajo una ordenanza municipal previo cumplimiento de las normas del Sistema Participativo de Garantías Local (SPG-L), que busca dar garantía de la calidad ecológica y social de los productos (Requelme t al. 2019).

Este proceso surgió de la resistencia de la pérdida progresiva de derechos y territorios, de las personas que cultivan en espacios reducidos, que no pueden vincularse a un mercado laboral, y que se encuentran supeditados a que el valor del trabajo y sus productos este dominado por los intermediarios quienes no pagan un valor justo por los productos. De ahí que surge este proceso de crear una ordenanza desde las mismas organizaciones y actores locales que se enfocó en la justicia espacial y la justicia alimentaria. El recuperar los espacios en la ciudad para la comercialización de los productos fue un proceso llevado a cabo por las organizaciones agroecológicas en su mayoría dominada por mujeres campesinas con la finalidad de llevar al debate público a las políticas locales un modelo alternativo de certificación que garantice la seguridad alimentaria, el comercio justo, el acceso a alimentos sanos y las prácticas de producción sustentable (Requelme el al. 2019)

3. Ecología de aves

Las aves son un grupo diverso y ampliamente distribuido a nivel global, en trópicos particularmente existe una alta diversidad de aves (Zaccagnini et al. 2011; Zuluaga Carrero y Renjifo Martínez 2020). Constituyen un taxón variablemente sensible a condiciones ambientales específicas, con una capacidad de respuesta rápida ante los cambios en su entorno (Vaccaro y Bellocq 2019; Santillán et al. 2019), por lo tanto, son excelentes indicadores de la integridad de un ecosistema. Además, su fácil detección, sus ciclos relativamente cortos de vida y el conocimiento actual de su ecología hacen posible su estudio y monitoreo. (Velásquez-Trujillo et al. 2021).

Las características que presentan las aves les permiten ocupar una diversidad de nichos ecológicos dentro de sus hábitats, desarrollando importantes funciones ecológicas cruciales (Jetz et al. 2012). De acuerdo a su fisiología y morfología, las aves pueden tener diferentes amplitudes de sus nichos, clasificándose en generalistas o especialistas de hábitat o alimentación (Zaccagnini et al. 2011). En los Andes, existen especies especializadas en hábitats de pajonal, mientras que otras presentan adaptaciones morfológicas para distintos entornos, como los bosques chaparros, donde se alimentan de plantas específicas (Salas-Correa et al. 2018). Un ejemplo notable es el colibrí Estrellita Ecuatoriana (*Oreotrochilus chimborazo*), cuya principal fuente de alimento es *la Chuquiraga jussieui* (Rodríguez & Olmedo 2019).

En los altos Andes del Ecuador la diversidad de aves es relativamente baja, sin embargo, sus altos niveles de especialización es una característica distintiva de estas comunidades de aves (Salgado-Negret et al. 2015). Comprender la ecología de las aves sobre cómo usan el recurso, permite identificar los servicios ecosistémicos que proporcionan al ser humano a través de su comportamiento alimenticio o también llamados gremios tróficos (Zaccagnini et al. 2011). De las principales funciones que desempeñan las aves está la polinización, dispersión de semillas, la disponibilidad, el control de plagas como insectos o roedores y el saneamiento de animales muertos (Santillán et al. 2019). Estas preferencias alimentarias pueden generar cambios importantes sobre las poblaciones de otras comunidades de especies y consecuentemente sobre el ecosistema (Pardini, Nichols, y Püttker 2017).

3.1. Diversidad taxonómica de aves

La diversidad taxonómica es una medida de la biodiversidad, que evalúa la estructura de una comunidad considerando la riqueza (número de especies) y sus abundancias, es decir el número de individuos por especie (Moreno 2001). Se ha evidenciado que la diversidad taxonómica en las aves es sensible y responde rápidamente a los cambios de uso de suelo en los ecosistemas es decir que con un disturbio sus poblaciones cambian notablemente (Santillán et al. 2019; Bełcik et al. 2020; Guevara et al. 2023).

Investigaciones han revelado hallazgos parciales acerca de los impactos de la fragmentación debido al cambio de uso de suelo sobre la diversidad taxonómica de aves (Bełcik et al. 2020; Cook et al. 2020). En determinados escenarios, como en ecosistemas de bosques tropicales discontinuos, se ha observado que la fragmentación conlleva a una reducción en la riqueza de especies, particularmente entre aquellas especializadas en el hábitat (Santillán et al. 2019; Cook et al. 2020). Por otro lado, en bosques continuos la riqueza puede incrementar o mantenerse estable, con efectos marcados sobre la estructura de la comunidad en ciertos grupos, como las bandadas mixtas o los colibríes (Tinoco, Santillán, y Graham 2018; Santillán et al. 2019; Jernakoff et al. 2023).

Existen índices que miden la riqueza específica y son ampliamente usados como el índice de Simpson o Shannon por su fácil aplicación y la cantidad de información que proporcionan (Jost 2006; Stupino et al. 2014). Sin embargo, no aportan mucha información acerca de las funciones ecológicas de las especies, ya que no fueron contruidos con este objetivo (Velásquez-Trujillo et al. 2021). Para ello es necesario comprender la diversidad funcional ya que podría explicar de mejor manera el funcionamiento de las especies en el ecosistema, y es una medida complementaria a la diversidad taxonómica y filogenética (Bełcik et al. 2020; Tobias et al. 2022).

3.2. Diversidad funcional (DF)

La transformación continua del paisaje impacta la dinámica y estabilidad de las relaciones entre la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema (Andino Martínez 2014; Santillán et al. 2019). Estos cambios se pueden evaluar a través de la ecología basada en rasgos funcionales, ya que permiten comprender los vínculos entre la diversidad de especies, la estructura de las comunidades y el funcionamiento de los ecosistemas (Córdova-Tapia y Zambrano 2015; Salgado-Negret et al. 2015).

Los rasgos funcionales (RF) son atributos morfológicos o ecológicos de un organismo, cuyas variaciones influyen en la aptitud o éxito de la especie (Vaccaro y Bellocq 2019; Salgado-Negret et al. 2015). Los rasgos morfológicos comprenden características físicas medibles (pico, cola, ala, etc.) que proporcionan información sobre cómo el individuo hace uso del recurso (Pla, Casanoves, y Di Rienzo 2011). Por otro lado, los rasgos ecológicos como la dieta o tipo de anidación pueden determinar la tasa de fecundidad y mortalidad de una especie, que a una escala superior podrían tener efectos potenciales en el ecosistema (Andino Martínez 2014; Córdova-Tapia y Zambrano 2015; Tobias et al. 2022).

Los roles que las especies desempeñan pueden ser redundantes en la comunidad (Zaccagnini et al. 2011). Es decir, varias especies pueden realizar una misma función, por lo tanto, si una especie desaparece existe otra que la reemplaza, lo cual permite que el ecosistema sea resiliente (Gómez-Ortiz et al. 2019). Sin embargo, no todas las especies son equivalentes en sus rasgos funcionales, y podrían generar efectos diferenciados, con un impacto mayor o menor sobre las funciones del ecosistema, de ahí que es necesario usar métricas para evaluar estos rasgos (Velásquez-Trujillo et al. 2021).

La DF puede ser cuantificada por diversos métodos dependiendo del objetivo del estudio. Una medida de uso frecuente es la riqueza funcional que incorpora los rasgos funcionales de cada especie de una determinada comunidad (Sekercioglu 2012; Mammola et al. 2021). Esta medida por sí sola no proporciona una información robusta, para ello, es necesario evaluar sus tres componentes que son: la dispersión funcional (FDis) que evalúa la distancia entre los rasgos funcionales y permite ver los nichos ocupados por las especies, la equitatividad funcional (FEve) que determina si existe dominancia de rasgos funcionales considerando las abundancias de las especies, y la riqueza funcional (FRic) que mide la riqueza de rasgos funcionales, es decir cuan diversos son los rasgos en el espacio funcional (Pla, Casanoves, y Di Rienzo 2011; Córdova-Tapia y Zambrano 2015). Estos índices analizan simultáneamente varios rasgos en un espacio multidimensional y permite aproximarse a la comprensión del funcionamiento ecológico de las especies y las reglas de ensamblaje de las comunidades (Córdova-Tapia y Zambrano 2015).

Capítulo segundo

Materiales y métodos

1. Caracterización del área de estudio

El presente estudio se desarrolló en cinco comunidades del norte de Cantón Cayambe que son: Pesillo, La Chimba, Paquiestancia, Cariacu, San Pablurco, pertenecen a la parroquia de Ayora y Olmedo situadas al norte de la provincia de Pichincha, Ecuador. El rango altitudinal varía entre 3001 y 3601 msnm (PDOT GADIP CAYAMBE, 2019).

Climatología

El área de estudio tiene un clima predominantemente frío, con temperaturas que oscilan entre los 11 °C y 16 °C, siendo la temperatura promedio mensual de 11 °C. La presencia del volcán Cayambe influye directamente en las condiciones climáticas, las cuales son determinantes para las dinámicas agrícolas. Se distinguen dos estaciones marcadas: el verano, que abarca los meses de junio, julio, agosto y septiembre, con una precipitación mensual de 23 mm, y el invierno, que comprende el resto del año, con lluvias mensuales promedio de 100 mm, siendo los meses más lluviosos abril y mayo. En esta zona, las heladas y sequías son frecuentes y su duración e intensificación se agudizan posiblemente por los efectos del cambio climático (PDOT GADIP CAYAMBE, 2019).

Geología

Las unidades geomorfológicas de la zona están compuestas por flujos de lava, predominando los suelos Molisoles, los cuales se caracterizan por tener una superficie oscura y un horizonte espeso. Este tipo de suelo es fértil, formado principalmente por materia orgánica y se puede identificar fácilmente en los herbazales. También se encuentran Inceptisoles en la región, que son suelos poco desarrollados y muestran una continua pérdida de materiales como silicio, hierro y aluminio (PDOT GADIP CAYAMBE, 2019).

Ecosistema

Las comunidades se ubican en el flanco occidental del macizo Cayambe. El paisaje es un mosaico caracterizado por amplias zonas de cultivo que se contrastan con remanentes de bosques nativos y matorral alto Andino. El área de estudio forma parte de la zona de influencia del Parque Nacional Cayambe Coca y corresponde a los ecosistemas Bosque siempreverde montano alto del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes y Herbazal del Páramo (Báez, Santiana y Guevara, 2012). La zona alberga extensas fuentes hídricas que alimentan a los ríos, arroyos y canales, siendo este un elemento fundamental para mantener su condición de área productiva (PDOT GADIP CAYAMBE, 2019).

Demografía

En el área de estudio, la población es de aproximadamente 12,077 habitantes con una tasa de crecimiento de 2 %. El 53 % de la población son mujeres mientras que el 47 % son hombres. El 32 % de la población se concentra en las cabeceras de las comunidades, donde disponen de servicios básicos, áreas de recreación, áreas deportivas, centros religiosos, parques y unidades educativas, entre otros recursos que facilitan su desarrollo. El 56 % de la población es adulta, el 29 % es adulta mayor y el resto son niños y jóvenes (PDOT GADIP CAYAMBE, 2019).

Economía local

La economía local de la parroquia es principalmente la ganadería de producción lechera, el 48 % que corresponde a los pequeños productores dispone entre 1 y 5 hectáreas, pero también se pueden encontrar en la zona grandes haciendas que superan las 50 hectáreas. En la zona también se encuentran cultivos de flores a diferentes escalas, microempresas menores a 5 hectáreas y grandes empresas superiores a 10 hectáreas (PDOT GADIP CAYAMBE, 2019).

Sistemas de producción agrícola

En el área de estudio existen tres tipos de producción agrícola que son: La agricultura tradicional o de subsistencia enfocada en el cultivo de granos andinos, tubérculos y maíz aplicando conocimientos ancestrales y con principios en las estaciones. La agricultura convencional emplea los paquetes tecnológicos para su producción que incluye semillas, fertilizantes y pesticidas de manera intensiva para aumentar la

productividad con la finalidad de comercializar a gran escala o exportar. Dentro de este sistema los rubros más producidos son las flores, frutas y hortalizas. Finalmente tenemos la agricultura agroecológica, con una producción a baja escala de cultivos rotativos y con producción continua, enfocados en la sostenibilidad (PDOT GADIP CAYAMBE, 2019).

La producción florícola en el cantón es preocupante alrededor de 50% del territorio están constituido por florícolas en donde el paisaje es dominado por plástico que corresponden a los invernaderos para la producción de rosas de exportación que tienen un uso suntuoso. El costo ambiental y social para la producción de este tipo es alto, debido al uso intensivo de pesticidas, la cantidad de agua que requieren estos cultivos y todos los desechos que se generan en ocasiones sin una gestión adecuada generando contaminación. A nivel social existe una reconfiguración social particularmente en las comunidades locales, particularmente en la población se observa la adopción de nuevas formas de alimentación, de vivienda, relegando la agricultura familiar únicamente a los adultos mayores. Actualmente en las comunidades en las asambleas se debate el hecho de permitir o no establecer pequeñas florícolas de los mismos comuneros que aprendieron como de esta forma de producción, y cada vez es más frecuente este tipo de pequeña floricultura que igual tiene costes ambientales altos y el desplazamiento de sus propias prácticas culturales.

Por otro lado en los últimos años debido a la alta demanda de papa a nivel del país y a nivel local, varios productores de papa particularmente que han migrado desde el Carchi, arriendan predios para la producción de papa en las comunidades como Olmedo, la Chimba, Pisambilla, Cariacu, cuya producción es intensiva empobreciendo el suelo, ampliando la frontera agrícola y usando una serie de pesticidas y fertilizantes para acelerar la producción y mejorar el rendimiento de ahí que de cada quintal sembrado se pueden obtener 15 o en ocasiones más quintales. Esta es también una problemática sin embargo no se dice mucho al respecto, posiblemente este tipo de cultivo contamine de igual manera que los pequeños cultivos de flores o incluso más (Obs. Pers.). Desplazando cada vez más a la agricultura tradicional familiar y campesina.

Para desarrollar el estudio se logró solicitar la autorización para desarrollar la investigación con los productores de papa de la comunidad de la Chimba, Cariacu y Paquiencia, se tuvo acceso a predios de 1 hectárea, cuatro de ellos producían en terrenos arrendados y los otros dos eran cultivos propios. Cabe mencionar que la mano de obra a lo largo de la producción estaba dada por personas del Carchi, y que se dan en condiciones no adecuadas, que implica movilizar a la gente en los camiones, acomodar

espacios para dormir, sin un lugar adecuado para sus necesidades básicas. Este tipo de agricultura también responde al mismo modelo que la floricultura que no es sostenible a largo plazo.

Así los sistemas de producción agroecológica se ven enfrentados a retos superiores como la lucha por el agua, la producción agroecológica a diferencia de los monocultivos, no se desarrolla en grandes extensiones, son sistemas de parcelas relativamente pequeños en su mayoría pero que alcanzan a alimentar a un buen porcentaje de la población incluyendo el follaje para sus animales, con una producción constante y variada, y una diversidad de semillas que se mantienen en las manos de la gente sin depender de comprar, al igual que los abonos que son elaboradas por ellas mismas. La organización les ha permitido alcanzar ciertos logros como la certificación orgánica que garantiza sus productos. Sin embargo la producción agroecológica en el cantón se enfrenta a varios retos, en primera instancia las productoras en su mayoría son adultas y adultas mayores, con muy pocas personas jóvenes involucradas, el acceso al agua en algunas es ocasiones es limitado y tiene que luchar contra las grandes empresas quienes hacen uso excesivo del agua, la movilización de los productos hasta los lugares de comercialización son largos en las que las agricultoras sacan sus productos cargando a la espalda, en bus o cuando tiene bastante producto pagan una carrera.

La producción agroecológica en el cantón se está dando en áreas que no superan la hectárea lo cual me parece preocupante, de las parcelas que he podido explorar la producción es alta sin embargo el hecho de no tener acceso a la tierra hace justamente que no se fomente el interés en la gente joven, también el trabajo del campo está muy infravalorado, por lo cual las agricultoras también manifiestan el deseo de que sus hijos tengan una carrera profesional y esto hace que se desvinculen totalmente de la tierra. Mis unidades de estudio, fueron parcelas de las productoras de la asociación biovida, movimiento cantonal de mujeres, y agricultoras independientes, cuyas parcelas eran de una hectárea (Obs. Per.).

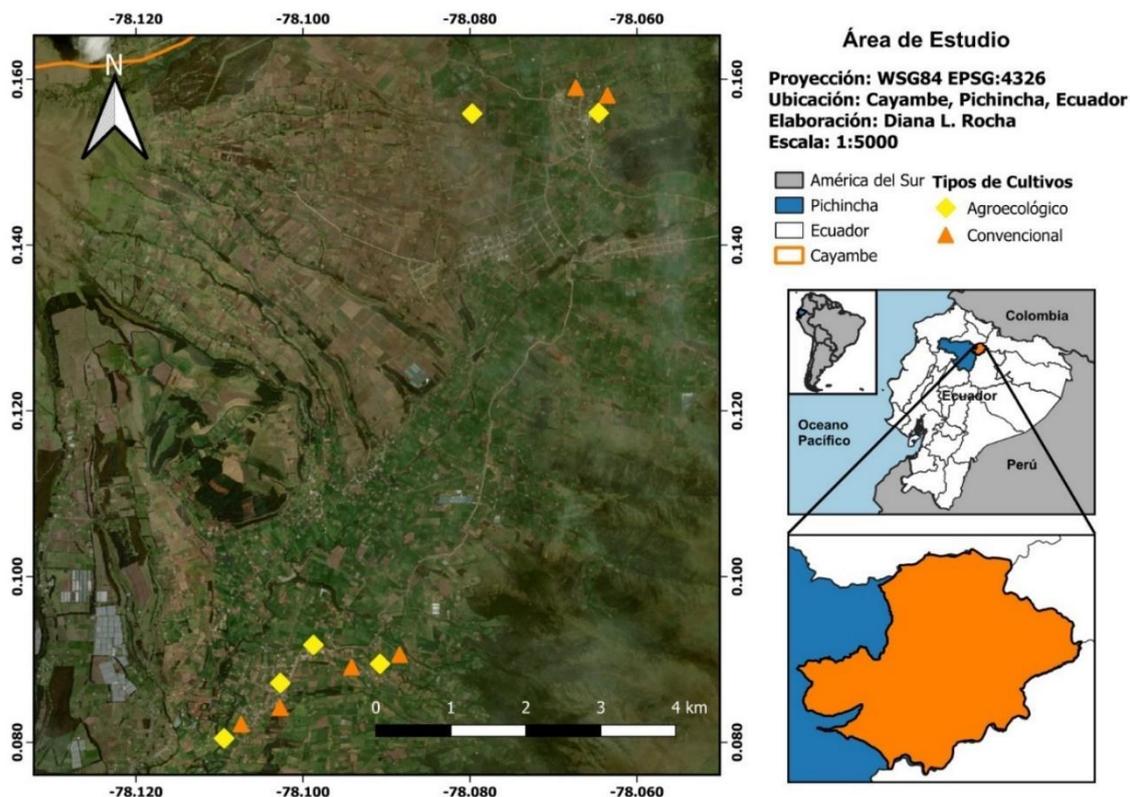


Figura 1. Área de estudio
 Elaboración propia

En esta área se establecieron 12 parcelas de una hectárea cada una, seis corresponden a Sistemas productivos agroecológicos (SPA) y seis de sistemas productivos convencionales (SPC) de producción de papa (*Solanum tuberosum*).

a) Las parcelas con SPA son heterogéneas en su estructura, tres de ellas presentan cobertura arbórea y arbustiva, mientras que las tres restantes presentan solo cobertura arbustiva. La vegetación está dominada por plantas herbáceas principalmente hortalizas, legumbres y forraje para animales menores. Además de las plantas de uso tradicional como el maíz, el frejol, habas, zapallo, Entre más especies arbóreas más comunes está el eucalipto (*Eucalyptus globulus*), aliso (*Alnus acuminata*), capulí (*Prunus serótina*), nogal (*Juglans neotropica*) y laurel (*Laurus nobilis*) de los más frecuentes en las parcelas.



Figura 2. Unidad de muestreo con sistema de producción agroecológica. Comunidad Paquiestancia
Elaboración propia

b) Las parcelas con SPC son homogéneas, están dominadas por una sola especie (*Solanum tuberosum*), no presentan cobertura arbustiva ni arbórea y se encuentran expuestos a las diferentes condiciones ambientales, por esta razón su manejo es a través de fertilizantes y pesticidas. Se observa que cuando las plantas alcanzan la madurez para su cosecha, se encuentran acompañadas de plantas pioneras principalmente herbáceas del género *Raphanus* y algunas gramíneas.



Figura 3. Unidad de muestreo con sistema de producción Convencional. Comunidad La Chimba
Elaboración propia

2. Metodología

El presente estudio tiene como objetivo principal contribuir al conocimiento de la diversidad taxonómica y funcional de aves en sistemas productivos agroecológicos y convencionales del paisaje altoandino en las comunidades norte del Cantón Cayambe como aporte para la conservación de las aves locales. Esta investigación consta de tres objetivos. Para describir la composición de la comunidad de aves a través de la diversidad taxonómica en sistemas de producción agroecológicos y convencionales, se realizó un censo de aves en transectos lineales de radio fijo, clasificándolas según su taxonomía. Para determinar la diversidad funcional de las aves asociadas a estos sistemas, se utilizaron los datos taxonómicos recolectados y se obtuvieron los atributos funcionales de la base de datos global AVONET, calculando los índices de diversidad funcional. Finalmente, la diversidad de plantas cultivadas en las parcelas se caracterizó mediante observación participativa con los agricultores, identificando las especies a lo largo de un transecto, cada proceso se describe a continuación (Fritz, et al. 2021).

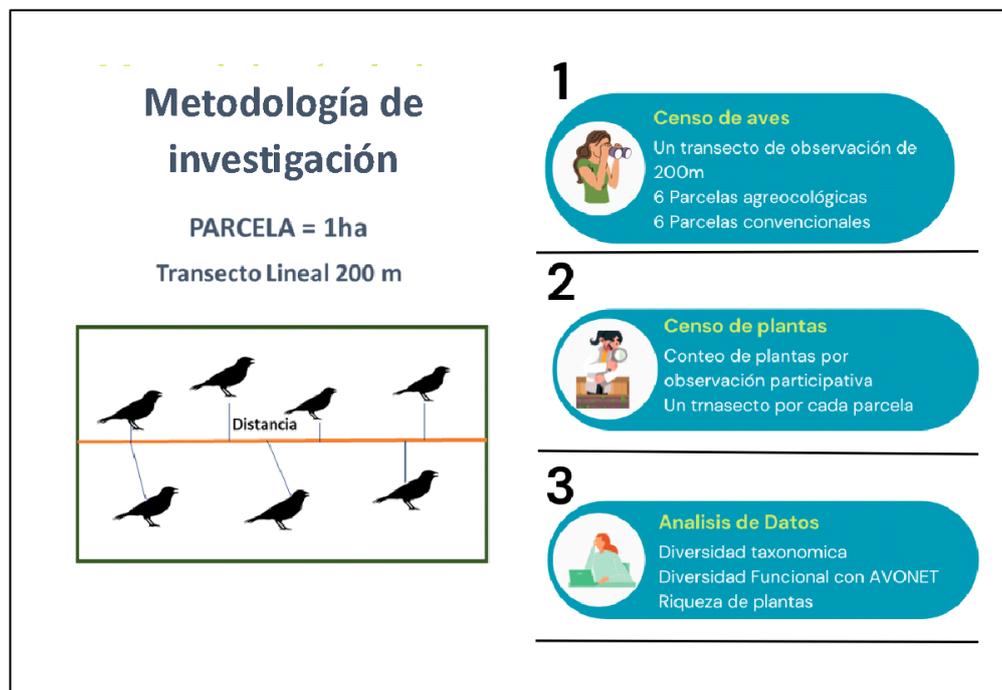


Figura 4. Esquema metodológico
Elaboración propia

En el área de estudio establecí 12 parcelas de muestreo, cada una con una dimensión de una hectárea y separadas por una distancia mínima de 300 metros entre cada unidad de estudio. Estas consideraciones metodológicas permiten tener una independencia espacial en las observaciones, dado que se ha observado que las aves se desplazan dentro de un radio menor a los 250m, particularmente los passeriformes (Bibby, Burgess, y Hill 2012).

Tabla 1
Codificación de los sitios de muestreo

Cultivo	Código	Coordenadas WGS84 17N		Altitud	Comunidad
AGROECOLÓGICO	SPA1	823090	7217	3601	Paquiestancia
AGROECOLÓGICO	SPA2	822313	7663	3009	Paquiestancia
AGROECOLÓGICO	SPA3	820989	9102	2957	Santa Ana
AGROECOLÓGICO	SPA4	822559	9784	3001	Cariacu
AGROECOLÓGICO	SPA5	822281	8063	3003	Cariacu
AGROECOLÓGICO	SPA6	826707	16591	3156	Pesillo
MONOCULTIVO	SPM1	827883	13175	3289	La Chimba
MONOCULTIVO	SPM2	827349	14762	3159	La Chimba
MONOCULTIVO	SPM3	823105	8641	3090	Cariacu
MONOCULTIVO	SPM4	822716	3172	3058	Paquiestancia
MONOCULTIVO	SPM5	831398	14014	3351	La Chimba
MONOCULTIVO	SPM6	832050	12671	3354	La Chimba

Fuente y elaboración propias

2.1. Censo de aves

En cada parcela establecí un transecto lineal de 200m, con un ancho de banda de 25 m a cada lado del transecto. Se registraron las aves detectadas de forma visual y auditivas con sus respectivas frecuencias, no se consideraron aquellas especies que sobrevolaban las parcelas por sobre los 30 metros de altura (Ralph et al. 1996). Los horarios de muestreo se realizaron en un horario matutino desde 06:00 am hasta 11:00 am, evitando los días lluviosos para tener consistencia en los datos. Se llevaron a cabo dos réplicas separadas por un intervalo de tres semanas, desde 14 de junio de 2023 hasta el 10 de agosto de 2023 (Ralph et al. 1996).



Figura 5. Registro fotográfico de las especies de aves en los cultivos agroecológicos.
Elaboración propia

Las especies fueron identificadas con ayuda de la guía de campo de aves del Ecuador (Freire y Restall 2018), y los cantos se identificaron a través de la colección, JVMore (Moore, Krabbe, y Jahn 2013). Los datos obtenidos fueron sistematizados y siguen la clasificación taxonómica propuesta por el Comité Sudamericano de clasificación de aves de la Unión Americana de Ornitólogos SACC (Chesser et al. 2021).



Figura 6. Identificación de aves en campo
Elaboración propia

2.2. Estimación de la diversidad taxonómica

Se midió la diversidad taxonómica de la comunidad de aves de cada tipo de cultivo aplicando el índice de Shannon-Wiener. Este índice es una métrica de dominancia que evalúa la estructura de la comunidad de aves considerando tanto el número de especies presentes (riqueza) como la equitatividad en la distribución de los individuos entre esas especies (uniformidad). En este índice los valores bajos de H' menores a 2 indican baja diversidad, lo que significa que una o pocas especies predominan en la comunidad, mientras que los valores superiores a 3 indican alta diversidad, lo que implica una distribución más uniforme de los individuos entre las diferentes especies. El índice de diversidad de Shannon se calcula mediante la fórmula:

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

donde:

- S es el número total de especies.
- p_i es la proporción de individuos de la especie i con respecto al total de individuos en la comunidad.
- \ln es el logaritmo natural.

Para el análisis se empleó el programa estadístico R que usa un lenguaje de programación, y el paquete estadístico Vegan ampliamente usado en estudios de biodiversidad y ecología por su versatilidad en los análisis (Oksanen et al. 2024). En cuanto a la visualización de los datos se usó el paquete ggplot2 que permite construir

elementos gráficos y representarlos lo cual facilita la lectura de los resultados (Wickham 2016).

Para identificar la completitud del muestreo se generaron curvas de acumulación de especies que permitieron visualizar de una manera gráfica la forma en la que las especies se encontraron dentro de las unidades de muestreo (Álvarez et al. 2006). La riqueza se estimó a través de un modelo no paramétrico con el estimador Chao1 que es adecuado para muestras pequeñas y se calcula en base al número de especies detectadas con un solo individuo es decir los “Singletons” (Moreno 2001).

2.3. Diversidad funcional de aves

Para evaluar la diversidad funcional, se analizaron cuatro rasgos funcionales disponibles en la base de datos de AVONET, que incluye mediciones morfológicas de aves de todo el mundo, así como variables ecológicas y datos de distribución (Tobias et al. 2022). Se seleccionaron cuatro rasgos morfométricos para las especies encontradas tanto en los SPA como en los SPC. Estos rasgos incluyen la longitud del pico, la extensión alar, la masa corporal, y la longitud del tarso, debido a su capacidad para proporcionar información sobre cómo un organismo responde al ambiente y sus efectos sobre los procesos ecosistémicos tabla (2) (Salgado-Negret et al. 2015).

Tabla 2
Descripción de rasgos funcionales y su influencia ecológica en el ecosistema.

Rasgo funcional	Función	Influencia ecológica
Longitud del Pico	Alimentación, forrajeo, acicalamiento, Canto, defensa, cortejo	Se relaciona con el tamaño y tipo de alimento consumido, influye en los procesos de dispersión de semillas y polinización por consiguiente facilita la disponibilidad de otros recursos a través de estos procesos.
Extensión Alar	Aerodinámica del vuelo, cortejo, protección contra depredadores.	Determina la capacidad de dispersión de semillas, los procesos de migración, las diferentes maniobras de vuelo y las estrategias de forrajeo
Longitud del tarso	Locomoción, alimentación, comportamiento de forrajeo, percha.	Es un rasgo predictor del comportamiento de forrajeo conjuntamente con el tamaño del cuerpo en aves insectívoras.
Masa corporal	Fisiología, aerodinámica	Capacidad de dispersión de semillas. Las aves más grandes suelen realizar movimientos más amplios que las aves pequeñas y pueden mover semillas a mayores distancias.

Fuente: AVONET

Elaboración propia

2.4. Estimación de la diversidad funcional de aves

Con el objetivo de analizar la diversidad funcional de aves en diferentes tipos de cultivos, se emplearon tres índices calculados en el entorno de RStudio mediante el uso del paquete FD (Laliberté, Etienne, y Bill Shipley, 2011). Este paquete ofrece

herramientas específicas para calcular índices basados en los atributos funcionales seleccionados de la comunidad de aves. Los elementos gráficos de los índices fueron creados con ggplot2 y los índices se describen a continuación.

2.5. Índice de riqueza funcional (FRic)

Se trata de una métrica que evalúa la diversidad de los atributos funcionales presentes en las especies que integran una comunidad biológica, es decir que representa el espacio funcional, calculado como un polígono mínimo convexo, ocupado por las especies sin considerar sus abundancias. Una baja Riqueza Funcional (FRic) podría indicar la falta de estabilidad de todas las funciones en el ecosistema, lo que podría afectar la productividad (Córdova-Tapia y Zambrano 2015). Por el contrario, una alta FRic confiere mayor resiliencia al ecosistema al mantener las funciones ecológicas estables frente a posibles cambios ambientales.

2.6. Índice de divergencia funcional (FDiv)

Este índice cuantifica la variabilidad de los rasgos funcionales entre las especies dominantes dentro de una comunidad biológica. Es decir, es la diferenciación entre las especies en términos de uso del recurso y ocupación de nicho ecológico. Cuando la FDiv muestra un alto grado de diferenciación indica que los nichos ocupados por las especies son distintos, por lo tanto, existe una reducida competencia por el nicho y el uso del recurso. Sin embargo, se ha observado que la FDiv disminuye conforme la posición de la biomasa se acerca al centroide del espacio funcional.

2.7. Índice de uniformidad funcional (FEve)

Este índice permite medir la uniformidad en la distribución de las abundancias de los rasgos funcionales entre las especies que componen la comunidad en el espacio funcional. Se calcula como el Árbol de expansión mínimo que conecta la posición de todas las especies en el espacio funcional, la uniformidad funcional calcula que tan regulares son estas distancias. Una comunidad es funcionalmente equitativa cuando no existe una dominancia significativa entre los rasgos funcionales lo cual le permite al ecosistema tener varias funciones y hacerlo más resiliente. Por otro lado, una baja uniformidad implica que los nichos están siendo subutilizados y consecuentemente podría facilitar la llegada de especies invasoras.

2.8. Índice de dispersión funcional (FDis)

El índice de dispersión funcional es una medida utilizada en ecología para cuantificar la variabilidad en los rasgos funcionales de las especies dentro de una comunidad (Mammola et al. 2021). Se calcula como la distancia promedio de las especies dentro del espacio funcional hacia el centroide (Laliberte y Legendre 2010). La dispersión funcional mide cuán dispersos están los rasgos funcionales de las especies en el espacio funcional. Este espacio funcional es una representación multidimensional donde cada dimensión corresponde a un rasgo funcional diferente. La dispersión funcional refleja cómo estas características están distribuidas y cómo ocupan los diferentes nichos funcionales disponibles en un ecosistema (Córdova-Tapia y Zambrano 2015).

3. Censo de plantas en los cultivos

Para documentar la riqueza de plantas en las parcelas con SPA y SPM apliqué el método de observación participativa propuesto por Apollin y Eberhart (1999) en la guía metodológica para los sistemas de producción en el medio rural. Este método consiste en realizar un recorrido por la parcela en compañía del agricultor inventariando todas las especies de plantas que se puedan observar (Apollin y Eberhart 1999). Las especies fueron identificadas en campo con los nombres locales y algunas que presentaban mayor dificultad para su identificación fueron fotografiadas para su posterior asignación taxonómica. Los datos fueron sistematizados siguiendo la clasificación de Linneo con sus nombres científicos con la ayuda de la guía de Plantas de la Cordillera Andina (Pillajo y Pillajo 2014) y el libro de plantas útiles del Ecuador (De la Torre et al. 2008).



Figura 7. Señora. Erlinda Pillajo, participa del censo de plantas en su parcela agroecológica. Elaboración propia

3.1. Estimación de la riqueza de plantas

La riqueza de plantas fue analizada con un modelo ANOVA, en donde se calcula la media de los grupos y comparar las varianzas de estas medias para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas en el número de plantas entre los diferentes métodos de cultivo tanto en el SPA como en el SPM. Estos resultados se expresan en el P valor cuyo umbral de significancia es 0,05, si el valor es menor al umbral se considera que los resultados son estadísticamente significativos y si es mayor quiere decir que no hay evidencia concluyente o significativa entre los grupos.

Para este análisis se empleó el programa estadístico RStudio con el paquete vegan. Los gráficos de cajas que muestran la distribución del número de plantas para cada método de cultivo, fueron creados con el uso del paquete ggplot2 ya que permite visualizar de forma gráfica los resultados obtenidos.

Capítulo tercero

Análisis de resultados y discusión

1. Análisis de resultados

1.1. Diversidad taxonómica

Durante el muestreo en los sistemas productivos agroecológicos y convencionales, se registraron en total 839 individuos que corresponden a 42 especies de aves, agrupadas en 23 familias y pertenecientes a 11 órdenes (Tabla 3).

Tabla 3
Inventario total de especies localizadas en los sistemas productivos

N°	Familia	Especie	Producción agroecológica	Producción convencional	Total
1	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	2	1	3
2	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	1	0	1
3	Anatidae	<i>Anas andium</i>	3	0	3
4	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	0	3	3
5	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	10	28	38
6	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	26	0	26
7	Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>	0	1	1
8	Hirundinidae	<i>Patagioenas fasciata</i>	10	0	10
9	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	53	10	63
10	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	4	1	5
11	Falconidae	<i>Phalcooenus carunculatus</i>	2	2	4
12	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	25	5	30
13	Furnariidae	<i>Synallaxis azarae</i>	7	0	7
14	Grallariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	1	0	1
15	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	46	22	68
16	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	18	0	18
17	Hirundinidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	1	0	1
18	Icteridae	<i>Molothrus bonariensis</i>	3	0	3
19	Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	2	0	2
20	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	2	0	2
21	Parulidae	<i>Myioborus melanocephalus</i>	1	0	1
22	Parulidae	<i>Setophaga fusca</i>	3	0	3
23	Passerellidae	<i>Atlapetes latinuchus</i>	4	0	4
24	Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	62	61	123
25	Picidae	<i>Colaptes rivolii</i>	3	0	3
26	Thraupidae	<i>Catamenia analis</i>	33	0	33
27	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	6	7	13
28	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	10	0	10

29	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	14	0	14
30	Thraupidae	<i>Diglossa sittoides</i>	3	0	3
31	Thraupidae	<i>Pipraeidea bonariensis</i>	15	0	15
32	Tinamidae	<i>Nothoprocta curvirostris</i>	1	0	1
33	Trochilidae	<i>Chaetocercus mulsant</i>	2	0	2
34	Trochilidae	<i>Colibri coruscans</i>	18	0	18
35	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	33	5	38
36	Trochilidae	<i>Metallura tyrianthina</i>	12	0	12
37	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	1	0	1
38	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	69	155	222
39	Tyrannidae	<i>Anairetes parulus</i>	11	0	11
40	Tyrannidae	<i>Camptostoma obsoletum</i>	1	0	1
41	Tyrannidae	<i>Elaenia albiceps</i>	17	0	17
42	Tyrannidae	<i>Myiotheretes striaticollis</i>	3	0	3
	Total general		556	283	839

Fuente: Datos tomados en campo, clasificados con la nomenclatura SAAC, 2024

Elaboración propia

En las parcelas de producción agroecológica, se registraron un total de 556 individuos pertenecientes a 41 especies, distribuidas en 38 géneros y 23 familias (ver Tabla 4). Entre las especies más representativas encontradas en estos sistemas productivos se destacaron: Grallaria leonarda (*Grallaria quitensis*) (Figura 8), Hircachuro (*Pheucticus chrysogaster*) y el quinde Orejivioleta (*Colibri coruscans*). Además, se identificó una especie migratoria, la Reinita Gorjinaranja (*Setophaga fusca*) (Figura 9) .



Figura 8. *Grallaria quitensis*



Figura 9 *Setophaga fusca*

Tabla 4
Inventario de especies localizadas en los sistemas productivos agroecológicos

N°	Orden	Familia	Especie	Nombre común
1	Tinamiformes	Tinamidae	<i>Nothoprocta curvirostris</i>	Tinamú Piquicurvo/ Perdíz
2	Anatidae	Anatidae	<i>Anas georgica</i>	Cerceta Andina
3	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza Buyera
4	Charadiiformes	Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina
6	Acipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila Pechinegra
7	Acipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i>	Gavilán Dorsirrojo
8	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cenicalo Americano/Quilico
9	Falconiformes	Falconidae	<i>Phalcoboenus carunculatus</i>	Curiquingue
10	Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas fasciata</i>	Paloma Collareja/Torcaza
11	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Totola Orejuda
12	Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo Collarejo
13	Apodiformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Golondrina Ventricafé
14	Apodiformes	Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina Azuliblanca
15	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Systellura longirostris</i>	Chotacabras Alifajeado
16	Caprimulgiformes	Trochilidae	<i>Colibri coruscans</i>	Orejvioleta Ventriazul
17	Caprimulgiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Colacintillo Colinegro
18	Caprimulgiformes	Trochilidae	<i>Metallura tyrianthina</i>	Metallura Tiria
19	Caprimulgiformes	Trochilidae	<i>Chaetocercus mulsant</i>	Estrellita Ventriblanca
20	Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rivolii</i>	Carpintero Dorsicarmesí
21	Passeriformes	Furnariidae	<i>Synallaxis azarae</i>	Colaespina de Azara
22	Passeriformes	Grallariidae	<i>Grallaria quitensis</i>	Grallaria Leonada
23	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Anairetes parulus</i>	Cachudito Torito
24	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Camptostoma obsoletum</i>	Tiranolete Silbador Sureño
25	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Elaenia albiceps</i>	Elenia Crestiblanca
26	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiotheretes striaticollis</i>	Alinaranja Golilistada
27	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Soterrey Criollo
28	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo Grande
29	Passeriformes	Mimidae	<i>Mimus gilvus</i>	Sinsonte Tropical
30	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga fusca</i>	Reinita Gorginaranja
31	Passeriformes	Parulidae	<i>Myioborus melanocephalus</i>	Candelita de Antejos
32	Passeriformes	Thraupidae	<i>Pipraeidea bonariensis</i>	Tangara Naranjera
33	Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia analis</i>	Semillero Colifajeado
34	Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero Sencillo
35	Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa humeralis</i>	Diglossa humeralis
36	Passeriformes	Thraupidae	<i>Diglossa sittoides</i>	Pinchaflores Ferrugíneo
37	Passeriformes	Thraupidae	<i>Conirostrum cinereum</i>	Picocono Cinéreo
38	Passeriformes	Passerellidae	<i>Atlapetes latinuchus</i>	Matorralero Nuquirrufo
39	Passeriformes	Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Corrión Criollo
40	Passeriformes	Cardinalidae	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Picogruaso Ventrioro
41	Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Jilguero Encapuchado
42	Passeriformes	Icteridae	<i>Molothrus bonariensis</i>	Baquero Brilloso

Fuente: Datos tomados en campo, clasificados con la nomenclatura SAAC,2024
 Elaboración propia

En los cultivos de producción convencional (monocultivos de papa) se obtuvo un total de 13 especies pertenecientes a 13 géneros y 12 familias, dominaron las especies Garza bueyera *Bubulcus ibis* que es una garza típica de áreas ganaderas, se registró también a *Turdus fuscater* (Figura 10), una especie común y generalista típica de hábitats intervenidos o abiertos, como parques o jardines y *Zonotrichia capensis* (Figura 11).



Figura 10. *Turdus fuscater*



Figura 11. *Zonotrichia capensis*

Tabla 5

Clasificación taxonómica de especies en cultivos convencionales

Nº	Orden	Familia	Especie	Nombre común
1	Pelecaniformes	Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza Buyera
2	Charadiiformes	Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>	Avefría Andina
3	Acipitriformes	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	Águila Pechinegra
4	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cenicalo Americano/Quilico
5	Falconiformes	Falconidae	<i>Phalacrocorax carunculatus</i>	Cara Cara
6	Columbiformes	Columbidae	<i>Zenaida auriculata</i>	Totola Orejuda
7	Apodiformes	Apodidae	<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo Collarejo
8	Apodiformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon murina</i>	Golondrina Ventricafé
9	Caprimulgiformes	Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i>	Colacintillo Colinegro
10	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus fuscater</i>	Mirlo Grande
11	Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero Sencillo
12	Passeriformes	Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión Criollo
13	Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Jilguero Encapuchado

Fuente: Datos tomados en campo, clasificados con la nomenclatura SAAC, 2024

Elaboración propia

De acuerdo con los valores del índice de Shannon, el sistema de producción agroecológico presenta una mayor diversidad de aves, con un valor de 2.6, lo que indica una alta diversidad. En este sistema, se registraron 41 especies, agrupadas en 38 géneros y 23 familias. En contraste, el sistema de producción convencional obtuvo un valor de

1.4, lo que refleja una menor diversidad, con solo 13 especies pertenecientes a 13 géneros y 12 familias. Esta diferencia es estadísticamente significativa (Figura 12).

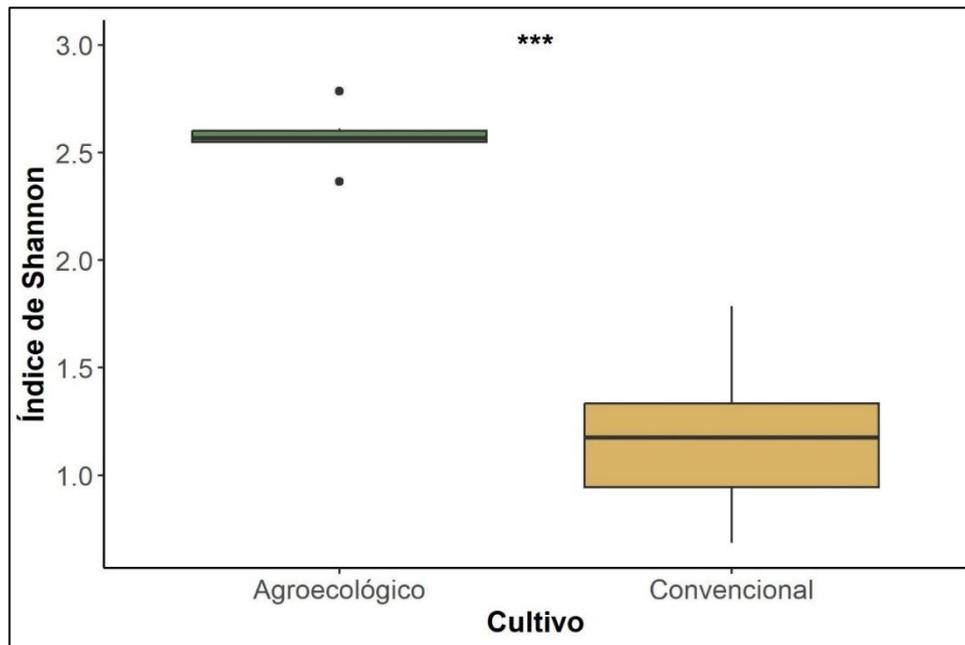


Figura 12. Diversidad taxonómica de aves en sistemas productivos agroecológicos y convencionales en los Andes norte del Ecuador. En los diagramas de cajas la línea horizontal muestra la mediana, y las cajas representan el primer y tercer cuartil. Diferencias estadísticas significativas: *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$.

Fuente: Datos de campo, AVONET
Elaboración propia.

2. Diversidad funcional

Los análisis de indicadores de diversidad funcional variaron entre los dos sistemas productivos, agroecológico y convencional. No encontré diferencias significativas en la riqueza funcional ($\chi^2 = 3.32$, d.f. = 1, $p = 0.10$), sin embargo, la uniformidad funcional ($\chi^2 = 6.70$, d.f. = 1, $p = 0.02$) y la dispersión funcional ($\chi^2 = 7.36$, d.f. = 1, $p = 0.02$), incrementaron significativamente en los sistemas de cultivo agroecológico (Figuras 7, 8, 9).

2.1. Riqueza funcional

Encontré que la riqueza funcional tendió a ser mayor en el cultivo agroecológico con respecto al cultivo convencional. Los valores de riqueza funcional estimados para el cultivo agroecológico fueron de 0.87 con valor más alto y 0.56 el valor más bajo. Mientras que en el convencional fue de 0.14 a 0.71. Sin embargo el análisis de varianza (ANOVA) muestra que no hay una diferencia estadísticamente significativa en la riqueza funcional

entre los sistemas de cultivo agroecológico y monocultivo $p > 0.05$ (Figura 13). Aunque la mediana de la riqueza funcional es ligeramente mayor en el cultivo agroecológico, esta diferencia no es lo suficientemente grande para ser considerada significativa desde un punto de vista estadístico. Es decir que las especies registradas en ambos cultivos tienen rasgos morfológicos similares.

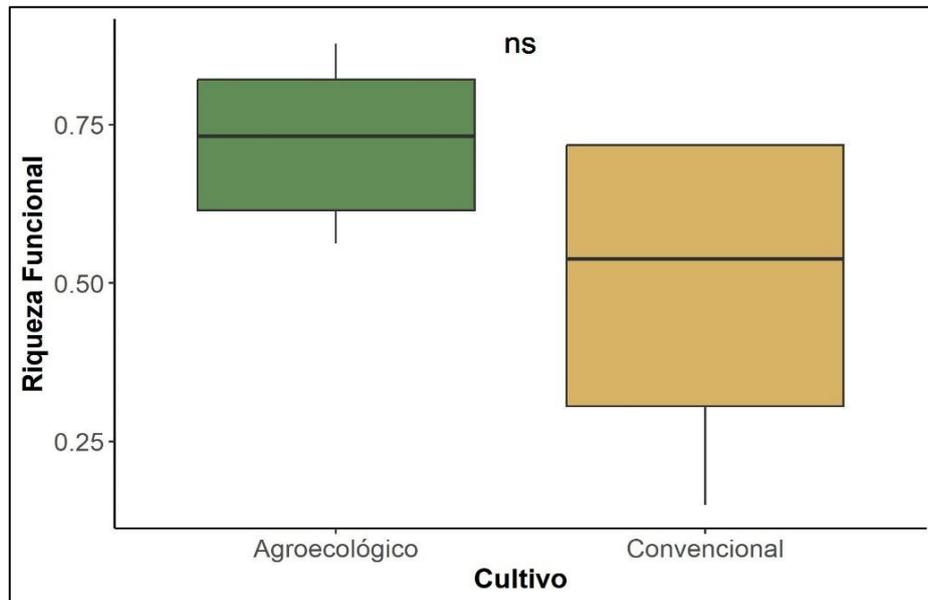


Figura 13. Diversidad funcional de aves en sistemas productivos agroecológicos y convencionales en los Andes norte del Ecuador. Se presenta el Índice de Riqueza Funcional. En los diagramas de cajas la línea horizontal muestra la mediana, y las cajas representan el primer y tercer cuartil. Diferencias estadísticas significativas: *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$, ns= no presentan diferencias significativas.

Fuente: Datos de campo, AVONET. Elaboración propia.

2.2. Uniformidad funcional

Al aplicar el índice de uniformidad funcional, encontré que fue mayor en el cultivo agroecológico con un valor de 0.82 el valor más alto y 0.67 el más bajo. Mientras que en el cultivo convencional se obtuvo un valor de 0.52 el valor más bajo y 0.74 el valor más alto. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias estadísticamente significativas en la uniformidad funcional entre los sistemas de cultivo agroecológico y monocultivo $p < 0.01$ (Figura 14). Los valores de la mediana no se solapan entre los diagramas de cajas de los cultivos (Figura 14). Mayor uniformidad funcional de aves en los cultivos agroecológicos comparado con monocultivos implica que, las funciones ecológicas desempeñadas por las aves están distribuidas de manera más equitativa en los cultivos agroecológicos. Mientras que en los cultivos convencionales existe dominancia de pocas especies cumpliendo funciones similares.

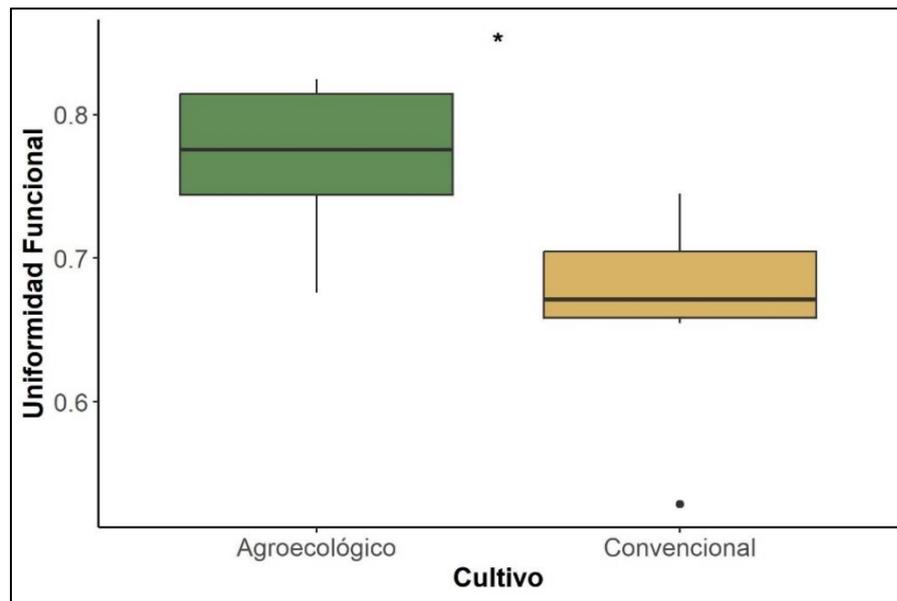


Figura 14. Diversidad funcional de aves en sistemas productivos agroecológicos y convencionales en los Andes norte del Ecuador. Índice de Uniformidad Funcional. En los diagramas de cajas la línea horizontal muestra la mediana, y las cajas representan el primer y tercer cuartil. Diferencias estadísticas significativas: *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$, ns= no presentan diferencias significativas.

Fuente: Datos de campo, AVONET. Elaboración propia.

2.3. Dispersión funcional

El índice de dispersión funcional fue mayor en el cultivo agroecológico con un valor de 0.25 el valor más alto y 0.22 el más bajo. Mientras que en el cultivo convencional se obtuvo un valor de 0.24 el valor más alto y 0.16 el valor más bajo. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias estadísticamente significativas en la dispersión funcional entre los sistemas de cultivo agroecológico y monocultivo $p < 0.01$ (Figura 15). Los valores de la mediana no se solapan entre los diagramas de cajas de los cultivos (Figura 15). Mayor dispersión funcional de aves en los cultivos agroecológicos implica que las especies de aves ocupan un rango más amplio de funciones ecológicas comparado con los monocultivos. Mientras que en los cultivos convencionales existen especies con un menor rango de funciones.

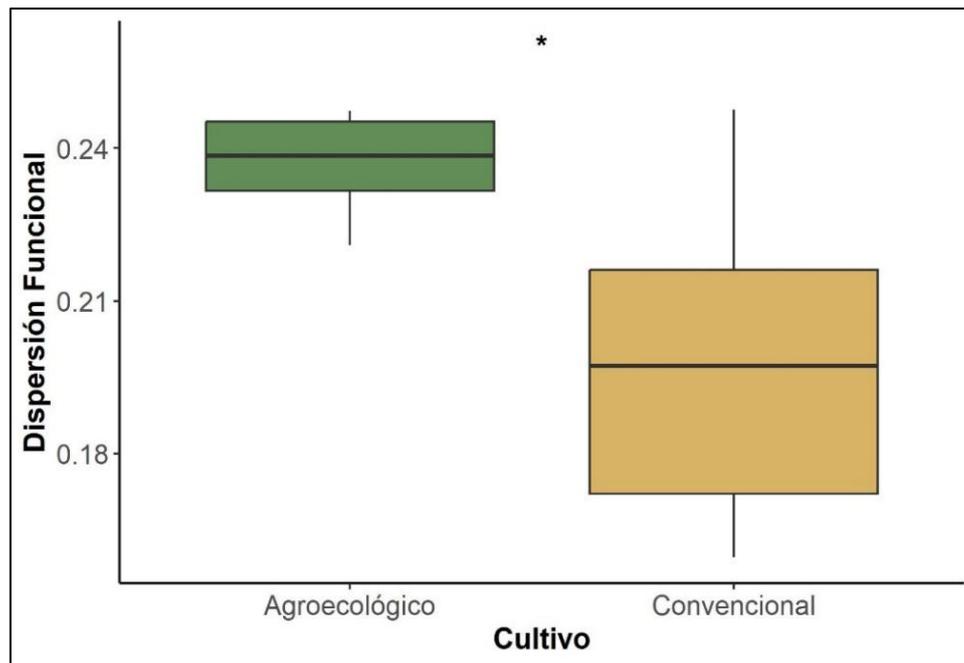


Figura 15. Diversidad funcional de aves en sistemas productivos agroecológicos y convencionales en los Andes norte del Ecuador. Índice de Dispersión Funcional. En los diagramas de cajas la línea horizontal muestra la mediana, y las cajas representan el primer y tercer cuartil. Diferencias estadísticas significativas: *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$, ns= no presentan diferencias significativas.

Fuente: Datos de campo, AVONET. Elaboración propia

3. Caracterización de las plantas de los sistemas productivos

Durante el período de muestreo de 24 días, se registró un total de 126 especies de plantas pertenecientes a 49 familias (ver Anexo 1). Encontré diferencias estadísticamente significativas del número de especies de plantas entre los dos tipos de cultivos (Anova $p < 0.001$). En los sistemas productivos agroecológicos (Figura 16), se obtuvo una riqueza de 118 especies de plantas distribuidas en 47 familias. Las familias más representativas fueron Apiaceae, Lamiaceae y Asteraceae, cada una con 11 especies, seguidas de Fabaceae y Solanaceae con 10 especies cada una, y Amaranthaceae y Rosaceae con 7 especies cada una. Por otro lado, en los sistemas convencionales se encontraron un total de 8 especies, todos los cultivos con una especie dominante que es la papa (*Solanum tuberosum*) y las restantes pertenecen a plantas pioneras de la familia Brassicaceae con tres especies y Asteraceae con dos especies, finalmente, Poaceae con una especie.

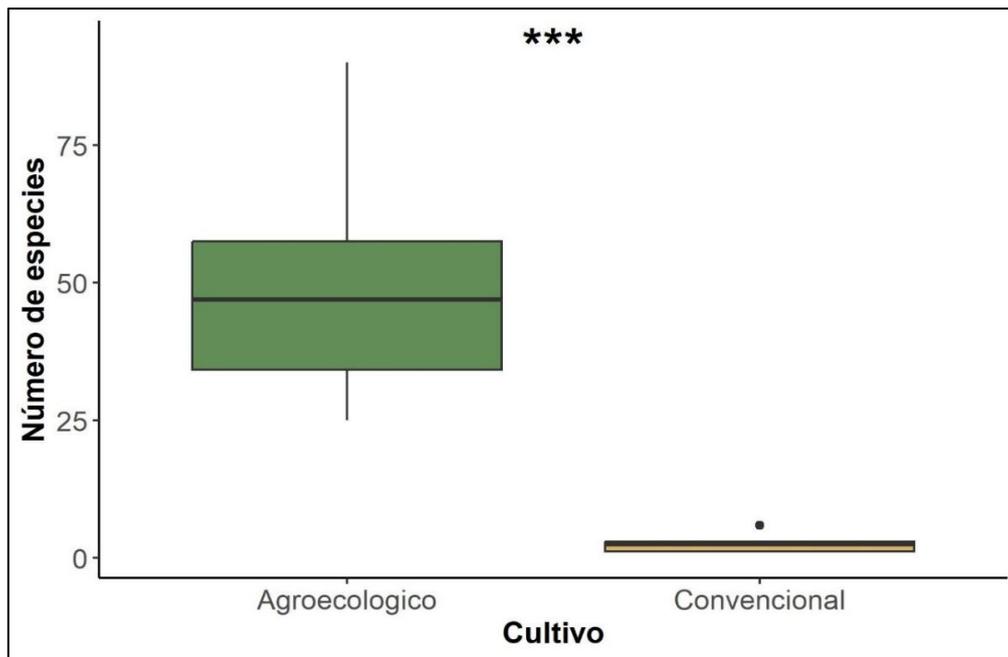


Figura 16. Riqueza de especies de plantas en sistemas productivos agroecológicos y convencionales en los Andes norte del Ecuador. En los diagramas de cajas la línea horizontal muestra la mediana, y las cajas representan el primer y tercer cuartil. Diferencias estadísticas significativas: *** = $p < 0.001$, ** = $p < 0.01$, * = $p < 0.05$. Fuente; Elaboración propia. Fuente: Datos de campo, AVONET. Elaboración propia.

4. Discusión

En términos generales, el tipo de manejo en los sistemas de producción influye significativamente en la diversidad taxonómica y funcional de las comunidades de aves. Los sistemas agroecológicos fomentan la presencia de diversas especies debido a sus estructuras complejas, tanto en la diversidad de plantas como en las comunidades de aves. Por el contrario, en los sistemas de producción convencionales, existe dominancia de pocas especies, aunque con altos valores de abundancia. Esto demuestra que la manera en que se cultivan los alimentos afecta de forma diferenciadas a la diversidad taxonómica y funcional de las especies (Martínez-Núñez, Martínez-Prentice, y García-Navas 2023a; Lawrence et al. 2020).

4.1. Riqueza de aves en los tipos de sistemas de producción agrícola

La diversidad taxonómica observada en las parcelas manejadas bajo un sistema de producción agroecológica presentó un 70% menos especies en comparación con los sistemas de producción convencional (monocultivos). Estos hallazgos están en concordancia con estudios recientes que también han demostrado los beneficios de los sistemas agroecológicos en la conservación de la biodiversidad. Por ejemplo, una revisión

sistemática realizada por Kremen y Miles (2012) encontraron que los sistemas agrícolas diversificados y con prácticas agroecológicas apoyaban una mayor diversidad de aves y otros grupos taxonómicos en comparación con los sistemas convencionales. Asimismo, un análisis de metadatos por Tuck et al. (2014) reportó que las prácticas agrícolas ecológicas aumentaban la diversidad de especies en promedio un 30 % en comparación con la agricultura convencional.

De igual forma coinciden con los hallazgos de Lawrence y colaboradores (2020), quienes analizaron la diversidad taxonómica y funcional en cultivos de arroz bajo métodos de manejo agroecológico y convencional en la ciudad de Santa Fé, encontrando una mayor riqueza de especies en los cultivos manejados de forma agroecológica. Estos autores asociaron las diferencias de la diversidad taxonómica y funcional a las técnicas agroecológicas. Por ejemplo, el establecimiento de cercas vivas y la asociación de cultivos, que generan estratos vegetativos y proporcionan a las aves una mayor disponibilidad de nichos.

La baja diversidad observada en los sistemas de producción convencional podría estar relacionada con prácticas agrícolas intensivas, el uso de pesticidas y herbicidas, y la simplificación del paisaje agrícola, que pueden reducir la disponibilidad de hábitats y recursos para las aves (De Camargo, Boucher-Lalonde, y Currie 2018). La homogeneización del entorno y la alteración de los ecosistemas locales podrían ser factores críticos que limitan la capacidad de este sistema para sostener a las comunidades de aves.

4.2. Diversidad funcional

Riqueza funcional

La riqueza funcional es una medida que permite entender cómo las prácticas agrícolas impactan la biodiversidad y las funciones ecológicas. En este estudio comparé los dos sistemas de producción tanto agroecológica como convencional, y observé que la riqueza funcional en los dos tipos de cultivo es ligeramente diferente con valores que no son estadísticamente significativos lo cual sugiere que las comunidades de aves en los cultivos convencionales pueden reorganizarse debido a que existe redundancia funcional, de tal manera que, si una especie desaparece, existe otra que puede cumplir funciones similares (Sarandón y Flores 2014; Santillán et al. 2019).

Las formas de producción agrícola influyen de manera diferente en la riqueza taxonómica y funcional (Tinoco, Santillán, y Graham 2018; Santillán et al. 2019). Generalmente, las prácticas agrícolas basadas en la ecología del sitio tienden a ser potenciales para la conservación de ambas diversidades a largo plazo (Lawrence et al. 2020). Sin embargo, es necesario considerar varios parámetros que pueden influir en los resultados, como la escala espacial y temporal del estudio, las medidas de conservación que se toman en las áreas circundantes, la historia del uso de la tierra y las métricas usadas en el análisis ya que pueden conducir a resultados distintos (Martínez-Núñez, Martínez-Prentice, y García 2023).

En este caso, el valor de la diversidad funcional puede no variar significativamente debido a que dos de los cultivos convencionales (monocultivo de papa) en la segunda réplica del muestreo se encontraban próximos a su cosecha. Cuando el tubérculo ya se ha desarrollado completamente, los agricultores no aplican pesticidas ni herbicidas en esta etapa del cultivo, permitiendo que se desarrollen hierbas pioneras silvestres. Esto hace que otras especies de aves que se alimentan de esas plantas lleguen al cultivo, incrementando la diversidad taxonómica y funcional en esa unidad de muestreo. Por ello, al compararse con los sistemas agroecológicos, presentan valores similares en la riqueza taxonómica y funcional (Pardini, Nichols, y Püttker 2017).

Uniformidad funcional

El análisis de la uniformidad funcional en los diferentes tipos de cultivos muestra que, las funciones o roles ecológicos desempeñadas por las aves (dispersión de semillas, el control de plagas, la polinización, y otros servicios ecológicos) están distribuidas de manera más equitativa en los cultivos agroecológicos (Laliberte y Legendre 2010; De Camargo, Boucher-Lalonde, y Currie 2018). Mientras que en los cultivos convencionales existe dominancia de pocas especies cumpliendo funciones similares, esto debido a la redundancia funcional actúa como un “seguro ecológico”, es decir las comunidades de aves se reorganizan principalmente con especies generalistas para compensar las funciones del ecosistema incluso si una especie desaparece. (Zaccagnini et al. 2011; Lawrence et al. 2020). Sin embargo, puede no mantenerse a largo plazo.

Estudios similares evalúan la uniformidad funcional a diferentes gradientes altitudinales y señalan que a mayor altitud la diversidad funcional es más susceptible a disminuir de forma drástica debido a que en tierras altas existe ya un filtrado ambiental que selecciona a las especies (Sekercioglu 2012; Pardini, Nichols, y Püttker 2017;

Velásquez-Trujillo et al. 2021). Estos estudios muestran diferencias marcadas tanto en la diversidad taxonómica como la diversidad funcional ya que en sus unidades de análisis comparan áreas de bosque con ecosistemas transformados como pastizales (Santillán et al. 2019). En este estudio el análisis de comparación se realizó con áreas completamente transformadas, es decir áreas agrícolas, de ahí que los valores de la diferencia en la equidad funcional no sean tan altos como en otros estudios (Santillán et al. 2019; Tinoco, Santillán, y Graham 2018; Guevara et al. 2023).

En este caso la uniformidad funcional en los cultivos convencionales está dada por la abundancia de especies generalistas como los gorriones *Zonotrichia capensis*, mirlos *Turdus fuscater* y la garza bueyera, *Bubulcus* que puede reemplazar los roles ecológicos de otras especies, sin embargo, el ecosistema estructuralmente es simple y lo hace vulnerable futuros disturbios como el cambio climático, enfermedades o impactos humanos (Andino Martínez 2014). La uniformidad funcional observada en los sistemas agroecológicos respalda la idea de que estos sistemas pueden ofrecer un entorno más equilibrado y estable para las aves y beneficiarse de las funciones ecológicas que las aves brindan al sistema (Martínez-Núñez, Martínez-Prentice, y García-Navas 2023).

Dispersión funcional

El índice de dispersión funcional en cultivos agroecológicos fue mayor a los cultivos convencionales y refleja un amplio rango de diferenciación de nicho en las especies dominantes (Salgado-Negret et al. 2015; Guevara et al. 2023). Por ejemplo, en los cultivos agroecológicos encontramos un espectro amplio de especies con longitudes de pico variado (*Colaptes rivolii*, *Synallaxis azarae*, *Pheucticus chrysogaser*; *Diglossa humeralis*) que indica la variedad de estrategias y funciones ecológicas presentes en la comunidad (Quitíán et al. 2019; Santillán et al. 2019). Tener una amplia dispersión funcional implica que se reduce significativamente la competencia interespecífica por el uso del recurso y la depredación (Ordóñez-Delgado 2018; Lawrence et al. 2020).

En los cultivos convencionales encontramos valores menores de dispersión funcional y podría indicar que en este tipo de agroecosistemas habitan comunidades de aves menos especializadas, y que están dominadas por especies generalistas (*Turdus fuscater*, *Zenaida auriculata*, y *Zonotrichia capensis*) que explotan los nichos de la misma manera, propiciando una fuerte competencia intra e interespecífica (Vaccaro y Bellocq 2019; Pardini, Nichols, y Püttker 2017). El manejo en los sistemas de producción convencional influye negativamente sobre las especies ya que en las áreas o entornos

simplificados proporcionan menos nichos ecológicos y la forma de manejo genera un efecto de filtro que reduce significativamente a las especies en estos entornos (Tinoco, Santillán, y Graham 2018; Santillán et al. 2019).

Los sistemas de producción agroecológica tienen en su composición comunidades de aves con rasgos morfológicos únicos que cumplen funciones particulares, por ejemplo, la *Colaptes rivolii* que es una especie insectívora que forrajea en los estratos medios y altos de los árboles (Velásquez-Trujillo et al. 2021). Paralelamente en cierta medida controla las poblaciones de insectos a esos estratos y específicamente con su picoteo accede a insectos que otras especies no pueden acceder. En altas elevaciones las especies generalmente se encuentran funcionalmente agrupadas de ahí que con el cambio de uso de suelo la dispersión funcional tienda a disminuir (Zaccagnini et al. 2011; Santillán et al. 2019).

4.3. Riqueza de plantas

El alto número de especies vegetales encontradas en los sistemas de producción agroecológica indica que las prácticas de manejo influyen significativamente en la riqueza de especies vegetales, adaptándose a las dinámicas ecológicas del entorno (Sarandón y Flores 2014; Martínez-Núñez, Martínez-Prentice, y García 2023). En contraste, en los sistemas convencionales predominaba una única especie dominante, *Solanum tuberosum* (papa), que es el cultivo más común en la región de los altos Andes. Esta práctica, acompañada de un uso intensivo de fertilizantes y pesticidas, reduce los nichos ecológicos disponibles para otras especies y simplifica el paisaje, haciéndolo más vulnerable a disturbios (Iermanó et al. 2015; Jeanneret et al. 2021).

Varios estudios desarrollados en la región tropical han demostrado que adoptar prácticas agroecológicas en la producción de alimentos tiene múltiples beneficios ya que no solo garantiza una mejor rentabilidad en la producción de alimentos, sino también un mejor flujo de energía y nutrientes dentro del sistema, una alta diversidad de plantas, y una producción constante de los rubros durante todo el año (Sarandón y Flores 2014; Zuluaga Carrero y Renjifo Martínez 2020). Además de que el sistema es altamente resiliente, aporta a la conservación de la biodiversidad pero particularmente de las especies aves a largo plazo (Wezel et al. 2016; Reyes-Palomino et al. 2022).

Estos sistemas de producción son sitios potenciales para conservar la biodiversidad y particularmente para las aves como lo han demostrado los sistemas de cafetales con producción agroecológica en Zamora Chinchipe, la producción del café bajo

esta modalidad ha incrementado en un 60 % la presencia de especies de aves, misas que aportar al control de insectos en los cultivos otro caso similar compara la diversidad de aves en sistemas de producción agroecológica de cacao que incluye técnicas de agroforestería, aporta a la conservación de aves a largo plazo (Ordóñez-Delgado 2018; Velásquez et al. 2021). Los sistemas de producción agroecológica son fundamentales para la coexistencia sostenible entre los seres humanos y las aves. Al cultivar de forma diversificada, los agricultores fomentan la permanencia de las especies, proporcionando alimento, refugio y áreas de anidación. A diferencia de la agricultura convencional, que implica deforestación y monocultivos, la agroecología respeta y potencia la biodiversidad. Además, se basa en prácticas tradicionales y el conocimiento local, promoviendo una gestión integral de la naturaleza y el compromiso comunitario en la protección de la fauna. Estos sistemas también actúan como corredores biológicos, facilitando el desplazamiento y la migración de las aves, lo que contribuye al flujo genético de las especies y que el ser humano se beneficia a través de sus roles ecológicos que se transforman en servicios ecosistémicos como la polinización o el control de plagas entre muchos otros.

La diversidad de plantas garantiza no solo una alimentación sana y saludable para las personas sino también para los animales que están dependiendo de ella, la rotación de cultivos implica también que las aves tendrán disponibilidad de una variedad de alimentos todo el año, y consecuentemente también se tendrá una mayor dispersión de semillas nativas a través de las aves, las plantas silvestres o nativas que crecen solas en los cultivos muchas veces son dispensadas por las aves, la vegetación de borde que sirve como protección al cultivo también sirven como áreas de desplazamiento o anidación para las aves, durante los muestreos pude observar muchos nidos en los bordes lo cual siguiere que las aves están siendo sostenidas por este tipo de cultivos.

Conclusiones

Los sistemas de producción agrícola están cambiando rápidamente los paisajes, y es importante considerar las implicaciones de estos cambios a nivel ecológico ya que las alteraciones en la diversidad taxonómica y funcional de las especies aves puede tener implicaciones negativas sobre las dinámicas ecológicas que le dan equilibrio a un ecosistema. Con este estudio se evidenció que los sistemas de producción agroecológica aportan significativamente a la permanencia de la diversidad taxonómica y funcional de las comunidades de aves en estos sistemas, ya que propician una variedad de nichos ecológicos que las especies pueden usar y a su vez se garantiza las funciones ecológicas que las aves pueden proporcionar como es la polinización, el control de plagas, la disponibilidad de micronutrientes, entre otros que son fundamentales para la resiliencia del ecosistema.

Los sistemas agroecológicos tienden a presentar una mayor riqueza taxonómica de aves en comparación con los sistemas convencionales, tienen beneficios significativos en la conservación de la biodiversidad. Esto se debe a que las prácticas agroecológicas fomentan la heterogeneidad del hábitat y la disponibilidad de recursos, lo que atrae a una mayor diversidad de especies, con comunidades de aves heterogéneas, además de ser un punto de llegada para aves migratorias como *Setophaga fusca*. Por otro lado, los sistemas convencionales, presentan comunidades de aves generalistas. Con dominancia de una o dos especies. Esta baja diversidad podría estar ligada a las prácticas intensivas, el uso de pesticidas y herbicidas, y la simplificación del paisaje agrícola, lo cual limita la capacidad de estos sistemas para sostener comunidades diversas de aves. Por lo tanto, son agroecosistemas frágiles y sensibles a perturbaciones.

Aunque la riqueza funcional de las comunidades de aves en los sistemas de producción agroecológica y convencional no mostró diferencias estadísticamente significativas, esto puede atribuirse a la capacidad de reorganización de las comunidades de aves en los cultivos convencionales debido a la redundancia funcional. Es decir, si una especie desaparece, otra puede cumplir funciones similares. Además, factores como la etapa del cultivo y las prácticas de manejo específicas (por ejemplo, la reducción del uso de pesticidas y herbicidas cerca de la cosecha) pueden influir en la diversidad funcional observada, igualando temporalmente la riqueza funcional en ambos sistemas. Por tanto, mientras que las prácticas agroecológicas son generalmente beneficiosas para la

conservación de la diversidad a largo plazo, es esencial considerar múltiples parámetros como la escala espacial y temporal, la historia del uso de la tierra, las medidas de conservación en áreas circundantes y métricas de análisis para obtener una comprensión completa de su impacto en la biodiversidad y las funciones ecológicas.

Los sistemas de producción agroecológica presentan una mayor dispersión funcional en las comunidades de aves en comparación con los sistemas convencionales. Esta mayor dispersión funcional refleja una amplia diferenciación de nicho y la presencia de diversas estrategias y funciones ecológicas dentro de la comunidad. En los cultivos agroecológicos, las especies tienen una variedad de rasgos morfológicos y estrategias alimenticias, lo que reduce la competencia interespecífica y la depredación. En contraste, los sistemas convencionales tienen una menor dispersión funcional, indicando la presencia de comunidades de aves menos especializadas y dominadas por especies generalistas, lo que genera una alta competencia intra e interespecífica. Además, el manejo en los sistemas convencionales simplifica los entornos y proporciona menos nichos ecológicos, actuando como un filtro que reduce la diversidad de especies. Por lo tanto, los sistemas agroecológicos, al mantener comunidades con rasgos únicos y funciones particulares, favorecen una mayor dispersión funcional y contribuyen a la sostenibilidad ecológica.

Los sistemas de producción agroecológica presentan una mayor uniformidad funcional en las comunidades de aves, distribuyendo de manera más equitativa los roles ecológicos como la dispersión de semillas, el control de plagas, la polinización entre otras que le dan estabilidad al ecosistema. Una mayor uniformidad funcional en los sistemas agroecológicos sugiere que estos pueden ofrecer entornos más equilibrados y estables para las aves, beneficiándose así de los diversos servicios ecológicos que estas brindan. En contraste, los cultivos convencionales están dominados por pocas especies generalistas que cumplen funciones similares, actuando como un "seguro ecológico" a corto plazo, pero no garantizan la sostenibilidad a largo plazo. Además, la simplicidad estructural de los ecosistemas convencionales los hace más vulnerables a disturbios futuros como el cambio climático, especies invasoras, altas tasas de depredación entre otras que pueden reducir drásticamente a las comunidades de aves en estos ecosistemas.

Los sistemas de producción agroecológica muestran una alta riqueza de especies vegetales debido a prácticas de manejo que se adaptan a las dinámicas ecológicas del entorno, a diferencia de los sistemas convencionales, que suelen estar dominados por una única especie, como en este caso la papa. Además, emplean intensivamente fertilizantes

y pesticidas, reduciendo así los nichos ecológicos y simplificando el paisaje. Las prácticas agroecológicas no solo mejoran la rentabilidad de la producción de alimentos, sino que también garantizan un mejor flujo de energía y nutrientes, una alta diversidad de plantas y una producción constante durante todo el año. Estos sistemas son altamente resilientes y contribuyen significativamente a la conservación de la biodiversidad, especialmente de las especies de aves a largo plazo.

El trabajo de la agroecología en el cantón si bien ha ganado espacio en ciertos aspectos aún sigue siendo invisibilizado, no muy valorado y requiere de un gran esfuerzo para sostenerse en el tiempo, en su mayoría las productoras son mujeres cabezas de hogar que están al cuidado de sus hijos, al cuidado de sus chakras, que tiene en sus manos la tarea de conservar las semillas, luchar por el agua, luchar por los espacios dignos y justos para su comercialización. Además, hacen un trabajo invisible que es el de preservar la diversidad no solo de aves, en la parcela de la señora María Augusta en Olmedo, observé una cantidad enorme de tórtolas mas de 50 estaban en el trigo y le dije que eran muchas para un espacio pequeño a lo cual ella respondió “yo converso con ellas y les digo que coman su parte y que me dejen la mía, así nos llevamos con ellas” entonces vemos que sobre sus hombros se pone un peso mayor de sostener la vida misma, la humana y la no humana y que estos espacios son claves para la conservación de las especies, la conectividad, la salud del ecosistema, y que además se reparte para poder cumplir todos estos roles invisibles ante los ojos de la sociedad y por ende poco valorados.

Recomendaciones

Se recomienda para futuros estudios evaluar la biodiversidad en una escala superior con la finalidad de analizar el paisaje de manera integral, considerar algunas variables como: la distancia entre el cultivo y una matriz de bosque, el efecto de borde, ampliar la temporalidad del muestreo. Estos elementos pueden aportar información importante sobre cómo las aves se desplazan en el paisaje y comprender mejor la dinámica de las comunidades de aves en los agroecosistemas.

Es recomendable que en estudios que evalúan el paisaje agrícola además de evaluar la diversidad taxonómica también se considere evaluar la diversidad funcional de las especies para comprender no sólo el número de especies presente en el ecosistema, sino también las funciones ecológicas que están desempeñando.

Las necesidades alimentarias crecen constantemente con el incremento poblacional de ahí que es necesario promover sistemas de producción de alimentos más sostenibles a largo plazo y ecológicamente funcionales y estables con la finalidad de garantizar la seguridad alimentaria y la estabilidad ecológica a largo plazo.

Obras citadas

- Albarracín-Zaidiza, Jorge Andrés, Nelson Enrique Fonseca-Carreño, y Luis Hernando López-Vargas. 2019. “Las prácticas agroecológicas como contribución a la sustentabilidad de los agroecosistemas. Caso provincia del Sumapaz”. *Ciencia y Agricultura* 16 (2): 39–55.
- Altieri, Miguel, Parviz Koochafkan, y Eric Holt Giménez. 2012. “Agricultura verde: Fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos”. *Agroecología* 7 (1): 7-18.
- Altieri, Miguel Ángel, y Clara Inés Nicholls. 2012. “Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica”. *Agroecología* 7 (2): 65–83.
- Alvarez, Mauricio, Sergio Córdoba-Córdoba, Federico Escobar, Giovanny Fagua, Fernando Gast, Humberto Mendoza-Cifuentes, Mónica Ospina, Ana Umaña, y Héctor Villarreal. 2006. *Manual de Métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad*.
- Andino Martínez, Leticia del Carmen. 2014. “Factores que influyen en la diversidad taxonómica y funcional de aves en un paisaje dominado por café en la Sierra de Apaneca en El Salvador”. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7119>.
- Apollin, Frederic, y Christophe Eberhart. 1999. “Análisis y diagnóstico de los sistemas de producción en el medio rural. Guías y metodologías. Módulo transversal. Eje riego. Camaren 1999 - Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas”. *Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas* (blog). 1999. <http://cesa.org.ec/documentos/analisis-diagnostico-los-sistemas-produccion-medio-rural-guias-metodologias-metodologia-modulo-transversal-camaren-1999/>.
- Becker, Marc, y Silvia Tuttillo. 2009. *Historia agraria y social de Cayambe*. Quito: Flacso.
- Belcik, Michał, Magdalena Lenda, Tatsuya Amano, y Piotr Skórka. 2020. “Different Response of the Taxonomic, Phylogenetic and Functional Diversity of Birds to Forest Fragmentation”. *Scientific Reports* 10 (1): 20320. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76917-2>.

- Bibby, Colin, Neil Burgess, y David Hill. 2012. *Bird Census Techniques*. London: Academic Press.
- Bonilla-Bedoya, Santiago., Leonardo Lugo, Antonio Argenis, Alberto Villarreal, Ernesto Arends, y Miguel Herrera. 2013. “Piaroa shifting cultivation: temporal variability of soil characteristics and spatial distribution of crops in the Venezuelan Orinoco”. *Agroforestry Systems* 87 (5): 1189–99. <https://doi.org/10.1007/s10457-013-9629-6>.
- Brassel, Frank, Stalin Herrera, Michel Laforge, y SIPAE, eds. 2008. *¿Reforma agraria en el Ecuador? viejos temas, nuevos argumentos*. Quito: Sistema de Investigación sobre la Problemática Agraria en el Ecuador.
- Cagnolo, Luciano, y Graciela Valladares. 2011. “Fragmentación del hábitat y desensamble de redes tróficas”. *Ecosistemas* 20 (2–3). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/24>.
- Camacho, Miguel. 2014. “Los páramos ecuatorianos: caracterización y consideraciones para su conservación y aprovechamiento sostenible”. *Revista Anales* 1 (372): 77–92. <https://doi.org/10.29166/anales.v1i372.1241>.
- Chesser, Terry, Shawn Billerman, Kevin Burns, Carla Cicero, Jon Dunn, Blanca Hernández-Baños, Andrew Kratter, et al. 2021. “*Sexagésimo segundo suplemento de la lista de aves de América del Norte de la Sociedad Ornitológica Estadounidense*” 138 (3): ukab037. <https://doi.org/10.1093/ornithology/ukab037>.
- Chuncho, Guillermo. 2019. “Páramos del Ecuador, importancia y afectaciones: Una revisión”. 9 (diciembre):71–83.
- Cook, Rachel, Tadeo Ramirez-Parada, Luke Browne, Mike Ellis, y Jordan Karubian. 2020. “*Correlaciones ambientales de la riqueza, la composición de la comunidad y los rasgos funcionales de las aves y los mamíferos terrestres en un paisaje tropical fragmentado*”. *Landscape Ecology* 35 (12): 2825–41. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01123-4>.
- Córdova-Tapia, Fernando, y Luis Zambrano. 2015. “Diversidad funcional en ecología de comunidades”. *Ecosistemas* 24 (3): 78–87. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-3.10>.
- De Camargo, Rafael, Véronique Boucher-Lalonde, y David Currie. 2018. “At the Landscape Level, Birds Respond Strongly to Habitat Amount but Weakly to Fragmentation”. *Diversity and Distributions* 24 (5): 629–39. <https://doi.org/10.1111/ddi.12706>.

- De la Torre, Lucia, Hugo Navarrete, Pricila Muriel, Manuel Macías, y Hemrik Balslev. 2008. “Enciclopedia de las plantas útiles del Ecuador”. 2008. <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/16016-enciclopedia-de-las-plantas-utiles-del-ecuador?offset=3>.
- Donald, Paul, Rhys Green, y Melanie Heath. 2001. “Agricultural intensification and the collapse of Europe’s farmland bird populations”. *Proceedings of the Royal Society, Series B* 155 (enero): 39–43.
- Flynn, Dan, Melanie Gogol-Prokurat, Theresa Nogeire, Nicole Molinari, Bárbara Trautman, Brenda Lin, Nicholas Simpson, Margaret Mayfield, y Fabrice DeClerck. 2009. “Loss of Functional Diversity under Land Use Intensification across Multiple Taxa”. *Ecology Letters* 12 (1): 22–33. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01255.x>.
- Giunta, Isabella. 2018. “Soberanía alimentaria entre derechos del buen vivir y políticas agrarias en Ecuador”.
- Gliessman, Steve. 2018. “Defining Agroecology”. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 42 (6): 599–600. <https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1432329>.
- Gómez-Ortiz, Yuriana, Natalia Martín-Regalado, Ilse Ortega, y Cisteil Pérez. 2019. “Diversidad funcional de las comunidades ecológicas”. 327–264.
- Gondard, Pierre, y Hubert Mazurek. 2001. “30 años de reforma agraria y colonización en Ecuador (1964-1994): dinámicas espaciales”. *Estudios de Geografía* 10: 15–40.
- Gortaire, Roberto. 2016. “Agroecología en el Ecuador. Proceso histórico, logros, y desafíos”. *Antropología Cuadernos de Investigación*, nº 17, 12–38. <https://doi.org/10.26807/ant.v0i17.85>.
- Guarderas, Paulina, Smith Franz, y Dufrene Marc. 2022. “Cambio de uso y cobertura del suelo en un paisaje montañoso tropical del norte de Ecuador: patrones altitudinales y fuerzas impulsoras”. 27 de julio de 2022. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0260191>.
- Guevara, Esteban., Carolina Bello, Cristian Poveda, Ian McFadden, Matthias Schleuning, Loïc Pellissier, y Catherine Graham. 2023. “Hummingbird Community Structure and Nectar Resources Modulate the Response of Interspecific Competition to Forest Conversion”. *Oecologia* 201 (3): 761–70. <https://doi.org/10.1007/s00442-023-05330-z>.
- Hofstede, Robert. 2013. “Los árboles como elemento importante del páramo/Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos”, enero.

- https://www.academia.edu/86236719/Los_%C3%A1rboles_como_elemento_importante_del_p%C3%A1ramo_Avances_en_investigaci%C3%B3n_para_la_conservaci%C3%B3n_de_los_p%C3%A1ramos_andinos.
- Hofstede, Robert, Juan Calle, Victor López, Rocío Polanco, Fidel Torres, Janett Ulloa, Adriana Vázquez, y Marcos Cerra. 2014. “Los páramos andinos ¿que sabemos?” *UICN, Quito, Ecuador*. www.uicn.org/su.
- Hussain, Zakir, Bhavana Boppana, Himabindu Anisetti, Reshma Soma, y Sushmita Gangisetty. 2022. “Do Birds Return to Agricultural Landscapes through Adoption of Natural Farming Practices? A Comparison of Natural Farming vs. Chemical Farming in Andhra Pradesh”. *Agricultural Sciences* 13 (03): 358–77. <https://doi.org/10.4236/as.2022.133025>.
- Iermanó, María José, Santiago Sarandón, Lía Tamagno, y Alejandro Maggio. 2015. “Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del ‘potencial de regulación biótica’ en agroecosistemas del sudeste bonaerense”. *Revista Facultad de Agronomía La Plata* 114 (enero): 1–14.
- Igbozurike, Uzo M. 1978. “Polyculture and Monoculture: Contrast and Analysis”. *GeoJournal* 2 (5): 443–49. <https://doi.org/10.1007/BF00156222>.
- Isbell, Forest, Patricia Balvanera, Akira Mori, Jin-Sheng He, James M Bullock, Ganga Ram, Eric Seabloom, et al. 2023. “Expert Perspectives on Global Biodiversity Loss and Its Drivers and Impacts on People”. *Frontiers in Ecology and the Environment* 21 (2): 94–103. <https://doi.org/10.1002/fee.2536>.
- Jeanneret, Philippe, Stephanie Aviron, Audey Alignier, Claire Lavigne, Julian Helfenstein, Felix Herzog, Sonja Kay, y Sandrine Petit. 2021. “Agroecology Landscapes”. *Landscape Ecology* 36 (8): 2235–57. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01248-0>.
- Jernakoff, Melissa, Jessie Knowlton, Bernarda Vásquez-Ávila, Carlos Espinosa, y Boris Tinoco. 2023. “Effects of Land Use Change on the Functional Diversity and Composition of Mixed Species Avian Flocks in the High Tropical Andes of Southern Ecuador”. *Journal of Field Ornithology* 94 (1). <https://doi.org/10.5751/JFO-201-940103>.
- Jetz, Walter, Gavin Thomas, Jeffrey Joy, Klaas Hartmann, y Arne Mooers. 2012. “The Global Diversity of Birds in Space and Time”. *Nature* 491 (7424): 444–48. <https://doi.org/10.1038/nature11631>.

- Johnson, Ron, Julie Jedlicka, John Quinn, y James Brandle. 2011. "Global Perspectives on Birds in Agricultural Landscapes". En *Integrating Agriculture, Conservation and Ecotourism: Examples from the Field*, editado por W. Bruce Campbell y Silvia Lopez Ortiz, 55–140. Dordrecht: Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1309-3_3.
- Jost, Lou. 2006. "Entropy and diversity". *Oikos* 113 (febrero):363–75. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>.
- Karp, Daniel, Andrew Rominger, Jim Zook, Jai Ranganathan, Paul Ehrlich, y Gretchen Daily. 2012. "Intensive Agriculture Erodes β -Diversity at Large Scales". *Ecology Letters* 15 (9): 963–70. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01815.x>.
- Laliberte, Etienne, y Pierre Legendre. 2010. "A distance-based framework for measuring functional diversity from multiple traits". *Ecology* 91 (1): 299–305.
- Larrea, Fernando. 2022. "La construcción de la agroecología y la soberanía alimentaria: una mirada a partir de las condiciones de las agriculturas campesinas", diciembre. <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/19215>.
- Lawrence, Rodrigo E, Evelina J León, Marcelo Juani, Adolfo H Beltzer, M Peltzer, y Rafael C Lajmanovich. 2020. "¿Puede el manejo agroecológico aumentar la diversidad funcional de las aves en los arrozales?", 68.
- Llambí, Luis, Alejandra Soto Werschitz, Rolando Céleri, Bert De Bièvre, Boris Ochoa-Tocachi, y Pablo Borja. 2012. *Ecología, Hidrología y Suelos del Páramo*.
- Iermanó, M. Blandi, & Sarandon, S. 2017. Las relaciones ecológicas: un aspecto central en el rediseño de agroecosistemas sustentables, a partir de la Agroecología.
- PaleologosMaldonado-Lince, Guillermo. 1979. "La reforma agraria en el Ecuador, una lucha por la justicia".
- Mammola, Stefano, Carlos Carmona, Thomas Guillerme, y Pedro Cardoso. 2021. "Concepts and applications in functional diversity". *Functional Ecology* 35 (9): 1869–85. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13882>.
- Martínez-Núñez, Carlos, Ricardo Martínez-Prentice, y Vicente García-Navas. 2023. "Land-Use Diversity Predicts Regional Bird Taxonomic and Functional Richness Worldwide". *Nature Communications* 14 (1): 1320. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37027-5>.
- Moreno, Claudia E. 2001. "Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis Sea", 1.

- Mouchet, Maud, Sébastien Villéger, Norman Mason, y David Mouillot. 2010. “Functional Diversity Measures: An Overview of Their Redundancy and Their Ability to Discriminate Community Assembly Rules: Functional Diversity Measures”. *Functional Ecology* 24 (4): 867–76. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01695.x>.
- Oksanen, Jari, Gavin Simpson, Guillaume Blanchet, Roeland Kindt, Pierre Legendre, Peter Minchin, Row. O’Hara, et al. 2024. “vegan: Community Ecology Package”. <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>.
- Ordóñez-Delgado, Leonardo. 2018. *Aves asociadas a sistemas agroforestales de café en la cuenca del Mayo-Chinchipe, sur este de Ecuador*.
- Pardini, Renata, Liz Nichols, y Thomas Püttker. 2017. “Biodiversity Response to Habitat Loss and Fragmentation”. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 229–39. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809665-9.09824-4>.
- Pejchar, Liba, Yann Clough, Johan Ekroos, Kimberly Nicholas, Ola Olsson, Dafne Ram, Matthias Tschumi, y Henrik G Smith. 2018. “Net Effects of Birds in Agroecosystems”. *BioScience* 68 (11): 896–904. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy104>.
- Pillajo, Patricio, y Mario Pillajo. 2014. *Plantas de la Cordillera Andina: Quijos - Cayambe - Pedro Moncayo*. Quito: Imprenta GADPP.
- Pla, Laura, Fernando Casanoves, y Julio Di Rienzo. 2011. “Cuantificación de la diversidad funcional”. *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos*. CATIE, Turrialba, CR, enero, 33–47.
- Quitíán, Marta, Vinicio Santillán, Carlos Iván Espinosa, Jürgen Homeier, Katrin Böhning-Gaese, Matthias Schleuning, y Eike Lena Neuschulz. 2019. “Direct and Indirect Effects of Plant and Frugivore Diversity on Structural and Functional Components of Fruit Removal by Birds”. *Oecologia* 189 (2): 435–45. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4324-y>.
- Rahbek, Carsten, Michael Borregaard, Robert Cowell, Bo Dalsgaard, y Ben Holt. 2019. “Humboldt’s enigma: What causes global patterns of mountain biodiversity?”. *Science* 365 (6458). <https://www.science.org/doi/full/10.1126/science.aax0149>.
- Ralph Geoffrey, R. Geupel, Peter Pyle, y Thomas Martin. 1996. “Manual de Métodos de Campo para el Monitoreo de Aves Terrestres”, enero.
- Requelme, Narcisa, José Carvajal, Charles Cachipundo, Ronnie Lizano Acevedo, y Patricia Yaselga. 2019. *Mujeres en resistencia y territorios agroecológicos*:

- construcción participativa de la Ordenanza de uso de espacios públicos para la comercialización de productos sanos en ferias agroecológicas-Cayambe*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18645>.
- Reyes-Palomino, Smith Ervin, Dominga Micaela Cano, Smith Ervin Reyes-Palomino, y Dominga Micaela Cano Ccoa. 2022. “Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad”. *Revista de Investigaciones Altoandinas* 24 (1): 53–64. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>.
- Rodríguez-Echeverry, James, y Margareth Leiton. 2021. “Pérdida y fragmentación de ecosistemas boscosos nativos y su influencia en la diversidad de hábitats en el hotspot Andes tropicales”. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 92:1–14.
- Salas-Correa, Ángel David, Néstor Javier Mancera-Rodríguez, Ángel David Salas-Correa, y Néstor Javier Mancera-Rodríguez. 2018. “relaciones entre la diversidad de aves y la estructura de vegetación en cuatro etapas sucesionales de bosque secundario, Antioquia, Colombia”. *Revista Actualidad & Divulgación Científica* 21 (2): 519–29. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n2.2018.970>.
- Salgado-Negret, Beatriz, Horacio Paz, Esperanza Nancy Pulido Rodríguez, Marian Cabrera, Catalina Ruíz Osorio, Juan Pablo López Ordoñez, F. Gary Stiles et al. 2015. *La Ecología Funcional Como Aproximación al Estudio, Manejo y Conservación de La Biodiversidad: Protocolos y Aplicaciones*. Reponame:Repositorio Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9299>.
- Sans, Francisco. 2007. “La diversidad de los agroecosistemas”: *Ecosistemas* 16 (1). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/137>.
- Santillán, Vinicio, Marta Quitián, Boris Tinoco, Edwin Zárate, Matthias Schleuning, Katrin Böhning-Gaese, y Eike Lena Neuschulz. 2019. “Different Responses of Taxonomic and Functional Bird Diversity to Forest Fragmentation across an Elevational Gradient”. *Oecologia* 189 (4): 863–73. <https://doi.org/10.1007/s00442-018-4309-x>.
- Sarandón, Santiago Javier, y Claudia Cecilia Flores, eds. 2014. *Agroecología: Bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP). <https://doi.org/10.35537/10915/37280>.

- Sekercioglu, Cagan, Gretchen Daily, y Paul Ehrlich. 2005. “Ecosystem consequences of bird declines”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 101 (enero):18042–47. <https://doi.org/10.1073/pnas.0408049101>.
- Sekercioglu, Cagan, 2012. “Bird Functional Diversity and Ecosystem Services in Tropical Forests, Agroforests and Agricultural Areas”. *Journal of Ornithology* 153 (S1): 153–61. <https://doi.org/10.1007/s10336-012-0869-4>.
- Stupino, Susana, María José Iermanó, Agustina Gargoloff, y Margarita Bonicatto. 2014. “*la biodiversidad en los agroecosistemas*” Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables. Colección libros de cátedra. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. Capítulo 5 (2014): 131-58.
- Tinoco, Boris, Vinicio Santillán, y Catherine Graham. 2018. “Land use change has stronger effects on functional diversity than taxonomic diversity in tropical Andean hummingbirds”. *Ecology and Evolution*. <https://doi.org/10.1002/ece3.3813>.
- Tobias, Joseph , Catherine Sheard, Alex Pigot, Adam Devenish, Jingyi Yang, Ferran Sayol, Montague Neate-Clegg, et al. 2022. “AVONET: morphological, ecological and geographical data for all birds”. Editado por Tim Coulson. *Ecology Letters* 25 (3): 581–97. <https://doi.org/10.1111/ele.13898>.
- Vaccaro, Anahí, y María Bellocq. 2019. “Diversidad taxonómica y funcional de aves: Diferencias entre hábitats antrópicos en un bosque subtropical”. *Ecología Austral* 29 (3): 391–404. <https://doi.org/10.25260/EA.19.29.3.0.873>.
- Valdés Rapado, Alicia. 2011. “Efectos de la pérdida y fragmentación de hábitat en la ecología de poblaciones de *Primula vulgaris* L. en bosques cantábricos”. <Http://purl.org/dc/dcmitype/Text>, Universidad de Oviedo. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=99803>.
- Velásquez-Trujillo, Vanessa, Juan Betancurt-Grisales, Angela Vargas-Daza, Carlos Lara, Fredy Rivera-Páez, Francisco Fontúrbel, y Gabriel Castaño-Villa. 2021. “Bird Functional Diversity in Agroecosystems and Secondary Forests of the Tropical Andes”. *Diversity* 13 (10): 493. <https://doi.org/10.3390/d13100493>.
- Wezel, Alexander., Helenr Brives, Mario Casagrande, Camile Clément, Annie Dufour, y Perrine Vandenbroucke. 2016. “Agroecology territories: places for sustainable agricultural and food systems and biodiversity conservation”. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 40 (2): 132–44. <https://doi.org/10.1080/21683565.2015.1115799>.

- Whelan, Christopher, Cagan Sekercioglu, y Dan Wenny. 2015. “Why Birds Matter: From Economic Ornithology to Ecosystem Services”. *Journal of Ornithology* In press (julio). <https://doi.org/10.1007/s10336-015-1229-y>.
- Willcox, Emma, George Tanner, William. Giuliano, y Robert McSorley. 2010. “Avian Community Response to Grazing Intensity on Monoculture and Mixed Florida Pastures”. *Rangeland Ecology & Management* 63 (2): 203–22. <https://doi.org/10.2111/REM-D-09-00092.1>.
- Wilson, Scott, Niloofar Alavi, Dier. Pouliot, y Greg Mitchell. 2020. “Similarity between agricultural and natural land covers shapes how biodiversity responds to agricultural expansion at landscape scales”. *Agriculture, Ecosystems & Environment*:107052. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107052>.
- Zaccagnini, María, Jeffrey Thompson, Jaime Bernardos, Noelia Calamari, y Andrea Goijman. 2011. “Riqueza, ocupación y roles funcionales potenciales de las aves en relación a los usos de la tierra y la productividad de los agroecosistemas: un ejemplo en la ecorregión pampeana”.
- Zuluaga Carrero, Juliana, y Luis Miguel Renjifo Martínez. 2020. “Diversidad composicional y funcional de aves en diferentes tipos de vegetación durante el periodo de lluvias en el enclave seco del cañón del río Chicamocha - Santander”. Pontificia Universidad Javeriana. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.34188>.

Anexos

Anexo 1: Diversidad de aves en los sistemas de producción agroecológica y convencional

		
<i>Anas georgica</i> Cerceta Andina Anatidae	<i>Bubulcus ibis</i> Garza Buyera Ardeidae	<i>Chroicocephalus serranus</i> Gaviota Andina Laridae
		
<i>Vanellus resplendens</i> Avefría andina Charadriidae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i> Águila Pechinegra/ Guarro Accipitridae	<i>Geranoaetus polyosoma</i> Gavilán Dorsirrojo Accipitridae
		
<i>Falco sparverius</i> Cenicalo Americano/Quilico Falconidae	<i>Phalcoboenus carunculatus</i> Cara Cara Falconidae	<i>Patagioenas fasciata</i> Torcaza Columbidae
		
<i>Zenaida auriculata</i> Totola Orejuda Columbidae	<i>Colibri coruscans</i> Orejivioleta Ventriazul Trochilidae	<i>Lesbia victoriae</i> Colacintillo Colinegro Trochilidae

		
<i>Metallura tyrianthina</i> Metalura Tiria Trochilidae	<i>Colaptes rivolii</i> Carpintero Dorsicarmesí Picidae	<i>Synallaxis azarae</i> Colaespina de Azara Furnariidae
		
<i>Grallaria quitensis</i> Gralaria Leonada Grallariidae	<i>Anairetes parulus</i> Cachudito Torito Tyrannidae	<i>Camptostoma obsoletum</i> Tiranolete Silbador Sureño Tyrannidae
		
<i>Turdus fuscater</i> Mirlo Grande Turdidae	<i>Setophaga fusca</i> Reinita Gorjinaranja Falconidae	<i>Myioborus melanocephalus</i> Candelita de Anteojos Parulidae
		
<i>Pipraeidea bonariensis</i> Tangara Azuliamarilla Thraupidae	Pinchaflor negro <i>Diglossa humeralis</i> Thraupidae	<i>Diglossa sittioides</i> Pinchaflor Ferrugíneo Thraupidae

		
<p><i>Catamenia analis</i> Semillero Colifajeado Thraupidae</p>	<p><i>Catamenia inornata</i> Semillero sencillo Thraupidae</p>	<p>Picocono cinéreo <i>Conirostrum cinereum</i> Thraupidae</p>
		
<p><i>Atlapetes latinuchus</i> Matorralero nuquirufo Passerellidae</p>	<p><i>Zonotrichia capensis</i> Gorrion Emberizidae</p>	<p><i>Pheucticus chrysogaser</i> Picogrueso amarillo Cardinalidae</p>

Anexo 2: Inventario de especies en los sistemas productivos agroecológicos

N°	Familia	Especie	Nombre local
1	Asteraceae	<i>Lactuca sativa</i>	Lechuga de repollo
2	Adoxaceae	<i>Sambucus nigrans</i>	Tilo
3	Agavaceae	<i>Agave americana</i>	Penco
4	Amaranthaceae	<i>Amaranthus blitum</i>	Bledo
5	Amaranthaceae	<i>Beta vulgaris</i>	Acelga
6	Amaranthaceae	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Paico
7	Amaranthaceae	<i>Amaranthus caudatus</i>	Amaranto
8	Amaranthaceae	<i>Chenopodium quinoa</i>	Quinoa
9	Amaranthaceae	<i>Amaranthus quitensis</i>	Amaranto blanco
10	Amaryllidaceae	<i>Allium cepa</i>	Cebolla Paiteña
11	Apiaceae	<i>Petroselinum crispum</i>	Perejil
12	Apiaceae	<i>Daucus carota</i>	Zanahoria
13	Apiaceae	<i>Anethum graveolens</i>	hinojo
14	Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i>	Culantro
15	Apiaceae	<i>Petroselinum crispum</i>	Perejil
16	Apiaceae	<i>Coriandrum sativum</i>	Culantro
17	Apiaceae	<i>Apium graveolens</i>	Apio
18	Apiaceae	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	Tomate de árbol
19	Apiaceae	<i>Petroselinum crispum</i>	Perejil
20	Apiaceae	<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	Zanahoria blanca
21	Araliaceae	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	Pumamaqui
22	Asphodelaceae	<i>Aloe vera</i>	Sábila
23	Asteraceae	<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca
24	Asteraceae	<i>Ambrosia arborescens</i>	Marco
25	Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Amor seco
26	Asteraceae	<i>Liabum igniarium</i>	Santa María
27	Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Taraxaco
28	Asteraceae	<i>Lactuca sativa</i>	Lechuga de hoja
29	Asteraceae	<i>Smallanthus sonchifolius</i>	Jicama
30	Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	Cacha Cerraja
31	Asteraceae	<i>Viguiera quitensis</i>	Flor de sol
32	Asteraceae	<i>Tanacetum balsamita</i>	Santa María
33	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Ñachag
34	Astroemeriaceae	<i>Bomarea hirsuta</i>	Aretes de bruja
35	Basellaceae	<i>Ullucus tuberosus</i>	melloco amarillo
36	Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>	Aliso
37	Boraginaceae	<i>Tournefortia fuliginosa</i>	Yanaquero
38	Boraginaceae	<i>Borrago officinalis alba</i>	Borraja
39	Brassicaceae	<i>Brassica napus</i>	nabo silvestre amarillo

40	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>	Papanabo
41	Brassicaceae	<i>Brassica oleracea</i>	Col morada
42	Brassicaceae	<i>Matthiola incana</i>	Alelí
43	Brassicaceae	<i>Eruca sativa</i>	Rúcula
44	Brassicaceae	<i>Raphanus raphanistrum</i>	Rábano Silvestre
45	Brassicaceae	<i>Raphanus sativus</i>	Rábano amarillo
46	Cactaceae	<i>Aguacollas</i>	San Pedro
47	Calceolariaceae	<i>Calceolaria crenata</i>	Zapatitos
48	Cannaceae	<i>Canna edulis</i>	Atsera
49	Caprifoliaceae	<i>Valeriana officinalis</i>	Valeriana
50	Caricaceae	<i>Vasconcellea stipulata</i>	Chilguacán
51	Caricaceae	<i>Vasconcellea pubescens</i>	Chamburo
52	Caricaceae	<i>Carica pentagona</i>	Babaco
53	Chenopodiaceae	<i>Spinacia oleracea</i>	Espinaca
54	Convolvulaceae	<i>Ipomea batatas</i>	Camote
55	Coriariaceae	<i>Coriaria ruscifolia</i>	Shanshi
56	Curcubitaceae	<i>Cucurbita ficifolia</i>	Sambo
57	Curcubitaceae	<i>Cucurbita maxima</i>	Zapallo
58	Curcubitaceae	<i>Cucurbita pepo</i>	zucchini verde
59	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia laurifolia</i>	Lechero
60	Fabaceae	<i>Pisum sativum</i>	Arveja
61	Fabaceae	<i>Lupinus mutabilis</i>	Chocho
62	Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Frejol
63	Fabaceae	<i>Vicia faba</i>	Haba
64	Fabaceae	<i>Vicia sativa</i>	Vicia
65	Fabaceae	<i>Lupinus luteus</i>	Escoba
66	Fabaceae	<i>Phaseolus coccineus</i>	Frejol de mata
67	Fabaceae	<i>Medicago sativa</i>	Alfalfa
68	Fabaceae	<i>Phaseolus lunatus</i>	Frejol
69	Fabaceae	<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia
70	Geraniaceae	<i>Pelargonium hortorum</i>	Geranio
71	Juglandaceae	<i>Juglans neotropica</i>	Tocte
72	Lactuca sativa	<i>lechuga crespa</i>	Lechuga
73	Lamiaceae	<i>Salvia quitensis</i>	Salvia
74	Lamiaceae	<i>Mentha spicata</i>	hierba buena blanca
75	Lamiaceae	<i>Thymus vulgaris</i>	Tomillo
76	Lamiaceae	<i>Melissa officinalis</i>	Toronjil
77	Lamiaceae	<i>Mentha pulegium</i>	Menta
78	Lamiaceae	<i>Minthostachys mollis</i>	Tipo
79	Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i>	Albahaca
80	Lamiaceae	<i>Origanum vulgare</i>	Orégano dulce
81	Lamiaceae	<i>Mentha piperita</i>	Hierba buena
82	Malvaceae	<i>Byttneria ovata</i>	Espino
83	Malvaceae	<i>Malva sylvestris</i>	Malva blanca
84	Melastomataceae	<i>Miconia tinifolia</i>	Cerraja
85	Moraceae	<i>Rubus glaucus</i>	Rosaceae.

86	Moraceae	<i>Ficus carica</i>	Higo
87	Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>	Platanillo
88	Myricaceae	<i>Morella parvifolia</i>	Laurel
89	Myrtaceae	<i>Myrcianthes Hallii</i>	Arrayan
90	Onagraceae	<i>Fuchsia loxensis</i>	Aretes
91	Oxalidaceae	<i>Oxalis spiralis</i>	Chulco
92	Oxalidaceae	<i>Oxalis tuberosa</i>	oca roja
93	Oxalidaceae	<i>Oxalis lotoides</i>	Chulco
94	Passifloraceae	<i>Passiflora mixta</i>	Taxo
95	Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus salviiifolius</i>	Cedrilla
96	Piperaceae	<i>Peperomia peltigera</i>	Patacuyuyu
97	Piperaceae	<i>Peperomia inaequalifolia</i>	Congona
98	Poaceae	<i>Cenchrus clandestinus</i>	Kikuyo
99	Poaceae	<i>Anthoxanthum odoratum</i>	Cebada de perro
100	Poaceae	<i>Zea mays</i>	maíz mischa
101	Poaceae	<i>Triticum aestivum</i>	Trigo
102	Poaceae	<i>Hordeum vulgare</i>	Cebada
103	Polygonaceae	<i>Rumex crispus</i>	lengua de vaca
104	Pteridaceae	<i>Pellaea ternifolia</i>	Pata de pájaro.
105	Rosaceae	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Niguas
106	Rosaceae	<i>Rosa canina</i>	Rosa silvestre
107	Rosaceae	<i>Rubus glaucus</i>	Mora castilla
108	Rosaceae	<i>Fragaria chiloensis</i>	Frutilla
109	Rosaceae	<i>Prunus persica</i>	Durazno
110	Rosaceae	<i>Prunus cerotina</i>	Capulí
111	Rosaceae	<i>Polylepis racemosa</i>	Árbol de papel
112	Rutaceae	<i>Ruta graveolens</i>	Ruda
113	Rutaceae	<i>Citrus limon</i>	Limón
114	Solanaceae	<i>Capsicum rhomboideum</i>	Tomatillo
115	Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i>	Hierba mora
116	Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i>	Papa
117	Solanaceae	<i>Capsicum pubescens</i>	Ají
118	Solanaceae	<i>Solanum lycopersicum</i>	Tomate Cherry
119	Solanaceae	<i>Solanum betaceum</i>	Tomate de árbol
120	Solanaceae	<i>Physalis peruviana</i>	Uvilla
121	Solanaceae	<i>Brugmansia arborea</i>	Floripondio de flor blanca
122	Solanaceae	<i>Solanum caripense</i>	Chímbalo
123	Solanaceae	<i>Cestrum peruvianum</i>	Sauco
124	Tropaeolaceae	<i>Tropaeolum tuberosum</i>	Mashua amarilla
125	Uticaceae	<i>Urtica dioica</i>	Ortiga
126	Verbenaceae	<i>Aloysia triphylla</i>	Cedrón