



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Ingeniería Ambiental

Efecto del vecindario sobre la remoción de frutos: predicciones teóricas con un muérdago en un ecosistema urbano

Trabajo de Integración Curricular
previa a la
obtención del título de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Jonathan Agustin Ruales Abrigo

DIRECTORA:

Ecól. Katusca Valarezo Aguilar M.Sc.

Loja – Ecuador

2024



CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Valarezo Aguilar Katusca Janet**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Efecto del vecindario sobre la remoción de frutos: predicciones teóricas con un muérdago en un ecosistema urbano**, perteneciente al estudiante **JONATHAN AGUSTIN RUALES ABRIGO**, con cédula de identidad N° **1105658791**. Certifico que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular** se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 22 de Agosto de 2023



Firmado electrónicamente por:
**KATIUSCA JANET
VALAREZO AGUILAR**

F) _____

**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**



Certificado TIC/TT.: UNL-2023-000520

Autoría

Yo, **Jonathan Agustín Ruales Abrigo**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.



Firma:

Cédula de identidad: 1105658791

Fecha: 03 de mayo de 2024

Correo electrónico: jonathan.ruales@unl.edu.ec

Teléfono: 0986098279

Carta de autorización por parte del autor para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo **Jonathan Agustín Ruales Abrigo**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Efecto del vecindario sobre la remoción de frutos: predicciones teóricas con un muérdago en un ecosistema urbano**, como requisito para optar por el título de Ingeniero Ambiental, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja a los tres días del mes de mayo del dos mil veinticuatro.



Firma:

Autor: Jonathan Agustín Ruales Abrigo

Cédula: 1105658791

Dirección: Malacatos

Correo electrónico: jonathan.ruales@unl.edu.ec

Teléfono: 0986098279

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ecól. Katusca Valarezo Aguilar *M.Sc.*

Dedicatoria

Este trabajo se lo quiero dedicar a mi madre, Rocío, así como a mis hermanos, Lenin y Josselyn, y a mis queridos abuelos, José y Flora, quienes han sido mi apoyo incondicional desde el primer día, estuvieron a mi lado brindándome palabras de motivación, impulsándome a superar los desafíos y a perseverar en cada etapa. A mi padre Segundo, por ser mi fuente de inspiración, gracias a su ejemplo de carácter y sacrificio, he sido capaz de superar obstáculos aparentemente insuperables y alcanzar metas que una vez parecían inalcanzables.

Su apoyo constante y vuestro amor incondicional me dieron la fuerza necesaria para alcanzar este logro significativo en mi vida académica y siempre estaré agradecido por el apoyo que me brindaron.

Jonathan Ruales

Agradecimiento

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que contribuyeron de manera significativa y permitieron el desarrollo exitoso de la presente investigación.

Deseo extender un agradecimiento especial a la Ecóloga Katusca Valarezo Aguilar, directora de tesis. Asimismo, quiero destacar el constante apoyo, las valiosas enseñanzas y la orientación brindada por el Ing. Christian Mendoza León a lo largo de todo el proceso de investigación.

Al Museo de Zoología de la Universidad Nacional de Loja (LOUNAZ), el cual contribuyó con la provisión de materiales y equipos esenciales para llevar a cabo el levantamiento de información en campo. Y además Un reconocimiento especial va dirigido a la Universidad Nacional de Loja y a los destacados docentes de la Carrera de Ingeniería Ambiental, los cuales, a lo largo de mi etapa universitaria, aportaron conocimientos y enseñanzas esenciales para mi crecimiento académico y formativo.

Finalmente agradezco a todos mis amigos, compañeros de clase por su apoyo y compañerismo brindado a lo largo de toda la carrera.

Jonathan Ruales

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras	ix
Índice de anexos	ix
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Interacciones ecológicas	6
4.2. Dispersión de semillas	7
4.3. Efectos a escala de vecindario	8
4.4. Análisis de facilitación o competencia	8
4.5. <i>Phoradendron nervosum</i> : especie hemiparásita	9
5. Metodología	10
5.1. Área de estudio	10
5.2. Selección de los puntos de muestreo	11
5.2.1. Registro de interacciones.....	12
5.2.2. Cálculo del promedio de número de frutos en el vecindario.....	13
5.2.3. Identificación de especies de aves.....	14

5.3. Análisis estadístico	14
6. Resultados	14
7. Discusión	18
8. Conclusiones	21
9. Recomendaciones	21
10. Bibliografía	22
11. Anexos	28

Índice de tablas:

Tabla 1. Frutos promedio del muérdago para cada tamaño	13
Tabla 2. Detalle de las medidas de tamaño de <i>P. nervosum</i>	13
Tabla 3. Aves frugívoras que visitan árboles focales infectados por <i>P. nervosum</i> . Los datos corresponden a observaciones con un esfuerzo de muestreo de 48 horas en 15 árboles focales	14
Tabla 4. Tamaño de la cosecha de frutos de <i>P. nervosum</i>	16
Tabla 5. Modelos lineales para la frugívora	17

Índice de figuras:

Figura 1. Análisis de facilitación o competencia	9
Figura 2. Mapa de ubicación	11
Figura 3. Número de visitas por especie en cada localidad	15
Figura 4. Número de frutos removidos por especie en cada localidad	16

Índice de anexos:

Anexo 1. Coordenadas de los puntos de los árboles focales y vecindario de las áreas de estudio	28
Anexo 2. Estimación visual del número de muérdagos por tamaño en el árbol focal	28
Anexo 3. Conteo de frutos de <i>P. nervosum</i>	29
Anexo 4. Registro fotográfico de <i>Chlorophonia cyanocephala</i> los cuales utilizan al muérdago <i>P. nervosum</i> , como recurso alimenticio	29
Anexo 5. Registro fotográfico de aves que visitan al muérdago <i>Phoradendron nervosum</i> , pero no lo utilizan como recurso alimenticio.....	31
Anexo 6. Visitas registradas por especie, en los diferentes puntos focales, área Jipiro.....	32
Anexo 7. Visitas registradas por especie, en los diferentes puntos focales, área Punzara.....	32
Anexo 8. Visitas registradas por especie, en los diferentes puntos focales, área Ciudad Alegría	33
Anexo 9. Certificado de traducción del resumen	33

1. Título

Efecto del vecindario sobre la remoción de frutos: predicciones teóricas con un muérdago en un ecosistema urbano.

2. Resumen

Son mínimos los estudios donde se realizan predicciones teóricas con especies vegetales en ecosistemas urbanos, por lo que se analizó cómo el tamaño de la cosecha de frutos disponibles del muérdago (*Phoradendron nervosum*) en un ecosistema urbano promueve la competencia o facilitación entre plantas mediada por aves frugívoras dispersoras de semillas, específicamente en la ciudad de Loja. *P. nervosum* es una planta hemiparásita, es decir, esta obtiene las sustancias nutricionales que necesita de un huésped, sin embargo, también puede servir de refugio y alimento para otras especies. En el entorno urbano de la ciudad, se seleccionaron tres áreas y en cada una se eligieron cinco sauces (*Salix humboldtiana*) infestados por muérdago. Se establecieron áreas circulares con un radio de 30 metros alrededor de los árboles focales, considerándose esto como un vecindario de frutos. Durante 45 minutos, se observaron las interacciones entre las aves y los muérdagos en los árboles seleccionados. Se tomaron muestras de muérdago en tres tamaños (grande, mediano y pequeño), con cinco ejemplares por tamaño, y se contó el número de frutos para calcular un promedio. Las variables tasas de visitas y remoción de frutos se relacionaron positivamente con el tamaño de la cosecha de *P. nervosum* en el contexto del vecindario. Demostrando que el vecindario tiene un efecto significativo en la remoción de frutos de *P. nervosum* en un ecosistema urbano. Sugerimos que la tasa de remoción de frutos aumenta (es decir, se facilita) a medida que aumentan las densidades de frutos vecinos conespecíficos de muérdagos.

Palabras clave: entorno urbano, frugivoría, interacciones planta-animal, *Phoradendron nervosum*, hemiparásita.

Abstract

In the academic sphere, there are few studies dedicated to making theoretical predictions about plant species in urban ecosystems. Therefore, an analysis has been carried out on how the size of the available fruit harvest of mistletoe (*Phoradendron nervosum*) in an urban environment can influence competition or facilitation among plants, mediated by frugivorous seed-dispersing birds, specifically in the city of Loja. *P. nervosum* is a hemiparasitic plant, which means it obtains the nutrients it needs from a host, but it can also serve as shelter and food for other species. To conduct the study, three areas were selected in the urban environment of the city, where five willow trees (*Salix humboldtiana*) infested with mistletoe were identified in each area. Circular areas with a distance of 30 meters around the focal trees were delimited, considering them as "fruit neighborhoods." During a period of 45 minutes, interactions between birds and mistletoe on the selected trees were observed. Mistletoe samples were collected in three different sizes (large, medium, and small), with five specimens per size, and the number of fruits was counted to calculate an average. The results showed that the variables of visitation rates and fruit removal were positively related to the size of the *P. nervosum* harvest in the context of neighborhoods. This demonstrates that the neighborhood has a significant effect on the removal of *P. nervosum* fruits in an urban environment. It is suggested that the fruit removal rate increases (i.e., is facilitated) as the density of neighboring conspecific mistletoe fruits increases.

Keywords: Urban environment, Frugivory, Plant-animal interactions, *Phoradendron nervosum*, Hemiparasite.

3. Introducción

Las interacciones ecológicas entre especies es uno de los temas principales de la ecología y evolución, que permiten comprender cómo las diferentes especies están relacionadas entre sí (Muller, 1883). Las interacciones planta-animal desempeñan un papel crucial en los ecosistemas, representado una red compleja, que enlaza a las especies presentes en los ecosistemas, considerada como la base estructural desde la cual se desarrolla la biodiversidad (Medel et al., 2009).

En este contexto, se encuentran los mutualismos, entre los más investigados está el mutualismo de dispersión de semillas, establecido entre plantas y animales frugívoros (González et al., 2022; Henry, 2006). Estas interacciones son especialmente importantes, ya que intervienen directamente en temas de reproducción y reclutamiento de especies vegetales. Donde la distribución, densidad y composición de especies vegetales desempeñan un papel fundamental (Levey et al., 2002), al filtrar el conjunto de especies de aves presentes, modificar la actividad de forrajeo de las aves frugívoras, y alterar su comportamiento espacial, lo que a su vez afecta el lugar donde depositan su excremento; ya que se conoce que la disponibilidad de frutos es una de las principales características del medio que condiciona la actividad de las aves frugívoras (Quitíán et al., 2019).

Sin embargo, las interacciones ave-planta, al igual que otros procesos ecológicos, son afectadas cuantitativa y cualitativamente por la fragmentación, ocasionado por la rápida expansión urbana, generando cambios en la estructura de hábitats, lo que crea un ambiente antrópico (Díaz et al., 1987). Esto, a su vez, afecta negativamente a las poblaciones de plantas y a los organismos que desempeñan roles clave como polinizadores, dispersores de semillas y herbivoría (Arnold y Asquith, 2002). Aumentando la separación física entre subpoblaciones de plantas y animales, y perturbando sus patrones de dispersión y colonización (Aizen y Feinsinger, 1994).

Además, las alteraciones por crecimiento poblacional humano han causado la modificación de comunidades, tanto en su abundancia y composición de las especies, como en la organización de sus interacciones ecológicas, que son importantes para la relación entre flora y fauna dentro de zonas específicas, resultando en nuevas combinaciones de especies, integrada principalmente por especies invasoras (Medel et al., 2009).

Debido al aislamiento entre áreas verdes, las comunidades de aves urbanas se distinguen por la dominancia de pocas especies, conocidas comúnmente como aves generalistas, las cuales

tienen atributos especiales (Corbidi, 2012; Murgui, 2022). Este aspecto afecta negativamente la riqueza de especies vegetales, principalmente aquellas con pocas capacidades competitivas y de dispersión (Guzmán, 2020), lo que conlleva la afectación de procesos ecológicos como las interacciones entre especies vegetales y aves frugívoras (Lei et al., 2023).

Según lo mencionado anteriormente, las aves frugívoras en entornos urbanos optan por la utilización de frutos de acuerdo con las posibilidades dentro de su hábitat (Blendinger et al., 2022). Conforme a la hipótesis del seguimiento de frutos, se predice que la presencia de las aves está vinculada a la disponibilidad de frutos en el tiempo y espacio (Burns, 2004; Rey, 1995). Teniendo un comportamiento predecible en relación al tamaño de los frutos y los vecindarios de fructificación cercanos (Carlo y Morales, 2008); buscando frutos para satisfacer sus necesidades, empleando criterios de selección basados en la cantidad y la calidad de la fruta (Vergara et al., 2010).

Sin embargo, en un vecindario de fructificación se conoce que la remoción de frutos parece no ser consistente en todos los casos; en algunos casos, de acuerdo a Takahashi y Kamitani (2004) la fruta del vecindario facilita, es decir, aumenta la extracción de frutos al atraer frugívoros, mientras que en otras ocasiones reduce la extracción debido a la competencia entre las plantas por los frugívoros (Manasse y Howe, 1983). Además, Smith y Williams (2014), menciona que, al existir un aumento en la extracción de frutos, se mejora la eliminación de frutos de una especie de planta debido a la mayor densidad de frutos en el vecindario, sin embargo, cuando los frutos están distribuidos de manera desigual, el aumento en la extracción de frutos alcanza un límite, resultando en una disminución de la extracción de frutos debido a la competencia entre plantas.

A pesar de que esta información está ya establecida (Bruno et al., 2003), se espera que, en áreas urbanas, donde las condiciones y los recursos disponibles pueden ser limitados, los procesos de competencia entre especies vegetales a nivel comunitario, se vuelven más intensos; entre especies vegetales relacionadas, lo que dificultará en gran medida su coexistencia. Así mismo, Stachowicz (2001) señala que la facilitación desempeña un papel importante en la estructuración de las comunidades en entornos naturales, por lo que se espera que en entornos urbanos este tipo de interacciones permita coexistir de manera más exitosa a las plantas y aves frugívoras, o al menos a uno de los participantes favorecido por la presencia de otro, sin causarles daño.

Se conocen y han documentado el efecto del vecindario en la interacción entre plantas por aves frugívoras generales en áreas naturales, tal es el caso de las investigaciones realizadas por Correoso (2022) y Vera et al. (2014). Sin embargo, en áreas urbanas todavía existe una gran

incertidumbre sobre la conexión entre la población de plantas, la estructura de la comunidad y las interacciones entre los frugívoros y las especies vegetales (Bascompte y Jordano, 2007).

Por ello, se evaluaron los patrones de dispersión de semillas en ecosistemas urbanos utilizando como modelo la especie hemiparásita *Phoradendron nervosum* que actualmente se encuentra en las zonas verdes de la ciudad de Loja (Mendoza, 2023). Esta especie es una fuente importante de alimento debido a la producción constante de frutos, lo que la convierte en un recurso alimentario atractivo para las aves (Mellado y Zamora, 2015; Mellado et al., 2016). Sin embargo, al ser hemiparásita, su propagación y dispersión, teniendo en consideración el grado de infestación, podría provocar daños graves a mediano o largo plazo (Pérez, 2016), ya que sus procesos de crecimiento pueden alterar el equilibrio de agua, nutrientes, reducen la fotosíntesis y la respiración de la especie hospedera (Matula et al., 2015).

En tanto que, es de gran importancia evaluar cómo influye la presencia del muérdago (*P. nervosum*), al ser uno de los recursos alimentarios utilizados por las aves frugívoras en sitios urbanizados de la ciudad de Loja. Con este fin, se ha planteado como objetivo contribuir con información a escala de vecindario sobre la relación que tienen las aves frugívoras con la disponibilidad de frutos de *P. nervosum* en un ecosistema urbano. Para lograr esto, se han establecido los siguientes objetivos específicos: i) cuantificar el número de visitas, el número de frutos removidos y el tamaño de la cosecha de frutos disponibles en el vecindario de *P. nervosum* para su selección, en el ecosistema urbano de la ciudad de Loja; ii) Probar las predicciones teóricas de los efectos del vecindario en la frugivoría de *Phoradendron nervosum* en un ecosistema urbano.

Con ello se pudo definir cómo el tamaño de la cosecha de frutos disponibles de *P. nervosum* en un ecosistema urbano promueve la competencia o facilitación entre plantas mediada por aves frugívoras dispersoras de semillas.

4. Marco Teórico

4.1. Interacciones ecológicas

Las interacciones ecológicas flora-fauna cumplen un papel fundamental en la dinámica y evolución de las poblaciones y comunidades. Las interacciones representan la red que enlaza las especies presentes en los ecosistemas, convirtiéndose en la estructura principal que da origen a la biodiversidad (Simmons et al., 2018).

En las interacciones ecológicas se encuentran las interespecíficas que pueden ser positivas (mutualismo) o negativas (depredación en las que una especie se alimenta de la otra, competencia que se refiere a la interferencia de una especie con la supervivencia y el

crecimiento de otra, o parasitismo donde una especie se aprovecha de otra para obtener alimento o un lugar para reproducirse) entre individuos de diferentes especies, las cuales miden funciones ecológicas claves, además de determinar flujos de energía como la nutrición mineral, polinización y dispersión de semillas, teniendo un gran impacto en la supervivencia de una especie y en la dinámica de la comunidad (Méndez y Monge, 2005; Romero, 2007).

Los mutualismos planta – animal relacionan dos organismos de diferentes especies donde ambos se benefician. Estas relaciones son esenciales para la permanencia de las especies socias y mejoran su eficacia biológica, lo que garantiza el mantenimiento de la biodiversidad y el estado de los ecosistemas. Las interacciones mutualistas se encuentran en todos los ecosistemas, por ello, la interrupción de los mutualismos puede afectar el patrón de flujo de genes, reproducción sexual, reclutamiento de nuevas especies, además del potencial de las especies para el cambio evolutivo (Schupp et al., 2017; Rodríguez et al., 2007).

4.2. Dispersión de semillas

Dentro de los mutualismos, los más estudiados son el de frugivoría y la dispersión de semillas por fauna (González et al., 2022). La dispersión de semillas mediada por animales frugívoros es fundamental en la dinámica y regeneración de muchos tipos de vegetación, siendo de gran importancia para predecir los cambios evolutivos dentro de las interacciones planta-animal.

La dispersión de semillas, es una estrategia de supervivencia para las plantas, lo que aumenta la posibilidad de que sus semillas germinen en nuevos ambientes (García y Ortiz, 2004). Dentro de los animales dispersores de semillas se encuentran diferentes especies de mamíferos voladores, mamíferos terrestres, reptiles y aves (Domínguez et al., 2006); Sin embargo, la dispersión se da mayormente por aves, empleando métodos como la endozoocoria, que es un proceso donde las semillas que se encuentran dentro de algún fruto carnoso, al ser devoradas pasan por el tracto digestivo del ave y son devueltas a la tierra de forma parcial al ser regurgitados, o total al ser defecados (García, 1991).

Existen dos tipos de eficiencia en la dispersión de semillas, el cuantitativo que es el resultado del número de visitas multiplicado por el número de semillas removidas en cada visita y el componente cualitativo que es la viabilidad de la semilla después de ser defecada o regurgitada, dependiendo de donde sea depositada (Santos et al., 2017).

Las especies de aves frugívoras que consumen frutos y semillas son los principales regeneradores naturales con un 60-80% de gran parte de especies de plantas (Jordano et al., 2011), ya que comen los frutos maduros y excretan sus semillas a distancias considerables de la planta madre, además también pueden transportar semillas en sus plumas, picos o patas. Las

semillas más grandes y pesadas son difícilmente transportadas por las aves, mientras que las semillas más pequeñas son más fáciles de transportar (Tiribelli et al., 2017). Por ello, la elección de frutos puede relacionarse con un equilibrio costo-beneficio, por lo que existen varios factores que pueden influir en la selección de frutos y dispersión de semillas como el tamaño, proporción de fruto y semilla, contenido de nutrientes, tamaño de cultivo, fenología, estructura y diversidad de la comunidad vegetal además de los vecinos más cercanos (Ratnarison y Forget, 2013).

4.3. Efectos a escala de vecindario

Un vecindario es un área donde varias especies arbóreas y de plantas crecen juntas en un hábitat compartido y son importantes para la biodiversidad, ya que proporcionan un entorno natural a la flora y fauna. De acuerdo con lo mencionado anteriormente, la distribución, densidad y composición de especies dentro del contexto de un vecindario de fructificación, que son especies de plantas que se combinan para crear una variedad de frutos, pueden influir en los patrones de frugivoría al afectar la abundancia de frugívoros y conducta al buscar alimento (Smith y Williams, 2014).

La variación espacial se refiere a la variación de los factores naturales como clima, suelos, vegetación, uso del suelo, siendo una característica común de los paisajes y juegan un papel fundamental en el estudio de los ecosistemas. Por ello, esta variación entre las especies de flora que coexisten localmente, puede influir en la determinación de carácter competitivo o facilitador de las interacciones planta-planta mediada por frugívoros, ya que los cambios en la variabilidad espacial pueden afectar a la floración y fructificación de las especies de plantas (Albrecht et al., 2015).

4.4. Análisis de facilitación o competencia

De acuerdo con Smith y Williams (2014), si la extracción de frutos aumenta, se produce facilitación de una especie de planta, ya que existen densidades crecientes de frutos en el vecindario. Por otro lado, cuando los frutos se encuentran distribuidos de una forma desigual, la extracción de frutos en el vecindario aumenta sólo hasta un determinado momento, por lo que existirá una menor extracción de frutos, es decir, competencia. Como se observa en la figura 1, si se obtiene una gráfica en forma descendente, es decir, de relación negativa existirá competencia (más frutos, menos frutos removidos) y si es de forma ascendente se evidenciará una relación positiva y se podrá deducir que existe facilitación (una relación directa entre más frutos disponibles y más frutos removidos) dentro del vecindario.

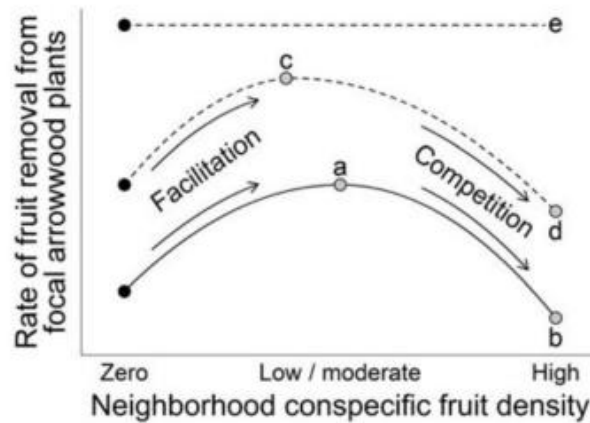


Figura 1. Análisis de facilitación o competencia

Tomado de: Smith y Williams, 2014.

Se podría dar una facilitación interespecífica causada por el favoritismo a un grupo selecto de plantas en comparación a especies con menos atracción a las aves, complementariedad nutricional o por un efecto de patrones fenológicos que pueden ocasionar que los frugívoros cambien el uso de especies de plantas fructíferas *in situ*, lo que daría como resultado una mejor dispersión de semillas. Por otro lado, la competencia interespecífica se ocasiona por la limitación de frugívoros, es decir, no reaccionan a la variación de tamaños de cultivos de una manera dependiente a la densidad o a diferencias en la altura de las plantas, lo que puede disminuir el éxito de dispersión de semillas para especies menos seleccionadas cuando las especies con mayor uso se encuentren presentes (Tomás, 2005).

4.5. *Phoradendron nervosum*: especie hemiparásita

Una gran parte de especies de plantas invasoras son productoras de frutos carnosos, lo que ha provocado invasiones biológicas catalogadas como de gran amenaza, ya que alteran la composición de especies, productividad primaria, estructura y la hidrología de comunidades nativas, lo que ha redundado en la pérdida de especies (Gleditsch y Tomás, 2011). Una de las causas principales de la aparición de especies exóticas se atribuye a la fragmentación del hábitat, que es la alteración de los hábitats naturales por actividades humanas, lo que trae efectos en las interacciones mutualistas, aumentando las tasas de extinción (Jordano et al., 2011).

Tal es el caso de la aparición de *Phoradendron nervosum*, especie hemiparásita que se caracteriza por ser dispersada en distintas especies vegetales. Sin embargo, el establecimiento de los muérdagos hemiparásitos depende principalmente de la compatibilidad entre el muérdago y el árbol huésped. Esta compatibilidad se basa en la resistencia del árbol huésped y la capacidad de infección del muérdago (Ornelas y Vazquez, 2023).

Aunque los muérdagos hemiparásitos son capaces de llevar a cabo la fotosíntesis, obtienen aproximadamente entre un 5 % y un 21 % de carbono, y todos sus requerimientos de agua y nutrientes provienen del árbol huésped. Por lo tanto, los árboles huéspedes desempeñan un rol esencial en el ciclo de vida de estas especies parásitas (Bannister y Strong, 2001).

A pesar de que las semillas del muérdago pueden germinar sin dificultad en casi cualquier situación, es necesario que las semillas sean liberadas de su capa externa y depositadas, por las aves, en las ramas de los árboles huéspedes propensos para que tengan alguna oportunidad de establecerse (Lara y Ornelas, 2021).

No obstante, en casos de infestación severa, el muérdago puede ocasionar daños significativos a largo plazo (Pérez, 2016). Esto se debe a que los procesos de crecimiento del muérdago perturban el equilibrio de agua y nutrientes, disminuyen la fotosíntesis y la respiración de la planta huésped (Matula et al., 2015).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

La investigación se realizó en el cantón Loja (Figura. 2), ubicado en la región sur-occidental de Ecuador, geográficamente ubicada en 03° 39' 55" y 04° 30' 38" de latitud Sur, 79° 05' 58" y 79° 05' 58" de longitud Oeste. Este cantón con una extensión de 52 Km², caracterizado por tener un clima cálido templado, con una altitud que varía entre 2100 y 2135 m s.n.m., las temperaturas promedio anuales oscilan entre 13 °C a 26 °C, además cuenta con una precipitación anual promedio de 900 mm (GEO Loja, 2008).

Según Sierra et al. (1999), en Loja, el 28 % de la cobertura forestal está integrada de bosques naturales muy intervenidos y matorrales, donde la vegetación dominante es el matorral húmedo, que en su gran mayoría ha sido reemplazado por cultivos y bosques principalmente de eucalipto. Las áreas verdes de Loja están mayormente compuestas por especies arbóreas introducida, como el sauce (*Salix humboldtiana Willd*), mimosa plateada (*Acacia dealbata Link*), aliso (*Alnus acuminata Kunth*), eucalipto (*Eucaliptus globulus Labil*) (Aguirre, 2013). El estudio se centró en los individuos del sauce (*Salix humboldtiana Willd*), que actualmente se encuentran parasitados por *Phoradendron nervosum Oliv.*

El diseño de la investigación adoptado fue el de un muestreo estratificado aleatorio de tipo no experimental, con un enfoque relacional. Donde se consideraron como variables el

número de visitas y número de frutos removidos como variables dependientes; y los frutos en el vecindario como variable independiente.

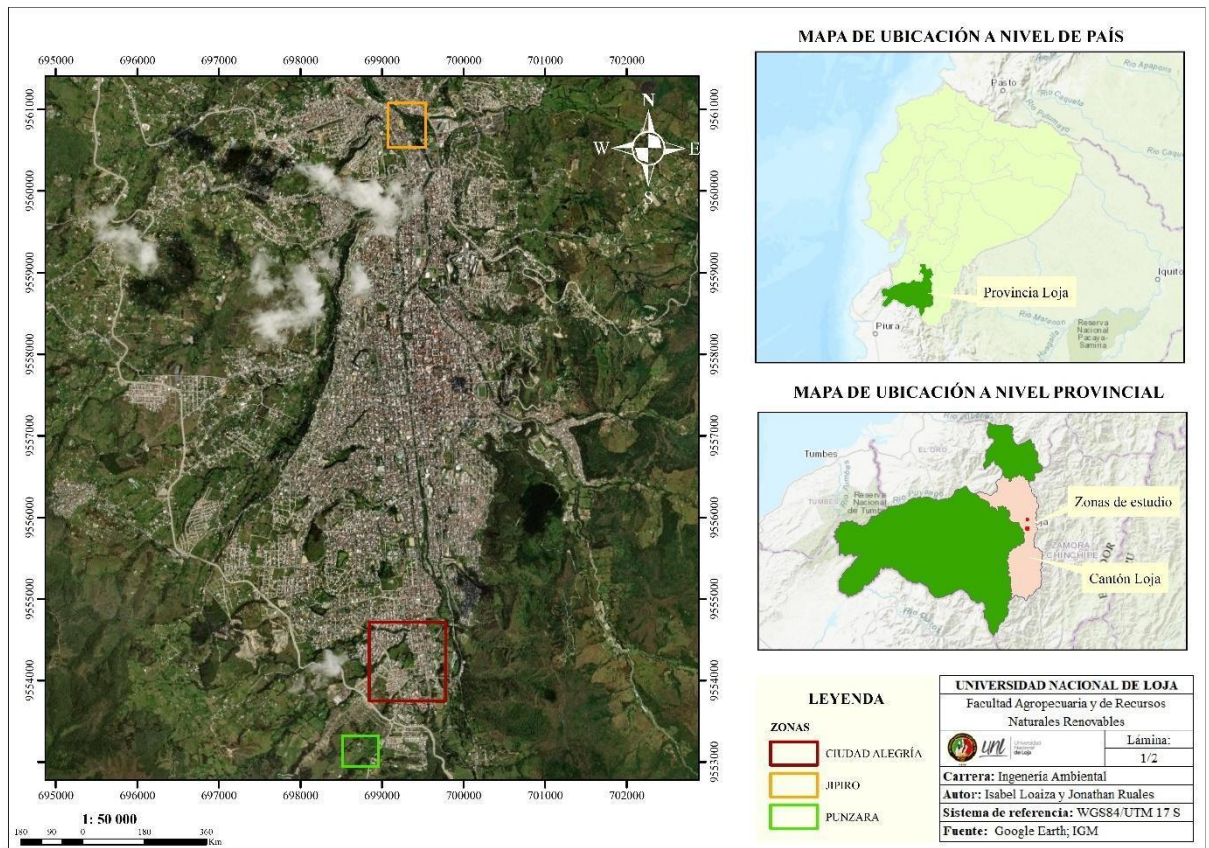


Figura 2. Mapa de ubicación

5.2. Selección de los puntos de muestreo

Para evaluar los efectos del vecindario se seleccionaron tres zonas de muestreo dentro del área urbana de la ciudad de Loja, las tres estaciones de muestreo (A1, A2, A3) están espacialmente divididas de la siguiente manera: A1 (Área recreacional parque Jipiro con presencia de áreas verdes, lagos artificiales y senderos), A2 (Ciudad Alegría, zona habitacional y comercial con pequeñas áreas vegetales), A3 (Área periurbana Punzara, entendida como una zona de transición entre el área rural y urbana, con presencia de viviendas suburbanas y áreas con plantaciones).

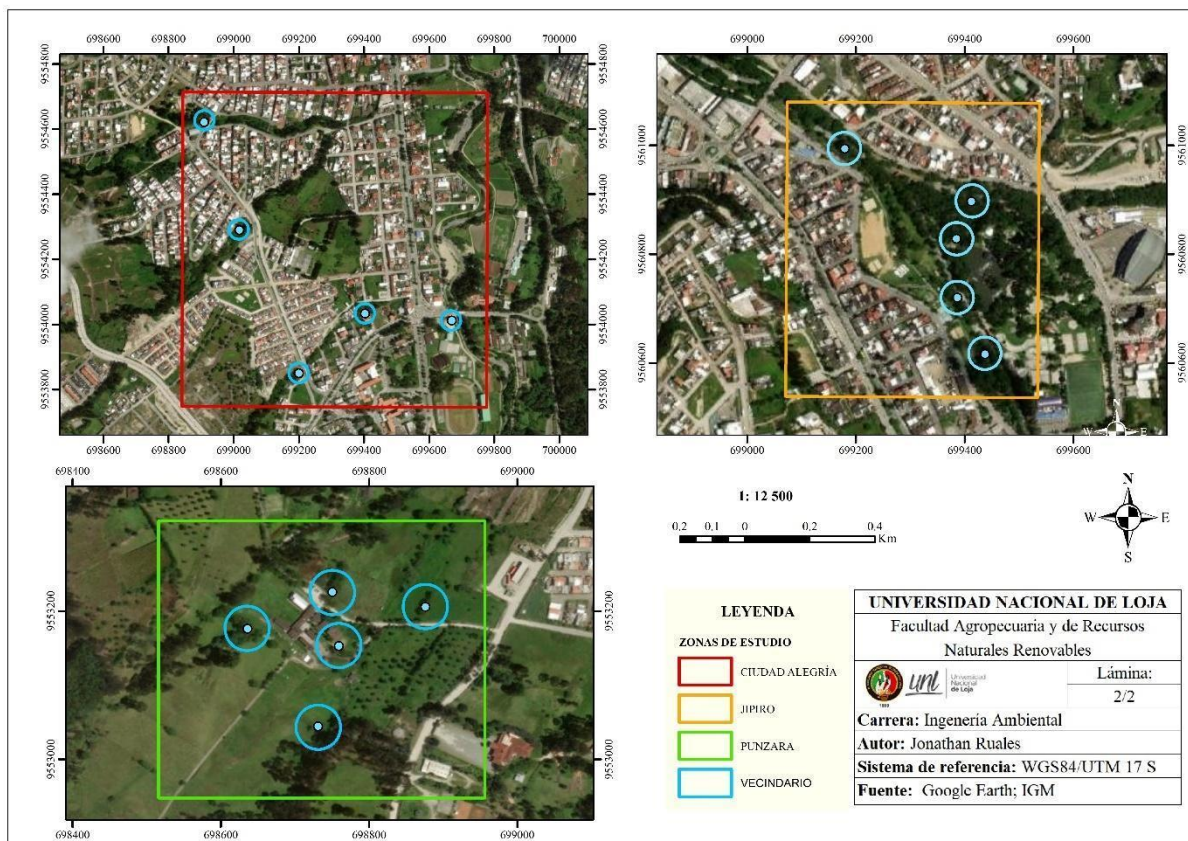


Figura 3. Zonas de muestreo

Se realizó un muestreo exploratorio para identificar los individuos de sauce infestados por muérdago. En cada zona de muestreo se seleccionaron cinco árboles focales infestados. Alrededor de cada árbol se establecieron parcelas circulares de 30 m de radio consideradas como vecindarios de frutos a escala local. Cada árbol focal estuvo separado por una distancia mínima de 70 m entre sí, siguiendo la metodología de Saracco et al. (2005)

5.2.1. Registro de interacciones

En los meses de mayo y junio del 2023, se registraron las interacciones entre aves y muérdago dentro de un horario específico de 06:30 a.m. y las 10:30 a.m. Estas interacciones fueron observadas en los árboles focales ubicados como centro dentro del radio de 30 m del vecindario. En cada período de muestreo, se asignó un tiempo de 45 minutos para observar las interacciones en árboles focales. En total, se realizaron tres períodos de muestreo independientes, con dos muestreos por mes, cada uno con una duración de cuatro horas. Durante el muestreo y con el objetivo de obtener una mejor visualización de las interacciones entre ave-muérdago, se utilizaron binoculares de 8x42. Cada ave observada en un árbol focal fue

considerada como una visita, donde se registró el número total de frutos manipulados, así como la suma de frutos con los que interactuaron las aves.

Para cuantificar el número total de frutos que una especie remueve de un árbol focal, se realizó un conteo visualmente del número de frutos manipulados en la duración total de la visita. Se cuantificó como frutos removidos únicamente a los frutos tragados enteros por el ave (Albrecht et al., 2012). Cabe recalcar que cuando el árbol focal fue visitado por varios individuos o especies, se observó a un solo individuo o especie con menos registros para establecer el número de frutos consumidos. Los datos obtenidos se registraron en hojas de campo.

5.2.2. Cálculo del promedio de número de frutos en el vecindario

Para el cálculo del número de frutos, se tomaron tres muestras de *Phoradendron nervosum* de tres tamaños (grande, mediana y pequeña teniendo en cuenta el desarrollo de muérdagos), con cinco ejemplares de cada tamaño, en cada una de las muestras se contaron los frutos y se realizó un promedio (Tabla 1). Cabe mencionar que a lo que se denominó vecindario fueron los cinco árboles que estaban dentro de un radio de 30 metros del árbol focal, esto porque son las que se encuentran mayormente infectadas. El criterio de selección se basó en que los árboles estudiados tengan una carga parasitaria de más del 50% de la copa y que estos posean un diámetro de 2 a 2.5 metros de tamaño.

Tabla 1. Frutos promedio del muérdago para cada tamaño

Tamaño de muérdago	Promedio
Muérdago grande	1870
Muérdago mediano	1225
Muérdago pequeño	567

Posteriormente, se realizó una visita a todos los árboles infestados con muérdago dentro del vecindario. donde se identificó visualmente la infestación por muérdago en cada individuo de sauce, clasificando el nivel de infestación como grande, mediano o pequeño, según el grado de desarrollo del muérdago observado teniendo en cuenta las siguientes consideraciones (Tabla 2). Luego, se multiplicó este conteo por el promedio de frutos obtenidos previamente para cada tamaño de muérdago. Este cálculo permitió estimar el número total de frutos presentes en el vecindario (Guerra et al., 2017).

Tabla 2. Detalle de las medidas de tamaño de *P. nervosum*

Tamaño de muérdago	Longitud (cm)	Ancho (cm)	Diámetro (cm)
---------------------------	----------------------	-------------------	----------------------

Muérdago grande	140-160	170-180	12
Muérdago mediano	70-80	120-130	8
Muérdago pequeño	45-50	40-45	4

5.2.3. Identificación de especies de aves

La identificación taxonómica de las aves se realizó utilizando la Guía de Aves del Ecuador (2006), la Bioweb (actualizada en enero de 2022) (Freile y Poveda, 2019) y, a través de la aplicación Merlín Bird ID (Cornell Lab of Ornithology, 2023) y BioWeb (PUCE 2023).

5.3. Análisis estadístico

Los análisis se realizaron con dos modelos lineales generalizados mixtos (GLMM) con un ajuste de distribución Poisson para evaluar los efectos de la oferta de recursos alimentarios disponibles sobre la medida de uso del recurso, utilizando el software R en su versión 4.2.2 (R Core Team, 2023) y el paquete estadístico lmer4 (Bates et al., 2015). Estos modelos se emplearon para examinar la relación entre la disponibilidad de frutos en el árbol focal y en el vecindario, y su impacto en el número de visitas de árboles y el número de frutos removidos. Las variables respuesta fueron el número de visitas de árboles y el número de frutos removidos, mientras que las variables explicativas en todos los modelos fueron la cantidad de frutos en el vecindario y en el árbol focal. En todos los modelos, la localidad (Jipiro, Punzara, Ciudad Alegría) se consideró como variable aleatoria para tener en cuenta la influencia del sitio.

6. Resultados

Se registró un total de 283 visitas de aves frugívoras a *P. nervosum* hospedado en *Salix humboldtiana*, que fueron realizadas por 9 especies de aves en 48 horas de observación. De las especies que visitaron el muérdago solo cinco removieron los frutos, manipulando un total de 777 frutos. La especie con mayor número de frutos manipulados fue (Vieillot, 1819) (726 frutos manipulados, $\bar{X}=48,40$), seguido de *Euphonia xanthogaster* Sundevall, 1834 (26 frutos manipulados $\bar{X}=1,73$) y las demás especies registradas con un número menor a 14 frutos removidos se presentan en la (Tabla 3).

Tabla 3. Aves frugívoras que visitan árboles focales infectados por *P. nervosum*. Los datos corresponden a observaciones con un esfuerzo de muestreo de 48 horas en 15 árboles focales

Especie	No. de Visitas	No. Total, de frutos consumidos/ individuo	Media de frutos removidos por AF	No frutos consumidos / total visitas	Tiempo promedio de visita (segundos)
<i>Buthraupis montana</i>	2	5	0,33	0,67	4,00
<i>Campylorhynchus fasciatus</i>	2	0	0,00	0,00	4,00
<i>Colaptes rubiginosus</i>	2	0	0,00	0,00	20,67
<i>Chlorophonia cyanocephala</i>	250	726	48,40	12100,00	835,00
<i>Euphonia xanthogaster</i>	7	26	1,73	12,13	42,00
<i>Pheucticus chrysogaster</i>	11	14	0,93	10,27	84,00
<i>Thraupis episcopus</i>	1	2	0,13	0,13	2,00
<i>Turdus fuscater</i>	1	0	0,00	0,00	20,00
<i>Zenaida auriculata</i>	2	0	0,00	0,00	4,00

En la Figura 4 se presenta el número de visitas que realizó cada especie de ave a *P. nervosum* en las diferentes localidades, *Chlorophonia cyanocephala* destaca en el número de visitas en las tres localidades seguido de *Pheucticus chrysogaster* y finalmente *Euphonia xanthogaster* (Anexo 6).

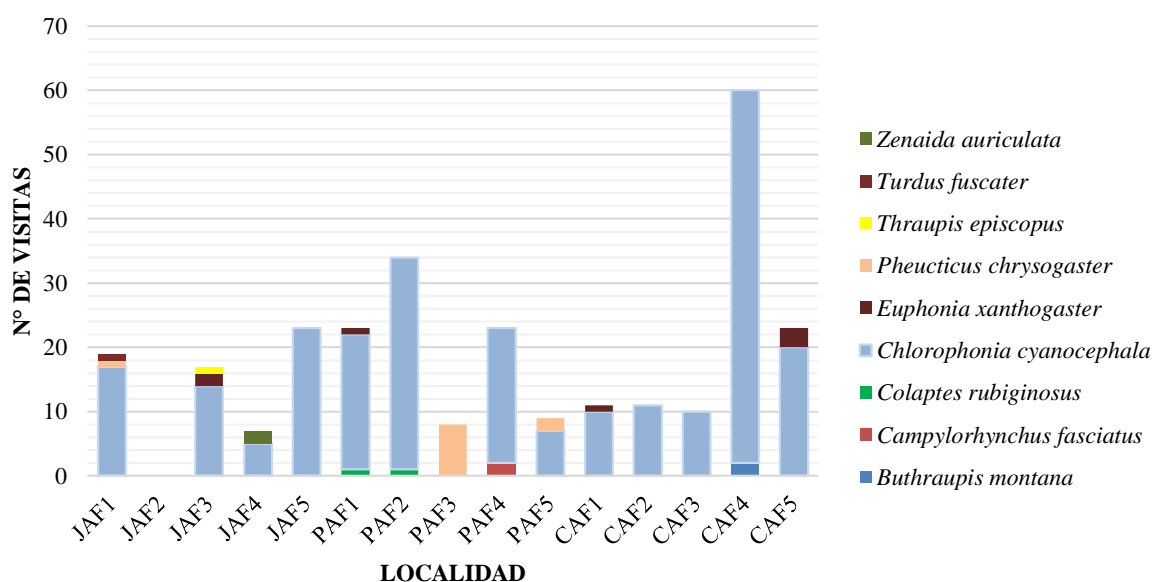


Figura 3. Número de visitas por especie en cada localidad

En la cantidad de frutos removidos por cada una de las especies en cada localidad se destaca *Chlorophonia cyanocephala* seguido de *Euphonia xanthogaster*, y las demás especies registradas con un número menor a 14 frutos removidos (Figura5).

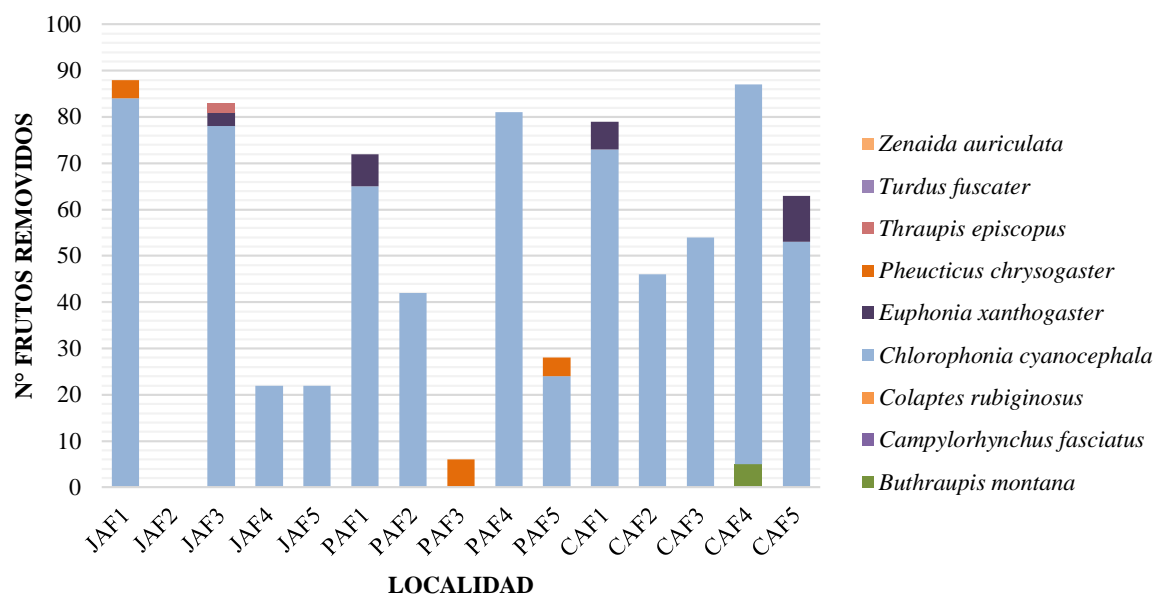


Figura 4. Número de frutos removidos por especie en cada localidad

El tamaño de la cosecha promedio de *P. nervosum* en el vecindario fue de 218 691,2 (Jipiro); 762 002,0 (Punzara); y, 81 936,56 (Ciudad Alegría) siendo mayor en Punzara (Tabla 4B). El número total de frutos en los árboles focales y el vecindario se muestra en la (Tabla 4A).

Tabla 4. Tamaño de la cosecha de frutos de *P. nervosum*

Área de muestreo	Árbol focal	Vecindario
A. Número total de frutos		
JAF1	15 449,6	167 937,4
JAF2	32 627,8	201 828,6
JAF3	84 150	308 550
JAF4	24 310	273 020
JAF5	69 190	142 120
PAF1	33 621,2	258 369
PAF2	31 428,6	97 857,6
PAF3	25 973,4	41 771,6
PAF4	47 317,2	103 803,6
PAF5	92 829,2	260 200,2
CAF1	34 511,2	79 210,6
CAF2	48 917	77 341,2
CAF3	7 080	12 625,6
CAF4	49 161,2	134 187,8
CAF5	18 738,6	106 317,6
Área de muestreo	Promedio árbol focal	Promedio vecindario
B. Promedio número de frutos		
Jipiro	52 569,4	218 691,2
Punzara	49 387,1	762 002,0
Ciudad Alegría	30 974,2	81 936,5

Los resultados de los modelos lineales generalizados mixtos (GLMM) indican (i) para el número de visitas por árbol, se encontró que la presencia de frutos en el vecindario tiene un efecto significativo y positivo en el número de visitas. Esto significa que a medida que aumenta la cantidad de frutos en el vecindario, se observa un incremento en el número de visitas de las aves frugívoras a los muérdagos en árboles *Salix humboldtiana*. Sin embargo, la cantidad de frutos en el árbol focal no mostró una influencia estadísticamente significativa en el número de visitas. Esto implica que el número de visitas se ve más influenciado por la disponibilidad de frutos del vecindario que por la cantidad de frutos en un árbol focal específico (Tabla 5).

(ii) En cuanto a la remoción de frutos por individuo de ave, se encontró que la presencia de frutos en el vecindario también tiene un efecto positivo y significativo en la remoción de frutos. Esto significa que a medida que aumenta la cantidad de frutos en el vecindario, se observa un incremento en la remoción de frutos por parte de las aves. Pero, en el caso de las visitas, la cantidad de frutos en el árbol focal no mostró una influencia estadísticamente significativa en la remoción, es decir, la remoción de frutos está más relacionada con la disponibilidad de frutos en el vecindario que con la cantidad de frutos en el árbol focal (Tabla 5).

Las plantas focales de flecha en vecindarios con alta densidad de frutos de su misma especie sostuvieron tasas de eliminación de frutos moderadamente menores (es decir, competencia) en relación con aquellas en vecindarios de baja densidad, un resultado que concuerda con la mayoría de las investigaciones de campo hasta la fecha, pero contrasta con las expectativas teóricas. Sugerimos que los contextos espaciales que favorecen la competencia (es decir, vecindarios de alta abundancia y paisajes altamente agregados)

Las plantas focales infectadas con muérdagos en vecindarios con alta densidad de frutos de su misma especie tienen mayor número de frutos removidos (es decir, facilitación) en relación con aquellas en vecindarios de baja disponibilidad de frutos, ya que la presencia de frutos en el vecindario actúa como un factor facilitador al incrementar tanto el número de visitas como la remoción de frutos por parte de las aves frugívoras (Tabla 5).

Tabla 5. Modelos lineales para la frugívora

Efectos	Estimate	Std.Error	tvalue	p.Value
i. Número de visitas por árbol				
Intercepto	2,365E+00	2,914E-01	8,114	4,88E-16
Frutos en el vecindario	2,681E-06	8,913E-07	3,001	0,00269
Frutos en el árbol focal	3,920E-06	2,652E-06	1,478	0,13931

ii. Remoción por individuos de ave				
Intercepto	3,358E+00	2,494E-01	13,465	< 2E-16
Frutos en el vecindario	3,688E-06	5,5793-07	6,612	3,8E-11
Frutos en el árbol focal	8,986E-07	1,653E-06	0,544	0,587

7. Discusión

La frugivoría se considera un proceso ecológico clave en los ecosistemas (Ponce et al., 2012). En el ecosistema urbano de la ciudad de Loja, nuestros resultados demuestran una relación positiva entre las visitas de las aves frugívoras y la oferta de frutos de *P. nervosum* a escala de vecindario. *P. nervosum* es una especie que mantiene una fructificación constante, en línea con investigaciones previas como las de Areta y Bodrati (2010) y Mendoza y Mendoza (2023). Considerando los enunciados de la hipótesis de seguimiento de frutos, la variación espacial y temporal en la cantidad y calidad de los frutos de *P. nervosum* desempeña un papel esencial en el comportamiento de las aves frugívoras. Por lo tanto, se sugiere que el comportamiento de las aves frugívoras en un área urbana, está condicionado por estímulos para localizar los frutos de *P. nervosum*, comportamiento que se ha observado también en estudios anteriores como el de Rey (1995) realizado en España.

Se conoce que el muérdago utiliza una estrategia de alta inversión en nutrimentos para atraer a dispersores (Ornelas y Lopez, 2001), lo cual concuerda con los resultados de la presente investigación, ya que se observa una relación del consumo de los frutos de muérdagos por *Chlorophonia cyanocephala*, dado por las características de su sistema digestivo, ya que tienen la capacidad de procesar eficientemente estos frutos (Murray et al., 2014; Restrepo, 1987). Además, como estrategia de dispersión, las semillas del muérdago han desarrollado adaptaciones clave; se cubren de una sustancia pegajosa llamada viscina, que una vez consumida y defecada por las aves se seca, lo que permite que se adhiera a la corteza de *Salix humboldtiana*, aumentando las posibilidades de éxito de la germinación (Kinsman et al., 2013).

El consumo de frutos de *Phoradendron nervosum* en la ciudad de Loja se encuentra restringido para 4 especies de aves, siendo *Chlorophonia cyanocephala* el visitante regular con un mayor número de visitas y manipulación de los frutos en los vecindarios estudiados. Las otras especies registradas en el estudio, sólo se han considerado como consumidores ocasionales. La relación entre *P. nervosum* y *C. cyanocephala* además de la familia *Thraupidae* es conocida en áreas naturales (Aukema, 2003); sin embargo, nuestros resultados muestran que en áreas urbanizadas se mantiene la relación entre las especies mencionadas.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, se considera que *P. nervosum* representa uno de los recursos alimentarios más importantes para *Chlorophonia* y la familia *Thraupidae* en áreas urbanas, reafirmando lo mencionado por el hecho de que la mayoría de las especies de muérdago dependen localmente de unas pocas especies dispersoras, (Guerra y Pizo, 2014). Este comportamiento similar se ha reportado en estudios realizados en Brasil y Bolivia, donde se encontró una baja riqueza de aves y una gran abundancia de una sola especie capaz de digerir frutos con características similares a *P. nervosum*, tal como indican Guerra y Marini (2002) y Montaña (2013).

Esto se puede constatar con el resultado de la tasa de remoción de frutos, lo que indica que existe facilitación en los vecindarios de *Salix humboldtiana* infestados por *P. nervosum* debido a que para las aves les resulta indiferente la cantidad de frutos de árboles específicos, lo que concuerda con los hallazgos de Zeipel y Ove (2007). En dicho estudio se observó que los frugívoros toman decisiones distintas según la abundancia de frutos, consumiéndolos directamente donde son escasos y almacenándolos en sitios con alta abundancia. Es por ello que, en la presente investigación, las aves no se ven condicionadas a buscar sitios específicos para el consumo de frutos de plantas hemiparásitas debido a que la producción de frutos de *P. nervosum* es constante y abundante.

Además, estos resultados se pueden atribuir a los hallazgos realizados en la investigación de Galetti et al. (2003), quienes mencionan que los frutos presentes en áreas más iluminadas son más visibles y, por lo tanto, pueden ser detectados y consumidos más rápidamente. Esto es similar a las áreas del presente estudio, ya que los vecindarios tuvieron una escasa vegetación característica de áreas urbanas, lo que proporciona una buena visibilidad para las especies de aves. Además, algo que se logró observar fue la formación de bandadas por parte de *Chlorophonia cyanocephala*; similar a un estudio realizado en Puerto Rico con *Nesospingus speculiferus* (tangara) (Wiewel, 2011). Este forrajeo en bandadas aumentó notoriamente la tasa de remoción de *Chlorophonia cyanocephala* en comparación con las otras especies, comportamiento que en el estudio de Saraco et al. (2004) también fue observado, indicando que las aves que se unen a las bandadas se benefician del descubrimiento de nuevos parches de recursos.

Cabe mencionar también que estudios previos sugieren que la infestación por muérdago es mayor en áreas verdes urbanas que en bosques naturales (Alvarado et al., 2009). Esto puede deberse a que en las áreas urbanas, el suelo compacto, la escasez de nutrientes, la

contaminación atmosférica y otros factores (como variaciones climáticas), disminuyen la vitalidad de especies arbóreas como *Salix humboldtiana*, haciéndolos vulnerables a los ataques de plagas y enfermedades como la infestación de muérdago (Sandoval y Siqueiros, 2019), ratificando esta información en un estudio realizado en la ciudad de México (Díaz et al., 2016), donde se menciona además que los árboles urbanos tienden a tener una distribución uniforme y están agrupados junto a otros árboles de la misma especie, lo que favorece las visitas de las aves. Según Mellado y Zamora (2014), este patrón crea un ciclo de retroalimentación para las aves, comportamiento que se pudo observar durante los muestreos, donde *Chlorophonia cyanocephala* se alimenta en los árboles infestados por *P. nervosum* y luego defecan depositando semillas de esta especie en los mismos árboles, lo que hace suponer que aumentaría la gravedad de la infestación.

Finalmente, cabe destacar que son pocos los trabajos que han estudiado los patrones de infección de muérdago en áreas urbanas; sin embargo, parece ser un patrón general donde la infestación es mayor que en los bosques naturales (Bowen et al., 2009) debido a que los ecosistemas naturales son más diversos y complejos en los procesos ecosistémicos donde cada especie desempeña un papel único en el mantenimiento del equilibrio del ecosistema, mientras que en las áreas urbanas son controlados por los humanos, volviéndolos más vulnerables a infestaciones por especies parásitas como *P. nervosum* (Sanders, 1984).

En el área urbana de la ciudad de Loja, *P. nervosum* es una especie que podría ser dañina para *Salix humboldtiana*. Sin embargo, a pesar de este impacto negativo, se ha observado que esta especie de muérdago también desempeña un papel importante en la alimentación de ciertas especies de aves como *Chlorophonia cyanocephala*, proveyendo una valiosa fuente de alimento, especialmente en momentos en los que otros recursos alimenticios escasean en el entorno urbano. Y a pesar de los beneficios que *P. nervosum* brinda como recurso alimenticio para las aves, se ha notado que esta especie de muérdago suele ser vista como una plaga en el contexto de áreas urbanas (Arriola et al., 2012). Para ello es importante ampliar el campo investigativo de esta especie para considerar si son relevantes los aspectos positivos que los muérdagos pueden aportar no solamente a las aves, sino también a la diversidad de organismos en el entorno urbano.

8. Conclusiones

A través de las interacciones registradas se logró obtener información relevante sobre el número de visitas de aves frugívoras a *Phoradendron nervosum*, así como el número de frutos removidos y las especies de aves que interactúan con este recurso alimentario, permitiendo comprender que está ocasionando la disponibilidad de frutos de *P. nervosum* a escala de vecindario en el ecosistema urbano de la ciudad de Loja.

Los individuos de la familia *Thraupidae*, específicamente *Chlorophonia cyanocephala*, destacaron por tener el mayor número de interacciones, realizando un alto número de visitas y presentando la tasa de remoción de frutos más elevada en *Phoradendron nervosum*. Esto se debe a las características de su sistema digestivo y la gran disponibilidad de frutos de *P. nervosum* por su fructificación constante, permitiéndoles convertirse en dispersores efectivos para estas especies exóticas.

Basándonos en los resultados derivados de las predicciones teóricas a escala de vecindario, se puede concluir que, en un entorno urbano, las aves frugívoras se ven favorecidas por la oferta de frutos, generando facilitación intraespecífica entre los muérdagos, permitiendo incrementar el número de visitas y la remoción de frutos en el vecindario y no en árboles específicos. Este hallazgo resalta la importancia del contexto ambiental más amplio en la disponibilidad de recursos alimenticios para las aves en entornos urbanos. Además, sugiere que la planificación y gestión urbanas que promuevan la diversidad y abundancia de plantas fructíferas en áreas residenciales pueden ser beneficiosas para mantener poblaciones saludables de aves frugívoras en entornos urbanos. Estos resultados subrayan la necesidad de considerar la estructura y composición del paisaje urbano en la conservación y gestión de la biodiversidad de aves.

9. Recomendaciones

Realizar estudios más amplios para comprender en detalle cómo el comportamiento de los frugívoros de *P. nervosum*, promueve la dispersión de semillas, así como determinar la eficiencia de germinación de las mismas, en la especie hospedera (*Salix humboldtiana*), debido a que *P. nervosum* es una especie introducida en el ecosistema urbano de la ciudad de Loja.

Llevar a cabo una investigación más detallada y específica centrada en *P. nervosum* para determinar si esta planta es beneficiosa o perjudicial dentro del ecosistema urbano de la ciudad de Loja.

10. Bibliografía

- Aizen, M. A., y Feinsinger, P. (1994). Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a chaco dry forest, Argentina. *Ecology*, 75(2), 330–351. <https://doi.org/10.2307/1939538>
- Albrecht, J., Bohle, V., Berens, D. G., Jaroszewicz, B., Selva, N., y Farwig, N. (2015). Variation in neighbourhood context shapes frugivore-mediated facilitation and competition among co-dispersed plant species. *Journal of Ecology*, 103(2), 526–536. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12375>
- Albrecht, J., Neuschulz, E. L., & Farwig, N. (2012). Impact of habitat structure and fruit abundance on avian seed dispersal and fruit predation. *Basic and Applied Ecology*, 13(4), 347–354. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.06.005>
- Alvarado, D., Saavedra, L., y Cárdenas, E. (2009). Anatomía de la interacción *Cladocolea loniceroides* (Van Tieghem) Kuijt - *Salix blonplandiana* Kunth. *Revista Ciencia Forestal En México*, 34(106), 191–203.
- Areta, J., y Bodrati, A. (2010). A longitudinal migratory system within the Atlantic Forest: seasonal movements and taxonomy of the Golden-rumped Euphonia (*Chloroponia cyanocephala*) in Misiones (Argentina) and Paraguay. *Ornitología Neotropical*, 21(January), 71–86. https://sora-unm-edu.proxy.mul.missouri.edu/sites/default/files/ON_21%281%29_71-86.pdf
- Arnold, A. E., y Asquith, N. M. (2002). Herbivory in a fragmented tropical forest: Patterns from islands at Lago Gatún, Panama. *Biodiversity and Conservation*, 11(9), 1663–1680. <https://doi.org/10.1023/A:1016888000369/METRICS>
- Arriola, V. J., Velasco, E., Hernández, T., González, A., y Romero, M. E. (2012). True mistletoes of the trees of México City. *Revista Mexicana De Ciencias Forestales*, 4(19), 34–45. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322013000500004
- Aukema, J. E. (2003). Vectors, Viscin, and Viscaceae: Mistletoes as Parasites, Mutualists, and Resources. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1(4), 212. <https://doi.org/10.2307/3868066>

- Bascompte, J., & Jordano, P. (2007). Plant-animal mutualistic networks: The architecture of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38(November 2006), 567–593. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.38.091206.095818>
- Blendinger, P. G., Rojas, T. N., Ramírez-Mejía, A. F., Bender, I. M. A., Lomáscolo, S., Magro, J., Núñez Montellano, M. G., Ruggera, R. A., Valoy, M., y Ordano, M. (2022). Nutrient balance and energy-acquisition effectiveness: Do birds adjust their fruit diet to achieve intake targets. *Functional Ecology*, 36(10), 2649–2660. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14164>
- Bowen, M. E., McAlpine, C. A., House, A. P. N., & Smith, G. C. (2009). Agricultural landscape modification increases the abundance of an important food resource: Mistletoes, birds and brigalow. *Biological Conservation*, 142(1), 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.10.005>
- Bruno, J. F., Stachowicz, J. J., y Bertness, M. D. (2003). Inclusion of facilitation into ecological theory. <http://tree.trends.com>
- Burns, K. C. (2004). Scale and macroecological patterns in seed dispersal mutualisms. *Global Ecology and Biogeography*, 13(4), 289–293. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2004.00108.x>
- Carlo, T. A., y Morales, J. M. (2008). Inequalities in fruit-removal and seed dispersal: Consequences of bird behaviour, neighbourhood density and landscape aggregation. *Journal of Ecology*, 96(4), 609–618. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01379.x>
- Corbidi, S. (2012). Diversidad de aves silvestres y correlaciones con la cobertura vegetal en parques y jardines de la ciudad de Lima. In *Boletín informativo UNOP (Vol. 7)*.
- Correoso, M. (2022). Expansion and hosts of the hemiparasite *Phoradendron nervosum*, in the Espe University Campus, Quito, Ecuador. *Universidad de Las Fuerzas Armadas ESPE*, 24(2), 17–30. <https://doi.org/10.24133/ciencia>.
- Cornell Lab of Ornithology. (2023). Merlin Bird ID de Cornell Lab - Apps en Google Play. https://play.google.com/store/apps/details?id=com.labs.merlinbirdid.app&hl=es_419&gl=US
- Díaz, M. P., Cano, Z., y Queijeiro, M. (2016). Infección por muérdago en un bosque urbano de la ciudad de México. *17*, 126–134.
- Domínguez, L., Morales, E., y Alba, J. (2006). Germinación de semillas de *Ficus insipida* (Moraceae) defecadas por tucanes (*Ramphastos sulfuratus*) y monos araña (*Ateles geoffroyi*). *Revista de Biología Tropical*, 54(2), 387-394.

- Freile, J., y Poveda, C. (2019). Aves del Ecuador. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica Del Ecuador. <https://bioweb.bio/faunaweb/avesweb>
- Galetti, M., Alves, C., & Cazetta, E. (2003). Effects of forest fragmentation, anthropogenic edges and.pdf. *Biological Conservation*, 111, 269–273.
- García, D., y Ortiz, R. (2004). Patterns of resource tracking by avian frugivores at multiple spatial scales: two case studies on discordance among scales. *Ecography*, 2(0906–7590), 10.
- Gleditsch, Jason., y Tomás, C. (2011). Fruit quantity of invasive shrubs predicts the abundance of common native avian frugivores in central Pennsylvania. *Diversity and Distributions*, 17(2), 244–253. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00733.x>
- González, A., Morán, T., Nogales, M., y Traveset, A. (2022). Changes in the structure of seed dispersal networks when including interaction outcomes from both plant and animal perspectives. *Oikos*, 2022(2). <https://doi.org/10.1111/oik.08315>
- González, A., Morán, T., Nogales, M., y Traveset, A. (2022). Changes in the structure of seed dispersal networks when including interaction outcomes from both plant and animal perspectives. *Oikos*, 2022(2). <https://doi.org/10.1111/oik.08315>
- Guerra, T. J., Dayrell, R. L. C., Arruda, A. J., Dáttilo, W., Teixido, A. L., Messeder, J. V. S., & Silveira, F. A. O. (2017). Intraspecific variation in fruit–frugivore interactions: effects of fruiting neighborhood and consequences for seed dispersal. *Oecologia*, 185(2), 233–243. <https://doi.org/10.1007/s00442-017-3943-z>
- Guerra, T. J., y Pizo, M. A. (2014). Asymmetrical Dependence Between a Neotropical Mistletoe and its Avian Seed Disperser. *Biotropica*, 46(3), 285–293. <https://doi.org/10.1111/btp.12112>
- Guerra, T., y Marini, M. (2002). Bird frugivory on *Struthanthus concinnus* (Loranthaceae) in Southeastern Brazil. *Ararajuba*, 10(2), 187–192.
- Guzmán, M. R. (2020). Falta de planificación urbana para lograr la protección de los ecosistemas (Doctoral dissertation, Universidad del Desarrollo. Facultad de Gobierno).
- Henry, R. (2006). In the wake of the double helix: from the green revolution to the gene revolution Tuberosa R, Phillips RL, Gale M. eds. 2005. Bologna: Avenue Media. €25 (softback). 722 pp. *Annals of Botany*, 98(4), 900–900. <https://doi.org/10.1093/aob/mcl175>
- Jordano, P., Forget, P. M., Lambert, J. E., Böhning, K., Traveset, A., y Wright, S. J. (2011). Frugivores and seed dispersal: Mechanisms and consequences for biodiversity of a key

- ecological interaction. *Biology Letters*, 7(3), 321–323.
<https://doi.org/10.1098/rsbl.2010.0986>
- Kinsman, S., Murray, G., y Bronsrein, J. (2013). Interacciones planta-animal. *Ecología y Evolución de Interacciones Planta- Animal*, 3, 376–470.
- Lara, C., & Ornelas, J. (2021). Differential reproductive responses to contrasting host species and localities in *Psittacanthus calyculatus* (Loranthaceae) mistletoes. *Plant Biology*, 435–8603, 1–9. <https://doi.org/10.1111/plb.13266>
- Lei, B., Tian, Y., Cui, J., Zhao, J., & Zhou, Y. (2023). Effects of plant species richness on the structure of plant-bird interaction networks along a 3000-m elevational gradient in subtropical forests. *Forest Ecology and Management*, 532, 120819. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2023.120819>
- Levey, D.J., Silva, W.R., y Galetti, M. (2002). Seed dispersal and frugivory: ecology, evolution and conservation. *Annals of Botany*, 90(1), 155. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf157>
- Manasse, R. S., & Howe, H. F. (1983). Competition for Dispersal Agents among Tropical Trees: Influences of Neighbors. *Oecologia*, 59(2/3), 185–190. <http://www.jstor.org/stable/4217085>
- Matula, R., Svátek, M., Pálková, M., Volařík, D., y Vrška, T. (2015). Mistletoe infection in an oak forest is influenced by competition and host size. *PLOS ONE*, 10(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127055>
- Medel, R., Aizen, M., y Zamora, R. (2009). *Ecología y Evolución de interacciones planta-animal*.
- Mellado, A., y Zamora, R. (2014). Generalist birds govern the seed dispersal of a parasitic plant with strong recruitment constraints. *Oecologia*, 176(1), 139–147. <https://doi.org/10.1007/s00442-014-3013-8>
- Mendoza, F., y Mendoza, C. (2023). Frugivoría por aves en *Phoradendron nervosum* Oliv. (Santalaceae), un muérdago parásito de la ciudad de Loja.
- Montaño, F. A. (2013). Effectiveness of Mistletoe Seed Dispersal by Tyrant Flycatchers in a Mixed Andean Landscape. *Biotropica*, 45(2), 209–216. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00909.x>
- Murgui, E. (2022). Sesenta años (1960-2019) de ornitología urbana en España: análisis bibliométrico de una disciplina en desarrollo. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2xxx>
- Ornelas, J., & Vazquez, A. (2023). Host-mediated effects on fruit size variation of the hemiparasitic mistletoe *Psittacanthus schiedeanus* Resu. *Acta Botanica Mexicana*, 2448–7589, 12.

- Ornelas, J., y Lopez, L. (2001). Seed Dispersal of the Mistletoe *Psittacanthus schiedeanus* by Birds in Central Veracruz, Mexico. *Biotropica*, 33(3), 487. [https://doi.org/10.1646/0006-3606\(2001\)033](https://doi.org/10.1646/0006-3606(2001)033) [0487: sdotmp]2.0.co;2
- Pérez, J. (2016). Impacto del muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) en la economía de las familias campesinas en una región del subtrópico mexicano.
- Ponce, A. M., Grilli, G., y Galetto, L. (2012). Frugivoría y remoción de frutos ornitócoros en fragmentos del bosque chaqueño de Córdoba (Argentina). *Bosque*, 33(1), 33–41. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002012000100004>
- PUCE. (2023). Bioweb Ecuador. <https://bioweb.bio/>
- Quitíán M, Santillán V, Bender IMA, Espinosa CI, Homeier J, Böhning-Gaese K, Schleuning M, Lena Neuschulz E. (2019). Respuestas funcionales de los frugívoros aviares a la variación en los recursos frutales entre bosques naturales y fragmentados. *Funct Ecol*. 33:399-410. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.13255>
- Ratiarison, S., y Forget, M. (2013). Tropical Conservation Science | ISSN 1940-0829 | Tropicalconservationscience.org 690 Ratiarison. In Available online: www.tropicalconservationscience.org Mongabay.com Open Access Journal-Tropical Conservation Science-Special Issue (Vol. 6, Issue 5). www.tropicalconservationscience.org
- Restrepo, C. (1987). Aspectos ecológicos de la diseminación de cinco especies de muérdagos por aves. In *Humboldtia* (Vol. 1, pp. 65–116). http://tlselab.uprrp.edu/documents/Restrepo_1987.pdf
- Rey, P. (1995). Spatio-temporal variation in fruit and frugivorous bird abundance in olive orchards. *Ecology*, 76(5), 1371–1382. <https://doi.org/10.2307/1938141>
- Rodríguez, Cabal., Aizen, M. A., y Novaro, A. J. (2007). Habitat fragmentation disrupts a plant-disperser mutualism in the temperate forest of South America. *Biological Conservation*, 139(1–2), 195–202. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.06.014>
- R Core Team. (2023). RStudio Desktop - Posición. A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Sanders, R. A. (1984). Some determinants of urban forest structure. *Urban Ecology*, 8(1–2), 13–27. [https://doi.org/10.1016/0304-4009\(84\)90004-4](https://doi.org/10.1016/0304-4009(84)90004-4)
- Sandoval, M., y Siqueiros, M. (2019). *Cladocolea loniceroides*, un nuevo registro para la flora de Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 78, 51–54. <https://doi.org/10.33064/IYCUIAA2019782232>

- Santos, A., Jacobi, C., y Silveira, F. (2017). Frugivory and seed dispersal effectiveness in two *Miconia* (Melastomataceae) species from ferruginous campo rupestre. *Seed Science Research*, 27(2), 65–73. <https://doi.org/10.1017/S0960258517000071>
- Saracco, J. F., Collazo, J. A., y Groom, M. J. (2004). How do frugivores track resources? Insights from spatial analyses of bird foraging in a tropical forest. *Oecologia*, 139(2), 235–245. <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1493-7>
- Saracco, J. F., Rico, P., Collazo, J. A., Groom, M. J., & Carlo, T. A. (2005). Crop Size and Fruit Neighborhood Effects on Bird Visitation to Fruiting *Schefflera morototoni* Trees in (Vol. 37, Issue 1).
- Schupp, E., Jordano, P., y Gómez, M. (2017). A general framework for effectiveness concepts in mutualisms. *Ecology Letters*, 20(5), 577–590. <https://doi.org/10.1111/ele.12764>
- Sekercioglu, C. H. (2002) Impacts of birdwatching on human and avian communities. *Environ. Conserv.* 29, 282–289. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000206>
- Simmons, B., Sutherland, W. Dicks, L. ., Albrecht, J., Farwig, N., García, D., Jordano, P., y González, J. (2018). Moving from frugivory to seed dispersal: Incorporating the functional outcomes of interactions in plant–frugivore networks. *Journal of Animal Ecology*, 87(4), 995–1007. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12831>
- Smith, Adam., y Williams, Scott. (2014). Fruit removal rate depends on neighborhood fruit density, frugivore abundance, and spatial context. *Oecologia*, 174(3), 931–942. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2834-1>
- Stachowicz, J. J. (2001). Mutualism, Facilitation, and the Structure of Ecological Communities Positive Interactions Play A Critical, But Underappreciated, Role In Ecological Communities By Reducing Physical Or Biotic Stresses In Existing Habitats And By Creating New Habitats On Which Many Species depend. In *BioScience* (Vol. 51, Issue 3). <https://academic.oup.com/bioscience/article/51/3/235/256224>
- Takahashi, K., Kamitani, T. Factores que afectan la lluvia de semillas debajo de las plantas de frutos carnosos. *Ecología vegetal* 174, 247–256 (2004). <https://doi.org/10.1023/B:VEGE.0000049105.30878.25>
- Tiribelli, F., Amico, G. C., Sasal, Y., y Morales, J. M. (2017). The effect of spatial context and plant characteristics on fruit removal. *Acta Oecologica*, 82, 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2017.06.002>
- Tomas, C. (2005). Interspecific neighbors change seed dispersal pattern of an avian-dispersed plant. In *Ecology* (Vol. 86, Issue 9).

- Vera, A., Martínez, M., Parra, Y., Maldonado, R., & Carvajal, N. (2014). Hemiparasitic and host plants of the xerophitic forest in La Palmita swamp, Zulia state, Venezuela | Plantas hemiparásitas y hospederas presentes en el bosque xerófilo de la Ciénaga de La Palmita, estado Zulia, Venezuela. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 31(January), 213–223.
- Vergara, P. M., Smith, C., Delpiano, C. A., Orellana, I., Gho, D., & Vazquez, I. (2010). Frugivory on *Persea lingue* in temperate Chilean forests: Interactions between fruit availability and habitat fragmentation across multiple spatial scales. *Oecologia*, 164(4), 981–991. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1722-1>
- Wiewel, A. N. M. (2011). Breeding-season biology of the Puerto Rican Bullfinch (*Loxigilla portoricensis*). 1(69), 5–24.
- Zeipel, H., y Ove, E. (2007). Fruit removal in the forest herb *Actaea spicata* depends on local context of fruits sharing the same dispersers. *International Journal of Plant Sciences*, 168(6), 855–860. <https://doi.org/10.1086/518255>

11. Anexos

Anexo 1. Coordenadas de los puntos de los árboles focales y vecindario de las áreas de estudio

Área	ID	X	Y
Ciudad Alegría	CAL1	699200,183	9553849,58
Ciudad Alegría	CAL2	699017,343	9554289,77
Ciudad Alegría	CAL3	698909,058	9554621,039
Ciudad Alegría	CAL4	699403,753	9554033,445
Ciudad Alegría	CAL5	699670,122	9554011,742
Puntos Jipiro	JAF1	699412,544	9560897,03
Puntos Jipiro	JAF2	699384,629	9560828,52
Puntos Jipiro	JAF3	699437,478	9560616,07
Puntos Jipiro	JAF4	699386,615	9560720,14
Puntos Jipiro	JAF5	699179,518	9560993,75
Puntos Punzara	PAF1	698750,511	9553225,74
Puntos Punzara	PAF2	698636,016	9553176,23
Puntos Punzara	PAF3	698731,233	9553044,42
Puntos Punzara	PAF4	698759,235	9553152,73
Puntos Punzara	PAF5	698875,959	9553205,56

Anexo 2. Estimación visual del número de muérdagos por tamaño en el árbol focal



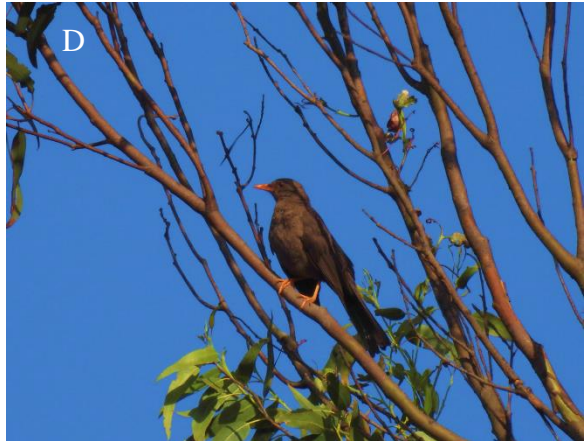
Anexo 3. Conteo de frutos de *P.nervosum*



Anexo 4. Registro fotográfico de *Chlorophonia cyanocephala* los cuales utilizan al muérdago *P.nervosum*, como recurso alimenticio



Anexo 5. Registro fotográfico de aves que visitan al muérdago *Phoradendron nervosum*, pero no lo utilizan como recurso alimentario



Nota: A.) *Colaptes rubiginous* ; B) *Campylorhynchus fasciatus*; C) *Chlorophonia cyanocephala*; D) *Turdus fuscater*; E) *Zenaida auriculata*.

Anexo 6. Visitas registradas por especie, en los diferentes puntos focales, área Jipiro

Área Jipiro	<i>Buthraupis montana</i>	<i>Campylorhynchus fasciatus</i>	<i>Colaptes rubiginosus</i>	<i>Chlorophonia cyanocephala</i>	<i>Euphonia xanthogaster</i>	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	<i>Thraupis episcopus</i>	<i>Turdus fuscater</i>	<i>Zenaida auriculata</i>
JAF1	0	0	0	17	0	1	0	1	0
JAF2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JAF3	0	0	0	14	0	0	0	0	0
JAF4	0	0	0	5	2	0	1	0	0
JAF5	0	0	0	23	0	0	0	0	2
TOTAL	0	0	0	59	2	1	1	1	2

Anexo 7. Visitas registradas por especie, en los diferentes puntos focales, área Punzara

Área Punzara	<i>Buthraupis montana</i>	<i>Campylorhynchus fasciatus</i>	<i>Colaptes rubiginosus</i>	<i>Chlorophonia cyanocephala</i>	<i>Euphonia xanthogaster</i>	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	<i>Thraupis episcopus</i>	<i>Turdus fuscater</i>	<i>Zenaida auriculata</i>
PAF1	0	0	1	21	1	0	0	0	0
PAF2	0	0	1	33	0	0	0	0	0
PAF3	0	0	0	0	0	8	0	0	0
PAF4	0	2	0	21	0	0	0	0	0
PAF5	0	0	0	7	0	2	0	0	0
TOTAL	0	2	2	82	1	10	0	0	0

Anexo 8. Visitas registradas por especie, en los diferentes puntos focales, área Ciudad Alegría

Área Ciudad Alegría	<i>Buthraupis montana</i>	<i>Campylorhynchus fasciatus</i>	<i>Colaptes rubiginosus</i>	<i>Chlorophonia cyanocephala</i>	<i>Euphonia xanthogaster</i>	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	<i>Thraupis episcopus</i>	<i>Turdus fuscater</i>	<i>Zenaida auriculata</i>
	0	0	0	10	1	0	0	0	0
CAF1	0	0	0	11	0	0	0	0	0
CAF2	0	0	0	10	0	0	0	0	0
CAF3	2	0	0	58	0	0	0	0	0
CAF4	0	0	0	20	3	0	0	0	0
CAF5	2	0	0	109	4	0	0	0	0
TOTAL									

Anexo 9. Certificado de traducción del resumen



Universidad
Nacional
de Loja

Loja, 20 de mayo de 2024

Magister

JHIMI BOLTER VIVANCO LOAIZA

**CATEDRÁTICO DE LA CARRERA DE PEDAGOGÍA DE LOS
IDIOMAS NACIONALES Y EXTRANJEROS - UNL**

C E R T I F I C O:

Que el documento aquí expuesto es fiel traducción del idioma español al idioma inglés del resumen del Trabajo de Integración Curricular denominado: Efecto del vecindario sobre la remoción de frutos: predicciones teóricas con un muérdago en un ecosistema urbano, de autoría de Jonathan Agustin Ruales Abrigo, con cédula de ciudadanía número 1105658791, de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico y autorizo hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.



Firmado electrónicamente por:
JHIMI BOLTER
VIVANCO LOAIZA

JHIMI BOLTER VIVANCO LOAIZA, M. Ed.

**CATEDRÁTICO DE LA CARRERA DE PEDAGOGÍA
DE LOS IDIOMAS NACIONALES Y EXTRANJEROS - UNL**

