

JEFATURA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

Título del proyecto

EFFECTOS DE LOS FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS EN LAS REDES DE
POLINIZACIÓN EN LOS ALTOS ANDES DEL MACIZO DEL CAJAS

Carrera(s): INGENIERÍA AGRONÓMICA, INGENIERÍA AMBIENTAL, INGENIERÍA DE SISTEMAS,

Director del Proyecto:

José Esteban Torracchi Carrasco; 0102001385; Odontología; Unidad de Salud y Bienestar; Matriz

Colaboradores del Proyecto

Antonio Malo Larrea; 1710018340; Ingeniería Ambiental; Departamento de relaciones internacionales; Matriz

Código de Proyecto: PICCIITT19-20

Cuenca, julio de 2021

Versión 2.0

TABLA DE CONTENIDOS

A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO	3
1. TÍTULO.....	3
2. CARRERAS	3
3. MATRIZ, SEDE O EXTENSIÓN	3
B. INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO	3
4. PERSONAL DEL PROYECTO – DIRECTOR DE L PROYECYO	3
4.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i>	3
4.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i>	4
4.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:</i>	4
5. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.....	4
5.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i>	4
5.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i>	5
5.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:</i>	5
6. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES EXTERNOS	5
6.1. <i>Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:</i>	5
6.2. <i>Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.</i>	6
6.3. <i>Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:</i>	7
C. ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO.....	7
7. PERSONAL DEL PROYECTO – ESTUDIANTES.....	7
D. CENTRO DE INVESTIGACIÓN INVOLUCRADOS Y BENEFICIARIOS.....	8
8. CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN	8
9. LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL.....	8
10. CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO	8
11. PROGRAMA:	9
12. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	9
13. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO	9
14. REQUIERE AVAL Y/O PERMISO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA Y EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA.....	9
15. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	9
E. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	9
16. RESUMEN DEL PROYECTO	9
17. PALBARAS CLAVES	10
18. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	10
19. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	10
20. OBJETIVOS	11
21. ESPECÍFICOS.....	11
22. MARCO METODOLÓGICO.....	11
F. IMPACTO DEL PROYECTO	13
23. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA PROPUESTA.....	13
24. RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO	13
25. TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS	14
26. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
G. ANEXOS.....	16

A. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

1. TÍTULO
EFFECTOS DE LOS FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS EN LAS REDES DE POLINIZACIÓN EN LOS ALTOS ANDES DEL MACIZO DEL CAJAS
2. CARRERAS
INGENIERÍA AGRONÓMICA, INGENIERÍA AMBIENTAL, INGENIERÍA DE SISTEMAS,
3. MATRIZ, SEDE O EXTENSIÓN
MATRIZ CUENCA

B. INVESTIGADORES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

4. PERSONAL DEL PROYECTO – DIRECTOR DE L PROYECYO	
Función en el proyecto	DIRECTOR DEL PROYECTO
Nombre, Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión	
José Esteban Torracchi Carrasco; 0102001385; Odontología; Unidad de Salud y Bienestar; Matriz	
4.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:	
Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil	
Fighting Plants Pathogens with Cold-Active Microorganism: Biopesticide Development and Agriculture Intensification in Cold Climates; Applied Microbiology and Biotechnology; 104; 1; 2020	
Impact in Academic Performance according to the forgotten (fuzzy) effects theory; Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica; 39; 5; 2020	
Habilidades Sociales y Agresividad en la infancia y adolescencia; Archivos Venezolanos de Farmaología y Terapéutica; 39; 2; 2020	
¿Cómo Plantear las Variables de Investigación?: Operacionalización de las Variables; OACTIVA UC; 4; 1; 2019	
Estrategia de Análisis de Datos (Parte 1): Creación de Bases de Datos para Investigaciones en Ciencias de la Salud; OACTIVA UC; 4; 2; 2019	
Prevalencia de Enfermedad Periodontal, en escolares de 12 años de la Parroquia Bellavista, Cuenca. OACTIVA UC; 4; 2; 2019	
Perfil Epidemiológico de las Patologías Pulpares en Pacientes que Acuden a Centros de Atención Odontológicas en la Ciudad de Cuenca; OACTIVA UC; 4; 3; 2019	

Presencia de Quistes de Retención Mucosa a nivel de Senos Maxilares, Cuenca-Ecuador, 2016-2017; OACTIVA UC; 4; 3; 2019

4.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

Ventilación mecánica en recién nacidos, en: Avances, Actualizaciones y Desafíos de la medicina contemporánea; CIDE; 978-9942-759-55-9; 2017; NO

Deforestación en una región montañosa megadiversa en los Andes: dinámica del paisaje en el sur de Ecuador; ECESPA- Asociación Española de Ecología Terrestre. 978-84-616-3448-4; 2016; SI

4.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

Estudio del efecto de la deforestación y de la fragmentación en bosques de montaña dentro de la cuenca del río Zamora, en la composición y estructura de la diversidad de árboles y briófitos presentes en este tipo de vegetación; Universidad Técnica Particular de Loja "Proyecto semilla" de la UPM y por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) a través de los proyectos A/012436/07 y A/021000/08, proyecto MEC EXTREM CGL20; Enero 2009; Diciembre 2009

5. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Función en el proyecto	COLABORADORES UCACUE
------------------------	----------------------

Nombre, Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión

Antonio Malo Larrea; 1710018340; Ingeniería Ambiental; Departamento de relaciones internacionales; Matriz

5.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:

Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil

EDUCACIÓN AMBIENTAL Y PRAXIS INTERCULTURAL DESDE LA FILOSOFÍA DEL SUMAK KAWSAY; UTOPIA Y PRAXIS LATINOAMERICANA; 25; 90; 2020

PRIMERA DESCRIPCIÓN SOBRE LA ANIDACIÓN DEL DACNIS ANDINO NORTEÑO (XENODACNIS PETERSI) EN ECUADOR; ORNITOLOGÍA NEOTROPICAL; 30; 1; 2019

POLICY-MAKING RELATED ACTORS' UNDERSTANDINGS ABOUT NATURE-SOCIETY RELATIONSHIP: BEYOND MODERN ONTOLOGIES? THE CASE OF CUENCA, ECUADOR; ECOLOGICAL ECONOMICS; 156; 1; 2019

LA NATURALEZA: UN INSTRUMENTO DE CONTROL Y DOMINACIÓN. REVISTA EDUCACIÓN; SUPERIOR Y SOCIEDAD DE IESALC-UNESCO; 27; 1; 2018

UNA REVISIÓN SOBRE EL DERECHO DE ACCESO AL AGUA DESDE LOS FOROS MUNDIALES DEL AGUA Y LA GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LATINOAMÉRICA; REVISTA INVURNUS; 13; 1; 2018

MIRANDO DETRÁS DE LAS PERCEPCIONES DE LA NATURALEZA, EL TERRITORIO, LO URBANO Y LO RURAL: EL CASO DE CUENCA, ECUADOR; REVISTA IBEROAMERICANA DE ECONOMÍA ECOLÓGICA; 27; 1; 2017

5.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

BIOMIMÉTICA Y CIENCIAS DE LA COMPLEJIDAD: FUNDAMENTOS PARA EL DESARROLLO REGENERATIVO; UNAD; 978-958-651-631-0; 2019; SI

5.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

ANTONIO MALO LARREA; INTERNACIONALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN; UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA; MAYO 2019; JUNIO 2019

6. PERSONAL DEL PROYECTO – COLABORADORES EXTERNOS

Función en el proyecto	COLABORADORES EXTERNOS
------------------------	------------------------

Nombre, Institución

Vinicio Santillán Rodríguez; Ecólogo de comunidades - Doctorado en el Centro de Investigación en Biodiversidad y Clima Senckenberg, Universidad Goethe, Frankfurt, Alemania. Magister en Geomática con mención en Ordenamiento Territorial, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. Biólogo del medio ambiente, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. Vinicio completó sus estudios de posgrado en 2019. Tiene una amplia experiencia como investigador y docente universitario. Ha trabajado como varios años investigador en ecosistemas de montaña con la Universidad del Azuay, el Senckenberg Frankfurt y otros institutos nacionales e internacionales. Tiene más de 12 publicaciones derivadas de su doctorado y otras investigaciones. Además, tiene varios años de experiencia como consultor ambiental.

Edgar Segovia; Magister en Toxicología Industrial y Ambiental, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Biólogo del medio ambiente, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. Edgar es un entomólogo, limnólogo y taxónomo experto. Tiene una amplia experiencia en proyectos de diversidad, historia natural, ecología, zoología y distribución de insectos e invertebrados en general. Ha participado en varios proyectos de investigación y tiene más de 10 años de experiencia como consultor ambiental.

6.1. Publicaciones con ISSN en los últimos 5 años de más alto nivel y cuartil de la revista:

Título del artículo,; revista; ISSN; volumen; número; año; DOI; cuartil

Vinicio Santillán; Direct and plant-mediated effects of climate on bird diversity in tropical mountains; Ecology and Evolution; 00; 2020; 10.1002/ece3.7014

Vinicio Santillán; Similar composition of functional roles in Andean seed-dispersal networks, despite high species and interaction turnover; Ecology; 101; 7; 2020; 10.1002/ecy.3028

Vinicio Santillán; Direct and indirect effects of elevation, climate and vegetation structure on bird communities on a tropical mountain; Acta Oecologica; 102; 103500; 2020; 10.1016/j.actao.2019.103500

Vinicio Santillán; Seed - dispersal networks are more specialized in the Neotropics than in the Afrotropics; Global Ecology and Biogeography; 28; 2; 2019; 10.1111/geb.12833

Vinicio Santillán; Functional and phylogenetic diversity of bird assemblages are filtered by different biotic factors on tropical mountains; Journal of Biogeography; 46; 2019; 10.1111/jbi.13489

Vinicio Santillán; Different responses of taxonomic and functional bird diversity to forest fragmentation across an elevational gradient; Oecologia; 189; 2019; 10.1007/s00442-018-4309-x

Vinicio Santillán; Functional responses of avian frugivores to variation in fruit resources between natural and fragmented forests; Functional Ecology; 33; 3; 2019; 10.1111/1365-2435.13255

Vinicio Santillán; Direct and indirect effects of plant and frugivore diversity on structural and functional components of fruit removal by birds; Oecologia; 189; 2018; 10.1007/s00442-018-4324-y

Vinicio Santillán; Spatio-temporal variation in bird assemblages is associated with fluctuations in temperature and precipitation along a tropical elevational gradient; PLoS ONE; 13; 2018; 10.1371/journal.pone.0196179

Vinicio Santillán; Land use change has stronger effects on functional diversity than taxonomic diversity in tropical Andean hummingbirds; Ecology and Evolution; 8; 6; 2018; 10.1002/ece3.3813

Vinicio Santillán; Morphological trait matching shapes plant-frugivore networks across the Andes; Ecography; 41; 2018; 10.1111/ecog.03396

Vinicio Santillán; Elevation-dependent effects of forest fragmentation on plant-bird interaction networks in the tropical Andes; Ecography; 40; 2018; 10.1111/ecog.03247

6.2. Libros y capítulos de libro en los últimos 5 años.

Título del libro o capítulo de libro; editorial; ISBN; número; año; revisión de pares (SI-NO)

Vinicio Santillán; Direct and plant-mediated effects of climate on bird diversity in tropical mountains; Ecology and Evolution; 00; 2020; 10.1002/ece3.7014

Vinicio Santillán; Similar composition of functional roles in Andean seed-dispersal networks, despite high species and interaction turnover; Ecology; 101; 7; 2020; 10.1002/ecy.3028

Vinicio Santillán; Direct and indirect effects of elevation, climate and vegetation structure on bird communities on a tropical mountain; Acta Oecologica; 102; 103500; 2020; 10.1016/j.actao.2019.103500

Vinicio Santillán; Seed - dispersal networks are more specialized in the Neotropics than in the Afrotropics; Global Ecology and Biogeography; 28; 2; 2019; 10.1111/geb.12833

Vinicio Santillán; Functional and phylogenetic diversity of bird assemblages are filtered by different biotic factors on tropical mountains; Journal of Biogeography; 46; 2019; 10.1111/jbi.13489

Vinicio Santillán; Different responses of taxonomic and functional bird diversity to forest fragmentation across an elevational gradient; Oecologia; 189; 2019; 10.1007/s00442-018-4309-x

Vinicio Santillán; Functional responses of avian frugivores to variation in fruit resources between natural and fragmented forests; Functional Ecology; 33; 3; 2019; 10.1111/1365-2435.13255

Vinicio Santillán; Direct and indirect effects of plant and frugivore diversity on structural and functional components of fruit removal by birds; *Oecologia*; 189; 2018; 10.1007/s00442-018-4324-y

Vinicio Santillán; Spatio-temporal variation in bird assemblages is associated with fluctuations in temperature and precipitation along a tropical elevational gradient; *PLoS ONE*; 13; 2018; 10.1371/journal.pone.0196179

Vinicio Santillán; Land use change has stronger effects on functional diversity than taxonomic diversity in tropical Andean hummingbirds; *Ecology and Evolution*; 8; 6; 2018; 10.1002/ece3.3813

Vinicio Santillán; Morphological trait matching shapes plant–frugivore networks across the Andes; *Ecography*; 41; 2018; 10.1111/ecog.03396

Vinicio Santillán; Elevation-dependent effects of forest fragmentation on plant-bird interaction networks in the tropical Andes; *Ecography*; 40; 10.1111/ecog.03247

6.3. Proyectos de Investigación desarrolladas en los últimos cinco años de mayor relevancia:

Nombre del proyecto; Institución; Monto financiado; fecha de inicio; fecha de culminación.

Vinicio Santillán; Proyecto Tipología de ríos; Laboratorio de Limnología; Escuela de Biología, Ecología y Gestión; Decanato General de Investigaciones; Universidad del Azuay; Mayo 2019; Diciembre 2020

Vinicio Santillán; Proyecto RESPECT: Trait-dependent effects of biotic and abiotic filters on plant regeneration; Senckenberg Biodiversity and Climate Research Centre, Universidad Goethe Frankfurt; Agosto 2018; Diciembre 2019

C. ESTUDIANTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO

7. PERSONAL DEL PROYECTO – ESTUDIANTES

Función en el proyecto	ESTUDIANTES COLABORADORES EN EL PROYECTO
------------------------	--

Nombre; Cédula; Carrera; Unidad Académica; Sede o Extensión

Alumno A; 0000000000; Ingeniería ambiental; Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción; MATRIZ

Alumno B; 0000000000; Ingeniería ambiental; Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción; MATRIZ

Alumno C; 0000000000; Ingeniería de sistemas; Unidad Académica de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC); MATRIZ

Alumno D; 0000000000; Ingeniería de sistemas; Unidad Académica de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC); MATRIZ

Alumno F; 0000000000; Agronomía; Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias; MATRIZ

Alumno G; 0000000000; Agronomía; Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias; MATRIZ

Alumno H; 0000000000; Agronomía; Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias; MATRIZ

Alumno I; 0000000000; Ingeniería ambiental; Unidad Académica de Ingeniería Industria y Construcción; MATRIZ

Alumno J; 0000000000; Ingeniería de sistemas; Unidad Académica de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC); MATRIZ

No es posible nombrarlos todavía, debido a que se necesita varios alumnos de distintas carreras (Ingeniería Ambiental, Ingeniería Agronómica, Ingeniería Ambiental), y en diferentes fases del proyecto. Por lo tanto, se realizará una convocatoria a los alumnos de los últimos años de las carreras mencionadas, donde se seleccionará a varios estudiantes (9 o más), que realizarán sus tesis de grado y pasantías. Estos estudiantes serán capacitados en los diferentes campos del proyecto (Sensores remotos, muestreo de la comunidad de polinizadores y sus recursos florales, matrices de interacción, índices y modelos estadísticos, modelos basados en agentes) y generarán resultados específicos para la investigación. El grado de colaboración dependerá del campo en el que trabaje el estudiante dentro del proyecto, y si es tesis o pasantía. Por ejemplo, el área de sensores remotos podría tener varios pasantes, que trabajen en labores de corrección y digitalización de imágenes; y aquí necesitamos al menos dos tesis, una por cada año del proyecto. En las correcciones del proyecto especificamos las actividades del mínimo de estudiantes necesarios para la realización esta investigación.

D. CENTRO DE INVESTIGACIÓN INVOLUCRADOS Y BENEFICIARIOS

8. CENTRO Y GRUPO DE INVESTIGACIÓN					
Centro de Investigación CIITT					
Grupo de Investigación INGENIERÍA AGRONÓMICA, INGENIERÍA AMBIENTAL, INGENIERÍA DE SISTEMAS,					
9. LÍNEA Y ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL					
Para información sobre las líneas de investigación dirigirse al enlace Líneas y Ámbitos de Investigación Institucionales ,					
Línea de Investigación: Territorios, Naturalezas y Tecnología					
Ámbito de Investigación: Estudios ecosistémicos					
10. CAMPO, DISCIPLINA Y SUBDISCIPLINA UNESCO					
Código del campo y de la disciplina según UNESCO en el enlace SKOS					
Campo	24	Disciplina	2413	Sub disciplina	241303

11. PROGRAMA:	
En caso de que el proyecto sea parte de un programa.	
12. TIEMPO DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO	
Duración del proyecto en meses	24
13. FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO	
Monto total del financiamiento proyecto	\$58,200.00

14. REQUIERE AVAL Y/O PERMISO DEL COMITÉ DE BIOÉTICA Y EL MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA
NO
Justificación:

15. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO
Estudiantes e investigadores locales y comunidades agrícolas dentro del Macizo de Cajas

E. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

16. RESUMEN DEL PROYECTO

La polinización es un proceso fundamental para la supervivencia de los ecosistemas. Es esencial para la producción y reproducción de muchos cultivos y plantas silvestres. Los polinizadores no solo contribuyen directamente a la seguridad alimentaria, sino que además son indispensables para conservar la biodiversidad. Las redes de polinización vinculan la biología de las plantas con flores, con la de sus vectores de polinización en su mayoría animales, una coevolución que se basa en el delicado equilibrio entre estos organismos mutualistas. La fuerza de estas relaciones altamente especializadas está constituida por la estructura del ecosistema, y sujeta a cambios a cualquiera de las partes, lo que puede tener efectos de amplio alcance. Este estudio evaluará el efecto de la estructura del ecosistema en las redes de polinización de las

comunidades de abejas nativas y las especies invasoras en cuatro cuencas altas del Macizo del Cajas, dos en la vertiente oriental y dos en la occidental. Se integrará el análisis de redes ecológicas a partir de evaluaciones comparativas de campo con la estructura de geomorfológica, climática y biológica de cada cuenca hidrográfica, para establecer protocolos para el monitoreo a largo plazo de la comunidad planta-polinizadores, y un marco de modelado predictivo para evaluar la vulnerabilidad de los ecosistemas. El proyecto reunirá la experiencia de un equipo de investigadores con diversas habilidades (biología comparada, ecología, sensores remotos, modelización) y estudiantes de las áreas ambientales.

17. PALBARAS CLAVES

Hábitat, mutualismo, polinización, especies exóticas, planta-polinizadores, modelos predictivos, vulnerabilidad.

18. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Comprender la relación entre la complejidad y la estabilidad de los ecosistemas es de importancia clave para el mantenimiento del equilibrio del crecimiento humano y la conservación de todos los servicios naturales que brindan estos ecosistemas (Cardinale et al. 2012). Los polinizadores juegan un papel vital en la función del ecosistema, manteniendo la biodiversidad a través de la reproducción de las plantas (Díaz et al. 2013). Casi el 90 por ciento de las plantas con flores dependen de la polinización para reproducirse; asimismo, el 75 por ciento de los cultivos alimentarios del mundo dependen en cierta medida de la polinización y el 35 por ciento de las tierras agrícolas mundiales (Naciones Unidas 2020). Las plantas y sus insectos polinizadores forman complejas redes de interacción mutualista que influyen en la estructura, estabilidad y funcionamiento de las comunidades ecológicas (Schleuning et al. 2015). Los insectos, y en particular las abejas, son los principales polinizadores de las plantas con flores (Potts et al. 2010), lo que incluye el 84% de las plantas cultivadas (Losey y Vaughan 2006). Por lo tanto, comprender estas redes es crucial para la gestión eficaz de los ecosistemas.

Las actividades humanas están afectando los procesos biofísicos del planeta de tal manera que se ha superado los umbrales planetarios de cambio de algunos parámetros ambientales clave, principalmente biodiversidad, cambio climático y ciclo del nitrógeno (Manton 2014). La pérdida de hábitat y las especies invasoras afectan tanto la abundancia de polinizadores como la eficacia de la polinización cruzada y, por lo tanto, son las causas más importantes de la disminución de polinizadores en todo el mundo (Potts et al. 2010). Los polinizadores invasores pueden perturbar las redes de polinización, afectando tanto a las plantas con flores nativas como a los polinizadores (Dohzono & Yokoyama 2010). La abeja melífera (*Apis mellifera*), en particular, puede tener una fuerte influencia en los ecosistemas naturales porque es un recolector generalista altamente eficiente que compite directamente con los nativos polinizadores y pueden monopolizar los recursos florales (Geslin et al. 2017). Al mismo tiempo, la abeja melífera puede ser un pobre polinizador de plantas nativas, lo que reduce el éxito reproductivo en comunidades de plantas endémicas (Magrath et al. 2017).

19. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Los ecosistemas son encarnaciones delicadamente equilibradas de comunidades de especies que interactúan (Traveset y Richardson 2014). Las funciones de los ecosistemas son procesos ecológicos que controlan los flujos de energía, nutrientes y materia orgánica a través de un medio ambiente (Brown 2004). Se reconoce ampliamente que los servicios de los ecosistemas están estrechamente relacionados con la biodiversidad (Cardinale et al. 2012). Los servicios de los ecosistemas son el conjunto de beneficios que los ecosistemas brindan a la humanidad, lo que indica, que el bienestar humano se vería seriamente afectado por la variación de estos servicios ecosistémicos. Los ecosistemas tropicales albergan diversas comunidades ecológicas de plantas y animales (Groombridge y Jenkins 2002, Brummitt y Lughadha 2003). Una gran proporción de plantas tropicales depende de las interacciones con los animales y viceversa; estas interacciones planta-animal proporcionan importantes contribuciones a la funcionalidad de los ecosistemas tropicales (Jordano 2000). La diversidad y la estructura de estas complejas redes de interacción planta-animal pueden variar fuertemente a través de gradientes ambientales (McGill et al. 2006). Las relaciones mutualistas, y la estructura y composición de los hábitats son conceptos que convergen para el monitoreo de ecosistemas, lo que se puede plasmar a través de la ecología y la teledetección (Pettorelli, Safi y Turner 2014).

Los modelos matemáticos de redes mutualistas se pueden utilizar para simplificar la vasta complejidad del mundo real, para describir e investigar formalmente los fenómenos ecológicos y para comprender la propensión de los ecosistemas a volver a su régimen de funcionamiento después de un estrés o una perturbación (Cardinale et al. 2012). El análisis de redes de interacción mutualistas (Bascompte y Jordano 2013) y los enfoques basados en rasgos funcionales (Mouillot et al. 2013) tienen el potencial de desenredar los efectos a nivel de comunidad en un grado sin precedentes, proporcionando una herramienta poderosa para dilucidar las funciones de los ecosistemas desde una perspectiva comunitaria. Las redes de interacción se basan en la frecuencia de eventos de interacción entre pares de especies y permiten la cuantificación de las características a nivel de comunidad (Bascompte & Jordano 2013). Por lo tanto, podemos analizar la estructura y la estabilidad de las comunidades y hacer comparaciones entre comunidades, como gradientes ambientales (Quitán et al. 2018). Los enfoques basados en rasgos funcionales consideran los rasgos de las especies (morfológicos, fisiológicos, fenológicos) relevantes para la función del ecosistema (Dehling & Stouffer 2018), lo que nos permite detectar respuestas flexibles de las especies a la variación en el conjunto de rasgos de sus socios en las redes de interacción (Quitán et al. 2019). La combinación de esto con modelos predictivos y con los factores ambientales brinda una herramienta poderosa para explorar un espacio de parámetros hipotéticos más amplio y, por lo tanto, realizar predicciones para resultados futuros basados en las tendencias actuales.

20. OBJETIVOS

Determinar factores bióticos y abióticos en las redes de polinización mediante una combinación de observaciones de campo, análisis de redes ecológicas, colección de variables geo-ambientales y modelos.

21. ESPECÍFICOS

1. Desarrollar indicadores geo-ambientales a partir de sensores remotos de resolución moderada, para apoyar estudios socio-ambientales, y acciones de conservación y monitoreo en el sur de Ecuador.
2. Identificar la heterogeneidad ambiental (clima, geomorfología, cobertura vegetal) en el sur del Ecuador.
3. Evaluar el efecto de las características geoambientales de cada cuenca hidrográfica en las redes de interacción planta-polinizador mediante el análisis de la variación de la cantidad y calidad de las visitas de polinizadores.
4. Investigar los impactos de un competidor invasor (abeja melífera) de abejas nativas, en la ecología de las comunidades de polinización de plantas, comparando las redes de polinización y la respuesta a los cambios en el conjunto de rasgos funcionales exhibido entre las cuencas hídricas.
5. Desarrollar modelos predictivos basados en datos de campo utilizando modelos matemáticos (análisis de Markov) y simulaciones.

22. MARCO METODOLÓGICO

Este estudio representará el primer enfoque a nivel comunitario de la ecología de la polinización en las cuencas altas del Macizo del Cajas. La red de interacción estadísticamente poderosa y enfoques basados en rasgos funcionales, combinados con modelos predictivos, se basarán en datos empíricos de campo, variables generadas mediante teledetección y estudios de referencia de la historia natural (ver, Abe et al. 2011, Newton et al. 2018). La visión a largo plazo del proyecto es desarrollar este enfoque como una herramienta estándar que pueda ampliarse para su aplicación en todo el Macizo. Esto generará nuevos conocimientos sobre el impacto de la disminución de polinizadores nativos en la región, ayudando a identificar las amenazas clave para este ecosistema y proporcionando datos invaluable sobre la dinámica de las comunidades de plantas y sus polinizadores. El conjunto de datos se basará en redes empíricas muestreadas en cuatro vertientes, dos pacíficas y dos amazónicas. Para cada una de las redes de polinización, los cambios en la composición de la comunidad se proyectarán en la exposición de las especies al efecto del mutualismo y la competencia, las condiciones climáticas, geomorfológicas y de cobertura vegetal de cada vertiente. Por lo tanto, la diferencia

en la estructura de cada comunidad planta-polinizador puede estar dada por el efecto de la abeja exótica, variaciones taxonómicas y funcionales de las especies de plantas con flores, de la temperatura, precipitación, elevación, forma y disposición geográfica, y los distintos usos del suelo de cada vertiente.

Desarrollo de predictores ambientales

Se desarrollarán indicadores geoambientales basados en sensores remotos en el sur de Ecuador (Zona de Planificación 6, SENPLADES, Ecuador). Estableceremos una clasificación espacio-temporal geoambiental del paisaje a nivel regional, a través de SIG y Sensores Remotos. Se obtendrá y corregirá imágenes de satélite gratuitas (multiespectrales y de resolución media, es decir, imágenes Landsat). Para crear mosaicos de imágenes eliminando áreas cubiertas de nubes y reemplazando estas piezas por imágenes de fechas cercanas. Con la información de estas imágenes se generarán modelos digitales del terreno, análisis geomorfológicos, índices de vegetación, análisis de texturas, proxis climáticos, etc. Se desarrollarán mecanismos para estudiar y monitorear los factores ambientales (abióticos y bióticos) con un enfoque integrador que combine información geográfica ambiental con información de biodiversidad de campo. El objetivo es estudiar modelos espacio-temporales de distribución y diversidad de especies de abejas y plantas con flores, y potenciales modelos predictivos de servicios ecosistémicos.

Comunidad de polinizadores de las tierras altas y recursos florales

Para el monitoreo de la comunidad de abejas en cuatro cuencas altas de la Reserva de Biosfera UNESCO-MAB, Macizo del Cajas, se seleccionarán un total de 12 transectos de 1km en cuatro cuencas altas, dos que drenan hacia el Pacífico y dos hacia la Amazonia. En cada cuenca se instalará tres transectos de 1km a distintas elevaciones (<4000, <3500 y < 3000 msnm). Se escogió las cuatro cuencas que se encuentran en las vías Cuenca-Molleturo y Cuenca-Soldados. Esto debido a la facilidad de la logística, que permitiría hacer los muestreos de campo en los 12 transectos, saliendo desde cuenca y regresando el mismo día. Los sitios se estudiarán tres veces en un año para cubrir la variación estacional climática. En cada transecto, se ubicarán tres trampas de abejas (al principio, centro y final), para determinar la estructura y composición de las comunidades de abejas. Para estimar la disponibilidad de flores, se registrarán todas las plantas con flores abiertas dentro de cada transecto.

Se estudiará las interacciones planta-neктarívoro, observando estas interacciones planta-polinizador en cada transecto antes descrito. Debido a la variación estacional y a la fluctuación de la floración durante todo el año, se realizarán tres censos temporalmente distintos en cada sitio para capturar la variación estacional. Para registrar las interacciones planta-polinizador, se realizarán observaciones visuales en cada transecto de 1km. Las interacciones entre las especies de plantas y polinizadores se cuantificarán registrando la frecuencia de las visitas de los insectos, la hora de la visita y la parte de la flor visitada (búsqueda de néctar; búsqueda de polen; contacto de pétalos; contacto de anteras-contacto de estambres). Se recolectarán muestras de insectos y flores de cada temporada para verificar la identificación de las especies y documentar los rasgos fenotípicos de las plantas. Las muestras se depositarán en herbarios acreditados. Además, se medirá los rasgos morfológicos de cada planta con flor abierta. Cada individuo de la planta con flores será observado durante un período de tiempo similar durante el período de observación, mientras se camina libremente por el transecto. El análisis de redes ecológicas representa a las comunidades biológicas como matrices matemáticas que describen los vínculos e interacciones entre las especies, proporcionando un medio para evaluar las interacciones en toda la comunidad y superando las limitaciones de los análisis tradicionales basados en especies específicas, que carecen de la capacidad de abordar la interdependencia entre especies. Las redes se pueden analizar cuantitativamente utilizando una variedad de índices ecológicos que permiten la caracterización de la comunidad tanto a nivel global como de especies (Dormann et al. 2009), permitiéndonos reconciliar procesos que ocurren en diferentes niveles de organización biológica (Loeuille & Loreau 2005). El uso de un enfoque de red permitirá el cálculo de índices específicos (por ejemplo, la frecuencia de visitas de polinizadores a las flores y el grado de especialización fenotípica de cada especie), lo que nos permitirá evaluar cuantitativamente los efectos de la estructura de cada cuenca hídrica y las especies invasoras. Además, los enfoques basados en rasgos fenológicos permitirán el análisis de las respuestas de los polinizadores a las interrupciones en el conjunto de rasgos de cada red de interacción (ver Quitián et al. 2019), y la identificación de especies de plantas / insectos en peligro. Se utilizarán datos de campo empíricos para parametrizar los modelos matemáticos. Esta combinación de enfoques es un medio poderoso para investigar escenarios ecológicos hipotéticos (Cronin et al. 2016). La incorporación de factores bióticos y abióticos nos permitirá generalizar los hallazgos a una escala más amplia de las cuencas altas y anticipar los efectos de perturbaciones.

F. IMPACTO DEL PROYECTO

23. CONSIDERACIONES ÉTICAS DE LA PROPUESTA

Este proyecto combina experiencia en estudios de ecosistemas andinos, ecología del comportamiento de insectos sociales, análisis de redes ecológicas, sistemas remotos y modelado, entre un equipo de estudiantes e investigadores científicos. Estas habilidades colectivas se complementarán entre sí y proporcionarán la experiencia necesaria en metodologías, conocimientos básicos, logística, liderazgo y trayectoria para garantizar un resultado exitoso. El amplio conjunto de habilidades complementarias de nuestro equipo hace que este proyecto sea viable y significa que los hallazgos se difundirán ampliamente. Su experiencia colectiva garantizará que los objetivos de la investigación se logren de manera oportuna. Existe el contacto con el Biólogo Danilo Mejía, investigador de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Cuenca, experto en teledetección y sensores remotos. A nivel internacional, se ha realizado contactos de cooperación con la Dra. Marta Quitián, ecóloga de comunidades e investigadora principal de proyecto "Dilucidar los efectos de la perturbación en las redes de polinización de las islas". Proyecto que se realiza en islas de Japón y que es parte de un programa internacional desarrollados por varios investigadores de distintas universidades internacionales. Con la Dr. Eike Lena Neuschulz investigadora permanente, Senckenberg Biodiversity and Climate Research Centre (SBIK-F), Frankfurt am Main (Alemania).

24. RESULTADOS ESPERADOS DEL PROYECTO

Los beneficios inmediatos serán la elucidación de la estructura de la red de polinización de cuatro cuencas altas del Macizo del Cajas, lo que permitirá inferir los impactos de la variación del hábitat y especies invasoras. Tomando en cuenta que las abejas son los principales polinizadores en las zonas andinas. Sin embargo, esperamos incluir otros insectos y a los colibríes en siguientes fases para cubrir la totalidad de la red de polinización. Proporcionando un recurso para la gestión de esta área de Patrimonio Mundial. La red de interacción generará conocimiento sobre el sistema de polinización, y ayudará a identificar plantas con flores sensibles a la variación ambiental a través del análisis de sus rasgos funcionales.

Los beneficios a medio plazo incluyen el establecimiento de protocolos metodológicos para el análisis de redes que se pueden ampliar al resto del Macizo y la formación de un equipo de investigación. Las interacciones del equipo con otros grupos de investigadores proporcionarán las bases para futuras solicitudes de subvenciones para financiar la expansión del programa. Adicionalmente, se proporcionará beneficios a estudiantes mediante pasantías y tesis de grado. Además, con el Dr. Vinicio Santillan que obtuvo su doctorado en Frankfurt, Alemania; se ha aplicado al programa "experto que regresa", del CIM (Centre for international Migration and Developmen, <https://www.cimonline.de/en/html/returning-experts.html>). Financia a personas de los países socios (incluye Ecuador) que hayan estudiado en Alemania, ayudando a proyectos en su país de origen. Tales como subvenciones para prácticas, subsidios de formación, equipo de trabajo, equipo de oficina, viajes a cursos y seminarios, capacitación de expertos. Este es un programa del gobierno alemán con la GIZ (Cooperación Técnica Alemana), con experiencia en algunas universidades e institutos ecuatorianos.

A largo plazo, los resultados contribuirán a entender la complejidad de los ecosistemas de montaña, y una comprensión más profunda de la estructura y función de sus interacciones ecológicas ayudará a predecir su resiliencia y gestionar su conservación. Los resultados serán de interés para los campos de la ecología de comunidades, la biología de la polinización, diversidad funcional, servicios ecosistémicos, agricultura y agroecología, estudios socio-ambientales y la conservación. Este proyecto no solo empleará técnicas novedosas para evaluar el impacto de la pérdida de hábitat y las especies invasoras en las comunidades de plantas con flores y polinizadores, sino también buscará sensibilizar a la comunidad científica y general sobre el problema global de la disminución de los polinizadores.

25. TRANSFERENCIA Y DIFUSIÓN DE RESULTADOS

Se espera tener al menos dos manuscritos enviados a revistas de alto impacto internacionales en los dos años del proyecto.

Desarrollo de predictores ambientales

Objetivo 1. Desarrollar indicadores geo-ambientales a partir de sensores remotos en el sur de Ecuador.

Hito: Identificar las principales variables abióticas y bióticas de los ecosistemas del sur del Ecuador, y generar de variables independientes que nos permitan predecir los efectos de las variables medio ambientales en la diversidad y sus interacciones, siendo un insumo para futuro proyectos socio-ambientales y de ordenamiento del territorio.

Entregable: Productos espacio-temporales obtenidos de los sensores remotos, información geoambiental disponible y estudiantes capacitados.

Objetivo 2. Identificar la heterogeneidad ambiental (clima, geomorfología, cobertura vegetal) del sur ecuatoriano.

Hito: Identificar las variaciones espacio temporales de las variables ambientales.

Entregable: Bases de datos de variaciones espacio-temporales de las variables ambientales.

Comunidad de polinizadores de las tierras altas y recursos florales

Objetivo 3. Evaluar el impacto de la estructura de hábitat en las redes interacción planta-polinizador.

Hito: Construir matrices de interacción para evaluar las interacciones mutualistas. Información se enviará a repositorios de acceso abierto, como el Fondo de Información sobre Biodiversidad Global (GBIF).

Entregable: Matrices, bases de datos y estudiantes capacitados.

Objetivo 4. Evaluar los impactos de la introducción de especies invasoras en las redes de polinización.

Hito: Construir índices específicos a nivel de red y especie. Identificación de interrupciones de la red (especies pérdidas o rangos de rasgos fenotípicos especializados).

Entregable: Presentación en congresos nacionales e internacionales y publicación en revista especializada.

Objetivo 5. Desarrollar un marco de trabajo de modelado predictivo para probar escenarios hipotéticos.

Hito: Desarrollo de modelos basados en agentes que reproduzca la red de polinización. Construir un modelo matemático extensible para introducir nuevas variables y probar escenarios hipotéticos.

Entregable: Desarrollo de este enfoque metodológico y ramificaciones ecológicas (NetLogo), estudiantes capacitados.

26. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abe T et al. 2011. Alien pollinator promotes invasive mutualism in an insular pollination system. *Biol. Invasions* 13: 957–967.

Bascompte J. & Jordano P. 2013. *Mutualistic networks*. Princeton University Press: New Jersey. Cardinale BJ et al. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*. 486: 59–67.

Brown, J.H. et al. 2004. Toward a metabolic theory of ecology. *Ecology*. 81: 1771–1789

Brummitt, N. y Lughadha, E. N. 2003. Biodiversity: where is hot and where is not. – *Conserv. Biol*. 17: 1442–1448.

Cronin AL et al. 2016. Strategies of offspring investment and dispersal in a spatially structured environment: a theoretical study using ants. *BMC Ecol*. 16: 1–14.

Dehling DM & Stouffer DB. 2018. Bringing the Eltonian niche into functional diversity. *Oikos*: 1711–1723.

Díaz S et al. 2013. Functional traits, the phylogeny of function, and ecosystem service vulnerability. *Ecol. Evol*. 3: 2958–2975.

- Dohzono I & Yokoyama J. 2010. Impacts of alien bees on native plant-pollinator relationships: a review with special emphasis on plant reproduction. *Appl. Entomol. Zool.* 45: 37–47.
- Dormann CF et al. 2009. Indices, graphs and null models: analyzing bipartite ecological networks. *Open Ecol. J.* 2: 7–24.
- Losey JE & Vaughan M. 2006. The economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience* 56: 311.
- Geslin B et al. 2017. Massively introduced managed species and their consequences for plant–pollinator interactions. *Advances in Ecological Research* 57: 147–199.
- Groombridge, B. y Jenkins, M. D. 2002. *World atlas of biodiversity*. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. – Univ. of California Press.
- Jordano, P. 2000. Fruits and frugivory. – In: Fenner, M. (ed.), *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities*, 2nd ed. CAB International Publ., pp. 125–166.
- Loeuille N & Loreau M. 2005. Evolutionary emergence of size-structured food webs. *PNAS* 102: 5761–5766.
- Magrach A et al. 2017. Honeybee spillover reshuffles pollinator diets and affects plant reproductive success. *Nat. Ecol. Evol.* 1: 1299–1307.
- Manton, M. 2014. *Managing Green Infrastructures: Trophic Interactions in Anthropogenic and Natural Ecosystems*; (Licentiate); Swedish University of Agricultural Sciences: Kaunas, Lithuania.
- McGill, B. J. et al. 2006. Rebuilding community ecology from functional traits. – *Trends Ecol. Evol.* 21: 178–185.
- Mouillot D et al. 2013. A functional approach reveals community responses to disturbances. *Trends Ecol. Evol.* 28: 167–177. Potts SG et al. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.* 25: 345–353.
- Naciones Unidas 2020. <https://www.un.org/es/observances/bee-day>.
- Newton A.C. et al. 2018. Impacts of deforestation on plant-pollinator networks assessed using an agent based model. *PlosOne.* 13(12): e0209406.
- Olesen, J.M. et al. 2002. Invasion of pollination networks on oceanic islands: importance of invader complexes and endemic super generalists. *Divers. Distrib.* 8: 181–192.
- Pettorelli, N. et al., 2014. Satellite remote sensing for applied ecologists: opportunities and challenges. *J. Appl. Ecol.* 51: 839–848.
- Qutián M et al. 2018. Elevation-dependent effects of forest fragmentation on plant-bird interaction networks in the tropical Andes. *Ecography* 41: 1497–1506.
- Qutián M et al. 2019. Functional responses of avian frugivores to variation in fruit resources between natural and fragmented forests. *Funct. Ecol.* 33: 399–410.
- Schleuning M et al. 2015. Predicting ecosystem functions from biodiversity and mutualistic networks: an extension of trait-based concepts to plant-animal interactions. *Ecography.* 38: 380–392.
- Traveset A & Richardson DM. 2014. Mutualistic interactions and biological invasions. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 45: 89–113.

G. ANEXOS

Planilla de anexos del Proyecto

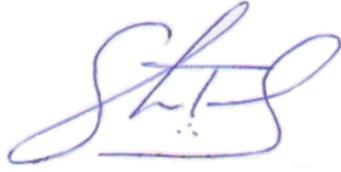
```
[[{"title":"Cronograma-  
Presupuesto","comment":"Nuevo","size":"12.539","name":"CRONOPRESUF.xlsx","filename":"fu_2c8e4pmjczs9e  
bj","ext":"xlsx"}]]
```

Número de Archivos: 1

Documentación adicional

```
[[{"title":"Marco conceptual","comment":"Proyecto  
abejas","size":"453.928","name":"marco_abejas1.png","filename":"fu_yf2wnn4yaafvn6s","ext":"png"}]]
```

Número de archivos: 1



DIRECTOR DEL PROYECTO: PICCIITT19-20
JOSE ESTEBAN TORRACCHI CARRASCO



Ing. Javier Cabrera Mejía, PhD.
JEFE DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN