



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

Nº 805-2025-UNF/CO

Sullana, 26 de setiembre de 2025.

VISTOS:

Oficio Nº 860-2025-UNF-VPAC/FIAB, de fecha 02 de setiembre de 2025; Oficio Nº 3404-2025-UNF-VPAC, de fecha 03 de setiembre de 2025; Informe Nº 2691-2025-UNF-PCO-OPP-UP de fecha 03 de setiembre de 2025; Oficio Nº 3592-2025-UNF-VPAC de fecha 05 de setiembre de 2025; Oficio Nº 0377-2025-UNF-OAJ, de fecha 16 de setiembre de 2025; Oficio Nº 3819-2025-UNF-VPAC, de fecha 18 de setiembre de 2025; y,

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 18º de la Constitución Política del Perú, prescribe que la Universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico: Las Universidades se rigen por sus propios estatutos en el marco de la Constitución y de las leyes.

Que, mediante Ley Nº 29568 del 26 de julio de 2010 se crea la Universidad Nacional de Frontera en el distrito y provincia de Sullana, departamento de Piura, con fines de fomentar el desarrollo sostenible de la Subregión Luciano Castillo Colonna, en armonía con la preservación del medio ambiente y el desarrollo económico sostenible; y, contribuir al crecimiento y desarrollo estratégico de la región fronteriza noroeste del país.

Que, el artículo 8º de la Ley Universitaria, establece que la autonomía inherente a las Universidades se ejerce de conformidad con la Constitución y las Leyes de la República e implica los derechos de aprobar su propio estatuto y gobernarse de acuerdo con él, organizar su sistema académico, económico y administrativo.

Que, mediante Resolución Viceministerial Nº 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio del 2021, se aprueba el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución", en el numeral 6.1.4., señala que son funciones de la Comisión Organizadora, literal g) "Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.

Que, mediante Resolución de Comisión Organizadora Nº 461-2021-UNF/CO de fecha 29 de noviembre de 2021, se resuelve aprobar el Estatuto de la Universidad Nacional de Frontera.

Página | 1



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

Que, en el Estatuto en mención, en su TÍTULO III se establece las DISPOSICIONES TRANSITORIAS, FINALES Y DEROGATORIAS:

A. DISPOSICIONES TRANSITORIAS

PRIMERA. POTESTAD DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA

En base al artículo 29 de la Ley Universitaria, la Comisión Organizadora de la UNF tiene a su cargo la aprobación del presente Estatuto, reglamentos y documentos de gestión académica, de investigación y administrativa, formulados en los instrumentos de planeamiento, así como su conducción y dirección hasta que se constituyan los órganos de gobierno que de acuerdo a ley corresponda.

SEGUNDA. PROCESO DE CONSTITUCIÓN

Durante el proceso de constitución de la Universidad, los artículos del presente Estatuto, que se opongan, contradigan o no puedan implementarse de acuerdo a lo establecido en la normativa de la SUNEDU y MINEDU, respecto a garantizar las condiciones básicas de calidad, quedan en suspenso hasta que se constituyan los órganos de gobierno de la universidad. Encontrándose la Comisión organizadora facultada a emitir resoluciones que permitan el adecuado funcionamiento de la universidad hasta culminar el proceso de constitución.

CUARTA. GOBIERNO DE LA UNF

Durante el proceso de constitución de la Universidad, el gobierno de ésta se ejerce por:

- a) La Comisión Organizadora, tiene atribuciones administrativas que competen a la Asamblea Universitaria, al Consejo Universitario y al Consejo de Facultad.
- b) El Presidente de la Comisión Organizadora de la UNF, tiene atribuciones propias del Rector.
- c) Los Coordinadores de Facultad tiene atribuciones de Decano.

QUINTA. ÓRGANOS DE ALTA DIRECCIÓN

Durante el proceso de constitución de la UNF, los Órganos de Alta Dirección de ésta, lo constituyen:

- a) La Presidencia de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Rectorado.
- b) La Vicepresidencia Académica de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Vicerrectorado Académico.
- c) La Vicepresidencia de Investigación de Comisión Organizadora, que cumple funciones asignadas al Vicerrectorado de Investigación.

Que, el Artículo 22° literal f) del Estatuto de la Universidad de Frontera establece que el Consejo Universitario tiene como atribución: Concordar y ratificar los planes de estudios y de trabajo propuestos por las unidades académicas.





UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

Que, mediante Resolución de Decanato N° 044-2024-UNF-VPAC/FIAB, de fecha 19 de febrero de 2024, se aprobó el Reglamento de Investigación Formativa para la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología, presentado por la Unidad de Investigación FIIAB – UNF y que tiene como fin establecer los lineamientos para el desarrollo de investigación formativa de la Facultad en mención y Escuelas Profesionales adscritas, que involucran a docentes y estudiantes de la Universidad Nacional de Frontera.

Que, con Oficio N° 860-2025-UNF-VPAC/FIAB, de fecha 02 de setiembre de 2025, el Coordinador de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología solicita a la Vicepresidencia Académica, la aprobación del Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Tras las Huellas del Palo Santo: Caracterización Eco - genética Preliminar de *Bursera Graveolens* en el Bosque Seco de la Región Piura", presentado por el docente Dr. Richard Eduardo Cadenillas Ordinola.

Que, mediante Oficio N° 3404-2025-UNF-VPAC, de fecha 01 de setiembre de 2025, el Vicepresidente Académico solicita a la Oficina de Planeamiento y Presupuesto emita informe de disponibilidad presupuestaria para la aprobación del Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Tras las Huellas del Palo Santo: Caracterización Eco - genética Preliminar de *Bursera Graveolens* en el Bosque Seco de la Región Piura".

Que, con Informe N° 2691-2025-UNF-PCO-OPP-UP, de fecha 03 de setiembre de 2025, la Jefa de la Unidad de Presupuesto informa que, ha revisado el Presupuesto del Centro de Costos de la FIIAB contando con saldo presupuestal para el Proyecto de Investigación Formativa antes descrito, de acuerdo al siguiente detalle: Centro de Costos: 05. Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología, Fuente de Financiamiento: 01 Recursos Ordinarios, Meta: 0025 Fomento de la Investigación Formativa, Actividad Operativa: 003 Ejecución de Investigación Formativa, Especifica de Gasto: 2.3.2.7.14.98. Otros Servicios Técnicos y Profesionales Realizados por Personas Naturales, Monto: S/ 5,300.00.

Que, mediante Oficio N° 3592-2025-UNF-VPAC, de fecha 05 de setiembre de 2025, el Vicepresidente Académico solicita a la Oficina de Asesoría Jurídica emita opinión legal para la aprobación del Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Tras las Huellas del Palo Santo: Caracterización Eco - genética Preliminar de *Bursera Graveolens* en el Bosque Seco de la Región Piura".

Que, con Oficio N° 0377-2025-UNF-OAJ, de fecha 16 de setiembre de 2025, el Jefe de la Oficina de Asesoría Jurídica emite opinión señalando que, es factible de manera excepcional y con criterio discrecional la aprobación de los planes de Trabajo de Investigación Formativa, siempre y cuando así lo estime pertinente el pleno de la Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Frontera.

Que, mediante Oficio N° 3819-2025-UNF-VPAC, de fecha 18 de setiembre de 2025, el Vicepresidente Académico remite al Presidente de la Comisión Organizadora, el Plan de Trabajo

Página | 3



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

de Investigación Formativa: "Tras las Huellas del Palo Santo: Caracterización Eco - genética Preliminar de *Bursera Graveolens* en el Bosque Seco de la Región Piura", ejecutado por la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología, para efectos de aprobación mediante acto resolutivo de la Comisión Organizadora.

Que, respecto al Artículo IV el Título Preliminar del Texto Único Ordenado de la Ley de Procedimiento Administrativo General, aprobada mediante Decreto Supremo número 004-2019-JUS, recoge como uno de los Principios del Procedimiento Administrativo, el Principio de Legalidad por el cual queda sentado que las autoridades administrativas deben actuar con respeto a la constitución, la ley y al derecho, dentro de las facultades que le estén atribuidas y de acuerdo con los fines para los que les fueron conferidas.

Que, con ACTA N° 056-2025-SO-CO, de fecha 25 de setiembre de 2025, en Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora de la Universidad Nacional de Frontera, luego de analizar la documentación presentada y de revisar los informes técnicos y legales indicados en los considerandos de la presente Resolución, por unanimidad se acordó: **APROBAR**, con eficacia anticipada, el Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Tras las Huellas del Palo Santo: Caracterización Eco - genética Preliminar de *Bursera Graveolens* en el Bosque Seco de la Región Piura", presentado por el Dr. Richard Eduardo Cadenillas Ordinola y estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología de la Universidad Nacional de Frontera, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

Estando a lo expuesto y en uso de las atribuciones conferidas por la Ley Universitaria - Ley N° 30220 y por la Resolución Viceministerial N° 045-2023-MINEDU, Resolución Viceministerial N° 064-2024-MINEDU y Acta de Acuerdos de Sesión Ordinaria de Comisión Organizadora N° 056-2025-SO-CO, de fecha 25 de setiembre de 2025.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, con eficacia anticipada, el Plan de Trabajo de Investigación Formativa: "Tras las Huellas del Palo Santo: Caracterización Eco - genética Preliminar de *Bursera Graveolens* en el Bosque Seco de la Región Piura", presentado por el Dr. Richard Eduardo Cadenillas Ordinola y estudiantes de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología de la Universidad Nacional de Frontera, el mismo que como anexo forma parte integrante de la presente resolución.

ARTÍCULO SEGUNDO. - ENCARGAR a la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología de esta Casa Superior de Estudios en coordinación con los responsables del citado plan, la ejecución, operatividad y seguimiento del plan aprobado en el artículo precedente.

Página | 4



UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

"Año de la recuperación y consolidación de la Economía Peruana"

RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA

ARTÍCULO TERCERO. - NOTIFICAR a través, de los mecanismos más adecuados y pertinentes, para conocimiento y fines correspondientes.

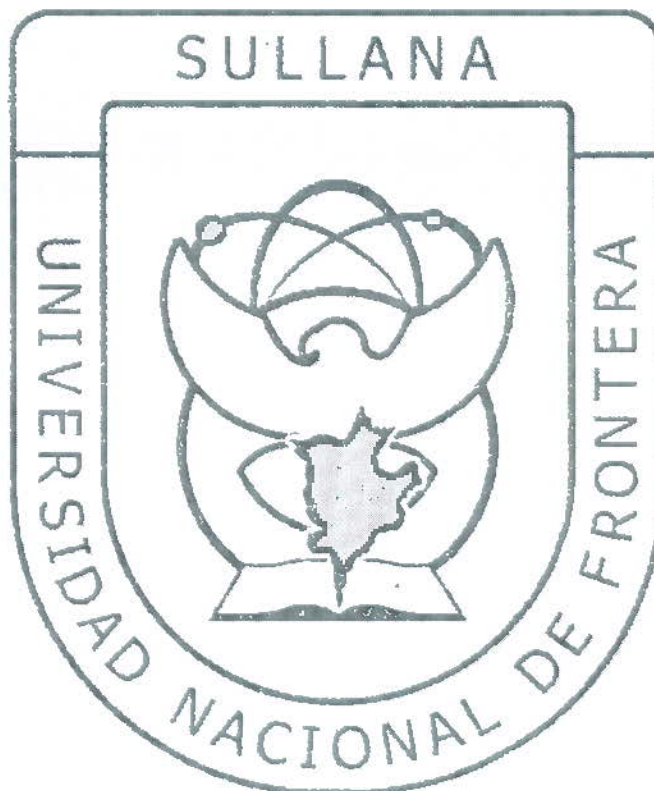
REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y EJECÚTESE.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

Dr. José Florentino Molero López
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ORGANIZADORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

Dr. Carlos Roberto Gallardo Torres
SECRETARIO GENERAL





UNIVERSIDAD NACIONAL DE FRONTERA

**Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y
Biotecnología**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

**"Tras las Huellas del Palo Santo:
Caracterización Eco-genética preliminar de
Bursera graveolens en el Bosque Seco de la
región Piura"**

Abad Calle Carlo Renato
<https://orcid.org/0009-0004-2637-6943>

Chávez Moran Marco Roberto
<https://orcid.org/0009-0002-1156-1252>

Espinoza Vega Fiorela Lizbeth
<https://orcid.org/0009-0003-8973-1239>

Docente Responsable:
Dr. Cadenillas Ordinola Richard Eduardo
<https://orcid.org/0000-0001-5769-3205>

Semestre Académico:
2025-I

Sullana, Perú 2025

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FORMATIVA

I. DATOS GENERALES

1.1. Título

“Tras las huellas del palo santo: caracterización eco-genética preliminar de *Bursera graveolens* en el bosque seco de la región Piura”

1.2. Institución

Universidad Nacional de Frontera

1.3. Responsables

1.3.1. Docentes : Dr. Cadenillas Ordinola Richard Eduardo

1.3.2. Estudiantes : Abad Calle Carlo Renato

Chávez Moran Marco Roberto

Espinoza Vega Fiorela Lizbeth

1.4. Lugar, fecha y hora de la Exposición

Pabellón de aulas de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y Biotecnología; 22 de noviembre 2025.

1.5. Duración del proyecto

Fecha de inicio: Junio 2025

Fecha de término: Noviembre 2025

II. INTRODUCCIÓN:

En Piura existen fragmentos del bosque tropical estacionalmente seco, el cual se caracteriza por una alta biodiversidad y endemismo (Cueva Ortiz et al., 2019). Este tipo de bosque presenta lluvias anuales muy bajas, aproximadamente entre 60 y 70 mm, además de marcadas variaciones estacionales relacionadas con eventos climáticos extremos como el fenómeno de "El Niño" (NCI, 2007). Según la ONG AIDER (2012), en este ecosistema coexisten árboles emblemáticos como el algarrobo (*Prosopis pallida*), el hualtaco (*Loxopterygium huasango*), el guayacán (*Tabebuia chrysantha*) y el palo santo (*Bursera graveolens*).

Sin embargo, estudios recientes muestran una preocupante pérdida de cobertura vegetal en el bosque seco del norte peruano debido principalmente a la expansión agrícola, ganadera y la tala ilegal (Cueva Ortiz et al., 2019). De acuerdo con el Instituto del Bien Común (citado en Inforegión, 2023), se han perdido más de 215 mil hectáreas de bosque seco en Piura en los últimos 37 años, siendo reemplazadas por áreas y espacios comunitarios o cultivos agrícolas comerciales.

Dentro de este contexto, *Bursera graveolens* es una especie forestal muy valorada por su madera aromática de la cual se destilan aceites esenciales, lo que ha impulsado una depredación excesiva (NCI, 2007; AIDER, 2012). Patiño et al. (2021) destacan que esta especie enfrenta amenazas significativas derivadas de la tala indiscriminada y la extracción ilegal, factores que han reducido drásticamente sus poblaciones y limitado su regeneración natural. En particular, se ha documentado un colapso de la regeneración de *B. graveolens* en la región Tumbes-Piura, principalmente debido al sobrepastoreo caprino y bovino (Patiño et al., 2021). Estas presiones disminuyen la diversidad genética al reducir considerablemente el número de árboles "plus", esenciales para mantener la variabilidad genética y la capacidad de reproductiva.

La sobreexplotación y fragmentación de los bosques aumentan la vulnerabilidad de *B. graveolens*, lo que hace urgente ejecutar estudios eco-genéticos para evaluar los cambios en la variabilidad genética e implementar planes de manejo conservacionista, económico y socialmente sostenibles.

Además de las amenazas antrópicas, los bosques secos de Sullana experimentan una alta variabilidad ambiental, influenciada por ciclos de lluvias intensas y prolongadas sequías asociadas al fenómeno del “Niño”, generando alternancia entre períodos de estrés hídrico y regeneración abrupta, sumándose a esto los efectos del cambio climático y efecto invernadero. Diversas investigaciones en bosques secos de Perú y Ecuador han demostrado que estos factores abióticos afectan significativamente la estructura genética de las especies locales (Quiroga-Carmona & D’Elía, 2022; Exposito-Alonso et al., 2022; Uchiyama et al., 2025). Por ejemplo, estudios recientes confirman que los gradientes climáticos relacionados con temperatura y precipitación y/o sequia modelan la estructura genética en poblaciones arbóreas y selváticas (Tsumura et al., 2025; Exposito-Alonso et al., 2022).

Asimismo, la distancia geográfica y la disimilitud y multiplicidad del paisaje también son factores determinantes en el aislamiento genético de grupos arbóreos y bosques (Chang et al., 2022; Liu et al., 2023). Investigaciones como las realizadas en cebada silvestre (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) y la gimnosperma *Cephalotaxus oliveri* han mostrado que tanto la geografía como las variables ambientales influyen en la diferenciación genética (Chang et al., 2022; Liu et al., 2023). Esto sugiere que en *B. graveolens* podrían existir patrones genéticos específicos relacionados con las condiciones ecológicas locales, cuya variabilidad aún no se ha estudiado en el bosque seco de Piura.

Desde la Ingeniería en Biotecnología, es posible abordar estos desafíos mediante herramientas moleculares avanzadas como marcadores genéticos, con el propósito de caracterizar la variabilidad genética intra e interpoblacional de *B. graveolens*. Esta

aproximación preliminar eco-genética permitirá integrar análisis de estructura poblacional con información ambiental, facilitando la identificación de procesos de aislamiento por distancia o por ambiente (Chang et al., 2022; Liu et al., 2023).

Los resultados podrían guiar estrategias concretas de conservación genética, tales como la creación de bancos de semillas genéticamente diversos y la selección estratégica de plantas madres o árboles “plus” para la propagación asistida. Complementariamente, como señala Roura (2022), la biotecnología vegetal ofrece métodos adicionales como técnicas in vitro de cultivo de tejidos y criopreservación, las cuales son herramientas eficaces para conservar recursos fitogenéticos amenazados.

Por ello, el objetivo general del presente proyecto es caracterizar eco-genéticamente la variabilidad de las poblaciones de *Bursera graveolens* en el bosque seco de Piura, aportando bases sólidas para la implementación de estrategias de conservación y aprovechamiento comercial sostenible a largo plazo. Para alcanzar este objetivo, se plantean tres objetivos específicos: evaluar la estructura poblacional y características ecológicas del hábitat de *B. graveolens* en sitios representativos del bosque seco de Piura; analizar la diversidad genética intra e interpoblacional mediante marcadores moleculares y correlacionarla con la distancia geográfica y variables ambientales.

Estos resultados contribuirán en el corto plazo para proponer medidas de conservación fundamentadas en resultados genéticos y ecológicos, incluyendo recomendaciones para la restauración del bosque y el manejo sostenible de esta especie emblemática.

III. REVISIÓN DE LITERATURA:

La variabilidad genética, o diversidad genética, se refiere a la diversidad de características hereditarias presentes en una población de una especie o raza específica, y constituye una condición indispensable para que dicha población pueda adaptarse a cambios en el medio ambiente. Como señalan Chung et al. (2023), las poblaciones con baja variabilidad genética enfrentan un mayor riesgo de extinción, al carecer de capacidad de respuesta ante presiones como el cambio climático.

En esta línea, Poupon et al. (2021) destacan que los árboles exhiben altos niveles de variación genética, tanto entre especies y poblaciones como a nivel intraespecífico. Wang et al. (2024), por su parte, dice que los árboles forestales no solo son componentes estructurales clave de los ecosistemas como bosques y selvas, sino que también desempeñan un papel importante en la atenuación de fenómenos naturales, a pesar de su propia vulnerabilidad.

De acuerdo con De Kort et al. (2021), la diversidad genética poblacional está influenciada por factores intrínsecos como la historia de vida y la demografía, y extrínsecos como eventos climáticos pasados o características biogeográficas locales. En este contexto, Abe et al. (2024) explican que la fragmentación del hábitat, en especial por actividades de origen humano como la deforestación, destruye el flujo génico, promoviendo la diferenciación genética por deriva o endogamia. Considerando esto, Chung et al. (2023) y De Kort et al. (2021) coinciden en que la gestión forestal actual incorpora la diversidad genética como indicador esencial de resiliencia poblacional, integrándola en estrategias de conservación y monitoreo adaptativo.

Dentro de este panorama, los bosques secos tropicales resultan especialmente sensibles a la fragmentación, al cambio climático originado por el efecto invernadero, fenómenos que afectan directamente su relación genética y estructura ecológica. En Ecuador, Rivas et al. (2021) reportaron una reducción del 27.04 % en la cobertura de bosque

seco estacional entre 1990 y 2018, junto con un aumento del 11.61 % en el índice de fragmentación. Esto reflejan la degradación continua del ecosistema a niveles ambientales y geográficos, causada principalmente por la expansión agrícola-ganadera y los altibajos en los ciclos lluviosos. Además, la frecuencia actual de las sequías puede acelerar la conversión de remanentes forestales en agroecosistemas.

A pesar de ello, estos ecosistemas desempeñan funciones ecológicas importantes. En la Caatinga brasileña, por ejemplo, Mendes et al. (2025) descubrieron uno de los sumideros de carbono más eficientes en regiones secas alrededor del mundo, con potencial para mitigar el efecto invernadero. Sin embargo, esta cualidad se ve amenazada por la deforestación. En paralelo, nuevos estudios botánicos y faunísticos han ampliado el conocimiento sobre la biota de estos bosques. Londoño-Lemos et al. (2022) documentaron 62 especies de plantas leñosas en un remanente del bosque seco caribeño colombiano, las cuales pertenecen a las familias *Sapindaceae*, *Apocynaceae*, *Arecaceae* y *Fabaceae*, con adaptaciones xeromórficas como fenología decidua, madera densa y estrategias de conservación hídrica.

Desde la perspectiva faunística, Poveda-Santos et al. (2023) registraron 68 especies de aves en un fragmento de bosque seco andino, incluyendo tanto residentes como migratorias (como *Aulacorhynchus prasinus* y especies del género *Amazona*). Este elevado nivel de diversidad indica que estos fragmentos de bosque, funcionan como refugios de flora y fauna con endemismo vertical. El cuidado de estas poblaciones faunísticas y botánicas, especialmente a nivel genético, es crucial dado el rol ecológico que desempeñan. Esta interacción entre diversidad biológica y condiciones ambientales —como la marcada estacionalidad y variabilidad hídrica y temperaturas elevadas— ha motivado el estudio de los mecanismos moleculares de tolerancia en plantas leñosas.

En este sentido, Whiting et al. (2024) identificaron 108 ortogrupos genéticos compartidos en plantas adaptadas al estrés abiótico, lo que indica una convergencia

evolutiva en los mecanismos moleculares de adaptación al clima. En *Eucalyptus globulus*, Tibbits y Potts (2022) utilizaron SNPs y análisis de asociación genoma-entorno (RDA), identificando 1,177 SNPs relacionados con variables climáticas como temperatura máxima y precipitación anual. Aunque estos polimorfismos estaban distribuidos por todo el genoma, tendían a agruparse en cromosomas vinculados a la resistencia al calor y a la sequía.

Estudios en ambientes tropicales y neotropicales también apoyan esta línea. Barrios-Leal et al. (2023) estudiaron cactus arbustivos de la Caatinga y vieron que su diversificación ocurrió durante el Pleistoceno medio, sin que grandes barreras geográficas limitaran el flujo génico. En contraste, Götz et al. (2022) encontraron una marcada estructura genética local en *Quercus rubra*, más arraigada en zonas frías y secas. En este caso, las diferencias en los ciclos de las lluvias actuaron como un factor clave de diferenciación alélica, dando a entender que tanto los gradientes ambientales como las barreras geográficas pueden cambiar y/o modificar la estructura genética de las plantas leñosas.

Esta evidencia hace que nos formulemos preguntas clave para la recuperación y conservación de especies de bosques secos sudamericanos, en torno a su estructura genética, historia evolutiva y dinámicas poblacionales. Ruiz et al. (2021), por ejemplo, genotiparon *Astronium graveolens* mediante SSRs, mientras que Bocanegra-González et al. (2021) desarrollaron formas y estrategias para la recolección de semillas con base en la diversidad genética. En Brasil, Damasceno et al. (2023) documentaron diversidad genética moderada en *Aspidosperma polyneuron* usando SSRs, y otros estudios han utilizado AFLP y SSR para analizar la relación entre estructura genética y medio ambiente en especies como *Vochysia divergens* (Franco et al., 2022; Green et al., 2024).

No obstante, aún no se han realizado estudios moleculares y genéticos actualizados sobre *Bursera graveolens* (Burseraceae) en América del Sur. Esta especie, de relevancia ecológica y cultural para el bosque seco, permanece poco estudiada desde una perspectiva

genética. No existen análisis recientes (2020–2025) con SSR, SNP o AFLP que permitan caracterizar su variabilidad genética. Esta falta de estudios representa una brecha crítica, pues limita la aplicación de enfoques de conservación adaptativa basados en estudios palpables y documentados.

Frente a esta carencia, es pertinente considerar herramientas conceptuales y metodológicas utilizadas en otras especies. Por ejemplo, Dang et al. (2024) documentaron baja diferenciación genética en *Reaumuria trigyna* mediante SNPs, mientras que Bajpai et al. (2025) mostraron que en *Raphanus*, los gradientes de precipitación explicaban la diferenciación genética más que la distancia geográfica. Li et al. (2023) enfatizan la importancia de seleccionar marcadores moleculares adecuados según el tipo de proceso evolutivo que se desea inferir: microsatélites para flujos génicos recientes, o ADN de organelos para procesos históricos. Además, Li y Du (2022) recomiendan estrategias como RDA, LFMM, BayEnv, y modelos no lineales como GDM y Gradient Forest para detectar loci adaptativos asociados a variables ambientales.

Herramientas como GBS, EEMS y enfoques GEA han demostrado ser útiles para mapear barreras genéticas. Abreu et al. (2025) las utilizaron para mostrar cómo el bosque amazónico limita el flujo génico en *Acrocomia* (Díaz et al., 2021). Sin embargo, su uso en especies de bosques secos tropicales aún es incipiente. Investigaciones como las de Thomas et al. (2021) y Aguirre-Morales et al. (2020) han revelado estructuras genéticas complejas en *Astronium* y *Albizia*, pero también subrayan la escasez de recursos genómicos en géneros como *Bursera* (Rico et al., 2022).

Frente a este escenario, se hace urgente desarrollar estudios eco-genéticos en especies como *Bursera graveolens*, que carecen de información genética actualizada sobre su distribución y variabilidad. Alzate-Marin et al. (2025) mostraron que en *Anadenanthera colubrina*, la diversidad genética se mantiene por su sistema reproductivo mixto y el flujo

génico mediado por polinizadores, lo que podría ser extrapolable a *Bursera*. Por su parte, Jacobs et al. (2023) y Feng et al. (2024) enfatizan que la biotecnología forestal —que incluye mejoramiento asistido por marcadores y edición genética— puede acelerar la restauración de especies al integrar genómica y reproducción vegetal.

En síntesis, generar datos genéticos de poblaciones de *Bursera graveolens* con relevancia biogeográfica y ecológica permitiría caracterizar su estructura genética, establecer bancos de germoplasma y aplicar herramientas biotecnológicas como propagación in vitro o clonación somática. Estas estrategias resultan fundamentales para asegurar su conservación a largo plazo en los trastocados ecosistemas del bosque seco sudamericano.

En este sentido, el desarrollo de estudios eco-genéticos que vinculen la variación genética con los gradientes ambientales representa una respuesta alentadora. La aplicación de herramientas genómicas y análisis poblacionales en especies nativas de bosques secos, como *Bursera graveolens*, podría permitir la delimitación de unidades genealógicas e informar estrategias de gestión adaptativa. Según Jacobs et al. (2023), este enfoque no solo contribuiría a esclarecer los mecanismos de adaptación local, sino que también respaldaría el diseño de programas de reforestación que utilicen material genéticamente diverso y funcionalmente adaptado.

Asimismo, Feng et al. (2024) destacan que el avance de las tecnologías multi-ómicas —incluidas la transcriptómica, epigenómica y metabolómica— ha puesto a disposición de la investigación herramientas nuevas para explorar la base molecular de las respuestas adaptativas. Al integrarse con modelos climáticos y datos espaciales, estas tecnologías permiten proyectar la resiliencia genética futura bajo distintos escenarios de cambio global. Por tanto, aplicar dichas herramientas a la caracterización genética de *B. graveolens*

ofrecería una visión más amplia de su potencial adaptativo, superando las limitaciones de los métodos tradicionales centrados únicamente en loci neutrales.

Por otro lado, Rico et al. (2022) subrayan la necesidad urgente de desarrollar recursos genómicos de amplio espectro para el género *Bursera*, ya que su ausencia ha restringido el estudio de procesos evolutivos clave como el flujo génico, la hibridación y la selección natural. Esta necesidad es especialmente crítica en América del Sur, donde las poblaciones de *B. graveolens* enfrentan amenazas crecientes como la destrucción del hábitat, la tala ilegal y el cambio climático. En este contexto, la generación de bibliotecas genéticas, transcriptomas de referencia y plataformas de marcadores tipo SNP contribuiría a una conservación más efectiva, tanto in situ como ex situ.

Por lo tanto, una caracterización genética y ecológica de las poblaciones de *B. graveolens* en los bosques secos del norte del Perú —en particular en el departamento de Piura— no solo permitiría conocer la genética de *B. graveolens*, sino que también podría constituir la base para organizar bancos de germoplasma y diseñar acciones de restauración fundamentadas en evidencia y técnica. Este tipo de intervenciones resulta especialmente necesario ante la escasez de árboles semilleros, lo que limita el acceso a tejidos secundarios. En este escenario, las metodologías biotecnológicas como la propagación *in vitro* de genotipos adaptativos, la clonación somática de individuos superiores y los programas de mejoramiento genético asistido por marcadores, como los propuestos por Jacobs et al. (2023), ofrecen soluciones viables y efectivas.

El enfoque aquí propuesto está de acuerdo con las recomendaciones actuales de la biotecnología forestal, que promueve la integración de herramientas genómicas, conocimiento ecológico y estrategias de gestión adaptativa para enfrentar los problemas conservativos en el contexto del Antropoceno. La identificación de genes asociados a la resiliencia de *B. graveolens* frente a condiciones extremas como la sequía, las heladas o

suelos de baja fertilidad no solo contribuiría a proteger esta especie emblemática, sino que también fortalecería la sostenibilidad ecológica y cultural de los paisajes secos del norte peruano.

IV. METODOLOGÍA:

El presente estudio se llevará a cabo en la ecorregión del bosque seco Tumbes–Piura, ubicada en la vertiente occidental andina del noroeste peruano. Se trabajará en áreas concretas del departamento de Piura, como los sectores de Lancones, Querecotillo y Marcavelica, los cuales representan el grueso del bosque seco en el departamento. Estas zonas se ubicarán entre los 60 y 300 m s.n.m., en un paisaje que alterna colinas bajas, planicies aluviales y terrazas fluviales.

El ecosistema en el que se realizará el muestreo corresponde a un bosque tropical estacionalmente seco caducifolio, donde las especies leñosas pierden sus hojas durante la estación seca, entre las especies más representativas del bosque tenemos *Bursera graveolens*, *Prosopis pallida*, *Handroanthus billbergii* y *Parkia insignis*, entre otras.

Climáticamente, las zonas de muestreo presentarán un régimen semiárido cálido, con precipitaciones anuales entre 100 y 500 mm, concentradas en los meses de verano austral. Las temperaturas oscilarán entre 24°C y 27°C en promedio anual, con una marcada estacionalidad térmica y una prolongada estación seca. Estas condiciones ecológicas se tomarán en cuenta para descubrir e interpretar las variaciones genéticas en relación con los gradientes ambientales del departamento.

Se usarán Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se delimitarán las localidades mediante coordenadas geográficas registradas en campo con dispositivos GPS. Posteriormente, estas ubicaciones serán georreferenciadas y analizadas mediante el software QGIS open source, lo cual permitirá integrar y visualizar datos geográficos con variables ecológicas.

Además, se extraerán variables bioclimáticas de alta resolución del repositorio WorldClim (versión 2.1, ~1 km² de resolución), tales como temperatura media anual, precipitación acumulada, amplitud térmica y estacionalidad de lluvias.

Respecto a la recolección de muestras biológicas, en primer lugar, se establecerán criterios biológicos y ambientales para la selección de individuos de *Bursera graveolens*, de los cuales se les extraerá hojas frescas que servirán como materia prima para la extracción de ADN, en segundo lugar, se considerarán tres poblaciones de árboles de diez individuos en tres lugares georreferenciados previamente y en los cuales se tiene información biológica y ambientalmente relevante.

Parte del material seleccionado y recolectado será procesado en los laboratorios de la Universidad Nacional de Frontera. Dependiendo del tipo de tejido podremos utilizar Mini Kit, DNeasy Plant o CTAB modificado para la extracción del ADN vegetal que luego será sometido a un control de calidad mediante electroforesis en gel de agarosa al 1%. Posteriormente justificaremos con datos relevantes el uso de ADN cloroplastídico por su herencia uniparental y menor recombinación, lo que permite detectar señales de diferenciación geográfica.

Se hará una investigación profunda de literatura relevante justificando el uso del espaciador intergénico psbA-trnH y el gen psbA, con citas de estudios previos (Weeks & Tye, 2009; GenBank GQ505928.1, etc.) que ya se sabe que tiene una longitud esperada de aproximadamente 493 y 494 pb; estas son secuencias usadas para alineamiento de referencia en GenBank.

Se mandará a sintetizar partidores para los marcadores moleculares psbA-F y trnH-R los cuales tienen la secuencia 5'-GTTATGCATGAACGTAATGCTC-3' y 5'-CGCGCATGGTGGATTCAATCC-3' respectivamente. Estos primers fueron originalmente descritos por Sang et al. (1997) y Tate & Simpson (2003). Habrá que tener muchas variables en cuenta al momento del aislamiento del ADN como composición del mix, temperaturas de anillamiento y número de ciclo para su envío a la República de Corea del Sur en la que se realizará el secuenciamiento Sanger bidireccional.

07

66

o y monitoreo de la

[illegible]

No podrán faltar las consideraciones éticas y de conservación, las que incluyen las solicitudes y permisos de recolección a las entidades pertinentes como SERFOR, ANA y otras instituciones colaboradoras y de fines conservacionistas.

VI. RECURSOS Y PRESUPUESTO

Recursos

La investigación se realizará en el Laboratorio de Biología Molecular, de la Universidad Nacional de Frontera, donde se cuenta con los siguientes equipos: Campana de extracción, Termobloque, Ultra centrifuga refrigerada, Cámara de electroforesis, Foto documentador, Termociclador PCR, y Micropipetas.

Presupuesto

Items	Costo Unitario	Cantidad	Costo total
Muestreo en campo	150	3	450.00
Compra de insumos (alcohol, tubos de ensayo, etc.)	550	1	550.00
Síntesis de primers	100	2	200.00
Servicio de secuenciación	120	30	3600.00
Envío de muestras al extranjero	500	1	500.00
Total			5300.00

Total Presupuesto a todo costo S/ 5,300.00

VII. REFERENCIAS

- Abe, H., Gan, L., Murata, M., & Nara, K. (2024). *Habitat fragmentation strongly restricts gene flow in endangered ectomycorrhizal fungal populations: Evidence from *Rhizopogon togasawarius*, specific to *Pseudotsuga japonica*, across the entire distribution range*. *Molecular Ecology*, 33(19), e17533. <https://doi.org/10.1111/mec.17533>
- Abreu, E. F., Prado, J. R., Maldonado, J. E., Wilson, D. E., Percequillo, A. R., & Pavan, S. E. (2025). *Recent, intricate speciation in Amazonia uncovered by a multilayered genomic analysis of tree squirrels*. *Systematic Biology*, advance online publication. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syaf013>
- Aguirre-Morales, C. A., Thomas, E., Gutiérrez, J., Alcázar Caicedo, C., Moscoso Higueta, L. G., Becerra López-Lavalle, L. A., & González, M. A. (2020). *Genetic diversity of the rain tree (*Albizia saman*) in Colombian seasonally dry tropical forest for informing conservation and restoration interventions*. *Ecology and Evolution*, 10, 1905–1916.
- Alzate-Marin, A. L., Rodrigues, P. A. B., Alzate-Martinez, F. A., Machado, G. P., Martinez, C. A., & Bonifácio Anacleto, F. (2025). *Phenology and spatial genetic structure of *Anadenanthera colubrina* (Vell.), a resilient species amid territorial transformation in an urban deciduous forest of southeastern Brazil*. *Genes*, 16(4), 388.
- Bajpai, P. K., Harel, A., Ziffer-Berger, J., Waitz, Y., Mummenhoff, K., & Barazani, O. (2025). *Genomic differentiation and SNP variation reveal local adaptations to eastern Mediterranean environmental conditions in wild radishes*. *Annals of Botany*. <https://doi.org/10.1093/aob/mcaf039>
- Barrios-Leal, D. Y., Menezes, R. S. T., Zappi, D., & Manfrin, M. H. (2023). *Unravelling the genetic diversity and population dynamics of three *Tacinga* species (Cactaceae: Opuntioideae) in the Caatinga*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 204(3), 256–266. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boad054>
- Bocanegra-González, K. T. et al. (2021). *Dynamic seed zones to guide climate-smart seed sourcing for tropical dry forest restoration in Colombia*. *Forest Ecology and Management*, 494, 119339. [https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119339:contentReference\[oaicite:4\]{index=4}](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119339:contentReference[oaicite:4]{index=4}).
- Chang, C.-W., Fridman, E., Mascher, M., Himmelbach, A., & Schmid, K. (2022). *Physical geography, isolation by distance and environmental variables shape genomic variation of wild barley (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*) in the Southern Levant*. *Heredity*, 128(1), 107–119.
- Chung, M. Y., Merilä, J., Li, J., Mao, K., López-Pujol, J., Tsumura, Y., & Chung, M. G. (2023). *Neutral and adaptive genetic diversity in plants: An overview*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1116814. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1116814>
- Cueva Ortiz, J., Espinosa, C. I., Quiroz Dahik, C., Aguirre Mendoza, Z., Cueva Ortiz, E., Gusmán, E., Weber, M., & Hildebrandt, P. (2019). *Influence of anthropogenic factors on the diversity and structure of a dry forest in the central part of the Tumbesian region (Ecuador–Perú)*. *Forests*, 10(1), 31.
- Damasceno, A. C. et al. (2023). *Genetic diversity of *Aspidosperma polyneuron* (Apocynaceae) in Brazilian dry biomes using SSR markers*. *Genetics and Molecular Biology*, 46(3), e20210100. <https://doi.org/10.1590/1678-4685-GMB-2021-0100>.

- Dang, Z. H., Li, J. B., Liu, Y., Song, M. M., Lockhart, P. J., Tian, Y. Y., Niu, M. M., & Wang, Q. L. (2024). *RADseq-based population genomic analysis and environmental adaptation of rare and endangered recretohalophyte Reaumuria trigyna*. *The Plant Genome*, 17(1), e20303. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20303>
- De Kort, H., Prunier, J. G., Ducatez, S., Honnay, O., Baguette, M., Stevens, V. M., & Blanchet, S. (2021). *Life history, climate and biogeography interactively affect worldwide genetic diversity of plant and animal populations*. *Nature Communications*, 12, 516. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-20958-2>
- Díaz, B. G., Zucchi, M. I., Alves-Pereira, A., de Almeida, C. P., Moraes, A. C. L., Vianna, S. A., Azevedo-Filho, J., & Colombo, C. A. (2021). *Genome-wide SNP analysis to assess the genetic population structure and diversity of Acrocomia species*. *PLOS ONE*, 16(7), e0241025. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241025>
- Exposito-Alonso, A., Gougherty, A. V., Keller, S. R., & Fitzpatrick, M. C. (2022). *Maladaptation, migration and extirpation fuel climate change risk in a forest tree species*. *Nature Climate Change*, 11, 166–171.
- Feng, J., Dan, X., Cui, Y., Gong, Y., Peng, M., Sang, Y., Ingvarsson, P. K., & Wang, J. (2024). *Integrating evolutionary genomics of forest trees to inform future tree breeding amid rapid climate change*. *Plant Communications*, 5(10), 101044. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2024.101044>
- Feng, J., Dan, X., Cui, Y., Gong, Y., Peng, M., Sang, Y., Ingvarsson, P. K., & Wang, J. (2024). *Integrating evolutionary genomics of forest trees to inform future tree breeding amid rapid climate change*. *Plant Communications*, 5(10), 101044.
- Fernandes, M. F., Cardoso, D., Pennington, R. T., & de Queiroz, L. P. (2022). *The origins and historical assembly of the Brazilian Caatinga seasonally dry tropical forests*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 723286.
- Franco, M. R. et al. (2022). *Genetic diversity and structure of Vochysia divergens (Vochysiaceae) in the Brazilian Pantanal and Chaco*. *Plant Biosystems*, 156(2), 345–354. <https://doi.org/10.1080/11263504.2022.2030245>
- Götz, J., Rajora, O. P., & Gailing, O. (2022). *Genetic structure of natural northern range-margin mainland, peninsular, and island populations of northern red oak (Quercus rubra L.)*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, Article 907414. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.907414>
- Green, L. J. et al. (2024). *Genetic structure and climatic adaptation in Anadenanthera colubrina across South America*. *Molecular Ecology*, 33(4), 1123–1136. <https://doi.org/10.1111/mec.17456>
- Jacobs, D. F., Dumroese, R. K., Brennan, A. N., Campbell, F. T., Conrad, A. O., Delborne, J. A., Fitzsimmons, S., Flores, D., Giardina, C. P., Greenwood, L., Martín, J. A., Merkle, S. A., Nelson, C. D., Newhouse, A. E., Powell, W. A., Romero-Severson, J., Showalter, D. N., Snieszko, R. A., Strauss, S. H., ... Woodcock, P. (2023). *Reintroduction of at-risk forest tree species using biotechnology depends on regulatory policy, informed by science and with public support*. *New Forests*, 54, 587–604.
- Li, F., & Du, F. K. (2022). *Landscape genomics in tree conservation under a changing environment*. *Frontiers in Plant Science*, 13, 822217. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.822217>

- Li, J., Mao, Y., Li, K., Chen, W., Sun, L., & Zhang, B. (2023). *Genetic connectivity constrained by natural barriers in a key agricultural pest: Insights from mitochondrial DNA analysis*. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, Article 1257453. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1257453>
- Liu, H., Wang, Z., Zhang, Y., Li, M., Wang, T., & Su, Y. (2023). Geographic isolation and environmental heterogeneity contribute to genetic differentiation in *Cephalotaxus oliveri*. *Ecology and Evolution*, 13(3), e9869.
- Londoño-Lemos, V., Escobar-Hadachini, O., Tapasco-García, J., & Madriñán, S. (2022). *Composición y estructura vegetal de una parcela de vegetación en un relicto de bosque seco tropical en el Caribe colombiano*. *Biota Colombiana*, 23(1), e954. <https://doi.org/10.21068/2539200X.954>
- Mendes, K. R., Oliveira, P. E. S., Lima, J. R. S., Moura, M. S. B., Souza, E. S., Pérez-Marín, A. M., Cunha, J. E. B. L., Mutti, P. R., Costa, G. B., de Sá, T. N. M., Araújo, P. A. A., Ferreira, R. R., Marques, T. V., Rodrigues, D. T., Campos, S., Melo, M. M. L. V., Silva, I. V. H., Morais, L. F., Nascimento, F. S., & Menezes, R. S. C. (2025). *The Caatinga dry tropical forest: A highly efficient carbon sink in South America*. *Agricultural and Forest Meteorology*, 369, Article 110573. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2025.110573>
- Naturaleza y Cultura Internacional (NCI). (2007). *Evaluaciones rápidas de la biodiversidad del Coto de Caza El Angolo* (Reporte Técnico No. 2). Sullana, Perú.
- Patino, J. E., Ramón, P., Guzmán Montalvan, E., Escudero, A., & Cruz, M. (2021). Fencing promotes fast recovery of demographic processes after grazing-driven collapse in *Bursera graveolens* forests. *Forest Ecology and Management*, 499, 119592.
- Poupon, A., Chakraborty, D., Stejskal, J., Konrad, H., Schueler, S., & Lstibůrek, M. (2021). *Accelerating adaptation of forest trees to climate change using individual tree response functions*. *Frontiers in Plant Science*, 12, 758221. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.758221>
- Poveda-Santos, Y., Becerra, L., Acevedo, J., & Suescún, D. (2023). *Diversidad de aves dentro y fuera de un robledal y un bosque seco, Santander, Colombia*. *Conservación Colombiana*, 28(1), 20–35. <https://doi.org/10.54588/cc.2023v28n1a3>
- Quiroga-Carmona, M., & D'Elia, G. (2022). *El clima influye en la estructura genética y la diferenciación de nichos entre las poblaciones del ratón del olivo Abrothrix olivacea (Cricetidae: Abrothrichini)*. [Tesis doctoral, Universidad].
- Rico, Y., Lorenzana, G. P., Benítez-Pineda, C. A., & Olukolu, B. A. (2022). *Development of genomic resources in Mexican Bursera (section Bullockia: Burseraceae): Genome assembly, annotation, and marker discovery for three copal species*. *Genes*, 13(10), 1741.
- Rivas, C. A., Guerrero-Casado, J., & Navarro-Cerillo, R. M. (2021). *Deforestation and fragmentation trends of seasonal dry tropical forest in Ecuador: Impact on conservation*. *Forest Ecosystems*, 8, 46. <https://doi.org/10.1186/s40663-021-00329-5>
- Roura Cadena, A. (2022). La biotecnología como herramienta para la conservación de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en Ecuador. *Catálisis Revista Digital*, 4(8), 13–16.
- Ruiz, L. et al. (2021). *Genetic diversity of Astronium graveolens Jacq. in Colombian seasonally dry tropical forest: Support for the dry forest refugia hypothesis*. *Journal of Heredity*, 112(4), 347–359. <https://doi.org/10.1093/jhered/esab015>

- Thomas, E., Morillo, A., Gutiérrez, J., Alcázar Caicedo, C., & Moscoso Higueta, L. G. (2021). Genetic diversity of *Astronium graveolens* Jacq. in Colombian seasonally dry tropical forest: Support for the dry forest refugia hypothesis? *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 53, 125642.
- Tibbits, J. F. G., & Potts, B. M. (2022). Climate adaptation, drought susceptibility, and genomic-informed predictions of future climate refugia for the Australian forest tree *Eucalyptus globulus*. *Forests*, 13(4), 575. <https://doi.org/10.3390/f13040575>
- Tsumura, K., Ujino-Ihara, T., Taniguchi, Y., Nakao, K., Toriyama, J., Hashimoto, S., & Uchiyama, K. (2025). Climate-associated genetic variation and projected genetic offsets for *Cryptomeria japonica* under future climate scenarios. *Evolutionary Applications* (en prensa).
- Uchiyama, K., Ujino-Ihara, T., Taniguchi, Y., Nakao, K., Toriyama, J., Hashimoto, S., & Tsumura, Y. (2025). Climate-associated genetic variation and projected genetic offsets for *Cryptomeria japonica* D. Don under future climate scenarios. *Evolutionary Applications*, 18, 82–97.
- Whiting, J. R., Booker, T. R., Rougeux, C., Lind, B. M., Singh, P., Lu, M., Huang, K., Whitlock, M. C., Aitken, S. N., Andrew, R. L., Borevitz, J. O., Bruhl, J. J., Collins, T. L., Fischer, M. C., Hodgins, K. A., Holliday, J. A., Ingvarsson, P. K., Janes, J. K., Khandaker, M., Koenig, D., ... Yeaman, S. (2024). The genetic architecture of repeated local adaptation to climate in distantly related plants. *Nature Ecology & Evolution*, 8, 1933–1947. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02514-5>
- Weeks, A. R. & Tye, A. (2009). Phylogeography of palo santo trees (*Bursera graveolens* and *B. malacophylla*; *Burseraceae*) in the Galápagos archipelago. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(4), 396–410.*
- Sang, T., Crawford, D. J., & Stuessy, T. F. (1997). Chloroplast DNA phylogeny, reticulate evolution, and biogeography of *Paeonia* (Paeoniaceae). *American Journal of Botany*, 84(8), 1120–1136. <https://doi.org/10.2307/2446156>
- Tate, J. A., & Simpson, B. B. (2003). Paraphyly of *Tarasa* (Malvaceae) and diverse origins of the polyploid species. *Systematic Botany*, 28(4), 723–737. <https://doi.org/10.1043/02-56.1>