

CONVENIO DE VINCULACIÓN

8610

En la ciudad de Montevideo, a los treinta y un días del mes de marzo del año dos mil veinticinco comparecen: **POR UNA PARTE**: la Universidad de la República - Facultad de Agronomía (en adelante, "Entidad I"), representado por su Rector Alvaro Mombrú, con domicilio en Av. Eugenio Garzón 780; **POR OTRA PARTE**: la Fundación Dr Eduardo Acevedo (en adelante, "Entidad II"), representada en este acto por su Presidente Ing. Agr. (PhD) Pablo Speranza y su Secretario Dr. Jorge Urioste, con domicilio en Av. Eugenio Garzón 780; **POR OTRA PARTE**: INIA (en adelante, "Entidad III"), representada en este acto por su Presidente Ing. Agr. Miguel Sierra, con domicilio en Av. Italia 6201 (Edificio Los Guayabos /Parque Tecnológico); y **POR OTRA PARTE**: Refugio Azul S.A. (en adelante la "Entidad IV"), representada en este acto por Juan Andrés San Román, con domicilio en Andes 1293; acuerdan constituir y otorgar el presente acuerdo de vinculación (en adelante, el "**Contrato de Vinculación**").

PRIMERO. Antecedentes

1.1 Las Entidades gestionaron ante la ANII, en el marco del financiamiento mediante la modalidad de Subsidio , el proyecto ART_X_2024_1_181844 *Estimación de variables forestales en plantaciones de Eucalyptus dunnii Maiden utilizando la tecnología LiDAR portátil y fotogrametría terrestre* (en adelante el "**Proyecto**") que se adjunta como Anexo I . En la propuesta presentada ante la ANII, las Entidades asumieron la obligación de formalizar el presente Convenio de Vinculación en caso que el Proyecto resultase aprobado por la ANII, a los efectos de establecer un vínculo jurídico entre las partes para la ejecución del mencionado Proyecto.

1.2 Con fecha 18 de diciembre, el Directorio de ANII resolvió apoyar, mediante resolución N.º 5334/024, el referido Proyecto cuyo presupuesto asciende a UYU 3.303.457 (Tres millones trescientos tres mil cuatrocientos cincuenta y siete pesos uruguayos), otorgando la ANII un cofinanciamiento del 70 % del proyecto, lo que significa un aporte de la ANII de hasta UYU 2.312.420 (Dos millones trescientos doce mil cuatrocientos veinte pesos uruguayos).

1.3 La Universidad de la República (Udelar) es la universidad más antigua e importante del país. Es una institución pública, autónoma y cogobernada por sus docentes, estudiantes y egresados. La Facultad de Agronomía es una institución pública con liderazgo nacional y reconocimiento regional en educación terciaria y superior en Ciencias Agrarias. Contribuye con excelencia, pertinencia y valores éticos al desarrollo sostenible del país, basada en la integración de la enseñanza con la investigación, la innovación y la extensión.

1.4 El equipo de la Udelar, integrado por docentes del Departamento Forestal, posee amplia experiencia en proyectos de investigación. El equipo trabajó en proyectos sobre procesamiento de nubes de puntos LiDAR y fotogramétricas aplicadas a la estimación de variables forestales. Además, el equipo presenta experiencia en proyectos ANII Articulación presentando resultados novedosos y aplicables al sector forestal.

1.5 El INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (INIA), creado por la Ley n.º 16.065 del 6 de octubre de 1989, es persona jurídica de derecho público no estatal, que tiene como misión Generar y adaptar conocimientos y tecnologías para contribuir al desarrollo sostenible del sector agropecuario y del país, teniendo en cuenta las políticas de Estado, la inclusión social y las demandas de los mercados y de los consumidores.

1.6 Refugio Azul S.A. es una empresa dedicada al manejo de plantaciones forestales propias y producción de madera principalmente para fines pulpables o de energía. La madera para fines pulpables generalmente se exporta en chips por medio del puerto de Montevideo.

SEGUNDO. Objeto

A los efectos de la ejecución del Proyecto, y siendo una condición esencial para conceder el financiamiento que otorgará la ANII, las Entidades suscriben el presente Convenio de Vinculación con el objeto de regular las relaciones internas de las mismas, así como su vinculación frente a la ANII y frente a terceros.

TERCERO. Plazo

El plazo de duración del presente Convenio de Vinculación será 2 años. a partir del inicio de la ejecución del proyecto.

CUARTO. Domicilios

El domicilio de cada una de las Partes a los efectos del presente Convenio de Vinculación es el que surge de la comparecencia.

QUINTO. Responsabilidad

Las partes comparecientes responderán entre ellas únicamente por las obligaciones que son puestas a su cargo y que asumen para la ejecución del Proyecto, reputándose dichas obligaciones divisibles.

SEXTO. Admisión de nuevos integrantes y/o cesión de participaciones

No se admitirán nuevos integrantes ni la cesión total o parcial de la participación que cada una de las Entidades asume por el presente Convenio de Vinculación, sin el previo consentimiento de las Partes.

SÉPTIMO. Vinculación con la ANII

Las Partes declaran conocer y aceptar las Bases generales y particulares de la convocatoria, y los términos y condiciones previstas para la ejecución del Proyecto, estando conforme con todas aquellas actividades previstas en el mismo. Las Entidades designan a la Entidad II como su representante para firmar el Contrato con la ANII, por lo que las Entidades considerarán válidas todas las comunicaciones o notificaciones que la ANII realice a la Entidad II.

En este sentido las Entidades, declaran conocer y aceptar que la Entidad II, en su calidad de representante de las Entidades para la firma del Contrato con ANII, tiene plenas facultades para acordar con la ANII los términos y condiciones que estimen convenientes, declarando, asimismo, que se obligan a ceñirse a los términos y condiciones allí acordados, siempre que cuenten con su aprobación previa, en especial en lo que respecta a las obligaciones asumidas por cada parte de acuerdo con lo establecido en el Proyecto. La Entidad II se obliga a remitir copia del Contrato firmado con la ANII por sí y en representación de las Entidades, así como comunicar inmediatamente a las Entidades cualquier modificación que se produjera en los términos y condiciones del Contrato y/o Proyecto.

OCTAVO. Administración

La dirección del Proyecto estará a cargo de una Comisión de seguimiento integrada por un representante de cada uno de las Partes, ellos son: Iván Rizzo por la Entidad I, Javier Sellanes por la Entidad II, Andrés Hirigoyen por la Entidad III y Juan Andrés San Román por la Entidad IV.

La Comisión de seguimiento realizará las tareas dirección y tendrá los siguientes cometidos:

- a) Coordinar las actividades para el mejor cumplimiento del Proyecto y las actividades relacionadas con el mismo, derivadas de la adjudicación;
- b) Asegurar la unidad de criterios;
- c) Dirimir los conflictos internos que pudieran surgir en la ejecución de las tareas y actividades propias del Proyecto y cumplir con el cronograma de ejecución del mismo, teniendo en todo caso como objetivo prioritario el más exacto cumplimiento del Proyecto y del contrato a celebrarse con la ANII.

Respecto a la deliberación de la Comisión de seguimiento, le corresponderá a cada integrante 1 voto. A los efectos de su convocatoria, uno cualquiera de los integrantes deberá citar por escrito o vía correo electrónico a los restantes, indicando las materias específicas sobre las que habrán de pronunciarse. Todas las resoluciones se adoptarán por mayoría simple de votos, no de presentes.

La participación y las votaciones podrán ser realizadas en forma personal o a distancia, esto es, por carta simple enviada por fax, escaneada en un archivo adjunto en correo electrónico, o bien vía correo ordinario.

NOVENO. Participación en los trabajos

Cada una de las Partes realizará las actividades y tareas que se establecen en el Plan de Trabajo del Proyecto que se adjunta como Anexo II del presente Convenio de Vinculación, y de conformidad a las pautas que allí se indican.

La Entidad II será la administradora de la totalidad de los fondos del Proyecto aportados por ANII lo cual incluye la ejecución y rendición de los gastos ante ANII. La Entidad IV ejecutará directamente las compras y/o realizará transferencias de fondos, necesarias por los montos acordados en el Proyecto (correspondientes al 30%), debiendo rendir los mismos a la Entidad II

Sin perjuicio de ello, y sin que implique modificación de la distribución de tareas, servicios y suministros definidos en este Convenio de Vinculación, las partes podrán en cualquier momento renegociar entre sí los ajustes y modificaciones que entiendan pertinentes, siempre que la Entidad II haya obtenido la previa aprobación de la ANII, y siempre y cuando no se afecte la continuidad de las actividades de ejecución del Proyecto ni la calidad de las prestaciones.

Se deja expresa constancia que la distribución de tareas establecida en la presente cláusula queda subordinada a la obligación prioritaria de dar cumplimiento al Proyecto.

DÉCIMO. Aportes de cada Entidad

A los efectos de la ejecución del Proyecto, cada una de las Partes aporta los bienes que se indican en el Anexo III del presente, propiedad de cada una de ellas. Una vez finalizado el plazo estipulado para el presente Convenio de Vinculación, los mismos serán restituidos a su propietario de forma inmediata, siempre que no sea éste quien esté haciendo uso del mismo.

UNDÉCIMO. Relaciones internas entre las Entidades. Cumplimiento del Proyecto

Queda expresamente acordado que las partes se ajustarán en su actividad relacionada con el Proyecto a que refiere el presente Convenio de Vinculación, en forma estricta y en un todo de conformidad a sus disposiciones, a los requerimientos de las Bases de la

convocatoria, al contenido de la propuesta presentada a la ANII y al Contrato que firme la Entidad II con la ANII, a los que darán cumplimiento con la máxima diligencia, profesionalidad y lealtad, procurando llevar a cabo las prestaciones, tareas y servicios en los plazos estipulados y con la más alta calidad.

DÉCIMO SEGUNDO. Confidencialidad

Cada una de las Partes se comprometen a no difundir, bajo ningún concepto, las informaciones científicas o técnicas pertenecientes a cualquiera de las otras Partes a las que haya podido tener acceso en virtud de la ejecución del Proyecto. Asimismo, las partes acuerdan que los datos e informaciones relativas al Proyecto tienen el carácter de confidencial respecto a la parte que no sea titular de la misma.

A tales efectos las partes garantizan dicha confidencialidad respecto del personal que trabaje en la ejecución del Proyecto.

La difusión y publicación académica de los datos y resultados obtenidos en el Proyecto no se denegará sin causa justificada. A tales efectos, la parte interesada en la difusión o publicación remitirá a las otras el borrador que será difundido o publicado. Las demás Partes podrán formular observaciones a fin de proteger su información confidencial, indicando en forma expresa y fundada cuáles son las modificaciones que se requieren con la finalidad recién indicada. En caso de que no se exprese dentro de los siguientes 30 días luego de recibida la solicitud, su silencio se entenderá como tácita autorización.

En toda publicación, las Partes se obligan a mencionar que los resultados fueron obtenidos en el marco del Proyecto.

En ningún caso se podrá alterar la información resultante de la ejecución del presente Convenio.

Sin perjuicio de lo anterior, se autoriza a la ANII el uso, comunicación y difusión, sin limitación temporal y en el marco de sus cometidos legales, de los datos identificatorios y relativos al Proyecto, como ser: monto, aporte ANII, otros aportes, resumen publicable, personas o instituciones participantes, etc.; y otra información o dato personal del Beneficiario/Proyecto necesario para garantizar la transparencia en el cumplimiento de los cometidos legales de la ANII, salvo que sea expresamente clasificado como confidencial.

No será considerada Información confidencial aquella:

- que la Parte Receptora pueda probar fehacientemente que obraba ya en su poder con anterioridad a serle comunicada por la Parte Emisora;
- que sea de dominio público, siempre que ello no resulte de una acción u omisión de la Parte Receptora;
- que la Parte Receptora pueda probar fehacientemente que le fue suministrada por un tercero que no se encontraba obligado mantenerla bajo secreto y confidencialidad;
- que se haya tenido conocimiento de forma previa a la firma de este acuerdo o por razones ajenas a su ejecución;
- que la Parte Receptora pueda probar fehacientemente que fue generada independientemente, sin relación a cualquier información facilitada anteriormente por la Parte Emisora;
- que deba ser revelada en casos en los que existe la obligación jurídica de informar o se encuentre amparada en el artículo segundo de la Ley Orgánica de la Universidad de la República, o deba ser develada por mandato judicial de autoridad legal competente.

Asimismo, el presente convenio y su procedimiento de aprobación por cada Parte no será considerado como información confidencial.

DÉCIMO TERCERO. Propiedad sobre las innovaciones

13.1 Los derechos de propiedad intelectual, ya sea de propiedad industrial o de derechos de autor, respecto de los resultados obtenidos así como de los procesos desarrollados por las Partes en relación con el Proyecto, se regirán por la normativa nacional general en la materia asignándose su titularidad en función de los aportes intelectuales realizados por cada Entidad a los resultados del Proyecto. Oportunamente se acordará entre las Partes respecto a la titularidad, la gestión y la explotación de tales resultados, debiendo las partes celebrar un convenio específico a efectos de su eventual protección, la participación de cada una de las partes en los gastos devengados por el trámite de protección, así como en los resultados económicos que se obtengan de la explotación de los derechos de propiedad intelectual. Las Partes podrán utilizar los resultados para su publicación o difusión científica o académica, atendiendo lo dispuesto en la cláusula DÉCIMO SEGUNDA. Confidencialidad.

13.2 La Udelar se regirá por lo dispuesto por la Ordenanza de los Derechos de Propiedad Intelectual aprobada por el Consejo Directivo Central con fecha 8 de marzo de 1994 y demás normas concordantes y complementarias.

13.3 Será obligación y responsabilidad de las Partes asegurar en todo caso que serán respetados los derechos morales cuya titularidad corresponda a las personas físicas participantes del Proyecto.

DÉCIMO CUARTO. Rescisión

Este Convenio se resolverá de pleno derecho sin responsabilidad en caso de que la ANII rescinda el Contrato y Proyecto sin causa por motivos ajenos a las Entidades.

Asimismo, se entenderá resuelto en caso de que (i) la ANII rescinda el Contrato firmado con la Entidad II por incumplimiento de

alguna de las partes o (ii), las Entidades rescindan el presente Convenio de Vinculación por incumplimiento de alguna de las partes. En los casos (i) y (ii) las Entidades cumplidoras podrán reclamar a la Entidad incumplidora los daños y perjuicios generados.

DÉCIMO QUINTO. Legislación y jurisdicción

Las partes acuerdan que la legislación aplicable al presente será la de la República Oriental del Uruguay y que los jueces competentes para la interpretación y ejecución de las disposiciones del presente Convenio de Vinculación serán los jueces de Montevideo. Asimismo establecen que toda notificación que deban practicarse se verificará mediante telegrama colacionado o cualquier otro medio de comunicación fehaciente, dirigido a los domicilios constituidos en este Convenio de Vinculación.

Y para constancia se otorgan tres ejemplares de un mismo tenor en los lugares y fechas indicados en la comparecencia.

de Agronomía - Universidad de la República

Firma:

Aclaración:

Prof. Dr. Alvaro W. Mombrú
Rector Interino

Fundación Eduardo Acevedo

Firma:

Aclaración:

Ing. Agr. Dr. Pablo Speranza
Presidente
Fundación Dr. Eduardo Acevedo

ENTIDAD III

Firma:

Aclaración:

Inq. Agr. Miguel Sierra
Presidente Junta Directiva
INIA
MIGUEL SIERRA

ENTIDAD IV

Firma:

Aclaración:

RIFUSIÓN AZÚCAR S.A.

DATOS GENERALES DEL PROYECTO

DATOS DEL PROYECTO

Título

Estimación de variables forestales en plantaciones de Eucalyptus dunnii Maiden utilizando la tecnología LiDAR portátil y fotogrametría terrestre.

Duración de la propuesta: 24 Meses

Departamento donde se desarrollará: Rocha

Fecha de inicio prevista: 15/10/2024

Indicar si esta propuesta ha sido postulada o se encuentra en evaluación ante otra fuente de financiamiento:

NO

Presupuesto

Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
UYU 3.303.457,00	UYU 0,00	UYU 3.303.457,00

VINCULACIÓN CON CAMBIO CLIMÁTICO

Vinculación con cambio climático:

El cambio climático no es el principal objetivo del proyecto, pero si hay actividades que pueden contribuir a la resolución de problemas climáticos cómo puede ser reducir la emisión de gases de efecto invernadero, la adaptación, u otros aspectos vinculados al cambio climático

ÁREAS TECNOLÓGICAS

Área de conocimiento: Ciencias Agrícolas

Subárea de conocimiento: Agricultura, Silvicultura y Pesca

Disciplina: Silvicultura

Especialidad: Inventario Forestal Digital

Sector/Núcleo de problemas y oportunidades: Producción Agropecuaria y Agroindustrial

Áreas tecnológicas a priorizar: Otra

Especifique el área: Sensoramiento Remoto

RESUMEN PUBLICABLE

La especie *Eucalyptus dunnii* Maiden se encuentra plantada en Uruguay en grandes superficies, donde su principal destino es la producción de pulpa de celulosa. La especie presenta un buen rendimiento pulpalable, prospera en climas templados y tolera las bajas temperaturas, determinando una gran adaptación a las condiciones del país. En los últimos años, los inventarios digitales con el sensor LiDAR y la fotogrametría terrestre han avanzado notoriamente a nivel mundial, logrando estimaciones de variables forestales a nivel de parcela con una elevada precisión. No obstante, en nuestro país no se ha estudiado dicha tecnología en profundidad en plantaciones forestales. Además, no se ha explorado el potencial de la fotogrametría terrestre para la estimación de variables forestales. El proyecto propone realizar un inventario digital en una plantación de *Eucalyptus dunnii* Maiden de 128,5 hectáreas localizada en el departamento de Rocha. El objetivo de este estudio es estimar el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura (H) y el volumen (V) nivel de árbol individual y parcela, utilizando nubes de puntos tridimensionales generadas con el sensor LiDAR portátil terrestre y la técnica de fotogrametría terrestre. Además, se comparará la calidad de las estimaciones entre el sensor LiDAR y la técnica de fotogrametría. También, por medio de un vuelo de un vehículo aéreo no tripulado (VANT) se generará un mapeo del DAP, H y V de toda la superficie forestada. Este estudio posibilitará realizar un inventario forestal de alta precisión. Además, permitirá cuantificar la calidad de las estimaciones entre el sensor LiDAR y la fotogrametría terrestre, donde esta última utiliza un equipamiento de menor costo en el mercado.

DATOS DE LAS INSTITUCIONES PARTICIPANTES

Generador de Conocimiento/Tecnología: Universidad de la República / Facultad de Agronomía / Departamento Forestal

Sector: Sector Educación Superior/Público

Departamento: Montevideo

País: Uruguay

Ciudad: Montevideo

Dirección: Av. Gral. Eugenio Garzón 780, 12900

Teléfono: 23597191

Email: comunicacion@fagro.edu.uy

Web: <https://portal.fagro.edu.uy/>

Generador de Conocimiento/Tecnología: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria / INIA Las Brujas / Sistema Forestal

Sector: Sector Gobierno/Público

Departamento: Canelones

País: Uruguay

Ciudad: Las Brujas

Dirección: Ruta 48 km 10, Rincon del Colorado, 90100 Departamento de Canelones

Teléfono: 26056021

Email: inia@inia.org.uy

Web: <http://www.inia.uy/estaciones-experimentales/direcciones-regionales/inia-las-brujas>

Demandante de Conocimiento/Tecnología: Refugio Azul S.A.

Sector: Sector Empresas/Privado

RUT: 217242690014

Razón social: Refugio Azul S.A.

CIIU: Forestación y otras actividades relacionadas a la forestación.

Naturaleza jurídica: Sociedades Anónimas

Fecha de inicio de actividades: 00/00/0000

La empresa pertenece a un grupo económico: NO

Porcentaje de capital extranjero en el capital total de la empresa: 0

Principal País de origen del capital: Uruguay

LOCALES PERTENECIENTES A LA EMPRESA

Número de locales: 2

Departamentos:

Número de personas ocupadas: 1

Departamento: Montevideo

País: Uruguay

Ciudad: Montevideo

Dirección: Andes 1293

Teléfono: 094023625

Email: juanandres@viplantex.com

Web: sin web

RRHH

Responsable por la ejecución: Iván Gabriel Rizzo Martín

Documento: Cédula de identidad uruguaya 47250058

Teléfono: 098314392

Email: irizzo@fagro.edu.uy

Organización: Universidad de la República / Facultad de Agronomía / Departamento Forestal

Sector Organización: Sector Educación Superior/Público

País Organización: Uruguay

Dedicación al proyecto (horas semanales): 10 **Meses de participación en el proyecto:** 24

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Liderazgo del grupo de trabajo, coordinación y organización de salidas de campo, actividades de muestreo, gestión de recursos, orientación y capacitación para actividades de campo y análisis de dato, vinculación directa con el responsable de la empresa, análisis de datos y resultados, producción científica y escritura de informes.

Investigador: Sergio Andrés BAIETTO ALVAREZ

Documento: Cédula de identidad uruguaya 49737814

Organización: Universidad de la República / Facultad de Agronomía / Departamento Forestal

Sector Organización: Sector Educación Superior/Público

País Organización: Uruguay

Dedicación al proyecto (horas semanales): 2 **Meses de participación en el proyecto:** 24

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Análisis de datos y modelación estadística.

Investigador: Franco Schinato

Documento: Cédula de identidad uruguaya 63157028

Organización: Universidad de la República / Facultad de Agronomía / Departamento Forestal

Sector Organización: Sector Educación Superior/Público

País Organización: Uruguay**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 2**Meses de participación en el proyecto:** 24**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Análisis de datos, modelación estadística y experiencia en inventarios forestales.**Investigador:** Jaime Rodolfo GONZÁLEZ TALICE**Documento:** Cédula de identidad uruguaya 16823406**Organización:** Universidad de la República / Facultad de Agronomía / Departamento Forestal**Sector Organización:** Sector Educación Superior/Público**País Organización:** Uruguay**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 2**Meses de participación en el proyecto:** 24**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Análisis de datos, aporte de experiencia en proyectos relacionados a la temática forestal e interpretación de datos estadísticos.**Co-responsable del Proyecto:** Matías Mañana Díz**Documento:** Cédula de identidad uruguaya 48037621**Organización:** Universidad de la República / Facultad de Agronomía / Departamento Forestal**Sector Organización:** Sector Educación Superior/Público**País Organización:** Uruguay**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 10**Meses de participación en el proyecto:** 24**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Co-liderazgo del grupo de trabajo, coordinación y organización de salidas de campo, actividades de muestreo, gestión de recursos, análisis de datos y resultados, producción científica y escritura de informes

Co-responsable del Proyecto: Andres Hirigoyen

Documento: Cédula de identidad uruguaya 29694191

Organización: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria / INIA Las Brujas / Sistema Forestal

Sector Organización: Sector Gobierno/Público

País Organización: Uruguay

Dedicación al proyecto (horas semanales): 2 **Meses de participación en el proyecto:** 24

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Análisis estadístico de los datos de campo, asistencia al procesamiento de datos de nubes tridimensionales y procesamiento de imágenes.

Co-responsable del Proyecto: JUAN ANDRÉS SAN ROMÁN

Documento: Cédula de identidad uruguaya 18391837

Organización: Refugio Azul S.A.

RUT: 217242690014

Razón social: Refugio Azul S.A.

Sector Organización: Sector Empresas/Privado

País Organización: Uruguay

Dedicación al proyecto (horas semanales): 10 **Meses de participación en el proyecto:** 24

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Participación en el trabajo de campo, gestión por parte de la empresa de las actividades para realizar, análisis de los datos y aporte de experiencia en inventarios forestales.

Responsable económico y financiero: JUAN ANDRÉS SAN ROMÁN

Documento: Cédula de identidad uruguaya 18391837

Organización: Refugio Azul S.A.

RUT: 217242690014

Razón social: Refugio Azul S.A.

Sector Organización: Sector Empresas/Privado

País Organización: Uruguay

Dedicación al proyecto (horas semanales): 10 Meses de participación en el proyecto: 24

Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto: Participación en el trabajo de campo, gestión por parte de la empresa de las actividades para realizar, análisis de los datos y aporte de experiencia en inventarios forestales. Será el nexo con contadores de la empresa involucrada por temas económicos y financieros.

ESPECIFICACIÓN DEL PROYECTO

ESPECIFICACIÓN DE LA ALIANZA

Descripción del Problema y Pertinencia de la Asociación:

La estimación de la productividad de los bosques es de gran importancia a la hora de la toma de decisiones y la planificación de las actividades silvícolas (Rizzo et al 2023, Hirigoyen et al 2020). La realización de inventarios digitales, como plantea este proyecto, utilizando un sensor LiDAR portátil terrestre o la técnica de fotogrametría terrestre, permite estimar la productividad de la plantación forestal con mayor precisión que los inventarios tradicionales (Castorena et al 2023, De Eugenio et al 2018). Esta tecnología posibilita estimar a nivel de parcela diferentes variables forestales con gran exactitud, como el DAP, la altura y el volumen (Pitkänen et al 2021). Además, mediante un vehículo aéreo no tripulado (VANT), aplicando la técnica de fotogrametría aérea, se puede mapear en la totalidad de la superficie forestada el DAP, la altura y el volumen total (Rizzo et al 2023, Hirigoyen et al 2020, Bohlin et al 2012).

En Uruguay aún no se ha evaluado la calidad de las estimaciones de las variables forestales con LiDAR portátil y fotogrametría terrestre. Para ello es fundamental contar con el conocimiento aportado por Facultad de Agronomía, INIA y la empresa Refugio Azul S.A., formando un grupo de trabajo interdisciplinario orientado a la solución de problemas a nivel productivo. El objetivo de esta alianza se centra en la mejora de las estimaciones del crecimiento forestal y las existencias de madera en pie, las cuales son fundamentales para la toma de decisiones de manejo forestal.

Este proyecto a su vez, plantea la compra de equipamiento tecnológico de última generación para la realización de inventarios digitales (LiDAR portátil terrestre). El equipamiento adquirido será de propiedad de Facultad de Agronomía, donde se utilizará para investigación, tesis de grado, maestría, doctorado y futuros proyectos de mediano y gran porte, así como también para venta de servicios por medio del "Laboratorio de Geomática y Teledetección Forestal" del

Departamento Forestal. Los ingresos del laboratorio facilitarán la compra de equipos para las prácticas presentes en los cursos de quinto y cuarto forestal de la carrera de Ingeniería Agronómica, como también posibilitará contrataciones futuras de estudiantes de grado. Cabe destacar, que el equipamiento adquirido en este proyecto será utilizado a futuro en los estudios de Doctorado del Ing. Agr. (MSc.) Iván Rizzo, donde lo implementará para la estimación de variables forestales en sistemas silvopastoriles.

Antecedentes del Equipo de Trabajo:

La propuesta está desarrollada por un equipo especializado en teledetección, modelación estadística y con amplia experiencia en el sector forestal. Este grupo está compuesto por docentes e investigadores del Departamento Forestal de la Facultad de Agronomía y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), con la titulación de Doctorado y Maestría. El Ing. Agr. (MSc.) Iván Rizzo, docente e investigador del Departamento Forestal (DF), realizó su Maestría en la Universidad de Córdoba (España), donde trabajó con datos provenientes de sensores RGB, Infrarrojo y LiDAR a bordo de vehículos aéreos no tripulados (VANT) y aviones tripulados. El Ing. Agr. Matías Mañana, también docente e investigador del DF, posee experiencia en la planificación y diseño de vuelos de drones, así como en el procesamiento posterior de los datos obtenidos. Por su parte, el Ing. Agr. (MSc.) Andrés Baietto, docente e investigador del DF y estudiante de Doctorado en la Universidad de Córdoba (España), tiene amplia experiencia en la planificación y diseño de vuelos de drones y en el procesamiento de los datos. Además, cuenta con competencias avanzadas en análisis estadísticos utilizando datos de sensores remotos. Su trabajo de Doctorado se centra en la modelación de diferentes variables forestales utilizando nubes tridimensionales obtenidas mediante la técnica de fotogrametría aérea. El Ing. Agr. (Dr.) Jaime González, docente e investigador del DF, realizó su Doctorado en la Universidad de Talca (Chile) y presenta gran experiencia en proyectos relacionados al sector forestal. El Ing. For. (MSc.) Franco Schinato docente e investigador del DF realizó su Maestría en la evaluación ambiental en Sistemas Silvopastoriles en Uruguay y presenta experiencia en mejoramiento genético. Asimismo, el Ing. Agr. (Dr.) Andrés Hirigoyen, investigador del INIA, realizó su Doctorado en la Universidad de Córdoba (España) con un enfoque en la modelación paramétrica y no paramétrica de variables forestales en las especies *Eucalyptus dunnii* y *Eucalyptus grandis*, utilizando métricas de nubes de puntos tridimensionales LiDAR como variables independientes.

El perfil de los investigadores abarca diversas áreas científicas y tecnológicas, complementándose entre sí para alcanzar los objetivos de este proyecto.

¿Existe regulación referente al proyecto?:

No existe una regulación referente al proyecto.

ESPECIFICACIóN DEL PROYECTO

Análisis de la situación actual:

En las últimas décadas, Uruguay ha experimentado un notable crecimiento en la producción forestal, impulsado principalmente por la Segunda Ley Forestal Nº 15.939 (Uruguay - Poder Legislativo, 1987). Este crecimiento se ha traducido en un incremento constante en la superficie destinada a plantaciones comerciales de especies exóticas, principalmente de los géneros Eucalyptus y Pinus, alcanzando las 1.087.109 hectáreas efectivas para el año 2021 (MGAP, 2021). Estas plantaciones son gestionadas mediante esquemas intensivos y produjeron anualmente 15,98 millones de metros cúbicos en 2019 (MGAP, 2019). A nivel nacional, el sector forestal contribuye alrededor del 3 % al producto bruto interno (PBI) (Olmos y Pienika, 2021; Uruguay XXI, 2021).

Las especies predominantes de Eucalyptus en Uruguay son Eucalyptus grandis Hill ex Maiden y Eucalyptus dunnii Maiden. En cuanto a las especies de Pinus, las más relevantes son Pinus taeda L. y Pinus elliottii Engelm (MGAP, 2019). En particular, las plantaciones de Eucalyptus dunnii abarcan una superficie efectiva de 191.035 hectáreas, lo que representa el 15% del total de las plantaciones forestales comerciales en el país (MGAP, 2021). Esta especie se destina principalmente a la industria de la pulpa y papel, siendo la más cultivada en Uruguay con este propósito (MGAP, 2021). Eucalyptus dunnii se adapta bien a los suelos forestales y al clima templado uruguayo, mostrando una notable tolerancia a las bajas temperaturas invernales (Brussa, 1994; Hernández et al., 2009; Resquin et al., 2019). Su capacidad para soportar el frío y las heladas ha facilitado la expansión de las áreas forestales a terrenos marginales, donde otras especies del género Eucalyptus no podrían prosperar (MGAP, 2019; MGAP, 2021).

Modelar la cantidad de madera en una plantación forestal es crucial para la toma de decisiones y la estimación de la productividad del bosque (Ortiz et al., 2015). Tradicionalmente, esta estimación se ha realizado mediante inventarios forestales que implican medir el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura de los árboles, para luego aplicar modelos existentes de estimación de volumen, o bien, realizar el apeo de una cantidad significativa de árboles, medir su volumen en campo y ajustar los modelos de estimación en función del DAP y la altura (Díaz, 1988). Actualmente, los inventarios digitales se han convertido en una alternativa eficiente. Estos utilizan sensores LiDAR terrestres y técnicas de fotogrametría con cámaras digitales (Liang et al., 2015). Estas tecnologías permiten crear nubes tridimensionales detalladas de las parcelas forestales, representando con gran precisión el fuste y las ramas de los árboles (De Eugenio

et al., 2018; Dassot et al., 2011). En un estudio realizado en España con la especie *Eucalyptus globulus* Labill, se emplearon tanto LiDAR terrestre fijo como portátil para estimar el DAP y la altura de los árboles. Aunque el conteo de árboles con ambos tipos de LiDAR mostró resultados similares, la precisión en la estimación del DAP y la altura varió. El LiDAR portátil obtuvo un R^2 de 0,87 en la estimación del DAP comparado con las mediciones realizadas con forcípula, mientras que el LiDAR fijo presentó un R^2 menor de 0,57. Para la estimación de la altura total de los árboles, el LiDAR portátil mostró mejores resultados en comparación con las alturas medidas en campo, aunque en ambos casos el R^2 para la altura total fue inferior a 0,2 (Solares et al., 2023). Sin embargo, otros estudios han demostrado que la estimación de alturas puede mejorar con el uso de vuelos fotogramétricos o LiDAR, ya que estas técnicas proporcionan una gran cantidad de puntos representativos de la altura de los árboles (Castorena et al., 2023; Moskal et al., 2011). En un trabajo en España, se utilizó fotogrametría terrestre para estimar los diámetros a diferentes alturas del fuste de árboles de la especie *Pinus pinaster* Ait. No se encontraron diferencias significativas entre las mediciones de campo realizadas con el equipo Criterion RD1000 y las estimaciones fotogramétricas, con una diferencia absoluta en el volumen estimado de solo 0,05 m³ (De Eugenio et al., 2018). En otro estudio en Canadá, la fotogrametría terrestre demostró una alta precisión en la estimación del volumen del fuste con un RMSE del 15,5% y del DAP con un RMSE del 5,15%, aplicable a una amplia gama de especies y tamaños de árboles (Mulverhill et al., 2019).

Con este proyecto se propone ajustar una metodología para estimar el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura (H) y el volumen (V) de los árboles en la parcela, utilizando nubes de puntos tridimensionales generadas mediante sensores LiDAR portátiles terrestres y técnicas de fotogrametría terrestre. Para garantizar una alta precisión en la estimación de la altura total de cada árbol, se realizará un vuelo fotogramétrico complementario. Además, esta metodología permitirá la espacialización de los resultados del inventario digital a nivel de rodal, mediante la obtención de métricas a partir de la nube tridimensional generada para cada parcela.

Descripción del Proyecto:

Este proyecto busca implementar un inventario digital con tecnologías innovadoras para nuestro país y utilizadas a gran escala a nivel mundial. Por ende, se estimarán variables forestales como el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura (H) y el volumen (V) utilizando un sensor LiDAR portátil terrestre y la técnica de fotogrametría terrestre. Además, se realizará un vuelo fotogramétrico para mapear las variables DAP, H y V en toda la superficie del proyecto.

Para esto, se realizará un inventario de campo localizando las parcelas de forma aleatoria captando la variabilidad existente en la plantación forestal. Cada parcela se georreferenciará submétricamente y se medirá el DAP y la H de todos sus individuos.

En una segunda etapa se recorrerán todas las parcelas, donde se escanearán con el sensor LIDAR portátil terrestre y se tomarán fotografías con un sensor RGB marca Samsung GW3, con una resolución de 64 MP, distancia focal de 26 mm y apertura f/1.8, acoplado a un estabilizador DJI Osmo Mobile 2 (DJI, Shenzhen, China) para aplicar la técnica de fotogrametría terrestre. En gabinete se utilizarán las fotografías para generar una nube tridimensional de puntos con el software Agisoft Metashape. Posteriormente, se procederá a recrear el fuste de los árboles con el fin de obtener diámetros en altura para realizar el cálculo del volumen con la función de Smalian. Para lograr esto se utilizará la librería "FORTLS" disponible en Rstudio, que permite segmentar el fuste de los árboles de la parcela y hacer el conteo de individuos.

En una tercera etapa, se realizará un vuelo fotogramétrico de toda la superficie forestada con Eucalyptus dunnii con el objetivo de lograr un censo de la altura del dosel arbóreo, permitiendo esto la espacialización de las variables forestales como el DAP, H y V.

Finalmente, se seleccionarán por clases diamétricas 50 árboles localizados en las parcelas para ser apeados. Cada árbol apeado se cubicará con la fórmula de Smalian, para obtener el volumen real de los individuos. El volumen real se comparará con el volumen estimado con LiDAR terrestre y fotogrametría terrestre, de los mismos 50 árboles. Esto permitirá definir la precisión de la estimación del volumen con estas nuevas tecnologías.

Metodología:**Metodología****2.1 Caracterización del sitio experimental y muestreo**

El trabajo se desarrollará en una plantación de Eucalyptus dunnii de 9 años de edad, presentando una superficie efectiva de 128,5 hectáreas localizada en el departamento de Rocha. La plantación forestal se encuentra localizada sobre los grupos de suelo CONEAT 2.11a y 2.12. La zona de estudio presenta un clima templado con una temperatura media anual de 16°C y una precipitación media anual de 1122 mm (INUMET 2024).

Se llevará a cabo un muestreo de toda la superficie plantada con el objetivo de contemplar la variabilidad natural del bosque. Para contemplar esto, se instalarán parcelas de 15 m x 20 m (300 m²) ubicadas al azar en la plantación. Para la georreferenciación centimétrica de las parcelas se utilizará un GPS marca Trimble modelo Catalyst DA2 (GNSS

Receiver) (Trimble Inc., Westminster, Colorado, USA). En cada parcela se medirá el diámetro a la altura del pecho (DAP) con forcípula y la altura total (H) con un clinómetro electrónico marca Haglöf modelo EC II D-R (Haglöf, Långsele, Sweden) en todos los árboles existentes. Se apreciará un total de 50 árboles y se medirán los diámetros a lo largo del fuste cada 50 cm desde la base hasta el primer metro, y luego cada un metro hasta el diámetro en punta fina (5 cm). Luego, se aplicará la fórmula de Smalian con el objetivo de obtener el volumen real de estos individuos (Ghorani et al 2014).

2.1 Toma de datos de nubes tridimensionales.

En todas las parcelas se realizará el escaneo con el sensor LiDAR portátil terrestre, así como la aplicación de la técnica de fotogrametría terrestre con smartphone. Esto permitirá obtener el DAP, H y diámetros en diferentes alturas del fuste hasta un diámetro de 5 cm para estimar el volumen comercial. Para el caso de la fotogrametría terrestre se llevará a cabo la captura de imágenes de alta calidad dentro de las parcelas forestales mediante el uso de un sensor RGB marca Samsung GW3, con una resolución de 64 MP, distancia focal de 26 mm y apertura f/1.8, acoplado a un estabilizador DJI Osmo Mobile 2 (DJI, Shenzhen, China).

En el caso de los datos generados con el sensor LiDAR y la fotogrametría terrestre, se utilizará el software Agisoft Metashape Professional Edition (Agisoft LLC., St. Petersburgo, Rusia) para generar, visualizar y clasificar la nube de puntos en formato LAS, como también para crear el modelo digital de terreno (MDT). La clasificación de la nube de puntos permite determinar qué puntos corresponden al suelo y qué puntos corresponden a la vegetación. Posteriormente en Rstudio se utilizarán funciones presentes en la librería "lidR" (Roussel et al 2018) y "sf" (Pebesma 2018) para normalizar la nube de puntos utilizando el MDT generado con el software Agisoft Metashape. Luego, se utilizará la librería "FORTLS" (Molina et al 2022) disponible en Rstudio para realizar el conteo de individuos de las parcelas, la segmentación del fuste de cada árbol, la obtención automática del DAP, H y diámetros en altura. Despues, se aplicará la fórmula de Smalian (Ghorani et al 2014) utilizando los diámetros en altura para obtener el volumen de cada árbol a partir del inventario digital.

Por último, se realizará un vuelo fotogramétrico sobre las 128,5 hectáreas forestadas, con un dron DJI Inspire 1 (DJI, Shenzhen, China), con 8 baterías y una cámara Sentera Multiespectral 6X Thermal (Sentera, MN, USA). El vuelo se llevará a cabo a una altura constante de 100 m y se realizarán pasadas con un solape de 85% longitudinal y transversal. Esta nube de puntos aérea asistirá a las nubes de puntos terrestres para obtener una mejor estimación de la H de los árboles. Luego, se utilizará la librería "lidR" (Roussel et al 2018) de Rstudio para obtener métricas de la

distribución de los puntos en altura en la parcela forestal (percentiles, media, desviación estándar, etc.), ya que estas explican diferentes variables forestales de interés (Rizzo et al 2023, Hirigoyen et al 2020, Sheridan et al 2014).

Análisis estadístico

Se utilizará la correlación de Pearson (Fisher 1928) en Rstudio, para comparar el valor de DAP y H medidos a campo de forma tradicional, con el DAP y la H estimados con datos del sensor LiDAR y la técnica de fotogrametría terrestre. También, se comparará el volumen real de los 50 árboles apeado con el volumen estimado con las nubes de puntos tridimensionales.

Luego de obtener los valores promedios de DAP y H, y el volumen total de las parcelas, se procederá a ajustar regresiones paramétricas (lineales y no lineales) y no paramétricas (Árboles de Regresión, Random Forest y Support Vector Machine) en función de métricas de la nube de puntos tridimensional obtenida por medio del vuelo fotogramétrico. Se evaluarán los modelos para la estimación de cada variable forestal en función de la bondad de ajuste determinada por mayor R² y menor error cuadrático medio (Root Mean Square Error, RMSE). Posteriormente, se aplicarán los modelos en el software QGIS al ráster de la/s métrica/s de la nube tridimensional seleccionada/s, con el fin de mapear el DAP, H y volumen comercial de toda la superficie forestada.

Otros Recursos :

El Departamento Forestal aportará el drone dron DJI Inspire 1 (DJI, Shenzhen, China), con 8 baterías y una cámara Sentera Multiespectral 6X Thermal (Sentera, MN, USA) para el vuelo fotogramétrico, el el software Agisoft Metashape Professional Edition (Agisoft LLC., St. Petersburgo, Rusia) para procesamiento de imágenes del drone, una netbook de alta especificación marca ASUS modelo ROG Strix, un GPS marca Trimble modelo Catalyst DA2 (GNSS Receiver) (Trimble Inc., Westminster, Colorado, USA) para georreferenciar submétricamente las parcelas a campo, juego de forcípulas para medir diámetros y un clinómetro electrónico marca Haglöf modelo EC II D-R (Haglöf, Långsele, Sweden) para la medición de la altura total de los individuos de las parcelas. Para la toma de fotografías de las parcelas de campo para la técnica de fotogrametría terrestre se utilizará un sensor RGB marca Samsung GW3, con una resolución de 64 MP, distancia focal de 26 mm y apertura f/1.8, acoplado a un estabilizador DJI Osmo Mobile 2 (DJI, Shenzhen, China).

La empresa Refugio Azul S.A. aportará la zona forestada con Eucalyptus dunnii donde se realizará el proyecto, así como el personal técnico asociado al proyecto. También financiará el apeo de los 50 árboles seleccionados para

obtener el volumen real. Además, aportará información pertinente sobre la historia de la plantación y resultados de inventarios tradicionales realizados en el pasado.

OBJETIVOS

Objetivo general:

El objetivo de este estudio es estimar el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura (H) y el volumen (V) a nivel de árbol individual y parcela forestal, utilizando nubes de puntos tridimensionales generadas con el sensor LiDAR portátil terrestre y la técnica de fotogrametría terrestre

Objetivos específicos

Nº	Objetivo específico	Resultado esperado	Observaciones
1	Comparar la precisión de las estimaciones del diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura (H) y el volumen (V) con LiDAR terrestre y fotogrametría terrestre.	Se esperaría una estimación de similar precisión entre el LiDAR terrestre y la fotogrametría terrestre para la estimación del DAP. En el caso de la altura y la medición de diámetros en altura para el cálculo del volumen se esperaría que el LiDAR presente una mejor performance.	
2	Mapear el DAP, H y V de toda la zona de estudio en función de métricas de nubes de puntos obtenidas por medio de un vuelo de un vehículo aéreo no tripulado (VANT).	Se esperaría una elevada correlación entre las métricas de las nubes puntos fotogramétricas con las variables forestales medidas a campo, permitiendo el ajuste de modelos para la estimación de estas en toda la zona sobrevolada.	

PLAN DE TRABAJO

Actividad/Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Inventario Forestal ...	X	X	X	X	X	X																		
Informe parcial 1 ...							X	X																
Uso del LiDAR terrestre y fotogrametría terrestre ...			X	X	X	X	X	X																
Vuelo de drone ...			X	X	X	X	X	X	X															
Apeo de árboles de las parcelas ...									X	X	X													
Informe parcial 2 ...									X	X														
Procesamientos de datos de sensores remotos e inventario de campo									X	X	X	X	X	X	X									
Informe parcial 3 ...										X	X													
Redacción de informes con resultados ...										X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

Descripción de las actividades:

Actividad	Mes	Es hito	Descripción	Observaciones
		inicio/fin		

Inventario Forestal	1/6	NO	<p>Se trabajará en campo de forma intensiva para georreferenciar submétricamente las parcelas de campo y marcar los árboles. En cada parcela se medirá diámetro a la altura del pecho y la altura total de los árboles.</p>
Informe parcial 1	6/7	NO	<p>Redacción de informe parcial con los resultados preliminares.</p>
Uso del LiDAR terrestre y fotogrametría terrestre	3/8	NO	<p>Se utilizará el sensor LiDAR terrestre para escanear las parcelas en el campo, y posteriormente se procesará la nube de puntos de cada parcela en gabinete. Además, se recorrerá cada parcela de campo tomando fotografías para posteriormente aplicar la técnica de fotogrametría, y así generar una nube de puntos tridimensional de los árboles de la parcela.</p>

Vuelo de drone	5/10	NO	<p>Se planificará y ejecutará el vuelo con un drone de toda la superficie del proyecto, y posteriormente se procesarán los datos en gabinete. Se utilizarán las imágenes capturadas por el sensor RGB para aplicar la técnica de fotogrametría aérea y así obtener una nube de puntos que representa la altura del dosel arbóreo de toda la plantación en cuestión.</p>
Apeo de árboles de las parcelas	10/12	NO	<p>Se seleccionarán 50 árboles de las parcelas forestales en función de las clases diamétricas. Luego estos 50 árboles se apilarán para cubicarlos con la fórmula de Smalian y obtener el volumen real para compararlo con el volumen estimado con LiDAR y fotogrametría terrestre.</p>
Informe parcial 2	12/13	NO	<p>Redacción de informe parcial con los resultados preliminares.</p>

Procesamientos de datos de sensores remotos e inventario de campo	11/17	NO	Procesamiento de los datos de inventario forestal, como tambien el procesamiento de las nubes de puntos tridimensionales de origen fotogramétrico y LiDAR.
Informe parcial 3	18/19	NO	Redacción de informe parcial con los resultados preeliminares.
Redacción de informes con resultados	17/24	NO	Redacción de informes y representación de los resultados obtenidos. Analisis de los resultados y discusión de los mismos.

VIABILIDAD COMERCIAL Y ECONOMICA DEL PROYECTO

Análisis de la Demanda:

La empresa Refugio Azul S.A. presenta una superficie forestada de 335 ha efectivas plantadas. El principal destino de sus plantaciones son las empresas exportadoras de chips para fines celulósicos y el mercado local. La exportación de chips de eucalipto es destinada generalmente para países como Portugal y China, siendo China el principal importador. En el caso del mercado local el principal destino de la madera es para fines energéticos para las industrias.

En el caso de las empresas exportadoras, la comercialización se realiza bajo estándares de certificación FSC en casi toda su producción, lo cual marca la diferencia respecto a otros países exportadores.

Otra fuente importante de demanda, además de la exportación de chips, son las 3 empresas celulósicas instaladas en el país. Estas empresas utilizan como materia prima la

madera de Eucalipto y principalmente la especie Eucalyptus dunnii, siendo la misma especie del presente proyecto. La ventaja de esta demanda es que es constante en el tiempo, pero presenta un alto grado de competitividad entre empresas.

El contrato de venta de madera de la empresa Refugio Azul S.A. se define en función del volumen estimado a campo y luego se compara con el volumen real determinado mediante desplazamiento de agua en planta chipeadora. El Inventario Digital, con tecnología innovadora para Uruguay que se plantea en este proyecto, aporta mayor precisión en las estimaciones del volumen comercial en campo, promoviendo la transparencia y la trazabilidad de la madera, entre la empresa y la industria.

La principal limitante que se le presenta a Uruguay en relación a otros países de la región es el alto costo en dólares de los servicios de transporte y logística. Esto sumado a la naturaleza de ser un país tomador de precios, genera márgenes muy estrechos para la exportación uruguaya, y la convierte, en algunas ocasiones, en inviable frente a otras economías.

Los resultados de este proyecto permitirán mejorar la calidad de los datos relevados en los inventarios forestales de campo, promoviendo la transparencia y la trazabilidad de la madera, entre las empresas involucradas en la cadena forestal. Esto corresponde a una ventaja competitiva en el mercado local e internacional.

Análisis de la Oferta:

Uruguay en las últimas décadas ha emergido como un líder en la producción y exportación de madera de eucalipto, gracias a sus condiciones de suelo y climáticas favorables y políticas orientadas al desarrollo sostenible. También, con el paso de las décadas Uruguay a adquirido una gran experiencia en la producción forestal e importantes conocimientos técnicos. Además, en las últimas décadas el sector industrial relacionado a la producción de celulosa y aserrío avanzó notoriamente en infraestructura siendo referente en la región.

Los competidores reales que presenta Uruguay a la hora de exportar su producción de madera de Eucalipto son generalmente países de la región como Brasil y Chile, y a nivel mundial Sudáfrica. Brasil es uno de los principales competidores en el mercado global de eucalipto. Su gran extensión de plantaciones y sus costos relativamente bajos de producción lo convierten en un gran competidor. Chile es otro gran competidor con una estructura bien desarrollada para la producción de madera y celulosa. Además,

presenta una infraestructura avanzada para la exportación y una sólida reputación en el sector forestal. Sudáfrica es otro de los países que presenta producción de madera de Eucalipto destacándose en el sector de pulpa de celulosa y papel.

Uno de los competidores potenciales a tener en cuenta son los países asiáticos como Indonesia y Malasia, ya que están desarrollando sus industrias forestales y podrían ser fuertes competidores a futuro. Presentando estos países como ventaja el menor costo de mano de obra.

El mercado de plantaciones forestales de eucalipto en Uruguay presenta un panorama competitivo sólido, con ventajas significativas en términos de condiciones climáticas, políticas de apoyo, y sostenibilidad. Sin embargo, la competencia de países como Brasil y Chile, así como la amenaza de sustitutos como maderas de otras especies y materiales sintéticos, son factores importantes para considerar. La oferta uruguaya se beneficia de una infraestructura robusta y un marco regulatorio favorable, pero debe continuar innovando y adaptándose para mantener su posición en el mercado global. La relación con proveedores de insumos es crítica para garantizar la calidad y eficiencia de las actividades del sector forestal, destacándose la importancia de mantener una cadena de suministro confiable y eficiente.

En este proyecto se busca mejorar la precisión de los datos relevados a campo con el fin de cuantificar con la menor incertidumbre posible la producción que presenta nuestras plantaciones. Esto permitirá disponer del insumo necesario para utilizar modelos de proyección de crecimiento, y así identificar el momento óptimo financiero donde se debe realizar la cosecha. La proyección a futuro y la estimación de madera que se encontrará disponible permitirá saber del stock de madera que se tendrá para el mercado interno y para la exportación.

El uso de tecnologías innovadoras para Uruguay como las que se van a utilizar en este proyecto aportará para la mejora continua del sector forestal con el fin de mantener la posición de nuestro país en el mercado global.

Análisis de la Estrategia de Comercialización, Promoción y Publicidad:

Para Refugio Azul S.A., la estrategia comercial en la exportación de chips de eucalipto se centra en buscar socios comerciales que comprendan y compartan los valores de la empresa, como agentes de ventas, intermediarios o distribuidores, capaces de posicionar el producto en el mercado objetivo. Dado que el volumen de exportación de Refugio

Azul S.A. es menor en comparación con otros exportadores uruguayanos, la estrategia incluye, cuando es necesario, incrementar el volumen disponible para ser competitivo. En situaciones donde las condiciones del mercado externo no sean favorables, la empresa redirige su enfoque hacia el mercado local. Es crucial que Refugio Azul S.A. mantenga un sólido posicionamiento en el mercado, destacando no solo por la alta calidad de sus productos, sino también por ofrecer volúmenes homogéneos y cumplir con los embarques en tiempo y forma. Este enfoque asegura una imagen de solidez y confiabilidad, generando confianza en sus socios comerciales y fortaleciendo la seguridad en las transacciones comerciales.

IMPACTOS

Impactos financieros, sociales y ambientales:

Los inventarios digitales (ID) ofrecen una mayor precisión en la estimación de la productividad forestal en comparación con los inventarios tradicionales (IT). A diferencia de los IT, que requieren la tala de árboles para medir el diámetro a la altura del fuste, los ID permiten obtener estas mediciones sin necesidad de apeo. Además, los ID posibilitan un mapeo detallado y preciso de la productividad de las plantaciones. Esta precisión es crucial para valorar el monte en pie, cuantificar el valor añadido de la forestación, y tomar decisiones de inversión más informadas. Al reducir la incertidumbre, los ID facilitan una planificación más eficiente.

Desde el punto de vista económico, los ID son más ventajosos que los IT. Para la empresa Refugio Azul S.A. que dispone de 335 hectáreas efectivas forestadas, el costo total del IT, con una intensidad de muestreo de una parcela por hectárea, asciende a USD 6.700. En comparación, el costo total del ID, con una intensidad de muestreo de una parcela cada 15 hectáreas, es de USD 782. Aunque se debe agregar el costo del vuelo para el ID, que es de USD 12 por hectárea, el total llega a USD 4.802. A pesar de este costo adicional, el ID sigue siendo más económico que el IT, con una diferencia de USD 1.898.

Las empresas forestales suelen realizar varios inventarios a lo largo de una rotación. Para una rotación típica de 10 años destinada a la producción celulósica, se realizan

generalmente 4 inventarios de seguimiento y 1 de precosecha, lo que resulta en una reducción de costos de aproximadamente USD 9.490, equivalentes a unos USD 28 por hectárea. En casos donde se utilizan parcelas permanentes con mediciones anuales, el uso del ID puede generar un ahorro adicional de USD 11.390 (USD 34 por hectárea), sumando un ahorro acumulado total de USD 20.880 (USD 62 por hectárea).

Además, el ID mejora la precisión en la estimación del volumen comercial de madera en campo, lo que es fundamental para la transparencia y la trazabilidad en la venta de chips, especialmente cuando los contratos se basan en el volumen estimado.

En resumen, la adopción de tecnologías de inventario digital tiene el potencial de reducir significativamente los costos de inventario, lo cual es vital dado el impacto económico en el sector forestal. La implementación de los ID ofrece una alternativa que mejora la precisión en la estimación del crecimiento, optimiza las prescripciones de manejo y mejora la gestión forestal en general. Este proyecto representa una herramienta clave para promover y transferir estas tecnologías al sector productivo.

Riesgos:

Los riesgos asociados a este proyecto son referentes a:

- 1) Retrasos en la adquisición del LiDAR terrestre portátil para el escaneo de las parcelas localizadas en los rodales forestales, que pueden impactar directamente al cronograma. El inventario tradicional donde se miden el DAP y la altura total de los árboles no debe aplazarse mucho en el tiempo al escaneo de las parcelas forestales, así como del momento del vuelo del dron.
- 2) Condiciones climatológicas adversas en el periodo programado para la ejecución de las actividades de campo como inventarios tradicionales, escaneo de parcelas con LiDAR terrestre y vuelo de dron. Para la mitigación de este riesgo, se prevé periodos relativamente amplios para una flexibilidad en la ejecución de dichas actividades.

3) La actividad de apeo de los 50 árboles seleccionados de la parcelas la realizará una empresa contratada por Refugio Azul S.A.. Esta actividad es vital que se realice correctamente ya que, aportará el volumen real de los fustes que se comparará con el estimado con la tecnología utilizada en este proyecto. Para mitigar esto, el responsable del proyecto estará supervisando el apeo de la totalidad de los árboles, para que se realice de buena manera.

Estrategia de Sustentabilidad Post-Proyecto:

La empresa demandante de conocimiento capacitará su personal en función del protocolo y los resultados obtenidos a partir de este proyecto. Esto posibilitará grados crecientes de autonomía en el proceso de recolección, procesamiento y análisis de los datos.

Como resultado estratégico de esta alianza, se buscará la continuidad del trabajo entre el equipo de investigación y la empresa, fundamentalmente mediante la oferta de servicios del laboratorio de “Geomática y Teledetección Forestal” del Departamento Forestal de Facultad de Agronomía de la Universidad de la República. Esto también posibilitará la generación de información y retroalimentación para la mejora continua de los modelos ajustados a partir de métricas de nubes tridimensionales. A futuro, se podría recabar una gran cantidad de datos generados con los Inventarios Digitales con el fin de utilizar redes neuronales (Inteligencia Artificial) y así disminuir el trabajo a campo en su máxima expresión, reduciendo el costo de la toma de datos sin perjudicar la precisión de estos.

La técnica que se ajustará en este proyecto posibilitará a futuro la realización de Inventarios Digitales en otras zonas forestadas de la empresa, contribuyendo a la innovación continua de la empresa y del sector forestal. Además, a futuro se planifica a corto plazo utilizar el equipamiento adquirido en actividades de la cadena forestal diferentes a la de inventarios, como puede ser el caso de la estimación del volumen de madera apilada entre otros.

Viabilidad legal y ambiental (si corresponde):

No corresponde.

ART_X_2024_1_181844

Articulación Academia - Sector Productivo (proyecto) - 2024



AGENCIA NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN

IMPACTO AMBIENTAL

Impacto ambiental: No requiere Autorización Ambiental Previa

PRESUPUESTO POR RUBRO**Adecuación edilicia**

Descripción	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Total UYU:			0

Equipamiento laboratorio

Descripción	Cantidad	Tipo	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Sensor LiDAR terrestre portátil marca TOPODRONE con jugo de baterías extras	1	Adquisición	1.242.505	0	1.242.505
Total UYU:					1.242.505

Otros equipos

Descripción	Cantidad	Tipo	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Notebook de alta especificación para procesamiento de nubes de puntos y técnica de fotogrametría.	1	Adquisición	133.250	0	133.250
Clinómetro Electrónico ECII D Haglöf	1	Adquisición	9.147	0	9.147
Total UYU:					142.397

Material bibliográfico

Descripción	Cantidad	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Total UYU:				0

Materiales e insumos

Descripción	Cantidad	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Materiales para el trabajo de campo y de gabinete.	1	15.092	0	15.092
Total UYU:				15.092

Software y licencias

Descripción	Cantidad	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Software para procesamiento y visualización de datos LiDAR del sensor	1	470.867	0	470.867
Licencia de horas de uso de GPS submétrico.	50	22.550	0	22.550
Total UYU:				493.417

Personal técnico

RRHH	Rol	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
JUAN ANDRÉS SAN ROMÁN	Corresponsable técnico-científico	960.000	0	960.000
Total UYU:				960.000

Consultores

ART_X_2024_1_181844

Articulación Academia - Sector Productivo (proyecto) - 2024



AGENCIA NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN

RRHH	Rol	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Total UYU:				0

Capacitación

RRHH	Rol	Organización	Descripción	Duración	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Total UYU:							0

Servicios

Descripción	Duración	Proveedor	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Despacho de aduanas	1	A definir	28.000	0	28.000
Servicio de laboratorio	10	Departamento Forestal	51.250	0	51.250
Servicio de apeo de la empresa. Este servicio es aporte de la empresa del proyecto	3	Refugio Azul S.A.	12.300	0	12.300
Total UYU:					91.550

Viáticos y estadías

RRHH	Rol	Destino	Duración	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Iván Gabriel Rizzo Martín	Responsable por la ejecución	Rocha	20	110.737	0	110.737
Total UYU:						110.737

Propiedad intelectual

Descripción	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Total UYU:			0

Otros costos

Descripción	Cantidad	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Administración	1	165.173	0	165.173
Total UYU:				165.173

Imprevistos

Descripción	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Imprevistos	82.586	0	82.586
Total UYU:			82.586

Promoción y difusión

Descripción	Cantidad	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Total UYU:				0

Pasajes

ART_X_2024_1_181844

Articulación Academia - Sector Productivo (proyecto) - 2024



AGENCIA NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN
E INNOVACIÓN

RRHH	Rol	Destino	Duración	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Total UYU:						0

TOTALES POR RUBRO

Rubro	Cargo al Proyecto	Otros aportes	Total
Adecuación edilicia	0	0	0
Equipamiento laboratorio	1.242.505	0	1.242.505
Otros equipos	142.397	0	142.397
Material bibliográfico	0	0	0
Materiales e insumos	15.092	0	15.092
Software y licencias	493.417	0	493.417
Personal técnico	960.000	0	960.000
Consultores	0	0	0
Capacitación	0	0	0
Servicios	91.550	0	91.550
Viáticos y estadías	110.737	0	110.737
Propiedad intelectual	0	0	0
Otros costos	165.173	0	165.173
Imprevistos	82.586	0	82.586
Promoción y difusión	0	0	0
Pasajes	0	0	0
Total UYU	3.303.457	0	3.303.457

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Rubro	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4
Personal técnico	570.419,00	231.792,00	95.260,00	62.529,00
Viáticos y estadías	38.737,00	38.000,00	20.000,00	14.000,00
Servicios	14.000,00	12.300,00	14.000,00	51.250,00
Equipamiento laboratorio	1.242.505,00	0,00	0,00	0,00
Otros equipos	0,00	0,00	142.397,00	0,00
Materiales e insumos	0,00	0,00	0,00	15.092,00
Software y licencias	0,00	470.867,00	0,00	22.550,00
Imprevistos	0,00	20.000,00	30.000,00	32.586,00
Otros costos	98.193,00	40.682,00	15.877,00	10.421,00
Total UYU:	1.963.854,00	813.641,00	317.534,00	208.428,00

ADJUNTOS
[Certificado DGI \(Certificado DGI\)](#)
[Certificado BPS \(Certificado BPS\)](#)
[CV \(CV_JUAN ANDRÉS SAN ROMÁN \)](#)

Carta aval (Carta Aval INIA Hirigoyen)

Carta aval (Carta Aval empresa Refugio Azul SA)

Otros (Registro de comercio)

Carta aval (Aval Decano Facultad de Agronomía)

Otros (Bibliografía Consultada para Descripción y fu)

Evaluación Financiera (EvaluacionFinanciera)

Proyección de Ingresos (Proyecction Ingresos)

Estados contables de la empresa (Estados contables)

Convenio de vinculación (Convenio de vinculación)

Exportador de : ART_X_2024_1

ANEXO II - ACTIVIDADES

ANEXO III - APORTE NO VALORIZADOS (equipos).

PARTES	EQUIPOS
LA EMPRESA	Todos los equipos necesarios para realizar el apeo en campo (bajo responsabilidad de la empresa)
FAGRO	Dron con sensor multiespectral; GPS submétrico; Ordenadores para procesamiento; Instrumentos de medición de altura y diámetro