

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
CENTRO UNIVERSITARIO DE TACUAREMBÓ
INGENIERÍA FORESTAL

Determinación de variables dasométricas en rodales de *Eucalyptus dunnii*
mediante dron DJI Matrice 300 con sensor LiDAR Zenmuse L1

Alejandro dos Santos Villegas

Nombre del tutor:

MSc. Santiago Ferrando

Nombre del co-Tutor:

MSc. Victor Viana

Nombre del co-Tutor:

Dr. Andrés Hirigoyen

Tacuarembó, 1 de Febrero de 2022

Resumen

El estudio será realizado en la zona litoral del país, buscando comparar las variables de rodal obtenidas por un método tradicional y uno automatizado mediante un dron con sensor LiDAR. Las variables que se buscan estimar son altura, área basal y diámetro de árboles de la especie *E.dunnii*, las cuales son importantes para poder realizar un inventario del stock como para utilizarlas en modelos de crecimiento y producción. También se buscará relacionar la calidad del sitio con la supervivencia de la especie. Como resultado del trabajo se espera validar si el uso de esta tecnología aplicada a plantaciones jóvenes puede disminuir los costos y tiempos al realizar un inventario forestal, de forma que se pueda realizar únicamente con el dron o complementando al inventario tradicional.

Índice de contenido:

1. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	3
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivos generales:	4
2.2. Objetivos específicos:	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS	5
3.1. Revisión bibliográfica	5
3.2. Preparación y acondicionamiento del dron	6
3.3. Muestreo a campo	6
3.4. Procesamiento de datos	6
3.5. Análisis de resultados	6
4. INSTALACIÓN Y TÉCNICAS DISPONIBLES PARA LA REALIZACIÓN DE LA PROPUESTA	7
4.1. Descripción del área de estudio	7
4.2. Obtención de datos mediante LiDAR	7
4.3. Inventario	7
4.4. Análisis estadístico y comparativo	7
5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	8
6. BIBLIOGRAFÍA	9

1. ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El cultivo comercial de *E.dunnii* en Uruguay es reciente, apareciendo como una especie promisoría. Es considerado más resistente al frío que *E. grandis* y *E. saligna* (Golfari,1985). Posee duramen amarillento, tiene poca durabilidad, y densidad seca al aire de $800 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (Boland *et al.*, op. cit.). En la actualidad, es plantada para generar celulosa debido a sus cualidades para tal fin [1].

A nivel mundial existen diversos estudios sobre el uso de sensores LiDAR para estimar variables de rodal en plantaciones forestales, dentro de los estudios publicados se encuentran determinaciones de la altura, diámetro, volumen y área basal. LiDAR ha sido la principal fuente de datos para el inventario y para la delimitación de los rodales tanto en Finlandia como en Noruega desde 2010; en estos países los inventarios se llevan a cabo con datos de ALS (Airborne Laser Scanning) y parcelas de campo para la calibración de modelos (Kangas *et al.*, 2018). Se ha demostrado que las métricas derivadas de LiDAR son muy sensibles a los atributos estructurales y su aplicación puede mejorar la precisión y la rentabilidad de los inventarios en comparación con las técnicas tradicionales (Deo *et al.*, 2017).

Sin embargo, a nivel académico existen pocos registros de estudios de sensores LiDAR, a pesar de que es utilizado por muchas empresas privadas. En Uruguay no existen estudios reportados sobre el uso de sensores LiDAR con drones para plantaciones jóvenes (menores a 1 año). Debido a que los estudios realizados son en plantaciones de edades próximas a la cosecha, tanto a nivel mundial como nacional, y los estudios internacionales a edades tempranas devuelven valores de precisiones muy bajos, el desafío y la oportunidad de mejora está en obtener buenos resultados en edades jóvenes [2]-[8].

Éste problema es de suma importancia para las empresas forestales ya que les podría brindar la posibilidad de realizar un manejo de sus plantaciones desde edades tempranas con un bajo costo de recursos y tiempo para así poder utilizar modelos de crecimiento y producción. Debido a esto se propone validar la estimación de variables de rodal utilizando un dron con sensor LiDAR. Teniendo como punto de partida la hipótesis de que los inventarios realizados con sensores LiDAR mediante aviones tienen costos elevados comparados a drones con los mismos sensores. Además, si lo comparamos respecto a un inventario tradicional, con el sensor LiDAR se puede sensar la población y generar más información.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos generales

- Evaluar el uso del dron matrice 300 con sensor LiDAR L1 en plantaciones de *Eucalyptus dunnii* de 12 meses de edad para determinar las variables altura, área basal y diámetro.

2.2. Objetivos específicos

- Estimar las variables de rodal mediante datos LiDAR y comparar la precisión con la medición basada en un inventario tradicional.
- Relacionar la calidad del sitio con la sobrevivencia de la especie.
- Componer un archivo raster para cada variable en el área de estudio
- Examinar librerías para análisis de datos y desarrollar un código en R para la estimación de las variables de interés.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de área de estudio

La ubicación del área de trabajo será especificada en el informe final, debido a que no se sabe concretamente cuál será el predio en cuestión.

3.2. Revisión bibliográfica

La revisión es la primera etapa del trabajo, donde se busca información en distintas fuentes como el Portal Timbó, revistas nacionales e internacionales, biblioteca de INIA, Google Scholar, entre otros. En este trabajo se realizará una revisión bibliográfica continua de los antecedentes del tema para perfeccionar el mismo durante todo el proceso y con esto mejorar los antecedentes sobre el tema. Además, ya se cuenta con una revisión bibliográfica realizada sobre el tema, la cual se presenta a continuación.

La cuantificación del stock forestal es de suma importancia para la gestión y planificación del recurso maderero. Debido a que los métodos de inventario de campo dependen de la cantidad de parcelas de muestreo medidas, esto hace que se requiera mucho tiempo y costos en vías de mejorar la calidad de los resultados. Las variables que más se miden en la planificación forestal son: área basal, altura y volumen [9]-[10].

Las técnicas de teledetección brindan información sobre las características estructurales del bosque, así como información tridimensional geográficamente extensa, continua y de alta precisión, lo que supone contar con un gran volumen de información sobre la estructura del bosque. Por otro lado, además de las métricas utilizadas en la modelación, se obtienen Modelos Digitales del Terreno, de Superficie y de Vegetación que permiten el estudio del medio físico, la ordenación de un determinado territorio o evaluación de otros parámetros ambientales (Dong y Chen, 2017). Esto permite optimizar los tiempos, recursos y abarcar grandes áreas, incluso aquellas con dificultades para acceder en un inventario tradicional.

Debido al avance de la tecnología, es posible respaldar un inventario forestal tradicional mediante el uso de sensores activos y pasivos. Los activos (por ejemplo, LiDAR y Radar) emiten y reciben la radiación generando la información. Los pasivos (sensores multi e hiperespectrales) solamente registran la energía electromagnética en sus diferentes longitudes de onda, resultado de la interacción de la energía proveniente del Sol con un elemento de la Tierra [11].

En particular, los sensores LiDAR se están utilizando para determinar variables de rodal debido a que permiten reconstruir una estructura detallada en 3D de las plantaciones forestales. Se utilizan aeronaves con láser de alta frecuencia, permitiendo generar un inventario con información que presenta alta resolución y exactitud en períodos de tiempo relativamente cortos. Además, la llegada de los drones

permite utilizar estos sensores para volar a altitudes menores que las demás aeronaves, generando una densidad de puntos mayor y por lo tanto una mejor resolución en la estructura 3D del bosque [12].

3.3. Preparación y acondicionamiento del dron

El dron que se utilizará será un DJI Matrice 300 con un sensor LiDAR Zenmuse L1, este sensor no es utilizado en Uruguay con el fin de obtener mediciones de variables de rodal en plantaciones forestales por lo cual la validación de esta tecnología es importante.

Se destinará tiempo para preparar el dron, como todos sus implementos correspondientes: sensor, baterías, controlador, etc. Además, se debe establecer correctamente los parámetros de vuelo correspondientes para un muestreo eficaz.

3.4. Muestreo a campo

En esta etapa se relevarán los datos con el dron, es decir, se medirán los árboles correspondientes a cada zona de muestreo y se obtendrán las nubes de puntos de cada muestra específica, para ser procesadas posteriormente.

Además, se realizará un inventario tradicional, midiendo manualmente la altura, el diámetro y el área basal de los árboles. También se georeferenciarán los árboles para su posterior comparación con los datos del vuelo con el dron.

La intensidad de muestreo comenzará siendo una parcela de 400 metros cuadrados cada una hectárea inicialmente, para ir reduciéndose a un muestreo cada dos hectáreas, luego una cada cuatro, y así definir hasta cuándo se puede reducir la intensidad obteniendo buenos resultados.

3.5. Procesamiento de datos

Para procesar los datos se utilizarán los softwares Fusion XP y LASTools, de los cuales posteriormente se obtendrán los datos de las variables de rodal de cada árbol y así se analizarán los resultados al generar un modelo 3D de cada parcela.

3.6. Análisis de resultados

Luego de obtener todos los datos, los mismos serán comparados con datos de una medición tradicional mediante un análisis de correlación y regresión para validar si esta tecnología es útil a nivel comercial. Es decir, si la llegada de esta tecnología puede ser relevante comparada al método tradicional.

4. INSTALACIÓN Y TÉCNICAS DISPONIBLES PARA LA REALIZACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Descripción del área de estudio

Para un correcto estudio se detallarán las propiedades de los sitios de muestreo, indicando a qué grupo CONEAT pertenecen los suelos, altura respecto al nivel del mar. También serán detallados los datos de meteorología de la zona, densidad de plantación, así como su espaciamiento.

4.2. Obtención de datos mediante LiDAR

Se realizará una descripción de las características del vuelo: altura, densidad de puntos a obtener (puntos/m²), campo de visión o FOV por sus siglas en inglés (Field of view), rendimiento. También se describirán los softwares utilizados tanto para el procesamiento de los datos como para el análisis de los mismos.

4.3. Inventario

Debido a que el trabajo consiste en comparar el uso del sensor LiDAR respecto a la medición tradicional, el método del inventario a campo serán parcelas circulares de 400 metros cuadrados. Además, se especificará el número de árboles muestreados.

Los instrumentos que se utilizarán para obtener las mediciones con el método manual son una regla telescópica y cinta diamétrica. En cambio, para el muestreo aéreo se utilizará un dron, con su respectivo sensor.

4.4. Análisis estadístico y comparativo

Se describirán los análisis estadísticos realizados, utilizando estadísticos de comparación y selección como la medida del coeficiente de correlación (r), el coeficiente de determinación (R^2) y el error cuadrático medio (RMSE).

5. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Período	Meses							
Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8
Revisión Bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x
Preparación y acondicionamiento de dron	x							
Muestreo a campo		x	x	x	x			
Procesamiento de datos				x	x			
Análisis de los resultados						x		
Redacción de informe						x	x	x

Figura 1. Tabla con cronograma del trabajo

Fecha estimada de finalización: 25/11/2022

6. BIBLIOGRAFÍA

- 1) RESQUIN, F., DE MELLO, J., FARIÑA, ISMAEL., MIERES, JUAN., ASSANDRI, LAURA. 2005. Caracterización de la celulosa de especies del género *Eucalyptus* plantadas en Uruguay.
- 2) ANDERSEN, H.E., S.E. REUTEBUCH, AND R.J. MCGAUGHEY. 2006. A rigorous assessment of tree height measurements obtained using airborne lidar and conventional field methods. *Can. J. Remote Sens.* 32(5):355–366.
- 3) BRANDTBERG, T., AND F. WALTER. 1998. Automated delineation of individual tree crowns in high spatial resolution aerial images by multiple-scale analysis. *Mach. Vis. Applic.* 11(2): 64–73.
- 4) CLARK, M.L., D.B. CLARK, AND D.A. ROBERTS. 2004. Small-footprint lidar estimation of sub-canopy elevation and tree height in a tropical rain forest landscape. *Remote Sens. Environ.* 91(1):68 – 89.
- 5) EK, A.R., E.T. BIRDSALL, AND R.J. SPEARS. 1981. Total and merchantable tree height equations for Lake States tree species. Staff Paper Ser. No. 27. Minnesota Agricultural Experiment Station, University of Minnesota, St. Paul, MN.
- 6) HOLMGREN, J. 2004. Prediction of tree height, basal area and stem volume in forest stands using airborne laser scanning. *Scand. J. For. Res.* 19(6):543–553.
- 7) NÆSSET, E. 1997. Estimating timber volume of forest stands using airborne laser scanner data. *Remote Sens. Environ.* 61(2): 246–253.
- 8) Hartley, R.J.L.; Leonardo, E.M.; Massam, P.; Watt, M.S.; Estarija, H.J.; Wright, L.; Melia, N.; Pearse, G.D. 2020. An Assessment of High-Density UAV Point Clouds for the Measurement of Young Forestry Trials. *Remote Sens.*, 12, 4039.
- 9) Hawbaker, T.J.; Gobakken, T.; Lesak, A.; Trømborg, E.; Contrucci, K.; Radeloff, V. 2010. Light detection and ranging-based measures of mixed hardwood forest structure. *For. Sci.* 56, 313–326.
- 10) Naesset, E. 1997. Determination of mean tree height of forest stands using airborne laser scanner data. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 52, 49–56.
- 11) Hirigoyen, A.; Varo-Martinez, M.; Rachid, C; Franco, J.; Navarro, R. 2020. Stand Characterization of *Eucalyptus* spp. Plantations in Uruguay Using Airborne Lidar Scanner Technology 16.
- 12) DALLA CORTE A.P et al. 2022. High-Density UAV-LiDAR in an Integrated Crop-Livestock-Forest System: Sampling Forest Inventory or Forest Inventory Based on Individual Tree Detection (ITD). 2