



Tesis Doctoral (acordada): Análisis y caracterización del efecto de la fragmentación 3D de la estructura forestal en parámetros del comportamiento del fuego y biodiversidad mediante tecnología LiDAR multiescalar.

Analysis and characterization of the effect of 3D forest structure fragmentation on fire behavior and biodiversity parameters using multi-scale LiDAR

Director/es: Luis Ángel Ruiz Fernández / Pablo Crespo Peremarch

Resumen: La determinación de la máxima entropía mediante el uso de datos LiDAR (*Light Detection and Ranging*) podría mejorar la caracterización de la estructura, el modelado de la biomasa aérea y la combustibilidad forestal. La complejidad estructural es un rasgo morfológico esencial de los ecosistemas, complementario a otros como la altura o la cobertura de la vegetación (Fahey et al., 2019; Schneider et al., 2017; Valbuena et al., 2020), que es relevante para varios procesos ecológicos como el ciclo de nutrientes, secuestro de carbono e interacciones entre especies (Lent and Looking, 2017; Lindenmayer et al., 2000; McElhinny et al., 2005). Por otro lado, el análisis de la estructura forestal es importante para estudios de estimación de biomasa y balance de carbono, en la elaboración de inventarios forestales, o en la previsión y dinámica de la combustibilidad de la masa forestal para la elaboración de modelos de riesgo de incendios y de comportamiento del fuego (Crespo-Peremarch, 2020). Sin embargo, hay una falta de consenso sobre los medios más apropiados para medir el impacto de la complejidad estructural de los ecosistemas (Lexerød and Eid, 2006; Neumann and Starlinger, 2001), y aún falta información sobre la relación entre las métricas extraídas del LiDAR con la biomasa aérea, y sobre cómo los modelos predictivos se ven afectados por las diferentes estructuras del bosque (Drake et al., 2003; Knapp et al., 2020).

Las metodologías para el estudio de entropía y la estimación de variables forestales utilizando datos LiDAR tienen ya un cierto desarrollo (Ammaturo et al., 2021; Andersen et al., 2005; Erdody and Moskal, 2010). Sin embargo, hay varios aspectos que deben revisarse y estudiarse, y que definen los objetivos de esta tesis, que pretende escalar un estudio en diferentes tipos de bosques a nivel global. En esta tesis, se analizará el uso de distintos tipos de datos LiDAR (discreto, *full-waveform*) a diferentes escalas (satélite, aéreo, UAV: *unmanned aerial vehicle*, terrestre) para la caracterización de la fragmentación de la estructura forestal en 3D mediante el uso de indicadores y métricas derivados de ellos, estudiando el efecto de la fragmentación en (i) el comportamiento del fuego mediante simulaciones de escenarios reales, y (ii) en parámetros descriptivos de la biodiversidad. Se analizarán distintos tipos de bosques a nivel global, haciendo especial énfasis en la identificación y caracterización de los distintos estratos verticales (sub-dosel, sotobosque, etc.) a distintas escalas de trabajo, en función del tipo de sensor con el que se adquieren los datos y de sus características, e.g., nubes de puntos, ondas completas, vóxeles (Crespo-Peremarch et al., 2016; Hermosilla et al., 2014).

Medios disponibles: El plan de tesis se llevará a cabo con el apoyo y financiamiento del *Centre for Earth Observation Sciences* (CEOS), *University of Alberta* (Canadá) y la empresa LiDAR Latinoamerica, SpA, y se desarrollará en el marco del proyecto “Cartografiado espectral y estructural 3D de combustible mediterráneo para la modelización del comportamiento del fuego” (FireMode, ref. PID2020-117808RB-C21), financiado por la Agencia Estatal de Investigación (01/09/2021 – 31/08/2024)

Referencias:

Ammaturo, R.N.L., Packalen, P., Adnan, S., Maltamo, M., Meht, L., 2021. Remote Sensing of



- Environment Determining maximum entropy in 3D remote sensing height distributions and using it to improve aboveground biomass modelling via stratification 260.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112464>
- Andersen, H.E., McGaughey, R.J., Reutebuch, S.E., 2005. Estimating forest canopy fuel parameters using LIDAR data. *Remote Sens. Environ.* 94, 441–449.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.10.013>
- Crespo-Peremarch, P., 2020. Processing and analysis of airborne full-waveform laser scanning data for the characterization of forest structure and fuel properties. *Univ. Politècnica València* 235.
- Crespo-Peremarch, P., Ruiz, L.A., Balaguer-Beser, A., 2016. A comparative study of regression methods to predict forest structure and canopy fuel variables from LiDAR full-waveform data. *Rev. Teledetección* 27. <https://doi.org/10.4995/raet.2016.4066>
- Drake, J.B., Knox, R.G., Dubayah, R.O., Clark, D.B., Condit, R., Blair, J.B., Hofton, M., 2003. Above-ground biomass estimation in closed canopy Neotropical forests using lidar remote sensing: Factors affecting the generality of relationships. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 12, 147–159.
<https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00010.x>
- Erdody, T.L., Moskal, L.M., 2010. Fusion of LiDAR and imagery for estimating forest canopy fuels. *Remote Sens. Environ.* 114, 725–737. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.11.002>
- Fahey, R.T., Atkins, J.W., Gough, C.M., Hardiman, B.S., Nave, L.E., Tallant, J.M., Nadehoffer, K.J., Vogel, C., Scheuermann, C.M., Stuart-Haëntjens, E., Haber, L.T., Fotis, A.T., Ricart, R., Curtis, P.S., 2019. Defining a spectrum of integrative trait-based vegetation canopy structural types. *Ecol. Lett.* 22, 2049–2059. <https://doi.org/10.1111/ele.13388>
- Hermosilla, T., Ruiz, L.A., Kazakova, A.N., Coops, N.C., Moskal, L.M., 2014. Estimation of forest structure and canopy fuel parameters from small-footprint full-waveform LiDAR data. *Int. J. Wildl. Fire* 23, 224–233. <https://doi.org/10.1071/WF13086>
- Knapp, N., Fischer, R., Cazcarra-Bes, V., Huth, A., 2020. Structure metrics to generalize biomass estimation from lidar across forest types from different continents. *Remote Sens. Environ.* 237, 111597. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111597>
- Lent, nicholas v. I. brokaw and richard a., Looking, 2017. Vertical structure 373–399.
- Lexerød, N.L., Eid, T., 2006. An evaluation of different diameter diversity indices based on criteria related to forest management planning. *For. Ecol. Manage.* 222, 17–28.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.10.046>
- Lindenmayer, D.B., Cunningham, R.B., Donnelly, C.F., Franklin, J.F., 2000. Structural features of old-growth Australian montane ash forests. *For. Ecol. Manage.* 134, 189–204.
[https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00257-1](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00257-1)
- McElhinny, C., Gibbons, P., Brack, C., Bauhus, J., 2005. Forest and woodland stand structural complexity: Its definition and measurement. *For. Ecol. Manage.* 218, 1–24.
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.08.034>
- Neumann, M., Starlinger, F., 2001. The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. *For. Ecol. Manage.* 145, 91–106. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00577-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00577-6)
- Schneider, F.D., Morsdorf, F., Schmid, B., Petchey, O.L., Hueni, A., Schimel, D.S., Schaepman, M.E., 2017. Mapping functional diversity from remotely sensed morphological and physiological forest traits. *Nat. Commun.* 8. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01530-3>
- Valbuena, R., O'Connor, B., Zellweger, F., Simonson, W., Vihervaara, P., Maltamo, M., Silva, C.A., Almeida, D.R.A., Danks, F., Morsdorf, F., Chirici, G., Lucas, R., Coomes, D.A., Coops, N.C., 2020. Standardizing Ecosystem Morphological Traits from 3D Information Sources. *Trends Ecol. Evol.* 35, 656–667. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2020.03.006>