

Estimación de la fecundidad en árboles de alta montaña con el empleo de vehículos aéreos no tripulados o drones

Olivares-Rosas, Nubia Mayte¹; López-Mata, Lauro^{2*}; Arroyo-Cosultchi, Gabriel²

¹ Posgrado en Desarrollo Rural, Colegio de Posgraduados. Montecillo 56264, Texcoco, Estado de México, México.

² Posgrado en Botánica, Colegio de Posgraduados. Montecillo 56264, Texcoco, Estado de México, México.

* Autor de correspondencia: lauro@colpos.mx

Cómo citar: Olivares-Rosas, N. M., López-Mata, L., & Arroyo-Cosultchi, G. (2024). Estimación de la fecundidad en árboles de alta montaña con el empleo de vehículos aéreos no tripulados o drones. *Agro-Divulgación*, 4(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v4i6.422>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Diciembre 2024.

Agro-Divulgación, 4(6). Noviembre-Diciembre. 2024. pp: 35-38.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Los vehículos aéreos no tripulados (VANT) conocidos comúnmente como drones, son el resultado de la tecnología aeronáutica y robótica. Los drones son aeronaves de uso militar o civil que no requieren un piloto a bordo, se manejan con un sistema de control a distancia. Los drones civiles brindan ventajas importantes como su habilidad para llegar a lugares de difícil acceso (Kardasz *et al.*, 2016) y su capacidad para capturar imágenes aéreas de alta resolución en el ámbito local. En el caso de la ecología de bosques, el uso de drones se ha enfocado en las estimaciones de biomasa de los árboles, y para inferir la producción de madera (Pathak *et al.*, 2020). Sin embargo, el uso de drones como herramienta aplicable a ecología de bosques es mucho más amplia. El objetivo de este trabajo, es exponer una aplicación adicional de los drones para la estimación de la fecundidad efectiva de árboles adultos en su fase de reproducción activa, mediante la adquisición de fotografías de alta resolución tomadas directamente en las copas con un dron.

El área de estudio se localiza en el Monte Tláloc (19° 23' 43"- 19° 28' 37" N; 98° 42' 51"- 98° 48' 12" W, entre 3,100 y 3,500 msnm), ubicado en la zona norte del Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, en los estados de México y Puebla. En esta franja altitudinal se distribuye el bosque de oyamel, *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham. y en él, se localizaron tres altitudes: superior a 3,500 m, intermedio entre 3250-3400 m, e inferior a 3,100 m. En cada nivel se establecieron tres parcelas permanentes de observación (PPO) de 2,500 m² (50 m × 50 m), nueve en total (7,500 m²).



Árboles reproductivos. - Dentro de las PPO se registraron y midieron todos los árboles en reproducción activa o con producción de conos. A estos árboles se le midió su diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura con un telémetro e hipsómetro Nikon, Forestry Pro II, con resolución de 0.3 m. La producción de conos se estimó mediante fotografías tomadas de sus copas con un dron. Las fotografías se tomaron solo si las copas eran visibles y se podían diferenciar de otras copas y evitar así su bloqueo sobre parte de ellas. A las copas de estos árboles se les tomó un número variable de fotografías desde varios ángulos hasta cubrir, en lo posible, toda la copa. Los fotogramas se tomaron con un dron DJI Mini 4 Pro de 249 gramos de peso, equipado con una cámara de 48 megapíxeles y cuatro sensores que detectan obstáculos en todos los ángulos durante el vuelo (DJI, 2024). Se procedió a posicionar el dron sobre la copa del árbol seleccionado, se ajustó la imagen al centro con la mayor cercanía y extensión de la copa para facilitar la visualización de los conos. Los fotogramas se proyectaron en pantalla para la selección, análisis y conteo de conos, el cual se llevó a cabo con el analizador de imágenes ImageJ (Schneider *et al.*, 2012). El número de conos se contrastó entre los tres niveles altitudinales para detectar diferencias entre ellos y entre pares de ellos. En un trabajo previo se estimó el porcentaje de viabilidad de semillas en las mismas PPO (Arroyo-Cosultchi *et al.*, 2022), con el cuál multiplicado por el número total de conos por árbol, fue posible estimar la fecundidad por árbol individual del oyamel.

Se hicieron 134 vuelos, durante los meses de producción de conos de oyamel, de noviembre de 2023 a abril de 2024. Se tomaron 3,113 fotogramas en 33 horas de vuelo y 28.9 km recorridos. El número de árboles fotografiados en los tres niveles altitudinales fue de 225, de los cuales 56 (24.56%) correspondieron al nivel altitudinal superior, 108 (47.37%) al intermedio y 64 (28.07%) al inferior. Se contabilizaron 35,275 conos producidos en los 225 árboles reproductivos; 8,020 (22.74%) conos se produjeron en el nivel superior, 20,179 (57.20%) en el intermedio y 7,076 (20.06%) en el inferior. El total de conos por nivel altitudinal fue diferente entre los tres niveles altitudinales (Kruskal-Wallis: $\chi^2=7.185$, $P=0.027$, g.l.=2). Sin embargo, se detectaron diferencias significativas solo entre los niveles altitudinales intermedio e inferior ($P=0.009$), pero no entre el intermedio y el superior ($P=0.134$)



Figura 1. Fotogramas tomados de las copas de árboles con acercamientos para mejorar la visibilidad de los conos producidos y facilitar su conteo.

y el inferior y el superior ($P=0.366$). La probabilidad reproductiva tendió a incrementarse con el DAP de los árboles adultos, con un máximo de 62% en árboles con más de 88 cm de DAP en el nivel intermedio. Por otra parte, el número total de semillas viables estimado por árbol individual o fecundidad efectiva, tendió a incrementarse a medida que el DAP aumentó (Figura 2). Se detectaron diferencias significativas en fecundidad efectiva entre los tres niveles altitudinales (Kruskal-Wallis: $\chi^2=7.42$, $P=0.0245$, g.l.=2). La fecundidad efectiva promedio fluctuó entre los tres niveles altitudinales; fue más alta en el nivel intermedio con 36,540 y más baja en el nivel altitudinal inferior con 21,622, mientras que en el nivel superior fue de 27,054 semillas viables. Sin embargo, solo hubo diferencias significativas en fecundidad efectiva entre los niveles inferior e intermedio ($P=0.0086$), pero no entre los niveles superior e intermedio ($P=0.11$) y superior e inferior ($P=0.428$).

El empleo de los drones en aspectos relacionados con la biología reproductiva de especies arbóreas es muy prometedor. La adquisición de fotogramas de la copa de árboles reproductivos o en reproducción activa facilitó su evaluación en particular de aquellos individuos de acceso complicado o fuera del alcance visual de los investigadores. La aplicación de los drones civiles para evaluar la reproducción y en particular de la fecundidad efectiva de especies arbóreas requiere de adecuaciones que dependerán de las especies bajo estudio. El empleo de vehículos aéreos no tripulados o drones en la evaluación de eventos reproductivos de árboles, tales como la fecundidad efectiva predispersión de árboles de alta montaña es recomendable en virtud de sus valiosas y numerosas ventajas y pocas desventajas superables. Entre ellas: acceso rápido o más rápido que cualquier otro método de evaluación. Evaluación más precisa que otros métodos basados en observaciones visuales directas. Alta precisión, claridad y rapidez en la toma de fotogramas que facilitan su lectura y conteo de conos y si fuera necesario la posibilidad de cotejarlos. Promoción del trabajo en equipo, con un mínimo de dos o tres personas entrenadas en el cuidado, uso y destreza en el manejo del dron, y en la localización, marcaje y toma de datos de los árboles

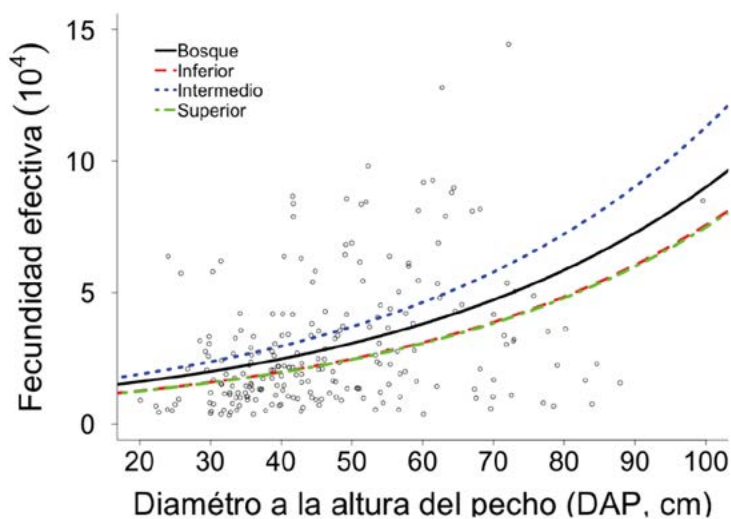


Figura 2. Relación de la fecundidad efectiva por árbol individual de oyamel y su DAP en los tres niveles altitudinales estudiados en el Monte Tláloc.

reproductivos. Capacidad de incrementar la eficacia en la toma y número de fotogramas de alta calidad con el dominio y gestión de los comandos del dron en ambientes naturales. Permite conocer la posición de los conos en la copa de los árboles. Con esta metodología es posible documentar los individuos reproductivos y su asociación con su calidad en términos reproductivos. Finalmente, no se presentan riesgos de seguridad para el equipo de investigación.

REFERENCIAS

- Arroyo-Cosultchi, G., López-Mata, L. & Rivera Rios, A. (2023). Estructura poblacional y rasgos demográficos de *Abies religiosa* (Kunth) Schlttdl. & Cham. en el Monte Tlaloc, Parque Nacional Iztaccíhuatl Popocatepetl, México. *Botanical Sciences* 101(4): 1034-1048. 2023. DOI: 10.17129/botsci.3323
- DJI. (2024). Da Jiang Innovations. Obtenido de DJI Mini 4 Pro: <https://www.dji.com/mx/mini-4-pro>
- Kardasz, P., Doskocz, J., Hejduk, M., Wiejkut, P., & Zarzycki, H. (2016). Drones and possibilities of their using. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 6. doi:10.4172/2165-784X.1000233
- Pathak, H., Kumar, G., Mohapatra, S., Gaikwad, B., & Rane, J. (2020). Use of drones in agriculture: Potentials, problems and policy needs. Baramati, India: ICAR-National Institute of Abiotic Stress Management.
- Schneider, C., Rasband, W., & Eliceiri, K. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods* 9:671-675. DOI: 10.1038/nmeth.2089

