



Universidad Nacional del Comahue

Asentamiento San Martín de los Andes

Práctica Laboral

“Uso de un Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT) como herramienta complementaria en la planificación del inventario forestal”



Estudiante: Aveni, Camila.

Supervisor: Téc. Forestal Gonzalez Musso, Romina.

San Martín de los Andes.

Julio 2018

Índice

1- Introducción.

2- Objetivos.

2.1- Objetivo general.

2.2- Objetivos específicos.

3- Cronograma.

4- Metodología.

4.1- Materiales.

4.2- Área de estudio.

4.3- Descripción de las etapas de trabajo.

4.3.a- Etapa 1: Planificación.

4.3.b- Etapa 2: Vuelos a campo.

4.3.c- Etapa 3: Procesamiento.

5- Resultados.

5.1- Ortomosaicos VANT.

5.2- Comparación de resultados del VANT con las imágenes

5.3.- Obtención de mapa de estratos actualizado

6- Conclusiones.

7- Grado de aprovechamiento alcanzado

8- Agradecimientos.

9- Bibliografía.

1. Introducción.

Las técnicas de sensores remotos y la Teledetección aplicadas a las ciencias forestales tienen una gran importancia dado que permiten la adquisición y análisis de información relevante para la planificación forestal y el manejo sustentable.

Durante las décadas pasadas, se han logrado obtener imágenes aéreas a través de aviones y posteriormente de satélites. Los programas satelitales más utilizados para el análisis de recursos naturales son el programa LANDSAT y SENTINEL. Este último buscó proveer una resolución óptica más alta junto con una mayor frecuencia de visita que los anteriormente disponibles. El Sentinel 2 tiene una frecuencia de visita cada 5 días, gracias a que este programa contiene dos satélites orbitando de manera opuesta, el Sentinel- 2A y el Sentinel- 2B. (L. Hojas-Gascón, 2015). Ambos programas ofrecen imágenes en forma gratuita para su descarga, procesamiento y análisis. Por otro lado, existen otras opciones para obtener imágenes satelitales sin costo a través de algunos servidores, tales como Google o Bing Maps. Estas opciones gratuitas pueden ser complementadas con información de otro tipo de satélites de pago, es decir, cuyas imágenes deben ser adquiridas a través de empresas y generalmente tienen un alto costo de adquisición. En resumen, existen en la actualidad variedad de opciones para realizar análisis a través de imágenes satelitales.

Las aeronaves no tripuladas, denominadas VANT (Vehículos Aéreos No Tripulados) o UAV por sus siglas en inglés (Unmanned Aerial Vehicle), fueron primeramente desarrolladas para su uso bélico y vigilancia. Sin embargo, actualmente el uso de los VANTs, mejor conocidos como drones, ha ido en aumento en los últimos años como consecuencia del desarrollo tecnológico y de la diversidad de funciones y objetivos que pueden llevar adelante. Estos tienen una amplia difusión en diferentes ámbitos de trabajo y campos de investigación: minería, construcción, vigilancia, agrimensura, agricultura y forestación (Manual Drone Deploy, 2017).

Y como también era de esperar, han tenido una gran trascendencia en el ámbito forestal por las ventajas que ofrece en la obtención de información de alta resolución. A través de estas plataformas se pueden realizar mapas y modelos 3d de manera automática llegando a ser una herramienta valiosa para la planificación. A su vez esta tecnología hace posible la inspección de los daños producidos por incendios y estimación de parámetros dasométricos (Banu T. et al. 2016).

Motiva la presente práctica laboral la necesidad de contar con información actualizada de un campo forestal a fin de planificar un inventario forestal estratificado a priori. En este trabajo se pretende hacer una aproximación metodológica en el uso de VANTs como herramienta complementaria en la planificación de inventarios. Asimismo, se realizará una comparación y valoración de sus ventajas y desventajas con respecto al uso de imágenes satelitales de libre acceso.

2. Objetivos.

2.1. Objetivo general:

Evaluar la eficiencia del uso de un drone en la obtención de información georeferenciada como herramienta complementaria en la planificación de un Inventario Forestal.

2.2. Objetivos específicos:

- Obtención de fotos aéreas a partir de un drone para generar un ortomosaico georeferenciado post tratamiento silvícola.
- Poner en práctica el uso del drone como herramienta de obtención de fotos aéreas con fines cartográficos y de planificación forestal.
- Evaluar los parámetros de uso del drone (altura de vuelo, duración de baterías, rendimientos, escala de trabajo, superficie cubierta por vuelo, etc.)
- Lograr una rodalización y estratificación actualizada del campo forestal.
- Comparar la información obtenida con el drone con otras fuentes gratuitas de información (Google Earth, Bing Maps, imágenes Sentinel 2)

3. Cronograma.

	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Horas
Revisión bibliográfica	X	X							21
Planificación de tareas a campo		X							20
Tareas de Campo			X						7
Procesamiento de imágenes			X						9
Procesamiento GIS				X	X				49
Redacción del informe						X	X	X	38
Total	-	-	-	-	-	-	-	-	144

Las tareas de campo tuvieron que efectuarse en el mes de febrero por razones climáticas y coordinación con el equipo de trabajo.

4. Metodología.

4.1. Materiales.

Para este trabajo se utilizó un cuadricóptero semiprofesional ¹ de la marca DJI, modelo Phantom 3 Advanced. Tiene una autonomía teórica de 25 minutos, con un alcance de 4km con transmisión de video. La cámara tiene una resolución 2,7 K de video y 12 megapíxeles.

El dron se opera a través de un dispositivo móvil (tablet / celular) con aplicaciones específicas de navegación, planificación, etc. El software utilizado para la planificación, ejecución de los planes de vuelo y el posterior procesamiento de imágenes fue Drone Deploy. En el presente trabajo se utilizó una licencia Certified Reseller, cortesía de DroneScan Chile.

Siendo uno de los objetivos principales de este trabajo la comparación de imágenes satelitales de libre acceso con las imágenes obtenidas con el dron, se obtuvieron las siguientes imágenes:

- Imagen Sentinel 2 (enero 2017, resolución espacial: 10 m, resolución espectral: 13 bandas espectrales- 440-2190 nm)
- Google Earth (marzo 2016, resolución espacial: 30 cm, mono banda-Color verdadero)

Para hacer el análisis de todas las imágenes se utilizó el software QGIS versión 3.0.1.

4.2 Área de estudio.

El trabajo se llevó adelante en la estancia "El Retiro", la cual se ubica en las afueras de la localidad de San Martín de los Andes (Figuras 1 y 2). La misma tiene una extensión de 318 ha, de las cuales 198 ha se encuentran forestadas.

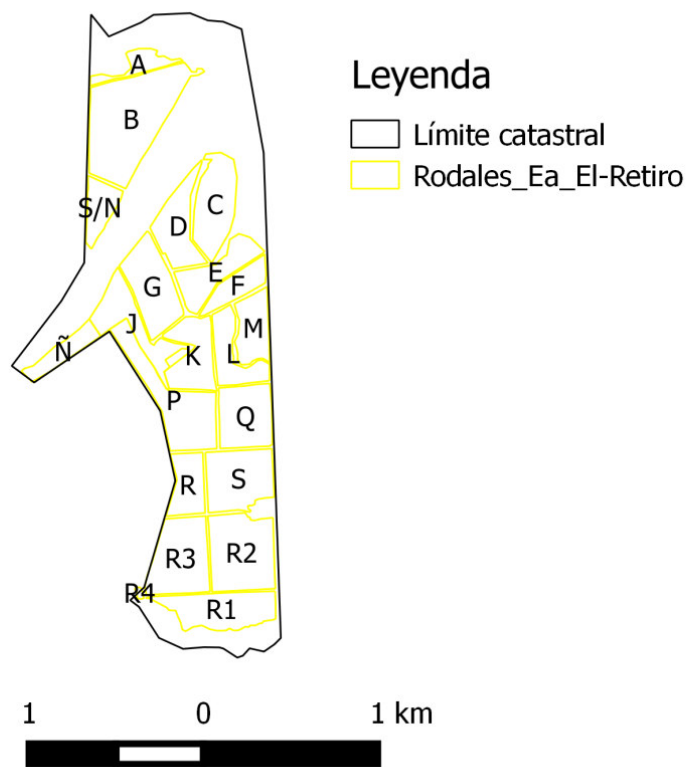
El área donde se realizó el estudio comprende en total unas 27 ha. Los rodales seleccionados para este trabajo fueron raleados en el invierno del 2016 o presentan otro tipo de intervención en la masa forestal (apertura de calles/cortafuegos).

Figura 1: Ubicación de la Estancia El Retiro con respecto al ejido de S. M. Andes.

¹ El equipo fue puesto a disposición por el estudiante.



Figura 2. Mapa de rodales de la Estancia el Retiro

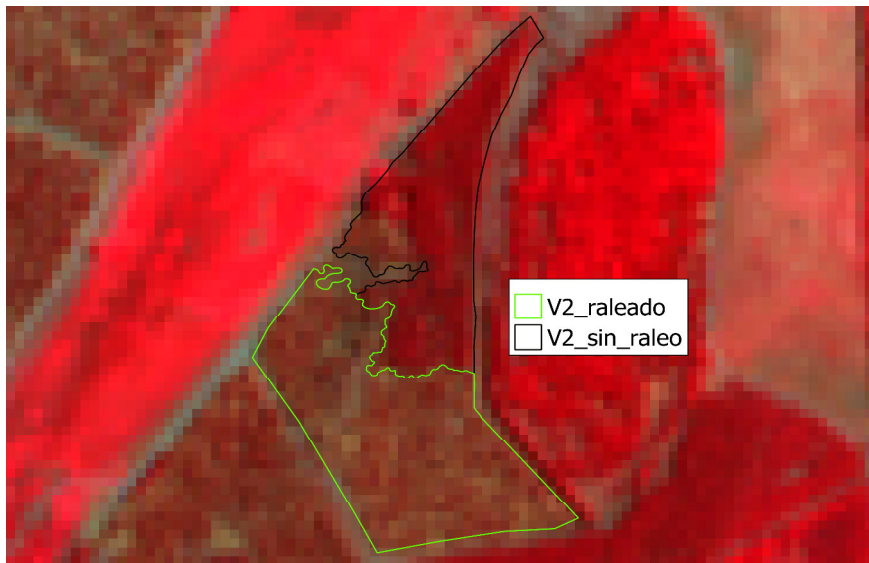


4.3 Descripción de las etapas de trabajo:

4.3.a Etapa 1: Planificación.

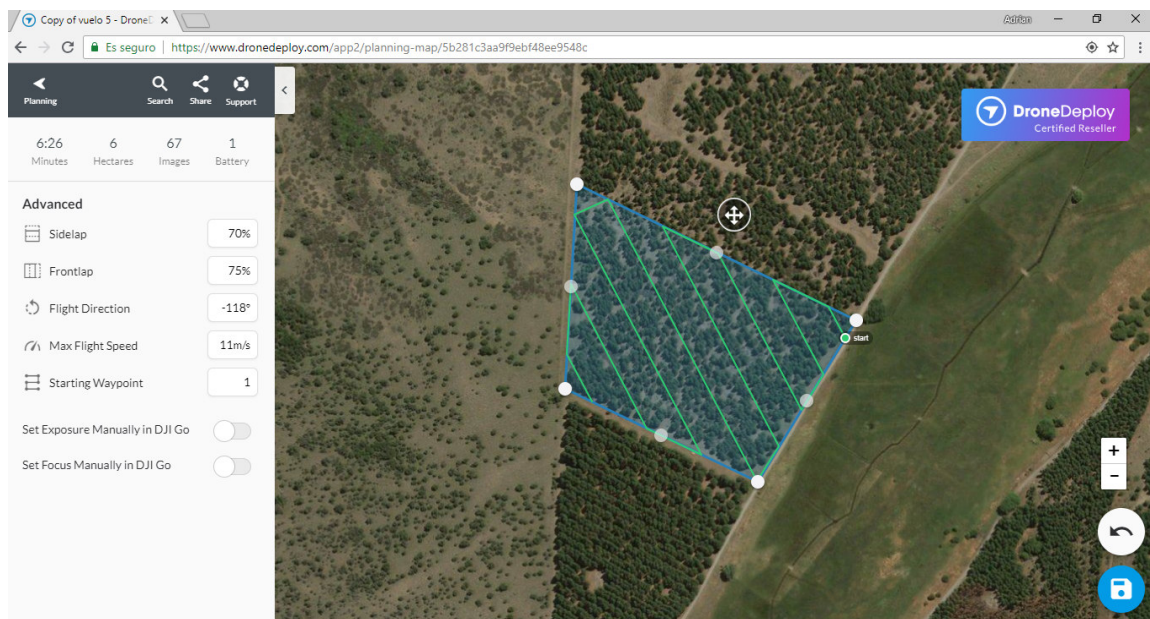
La planificación consistió en identificar los lotes que habían sido raleados (para luego comparar con imágenes anteriores) y generar las misiones de vuelo sobre ellos. Este paso se realizó utilizando el software QGIS y una imagen Sentinel posterior a las actividades silvícolas. A pesar de la media/baja resolución espacial de esta imagen, se pudieron identificar y delimitar los rodales intervenidos. (Figura 3)

Figura 3: Ejemplo de uno de los rodales raleados vs. no raleados (Imagen Sentinel 2)



Luego de tener el área de estudio identificada, se utilizó el software Drone Deploy para planificar los vuelos. Algunos polígonos se ajustaron para mapear únicamente la zona de interés de cada rodal. Y una vez definidos los límites de cada vuelo, se configuraron los parámetros de vuelo. (Figura 4)

Figura 4: Planificación de los vuelos en Drone Deploy.



La planificación del vuelo implica el ajuste de ciertos parámetros, tales como velocidad de vuelo, superposición de imágenes, altura de vuelo. La correcta configuración de estos parámetros es importante ya que optimizará el rendimiento de vuelo y garantizarán una buena toma de imágenes.

Con respecto al factor viento, se tomó en cuenta la dirección predominante y se le dio una orientación perpendicular a la dirección del viento para evitar exceso de fricción con el aire. Además se estableció una velocidad de movimiento del dron de 11 m/s.

Teniendo en cuenta la autonomía de la batería, se contempló que los vuelos no superen las 6 hectáreas para que los mismos tengan una duración menor a 10 minutos. De esta manera se evitó que ante cualquier inconveniente la aeronave tenga la batería suficiente para volver al punto de inicio.

La altura de vuelo establecida es de 90 metros y el solapamiento es del 70%. Un alto solapamiento en el plan de vuelo es muy importante a la hora de planificar misiones fotogramétricas. Particularmente en áreas de bosque, el dosel suele ser una superficie con muchas similitudes, por lo que es más complicado que durante el procesamiento se distingan los puntos comunes entre fotos. Esto puede llevar a un error de ensamblaje de las mismas.

En total se realizaron 5 vuelos de aproximadamente 5 hectáreas cada uno. En la figura 5 se observa la ubicación relativa de los vuelos dentro del campo, mientras que en la Tabla 1 se detallan las dimensiones de los mismos.

Figura 5. Captura de pantalla de Drone Deploy con la ubicación de los planes de vuelo.

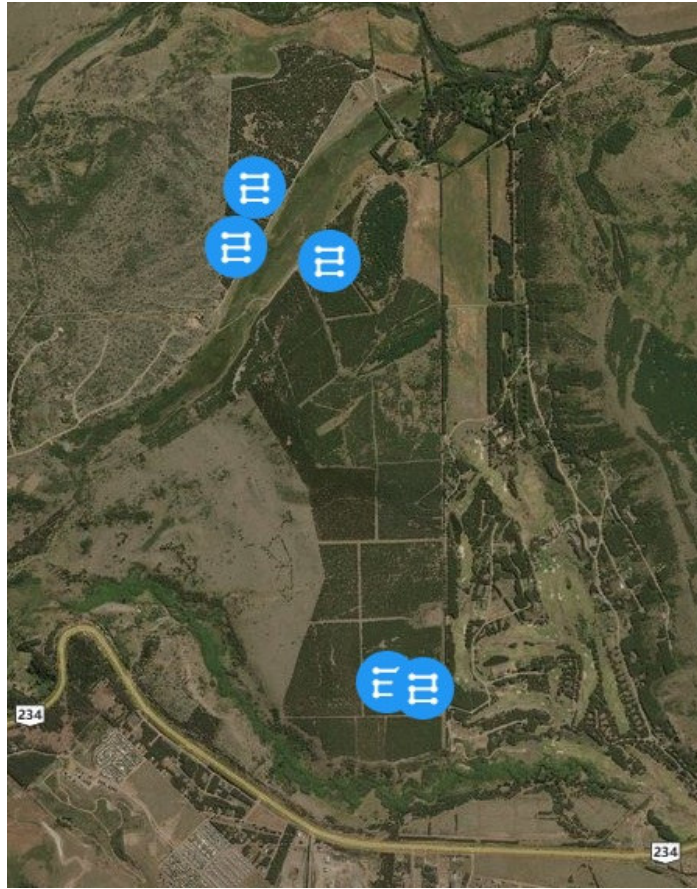


Tabla 1. Resumen de las características generales de los vuelos
(L1 = lado 1, L2 = lado 2 , D= diagonal)

Vuelo	Sup. (ha)	Tiempo	Solapamiento (%)	Dimensiones
1	4	5 min, 42 seg	70	L1: 360 m L2: 210 m
2	5	5 min, 47 seg	70	L1: 269 m L2: 185 m D: 260 m
3	6	6 min, 42 seg	70	L1: 195 m L2: 310 m D: 370 m
4	6	6 min, 28 seg	70	L1: 180 m L2: 310 m D: 360 m
5	6	6 min, 26 seg	70	L1: 120 m L2: 180 m D: 250 m

Para lograr con éxito todos los vuelos, se planificaron las jornadas de campo en función de las condiciones climáticas más favorables: poco viento, sin precipitaciones y temperaturas adecuadas (mayor a 12°C). Las altas ráfagas de viento generan inestabilidad en la aeronave, haciendo en primer lugar que sea más difícil seguir el trayecto propuesto aumentando la probabilidad de que ocurra un accidente. Y por otro lado la fricción con el viento ocasiona un mayor consumo de energía. La máxima velocidad de viento aconsejada por la marca DJI es de 30 km/h (Phantom 3 Advanced User Manual, 2015).

4.3.b Etapa 2: Vuelos a campo.

La etapa de vuelos a campo contempla la realización de una serie de pasos a modo de “check list” para garantizar la realización las misiones sin inconvenientes técnicos.

En primer lugar, se deben ubicar puntos estratégicos para el despegue de la aeronave. De modo que se garantice la mínima distancia posible entre el drone y el radio control, que genere la menor interferencia de señal por causa de las copas de los árboles durante el vuelo y que sea lo suficientemente abierto para evitar inconvenientes al momento de despegue y aterrizaje.

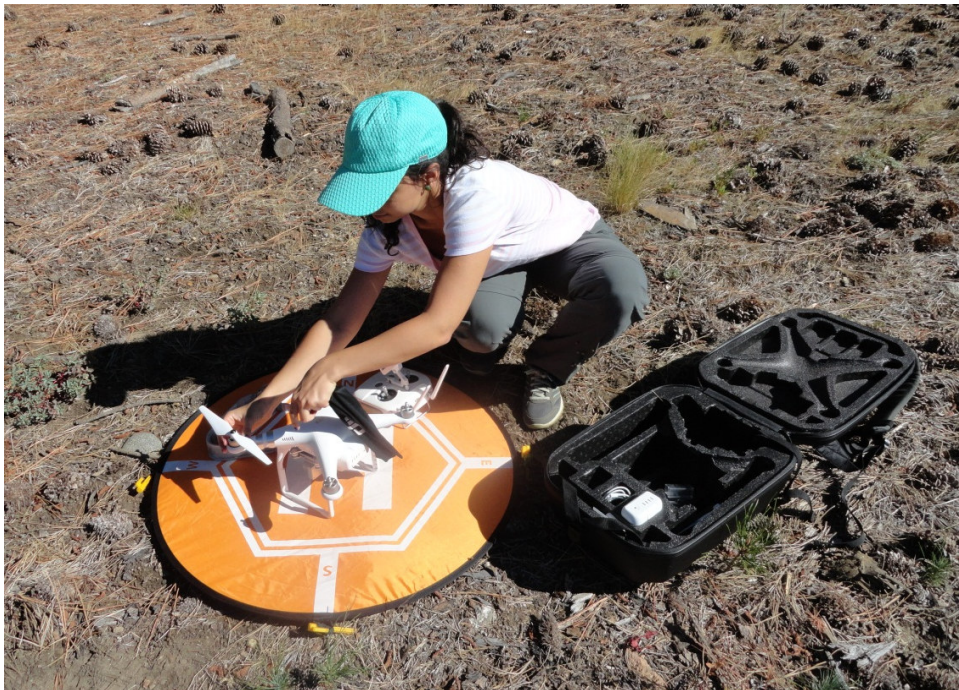
Luego se debe preparar la aeronave. Es importante tomar algunas precauciones antes de despegar, durante el vuelo y en el aterrizaje. En primera instancia hay que asegurarse que la tarjeta SD esté formateada, baterías y controlador bien cargados, gimbal de la cámara libre, lograr la conexión entre el controlador y la aeronave, calibrar la brújula de la aeronave, que estén bien fijadas las hélices, captar un buen número de satélites y que finalmente se guarde el Home Point, para que ante cualquier eventual de pérdida de señal vuelva el drone a la zona de despegue. (Figuras 6 y 7)

También se debe tener en cuenta tanto en el momento del despegue como aterrizaje, que no le entre tierra a los motores, por esta razón se utilizó un helipuerto. Si esto sucediera no se puede utilizar la aeronave hasta realizar una minuciosa limpieza, ya que esto generaría desgaste y la ruptura de los motores.

Figura 6: Calibración de la brújula de la aeronave. (Autor: Romina M.)



Figura n°7: Desarme del drone. (Autor: Bruno W.)



A su vez se deben tener en cuenta algunas consideraciones durante el vuelo, como por ejemplo monitorear la calidad de señal, que el drone siga con los parámetros establecidos en el vuelo, su trayectoria, el porcentaje de batería, que las copas de los árboles se encuentren lejos en la imagen

(para monitorear la probabilidad de algún árbol intercepte el dron durante la misión) (Figura n°8). También se debe prestar atención a la presencia de aves en la zona de vuelo, algunas especies territoriales pueden atacar el equipo y derribarlo.

Figura n°8: Visualización de la aplicación DroneDeploy durante la misión. (Autor: Romina M.)



Una vez hechas las capturas con la aeronave se realizará en gabinete la carga de las fotos en el software correspondiente.

4.3.c. Etapa 3: Procesamiento.

Para generar un ortomosaico a partir de las fotos tomadas con el dron, se deben cargar las fotos en un software específico para este tipo de procesamiento. Como se mencionó anteriormente, en este trabajo se utilizó Drone Deploy (Figuras 9 y 10).

Figura 9: Visualización del Drone Deploy antes de la carga de las fotos.

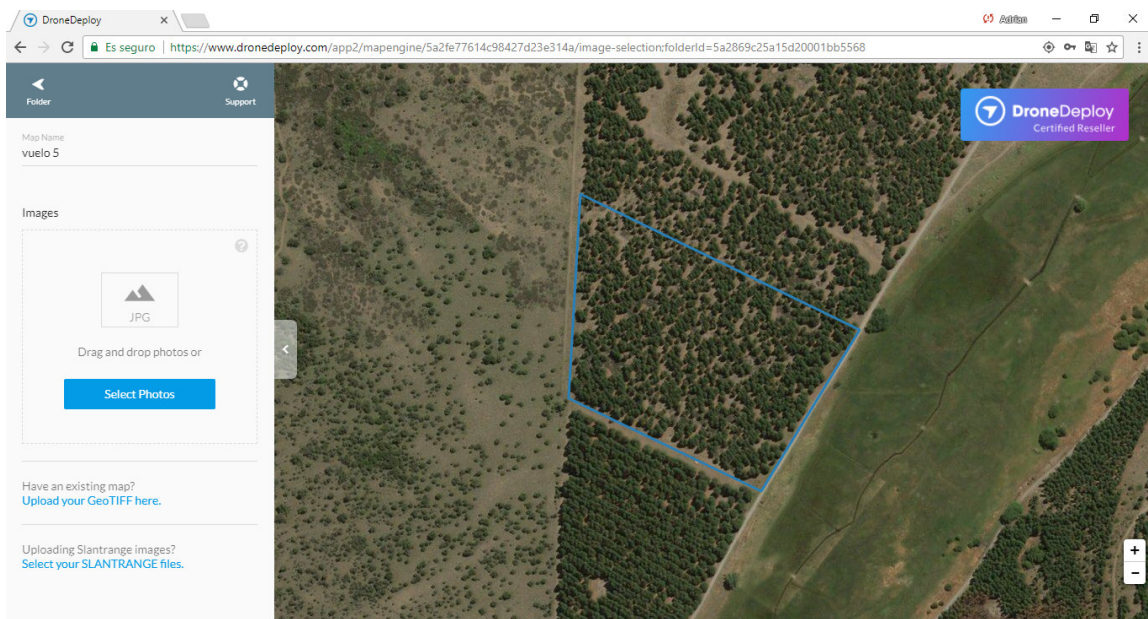
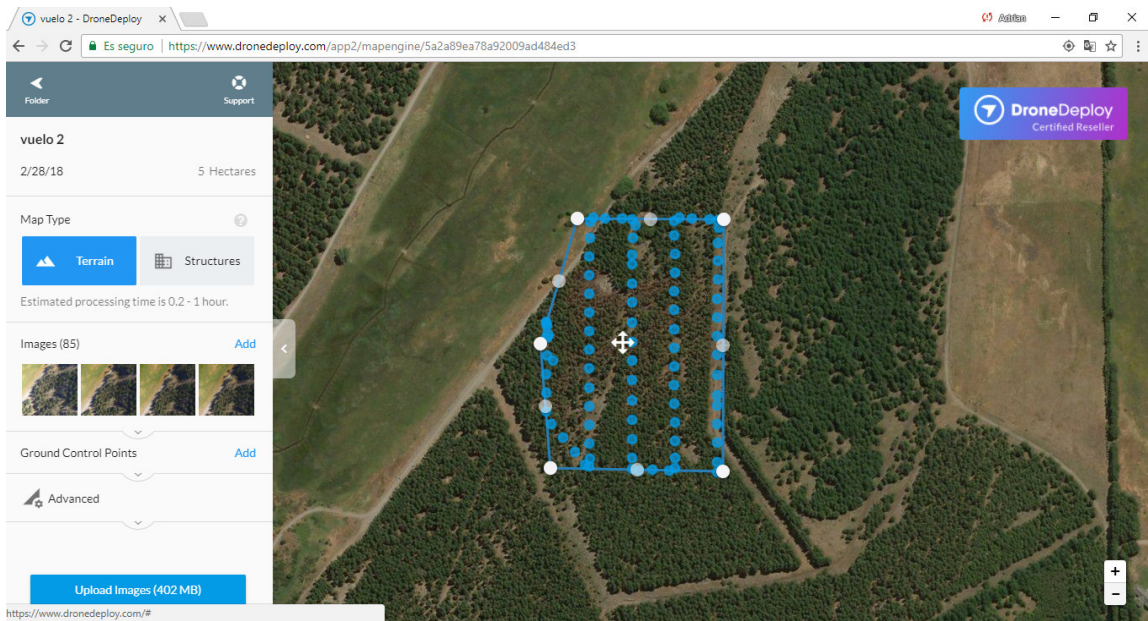


Figura 10: Visualización del Drone Deploy una vez hecha la selección de las fotos.



5. Resultados.

5.1. Ortomosaicos VANT.

En las figuras 11-14 muestran los ortomosaicos generados una vez terminado el procesamiento de las fotos. El número de ortomosaico corresponde con el número de vuelo, a excepción del

ortomosaico n°3, en este caso se han procesado los vuelos 3 y 4 juntos. Como la zona a mapear era muy extensa, excedía la superficie a abarcar en cada vuelo, se lo dividió en dos vuelos de aproximadamente 5 hectáreas cada uno.

Figura 11: Ortomosaico 1.

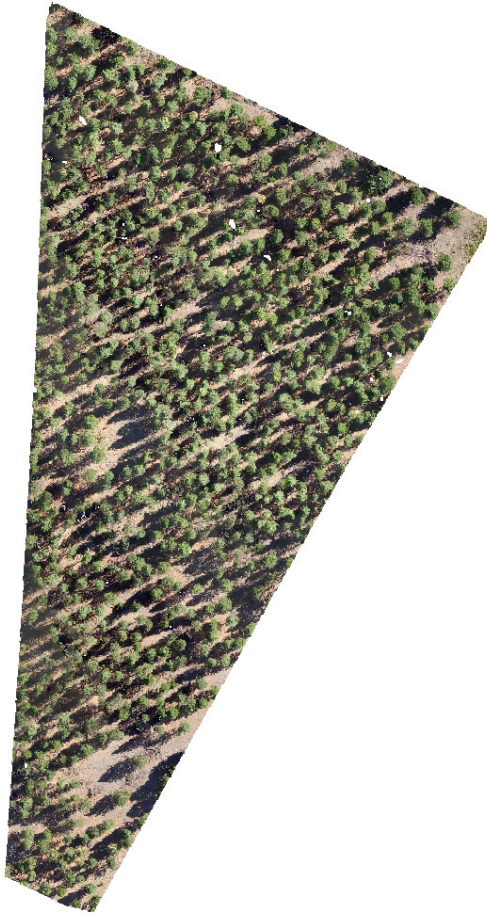


Figura 12: Ortomosaico 2.

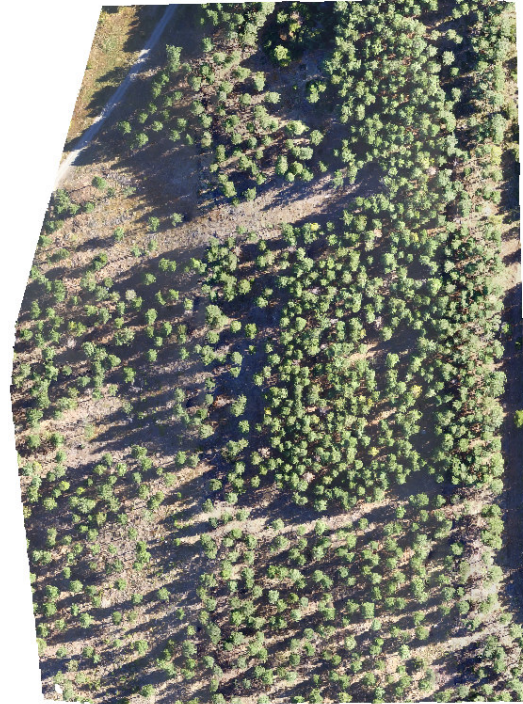


Figura 13: Ortomosaico 3.

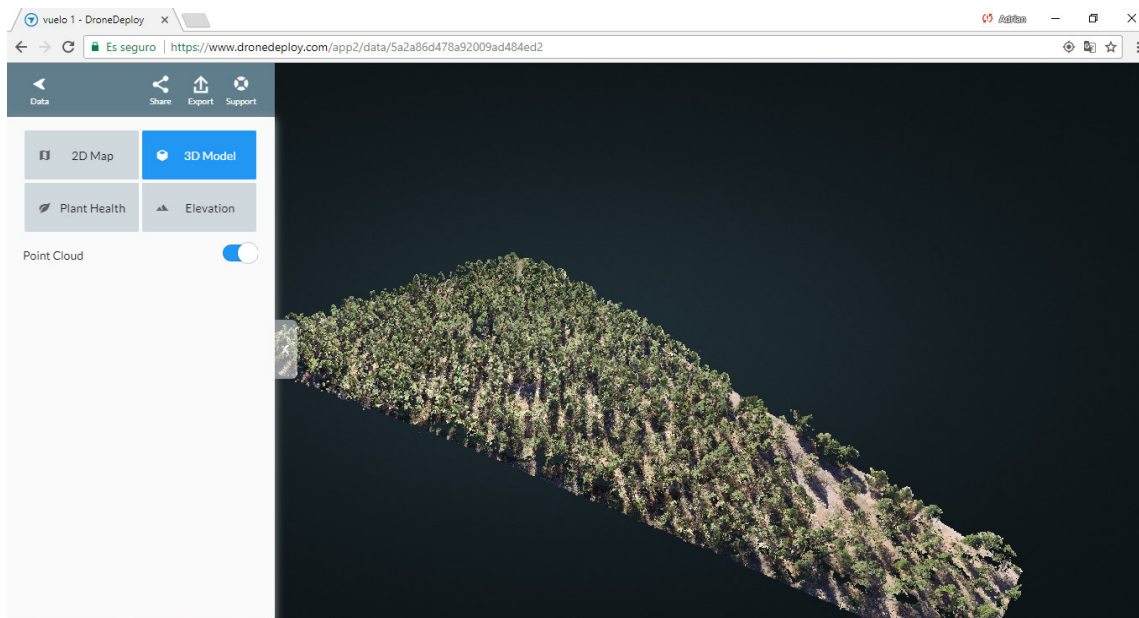


Figura 14: Ortomosaico 5



Además del modelo 2D, el procesamiento de las fotos genera un modelo 3D, también llamado Point Cloud. Las nubes de puntos abren puertas a otros tipos de análisis, por ejemplo volumétricos, que no son de interés en esta práctica. Por dicha razón el modelo 3D no será utilizado.

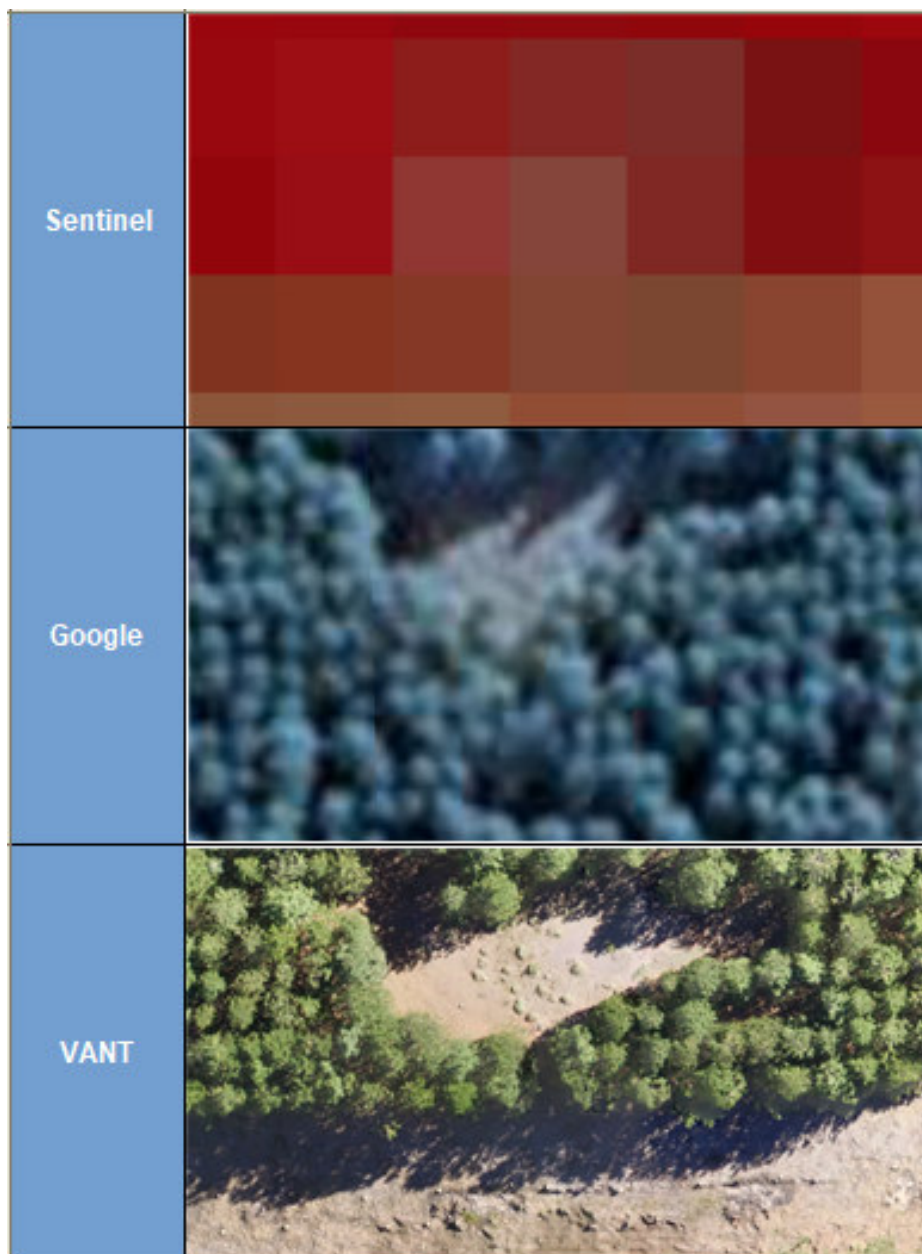
Figura 15: Ejemplo de una nube de puntos.



5.2. Análisis comparativo de resultados: VANT vs. Imágenes satelitales.

Una vez obtenidos los ortomosaicos, se realizó la comparación de los mismos con las imágenes satelitales. Como era de esperarse, se aprecia a simple vista una mayor resolución espacial de los ortomosaicos con respecto a las imágenes satelitales. En la Tabla 2 se compara en un área determinada (escala 1:250) las tres imágenes estudiadas.

Tabla 2: Comparación de imágenes.

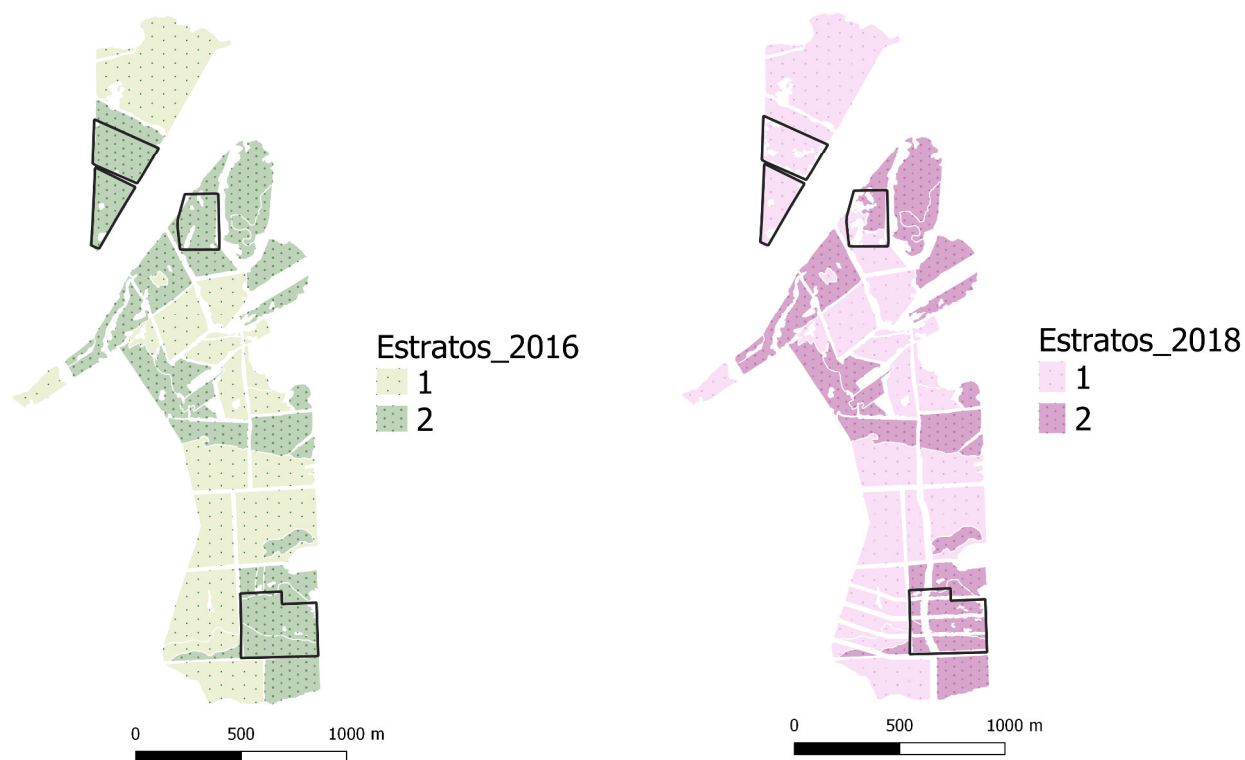


5.3.- Obtención de mapa de estratos actualizado

Con los ortomosaicos generados se pudo realizar un nuevo mapa de estratos actualizado. Cabe destacar que antes de iniciar este trabajo se contaba con un mapa de estratos (clasificados por densidad en abiertos y cerrados) anterior a las actividades silvícolas y el mismo fue realizado a partir de imágenes de Google Earth. Al no estar actualizadas estas imágenes, no había sido posible realizar una nueva rodalización que contemple la superficie intervenida silvícolamente.

Los ortomosaicos y la imagen Sentinel 2 permitieron realizar una nueva estratificación actualizada y con gran nivel de detalle. Esta se comparó con la información disponible del 2016 (Figura 16).

Figura 16: Cambios en la estratificación durante los últimos dos años.



En la Figura 16 se observan comparativamente los dos mapas de estratos, pre y post raleos. Se pueden diferenciar dos estratos en función a la densidad: el estrato 1 corresponde a los rodales abiertos y el estrato 2 corresponde a los rodales cerrados.

Se observa que los rodales intervenidos han cambiado de estrato (de cerrado a abierto), así como los descuentos por aperturas de nuevas calle o cortafuegos. Esto se verifica también en el nuevo balance de superficies que surge a partir de la estratificación actualizada (Tabla 3), donde no solo se observa el cambio en la proporción de estratos, sino que también se puede cuantificar la superficie de forestación que se ha perdido por la apertura de calles (4 ha. Aprox.)

Tabla 3: Balance de superficies: 2016 vs. 2018

Año	Estrato 1 (Abierto)		Estrato 2 (Cerrado)		Total Forestado
	Ha	%	Ha	%	Ha
2016	91	51	86,17	49	177,17
2018	104,08	60	69,04	40	173,12

6. Conclusiones.

Teniendo en cuenta lo desarrollado en este trabajo, se puede decir que tanto las imágenes satelitales como los ortomosaicos generados a partir de drones pueden ser herramientas complementarias en la generación de información para la planificación forestal. Ambas tecnologías presentan distintas características y por lo tanto ventajas y desventajas. Su uso dependerá básicamente de los objetivos y la escala de trabajo (Tabla 5).

Tabla 5: Análisis comparativo entre Satelites y VANTs

	Imagen Sentinel 2A	Imagen Google Earth	Ortomosaico Drone
Escala	Regional-Local	Regional-Local	Predial
Resolución espacial	Media (30-10m)	Buena (~30cm)	Muy Buena (~ 2-5 cm)
Resolución espectral	13 bandas	Monobanda	RGB / Multiespectral (1)
Resolución temporal	5 días aprox.	Indeterminado	Cada vez que se requiera.
Costos	Gratuito	Gratuito	> 1200 US\$ (2)
Limitaciones	Resolución espacial	Actualización de imágenes sujeta a servidor Google.	Superficie (sujeta autonomía, alcance)
		No tiene resolución espectral	Dependencia climática
			Restricción de vuelo por normativa (ANAC, Resolución 527/15)
Ventajas	Frecuente actualización.	Buena resolución espacial	Frecuencia temporal alta
	Disponibilidad de bandas espectrales.	Gratuito	Excelente resolución espacial
	Serie histórica de imágenes (>2015)		Bajo costo operativo
¿Capacitación? (Know how)	Si	No	Si

(1) Existen sensores multiespectrales específicos para drones que incluyen bandas infrarrojas (NIR o Red Edge). El precio de estas cámaras oscila entre €3000 y €5000.

(2) Dependiendo del tipo de dron, sensores y características.

En líneas generales, los satélites permiten obtener imágenes que abarcan áreas más extensas, y combinar las diferentes bandas espectrales para resaltar la vegetación u otros atributos de interés mediante índices específicos. Los sensores gratuitos, como Landsat o Sentinel, tienen ciclos de revisita que permiten obtener información periódica, multiespectral a una resolución espacial media. Existen otros satélites de pago que ofrecen resoluciones hasta 25cm por píxel, pero con altos costos económicos.

En el caso de las imágenes de Google, estas tienen una buena resolución espacial. Pero por ser su actualización no frecuente e incierta, esto hace que a veces resulten insuficientes para la planificación del inventario forestal.

Los ortomosaicos generados a partir de drones poseen una altísima resolución espacial, pudiendo diferenciar con alto nivel de detalle las copas de los árboles o atributos a pequeña escala. Esto abre nuevas puertas en el análisis detallado de superficies, composición específica, cuantificación de daños, delimitación de estratos, etc. La posibilidad de realizar misiones de vuelo multitemporales permite hacer análisis para evaluar cambios, como fue puesto en práctica en este trabajo al comparar planos de estratos. Adicionalmente, la diversidad de equipamiento y sensores disponibles actualmente en el mercado permitirían obtener más y mejor información (por ejemplo si se utilizan sensores multiespectrales).

Existen, sin embargo, algunas limitaciones en el uso de éstas aeronaves que pueden afectar a su rendimiento con respecto al área de cobertura de los vuelos: por ejemplo las condiciones climáticas, el alcance de radio control, la autonomía o las restricciones de vuelo de acuerdo a la (Resolución 527/15, ANAC).

En conclusión, el uso de drones se muestra actualmente como una nueva herramienta complementaria al uso de imágenes de satélite, para generar información de base para el monitoreo, gestión y planificación forestal de gran detalle a relativamente bajo costo. La obtención y post-procesamiento de las imágenes permitió la generación de cartografía actualizada de gran detalle, la cual será utilizada para la planificación de un inventario forestal estratificado.

7. Grado de aprovechamiento alcanzado.

Como primera consideración durante este trabajo he logrado la puesta en práctica de conocimientos adquiridos durante estos años de cursado académico. Por ejemplo en este trabajo el análisis de las imágenes se ejecutó con el software QGIS. Su uso en esta práctica me permitió conocer mejor esta herramienta y afianzar los conocimientos ya adquiridos. Una buena

integración entre los conocimientos teórico-prácticos fue clave para poder realizar una buena planificación, lo que permitió ejecutar con éxito todas las etapas que hacen a un trabajo técnico y cumplir finalmente con los objetivos de esta práctica.

Por otro lado he podido poner en práctica el uso de nuevas tecnologías para resolver un caso concreto de planificación de un inventario en un campo forestal. Para llevar esto a cabo fue necesario el aprendizaje de nuevos conocimientos y prácticas; como por ejemplo el pilotaje y programación de vuelos autónomos del drone y el uso de software específicos para usar esta herramienta.

Esta tecnología por sus características brinda nuevas técnicas de trabajo, ya que permite el control periódico de las masas forestales con una mejor resolución espacial, en un tiempo más acotado de captura y procesamiento con un menor costo. Actualmente es una posible ventana de trabajo para el técnico forestal, y dado la potencialidad de mejora de esta tecnología en un futuro podrá tener un mayor número de aplicaciones dependiendo del tipo de sensor que se monte en el drone (sensores LIDAR, cámaras multiespectrales, cámaras hiperespectrales).

8. Agradecimientos.

Agradezco a mi familia por todo el apoyo que me han dado.

A Romina Musso Téc. Universitario Forestal por su participación y guía en esta práctica.

Y por último a DroneScan Chile por el apoyo técnico y el acceso a su cuenta en DroneDeploy para generar todos los ortomosaicos expuestos en este trabajo.

9. Bibliografía.

Dji, Shenzhen. 2015. Phantom 3 Advanced User Manual.

Dji, Shenzhen. 2015. Phantom 3 Advanced Safety Guidelines and Disclaimer.

Dji, Shenzhen. 2015. Phantom 3 Intelligent Flight Battery Safety Guidelines.

L. Hojas-Gascó. 2015. Potential improvement for forest cover and forest degradation mapping with the forthcoming Sentinel-2 program.

Banu T. et al. 2016. The use of drones in forestry. Journal of Environmental Science and Engineering.

F. Remondino. 2011. UAV PHOTOGRAMMETRY FOR MAPPING AND 3D MODELING – CURRENT STATUS AND FUTURE PERSPECTIVES.

Gálvez J. et al. 2014. Small Drones for Community-Based Forest Monitoring: An Assessment of Their Feasibility and Potential in Tropical Areas.

Drone Deploy. 2017. Preparing to take off. (Manual)