

NUEVOS DATOS PARA LA EVALUACIÓN DE PRECISIONES OBTENIDAS EN RELEVAMIENTOS TOPOGRÁFICOS UTILIZANDO VANT (Comentarios sobre Reche et al. 2023)

Marcos A. Reche

Departamento de Tecnología, Universidad Nacional de Luján
ingmarcosreche@gmail.com

Sonia L. Lanzelotti

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); Departamento de Ciencias Sociales e Instituto de Investigaciones Geográficas (INIGEO), Universidad Nacional de Luján.
sonia.lanzelotti@conicet.gov.ar

Resumen

Se presentan nuevos resultados cartográficos correspondientes al caso de estudio analizado en Reche et al. (2023) referente a la comparación de la precisión de los productos topográficos obtenidos por restitución fotogramétrica a partir de relevamientos aéreos con drone/VANT. El estudio se había realizado sobre un lote de 20 has en el partido de Baradero, provincia de Buenos Aires, Argentina, para el cual se habían tomado 11 Puntos de Control en el Terreno (PCT) cuya altitud fue medida utilizando un nivel óptico, que se utilizaron como Puntos de Verificación para estimar la precisión del Modelo de Elevación Digital (MDE) generado a partir del sistema GPS integrado al drone, y también como Puntos de Apoyo Fotogramétrico (PAF) para la generación de un segundo MDE que los incluyera en el proceso de restitución. En la presente actualización se publica la cartografía obtenida utilizando los Puntos de Apoyo Fotogramétricos y se la compara con los resultados que se obtienen utilizando los datos de altitud brindados por el MDE oficial elaborado por el Instituto Geográfico Nacional.

Palabras clave: Fotogrametría, Drone, VANT, Modelo de Elevación Digital

Abstract

There are presented new cartographic results corresponding to the case study analyzed in Reche et al. (2023) regarding the comparison of the precision of topographic products obtained by photogrammetric restitution from aerial surveys with drone/UAV. The study had been carried out on a plot of 20 hectares in the district of Baradero, province of Buenos Aires, Argentina, for which 11 Ground Control Points (PCT) had been taken, whose altitude was measured using an optical level, which They were used as Verification Points to estimate the precision of the Digital Elevation Model (DEM) generated from the GPS system integrated into the drone, and also as Photogrammetric Support Points (PAF) for the generation of a second DEM that included them in the restitution process. In this update, the cartography obtained using the Photogrammetric Support Points is published and compared with the results obtained using the altitude data provided by the official MDE prepared by the National Geographic Institute.

Keywords: Photogrammetry, Drone, UAV, Digital Elevation Model.

INTRODUCCIÓN

En el número anterior del Anuario de la División Geografía presentamos un artículo de comparación de resultados de la utilización de VANT (drones) en relevamientos topográficos de utilidad agropecuaria (Reche et al. 2023). Para ese trabajo se relevó un lote de 20 has en el partido de Baradero, utilizando un drone marca Parrot, modelo ANAFI Work. Previo al relevamiento aéreo se colocaron 11 marcadores en terreno, ubicados en forma de “L” en el centro del lote, a una distancia de 50 m uno de otro, y cuyos datos de altitud fueron registrados con nivel óptico.

Las conclusiones en aquel momento fueron las siguientes: en el proceso de restitución fotogramétrica, la colocación de Puntos de Apoyo Fotogramétricos (PAF) reducen sustancialmente los errores de altitud, pero esos errores se limitarían a los alrededores de los PAF, y produciría deformaciones en la distancia. Si por el contrario se omite la colocación de PAF, los errores estadísticos en las mediciones se diluirían en toda la superficie relevada y, para escalas de observación mayores a 1:500, serían irrelevantes.

Sin embargo, nuevas observaciones y análisis realizados por nosotros permiten relativizar esta afirmación. El presente trabajo tiene como objetivo presentar nuevos datos a partir de productos cartográficos realizados sobre el relevamiento precedente, utilizando como medida de comparación, los datos de altitud que provee el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Modelos Digitales del Elevación del IGN

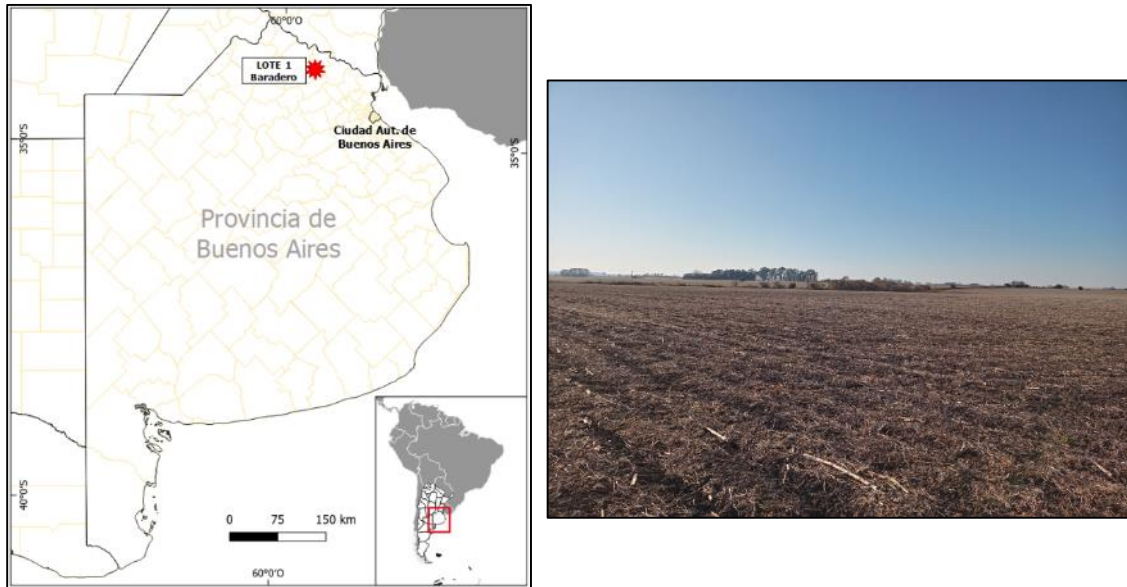
El Instituto Geográfico Nacional ha puesto a disposición del público el producto denominado “MDE-Ar v2.1”. Se trata de Modelos Digitales de Elevación de todo el territorio nacional, de utilidad para la generación de la cartografía nacional, el apoyo a las obras civiles e hidráulicas de gran envergadura, el desarrollo de los catastros y la investigación aplicada a las ciencias de la Tierra (IGN 2021). Este modelo se nutrió inicialmente de información proveniente de la misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), en tanto que la versión v2.1 de MDE-Ar supone una actualización importante respecto de la versión de v2.0, ya que minimiza ruidos satelitales de la misión ALOS en varios sectores del territorio nacional. La resolución espacial del modelo es de 30 m. Se analizó el comportamiento del MDE-Ar para todo el territorio argentino, utilizándose 9.055 puntos de la base de datos altimétrica del IGN, evaluándose la diferencia entre los valores oficiales de altura publicados por el organismo y el valor de altura definido por el modelo. La máxima diferencia positiva fue de +21 metros y la máxima diferencia negativa fue -30 metros, siendo la diferencia promedio de -2,10 metros, y el desvío estándar 3,23 metros (IGN 2021). Ahora bien, la precisión de éstos MDE confeccionados con imágenes con 30 mts. de resolución de píxel, se encuentran lejos de lo requerido para el diseño de terrazas., por lo que su utilidad sólo es relativa. En este artículo se utilizan el MDE-Ar v.2.1 como recurso externo para validar el modelo general elaborado mediante fotogrametría.

MATERIALES Y MÉTODOS

El relevamiento se realizó en la zona rural del partido de Baradero, provincia de Buenos Aires, Argentina. Se trata de un lote (denominado “Lote 1”) de forma rectangular de 350x430 m de lado, entre las coordenadas 59,494339 y 59,487693 de Long Oeste, y 33,983279 y 33,9776665 de Latitud Sur en Sistema de Referencia WGS 84. Las imágenes aéreas se adquirieron de las 15:56 a las 16:41 hs del día 2 de junio de 2022, y las condiciones climáticas de ese día fueron despejado, calmo y con una temperatura de 13°C.¹ (Figura 1).

¹ Datos de la Estación Meteorológica Mariano Moreno Aero, del Servicio Meteorológico Nacional, ubicada a unos 85 km del sitio relevado.

Figura 1: Ubicación y foto de contexto del Lote 1 en el partido de Baradero, provincia de Buenos Aires. Tomado de Reche et al. (2023)



Equipamiento

El VANT empleado para la toma de las imágenes fue un Parrot ANAFI con 4 baterías. Se tomaron Puntos de Control en el Terreno (PCT), que se utilizaron como Puntos de Verificación para estimar la precisión del Modelo de Elevación Digital (MDE) generado a partir del sistema GPS integrado al dron, y también como Puntos de Apoyo Fotogramétrico (PAF) para la generación de un segundo Modelo de Elevación Digital que los incluyera. Para el registro de estos PCT se trazó un sistema de coordenadas locales con cinta métrica, a partir de dos ejes perpendiculares en forma de “L”, colocando marcadores cada 50 metros de distancia en los ejes denominados XY, en tanto que el valor de Z se tomó utilizando un nivel óptico, que brinda asimismo una precisión de 0,5 cm.

Para más detalles, remitimos al artículo inicial (Reche et al. 2023) y la tesis de Especialización que dió origen a este trabajo (Reche 2024).

Restitución fotogramétrica y producción cartográfica

El programa utilizado fue Agisoft Metashape Professional versión 1.6.4. Para el trabajo anterior se generaron dos series de restituciones fotogramétricas. La primera serie, basándonos en la localización GPS convencional de cada uno de los fotogramas provista por el VANT al momento de la realización del vuelo programado. La segunda serie de productos se realizó tomando en consideración como Puntos de Apoyo Fotogramétrico, aquellos puntos de control terrestre (PCT) que habían sido colocados en el área previo al vuelo. De este modo, se generaron dos Modelos de Elevación Digital (MDE) a partir de los cuales se generaron curvas de nivel como producto derivado.

A partir de los MDE se elaboró el mapa de sombras y una capa curvas de nivel de 0,5 m de equidistancia como productos derivados. Con las capas de MDE, curvas de nivel, y orthofoto se generaron diversos mapas utilizando QGIS. Se analizó también el impacto de los errores fotogramétricos en distintas escalas cartográficas para definir la significancia de los mismos en el producto final. Se realizó interpretación visual de imágenes para comparar los productos obtenidos.

En este artículo agregamos una nueva serie cartográfica, comparando los resultados anteriores con los que se obtienen utilizando el Modelo Digital de Elevación oficial elaborado por el IGN que corresponde a la zona. Se utilizó así el fotograma 3360-35.

RESULTADOS

En este apartado se presentan en primer lugar los resultados cartográficos publicados en Reche et al (2023), y se comparan luego con los modelos MDE y Orthofoto y derivados, elaborados con los PAF (Figuras 2 a 5). En tercer lugar se presenta la cartografía que se obtiene utilizando el MDE-AR v2.1 del área de estudio (Figura 6).

Posteriormente se realiza una comparación entre los datos de altitud generados a partir de las cuatro metodologías de registro, a saber: PCT medidos con nivel óptico, MDE elaborado con Agisoft sin puntos de control y MDE elaborado con Agisoft con PAF, y MDE-Ar del IGN (Tabla 1 y Figura 7).

La comparación visual entre las orthofotos de los Modelos 1 y 2 muestra que ambos presentan algunas diferencias en lo que respecta a la representación topográfica, como fue postulado en Reche et al (2023). Es decir que reflejan la forma y las tendencias de las pendientes del terreno relevado con algunas diferencias visibles a simple vista. La utilización de PCT mejoró notablemente la precisión del MDE en el Modelo 2, puntualmente en los marcadores utilizados para tal fin.

Al comparar los resultados medidos en estos marcadores, se observa claramente que las diferencias en altitud (eje Z) son de mayor magnitud y con una distribución más aleatoria en el MDE del Modelo 1 (Tabla 1 y Figura 7). Respecto al Modelo 3, presenta diferencias de cierta magnitud, aunque se observa una tendencia más ajustada al Modelo 2, que al Modelo 1.

Del mismo modo, al realizar una comparación visual de la cartografía generada, se observa que la topografía resultante de los Modelos 2 y 3 se asemejan más entre sí. Hacia los sectores Sur y Noroeste las tendencias en las pendientes son similares entre ambos modelos, y se diferencian ambos del Modelo 1.

Figura 2. Composiciones cartográficas de cada una de las capas elaboradas por fotogrametría, sin PAF. Arriba a la izquierda: Modelo Digital de Elevación; Arriba a la derecha: sombras; Abajo a la izquierda: Orthofoto; Abajo a la derecha: Curvas de nivel. Tomado de Reche et al. (2023)

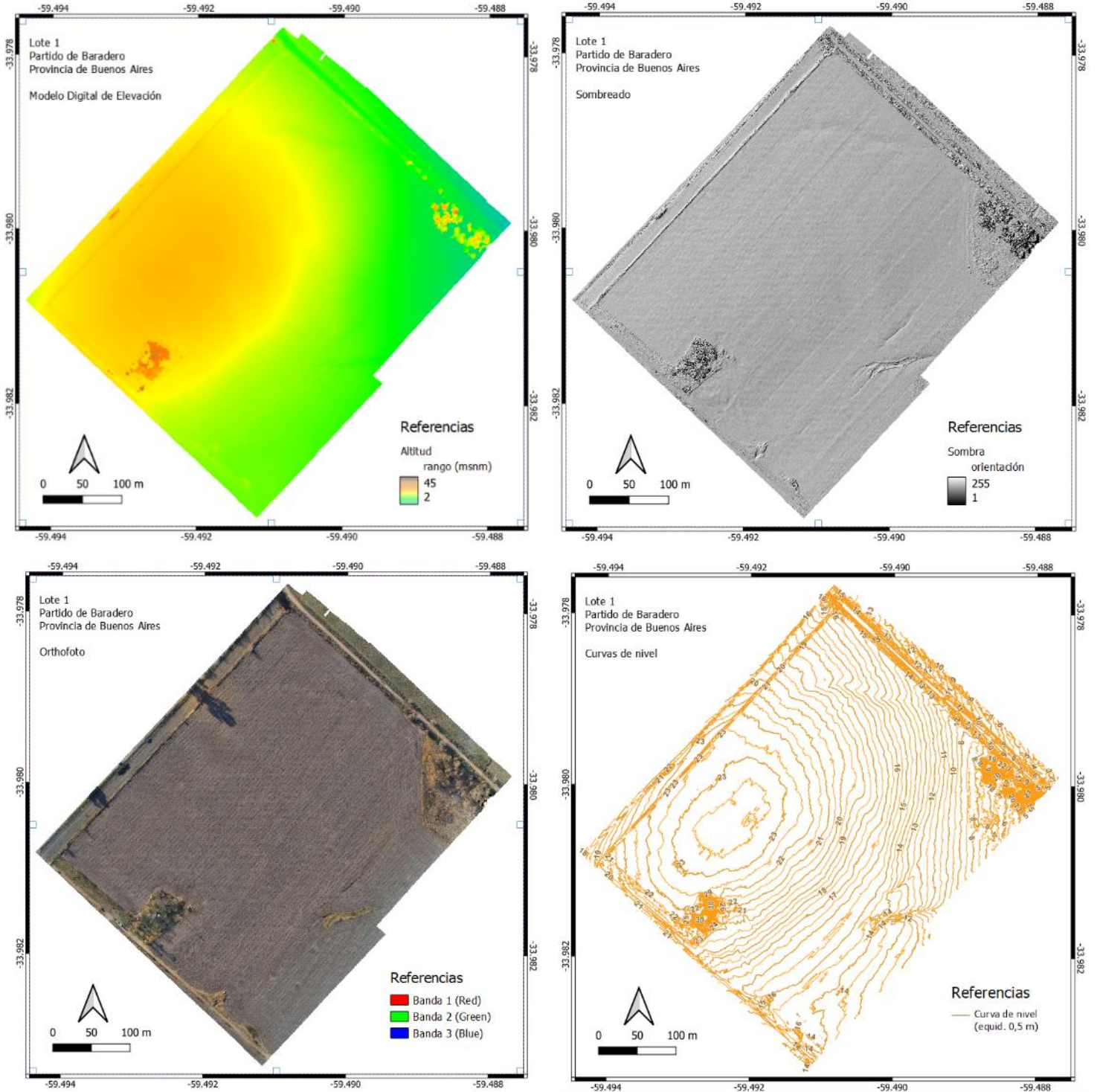


Figura 3: Mapa planialtimétrico resultante de todo el proceso fotogramétrico, sin PAF.
Tomado de Reche et al. (2023)

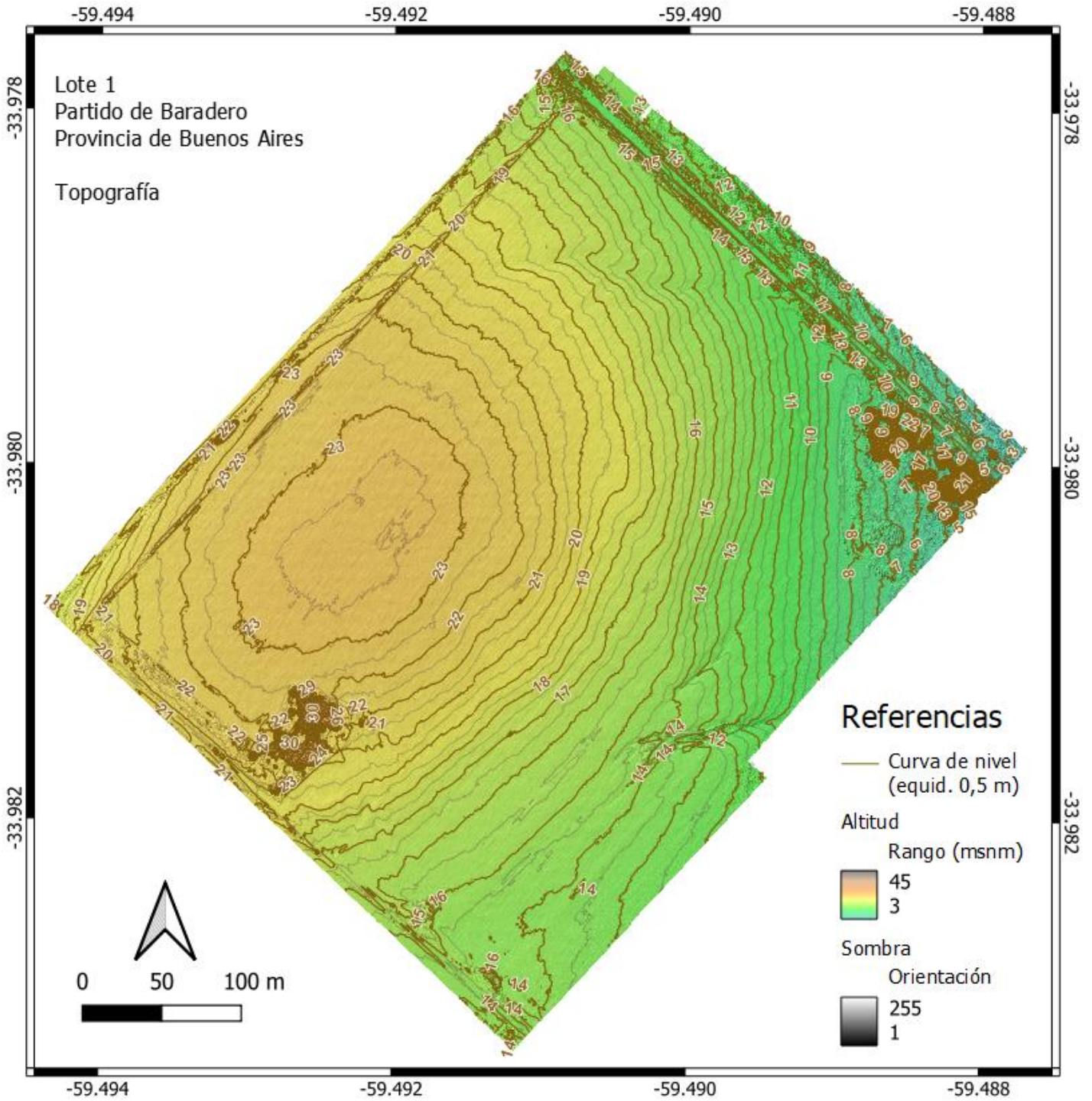


Figura 4. Composiciones cartográficas de cada una de las capas elaboradas por fotogrametría, con PAF. Arriba a la izquierda: Modelo Digital de Elevación; Arriba a la derecha: sombras; Abajo a la izquierda: Orthofoto; Abajo a la derecha: Curvas de nivel. Tomado de Reche (2024).

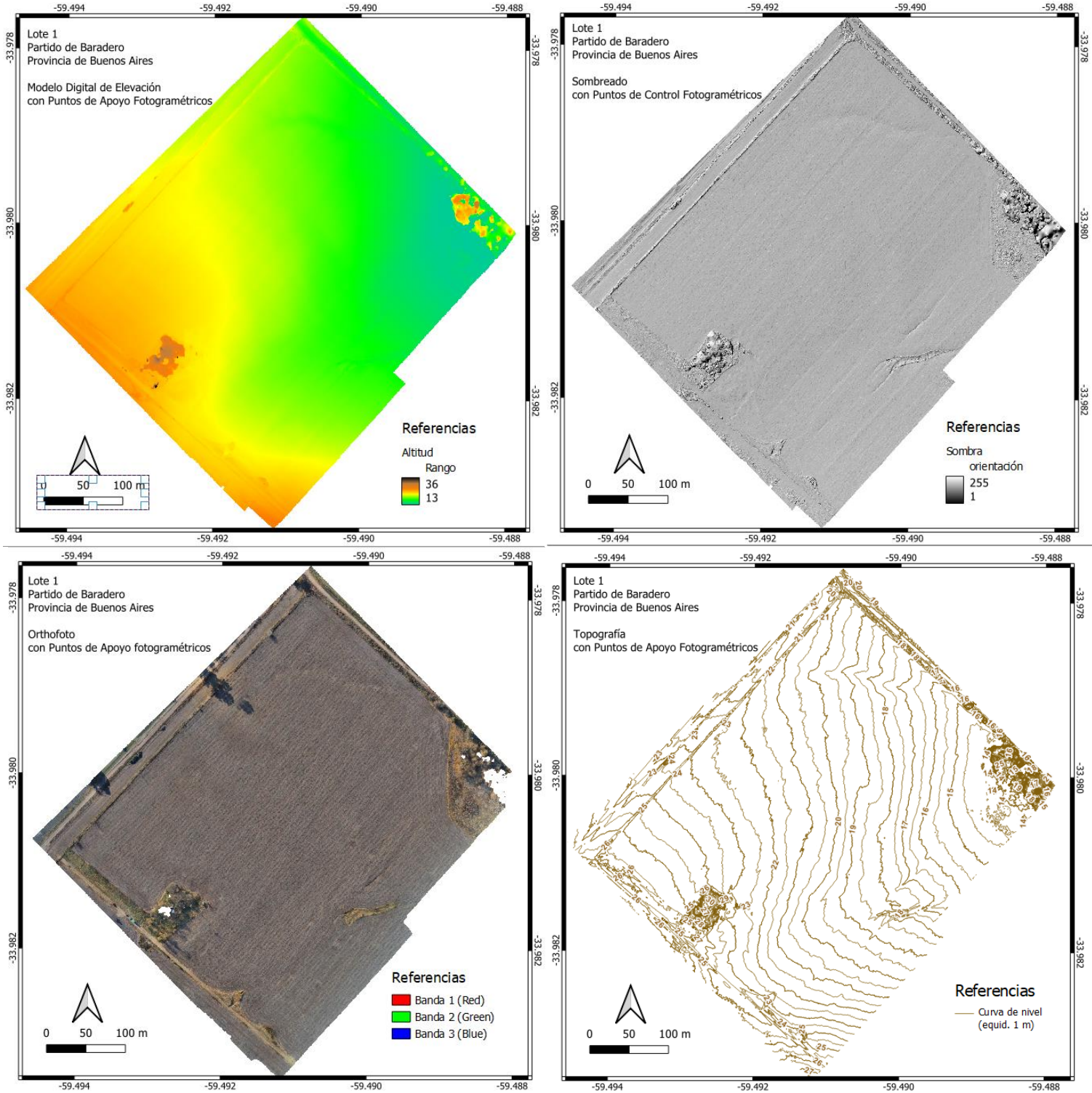


Figura 5: Mapa planialtimétrico resultante de todo el proceso fotogramétrico, con PAF. Tomado de Reche (2024).

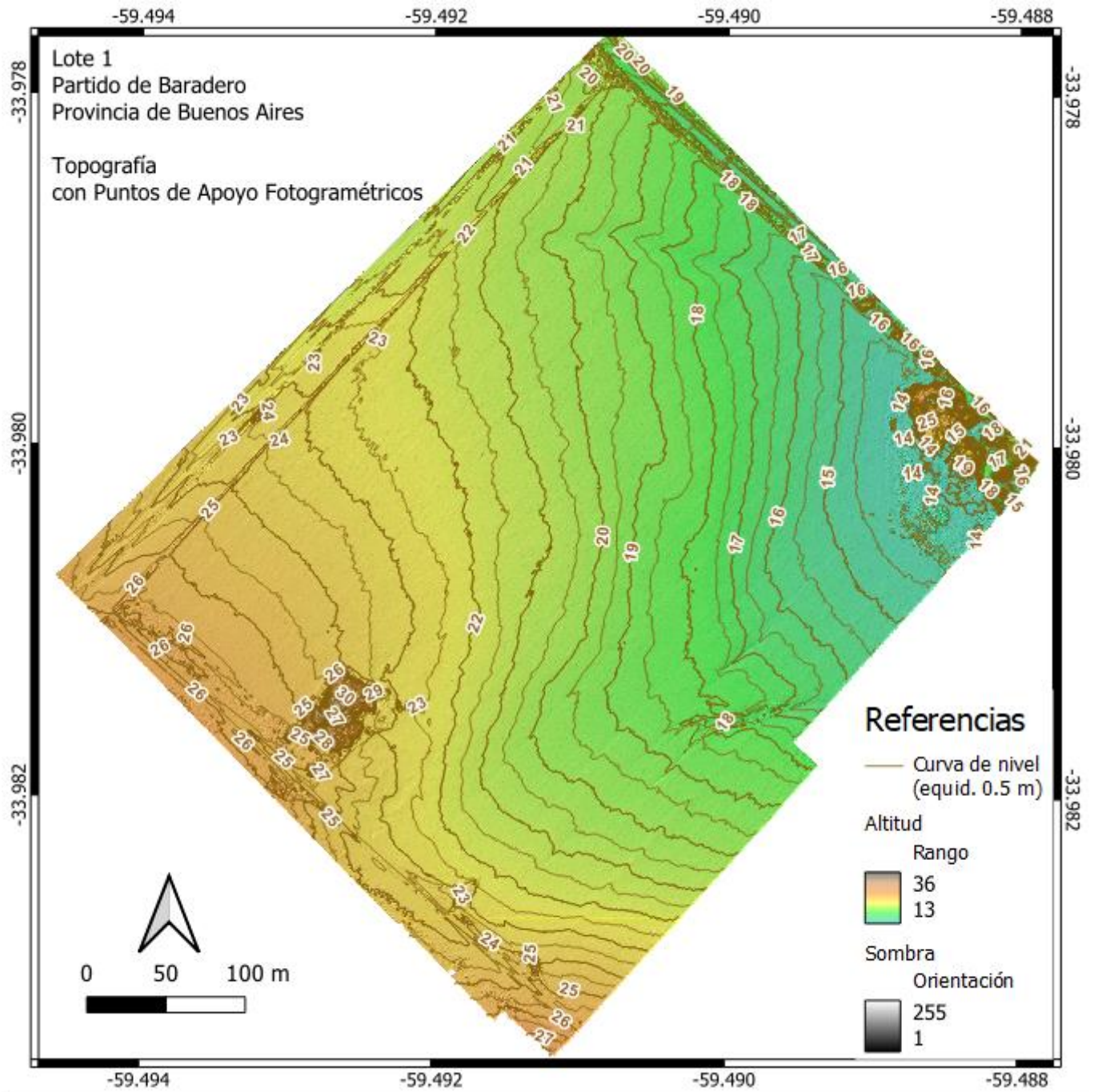


Figura 6: Curvas de nivel en base a MDE del IGN (fotograma 3360-35), de 30m de resolución de pixel y 0,5 m de equidistancia, correspondientes al sector donde se emplaza el Lote 1. A la izquierda: curvas sobre el MDE; A la derecha: curvas sobre imagen satelital de Google Earth. Abajo: composición sobre la orthofoto. Elaboración de los autores

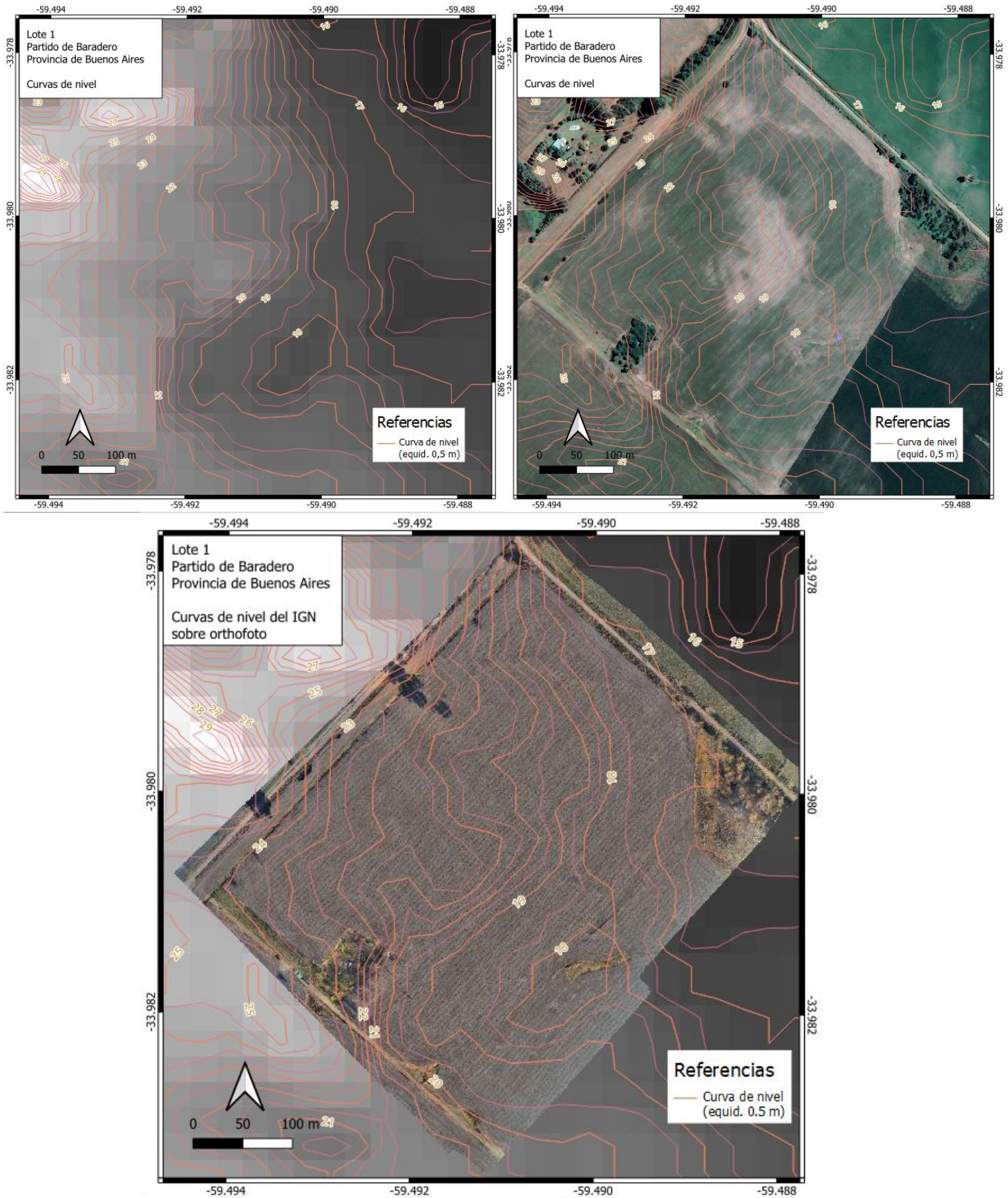
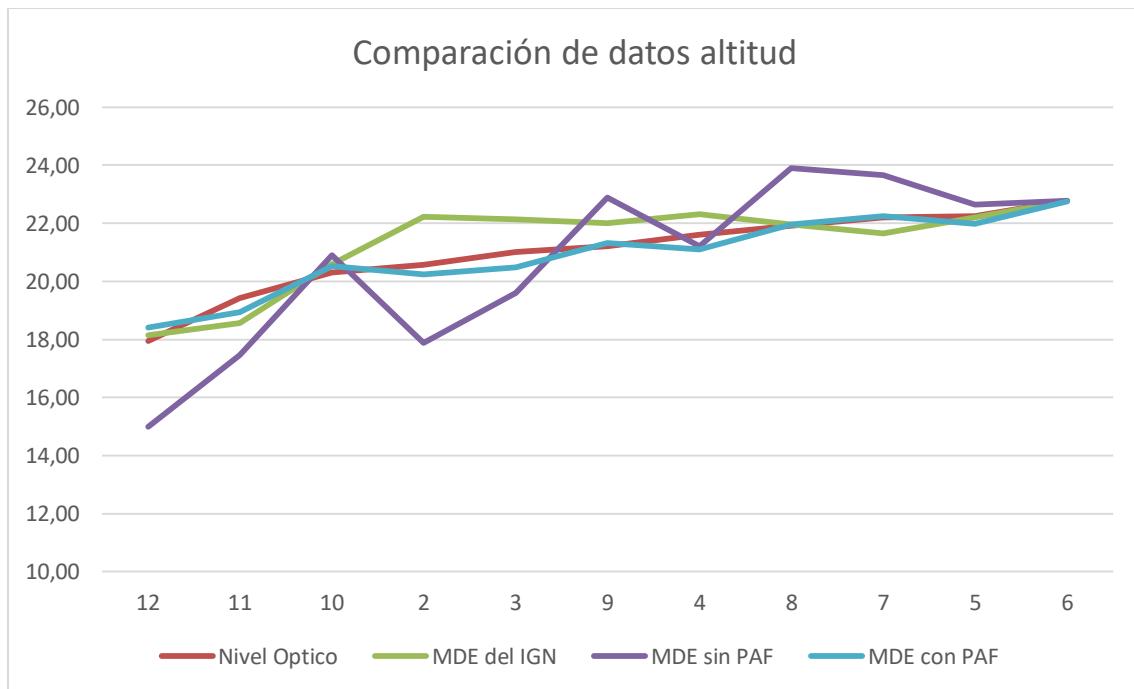


Tabla 1. Datos de altitud de los Puntos de Control en el Terreno generados a partir de las cuatro metodologías de registro.

Punto N° (PT)	Altitud PCT (msnm) Según Nivel Optico	Altitud según MDE del IGN (msnm)	Altitud MDE del VATN sin PAF (msnm)	Altitud MDE del VANT con PAF (msnm)
12	17.94	18.151	14.990	18.414
11	19.42	18.555	17.450	18.934
10	20.31	20.594	20.900	20.518
2	20.58	22.220	17.880	20.236
3	21.01	22.134	19.590	20.476
9	21.22	22.009	22.890	21.314
4	21.60	22.308	21.220	21.103
8	21.92	21.956	23.890	21.958
7	22.20	21.654	23.660	22.256
5	22.24	22.207	22.650	21.985
6	22.77	22.774	22.770	22.752

Figura 7: Gráfico de dispersión que compara las diferencias en los datos de altitud en los Puntos de Control del Terreno, generados a partir de las cuatro metodologías de registro: Nivel óptico, MDE sin PAF y MDF con PAF.



CONCLUSIONES

Hemos mostrado en el artículo anterior (Reche et al. 2023) que la utilización de PAF reducen los errores de altitud en el proceso de restitución fotogramétrica, lo cual condice con lo afirmado por Jiménez-Jiménez et al. (2017) respecto de la disminución de los errores en los MDE con el empleo de PAF. Comparando visualmente los Modelos 1 y 2, notamos que el Modelo 2 presentaba valores de altitud, diferentes al Modelo 1 manifestando mayores diferencias en los sectores Sur y Noreste. En aquel artículo postulamos que la utilización de PCT mejoró notablemente la precisión del MDE en el Modelo 2, pero interpretamos que sólo ocurriría en los sectores donde fueron emplazados dichos PCT y que el resto de la superficie presentaría deformaciones significativas, aún mayores que las que corresponderían al Modelo 1, y que esto provocaría la inutilidad de este último producto fotogramétrico.

También postulamos que, respecto al Modelo 1, si bien presentaba errores derivados de la precisión del navegador GPS (que ronda de 3 a 10 m), estos se distribuirían homogéneamente a lo largo de toda la superficie relevada. Y que, en cada caso, se debería analizar qué tan significativo es el error estadístico en productos cartográficos elaborados a diferentes escalas, porque la elección de una escala adecuada depende para los propósitos para los cuales se utilizará la cartografía.

Sin embargo, con este nuevo trabajo vemos que el MDE-Ar publicado por el IGN, y las curvas de nivel derivadas del mismo, muestran una tendencia general que se asemeja más al Modelo 2, que al Modelo 1. Si bien el tamaño de pixel del MDE-Ar (30 m) y los errores promedio publicados por el IGN no habilitarían a utilizarlos para la construcción de terrazas, sirven para chequear los resultados globales de los Modelos 1 y 2 elaborados por fotogrametría. De este modo, podemos observar que el Modelo 2 no presenta tanta deformación derivada de la distancia respecto a la ubicación de los puntos de control. como las que preveíamos en Reche et al. (2023).

Con estos nuevos datos planteamos que es posible que el Modelo 2 presente mayor correspondencia topográfica con la realidad, que el Modelo 1. Continuamos postulando que los Modelos Digitales de Elevación elaborados mediante recomposición fotogramétrica de imágenes tomadas con VANT apoyados con PCT acotados mediante el empleo de nivel de antejo, cumplen con los requisitos de precisión necesarios para que los MDE generados puedan utilizarse para el diseño de los sistemas de terrazas agrícolas, y que es necesario garantizar una densidad mínima y distribución homogénea de PCT en el área de interés. Por este motivo, en el caso de estudio analizado consideramos que sería necesario realizar una nueva medición a campo, para evaluar el grado de precisión obtenida y la utilidad del modelo.

BIBLIOGRAFÍA

Instituto Geográfico Nacional (IGN) (2021). *Modelo Digital de Elevaciones de la República Argentina, versión 2.1*. Dirección de Geodesia. Recuperado de https://www.ign.gob.ar/archivos/Informe_MDE-Ar_v2.1_30m.pdf

Jiménez-Jiménez, S. I., Ojeda-Bustamante, W., Ontiveros-Capurata, R. E., Flores-Velázquez, J., Marcial-Pablo, M. J., & Robles-Rubio, B. D. (2017). Quantification of the error of digital terrain models derived from images acquired with UAV. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*, 9(2), 85-100.

Reche, M.A., Peña, R. y Lanzelotti, S.L. (2023) Estudio de caso para la evaluación de precisiones obtenidas en relevamientos topográficos utilizando VANT: navegador GPS vs. Puntos de Apoyo Fotogramétrico. *Anuario de la División Geografía* 17: 1-25.

Reche, M.A. (2024) *Estudio de caso para la evaluación de precisiones obtenidas en relevamientos topográficos utilizando VANT: navegador GPS vs. Puntos de Apoyo Fotogramétrico*. Trabajo Final para acceder al título de Especialista en Teledetección y Sistemas de Información Geográfica Aplicados al estudio del Medio Ambiente, dirigido por Sonia Lanzelotti. Universidad Nacional de Luján, en evaluación.

Recibido: 15 de abril de 2024 / Aprobado: 2 de mayo de 2024 / Publicado: 15 de mayo de 2024

© 2024 Los autores



Esta obra se encuentra bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0. Internacional. Reconocimiento - Permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas siempre y cuando reconozca y cite al autor original. No Comercial – Esta obra no puede ser utilizada con fines comerciales, a menos que se obtenga el permiso.
