



Universidad
Nacional
de Córdoba



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS y NATURALES

DOCTORADO EN
CIENCIAS GEOLOGICAS

Curso de posgrado

LA GEOMORFOLOGÍA Y *CAMBIO CLIMATICO*

SEPTIEMBRE 2022

Docentes: ***Gabriella M. Boretto (CICTERRA-CONICET-UNC)*** ***Marcela A. Cioccale (FCEfyN-UNC)***

Fotogramametría

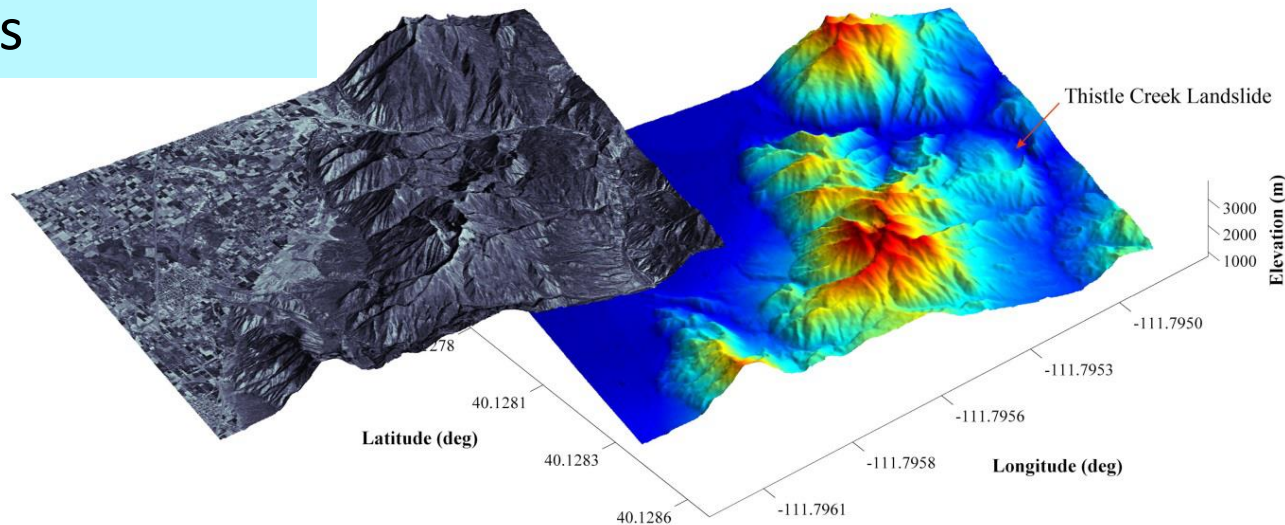
La fotogrametría es el arte, la ciencia y tecnología de obtener información fiel acerca de objetos físicos y su entorno a través de procesos de grabación, medición e interpretación de imágenes fotográficas y patrones de energía electromagnética radiante (laser o radar).

•**Fotogrametría métrica.** Trata de obtener información métrica bidimensional y tridimensional a partir de imágenes fotográficas. Estudia las tareas relacionadas con la medición de magnitudes puntuales, lineales y superficiales, así como la reconstrucción espacial de objetos y/o superficies. Tras la consolidación de la **fotogrametría digital**, la fotogrametría métrica se encarga de generar imágenes corregidas de distorsión y en proyección, aptas para múltiples usos.

•**Fotogrametría interpretativa.** Trata de reconocer e identificar objetos y juzgar su significado a partir de un análisis sistemático y minucioso de las imágenes.

Generación de bases de datos topográficas

- Métodos costosos:
- ✓ Tiempo de personal
 - ✓ Hardware
 - ✓ Softwares



SfM

¿SALTO
METODOLÓGICO?

✓ Requiere poco entrenamiento

✓ Es económico:

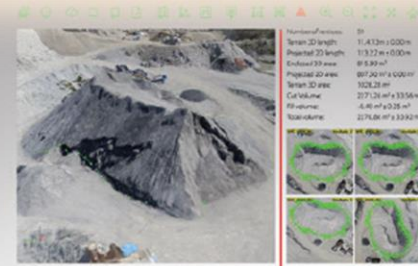
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Computadora
- ✓ Software

- ✓ Tiempo de procesamiento de las imágenes
- ✓ Presencia de vegetación y edificaciones

Equipo de investigación y flujo de trabajo	Extensión espacial típica (km)/resolución espacial típica (pt.m²)	Posible tasa de adquisición de datos (puntos por hora)	Posible precisión del punto 3D (m)	Ventajas	Desventajas
TS	0,1-1,0/0,1-5,0	Cientos	<0,001	Bajo costo Exactitud	Campo visual requerido Baja productividad Exactitud decrece con la distancia a la base
dGPS	1,0-2,4/0,1-5,0	Miles	0,005	Alta exactitud Se han desarrollado una gran variedad de métodos para adaptarse a distintos requerimientos de medición No se requiere campo visual	Alto costo Algunos métodos tienen baja productividad
Fotogrametría	5,0-50,0/5,0-10,0	Decenas de miles	0,5	Alta productividad Una vez configurado, no requiere operador	Requiere 6 o más satélites Baja resolución Equipamientos deben ser dejados en posición por largos periodos de tiempo (riesgo de robo o daño) No funciona en niebla, neblina, etc.
ALS	5,0-100,0/0,2-10,0	Millones	0,2	Información continua puede ser capturada Alta productividad Puede ser usado durante la noche Permite levantar áreas de difícil acceso No afectada por la cobertura vegetal	Muy alto costo Resolución puede ser insuficiente para medir pequeños cambios Errores sistemáticos en algunas formas de relieve
TLS	0,01-5,0/100-10000	Millones	0,05	Alta exactitud	Incapaz de capturar todos los aspectos de las topografías complejas (dependiendo del equipo)
SfM	0,01-1,0/1-10000	Millones	0,01-0,2	Barato Rápido Método independiente de la escala espacial	¿Reproductibilidad? ¿Confiabilidad?

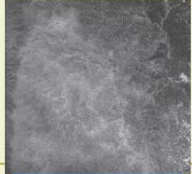
Ventajas

- Económico.
- Levantamiento fácil de realizar.
- Se adapta a varias plataformas.
- Produce nubes de puntos y mallas triangulares 3D.
- Cualquier escala espacial.
- Cualquier escala temporal (análisis multitemporales).
- Exactitudes y tasa de adquisición de datos comparable a ALS y TLS (Laser)
- No requiere supervisión continua.



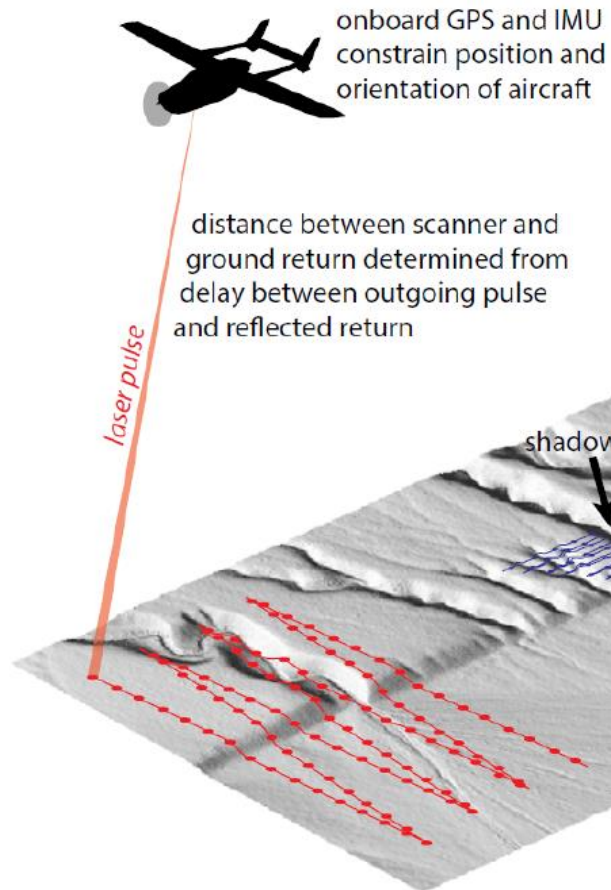
Desventajas

- Dificultad para la adquisición y procesamiento de datos a través de escalas espaciales muy grandes.
- La exactitud 3D de los datos dependen de algunos factores fuera de control del topógrafo.
- Sólo produce datos en gabinete.
- Softwares en etapa de desarrollo.
- Grandes requerimientos de memoria RAM y de tiempos de ejecución computacional.

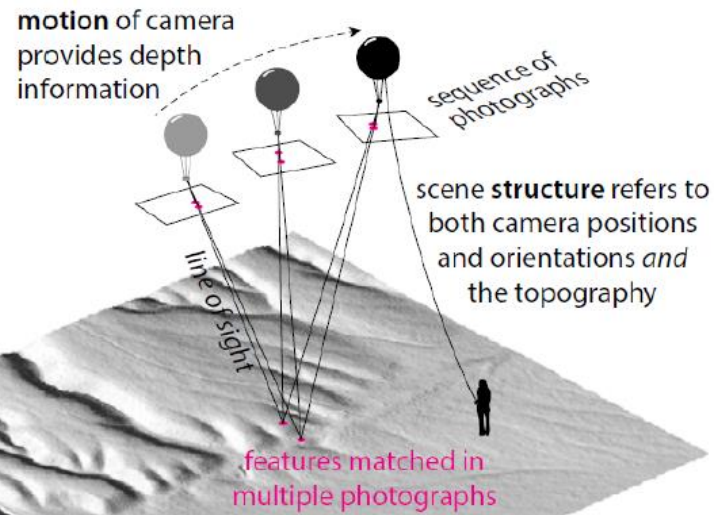
Factor	Ejemplo	Influencia
Textura		Superficies sin textura o con un patrón de repetición definido puede generar problemas de reproductibilidad.
Contraste de color		Un bajo contraste de color puede afectar negativamente en la generación de la nube de puntos 3D, debido a que se pueden generar confusiones en la correspondencia de puntos de interés.
Condiciones de luz		Para que las sombras de los objetos no influyan en los resultados, es importante procurar que la adquisición de las imágenes se realice en un día nublado, o en su defecto si hay sol, que se tomen todas las imágenes en un lapso de tiempo corto de manera que las sombras no cambien de posición de una imagen a otra.
Superficies altamente reflectivas		Las superficies vidriosas, altamente reflectivas, no pueden ser reconstruidas e introducen mucho error al modelo. Ej: agua.
Superficies dinámicas		Superficies dinámicas que se mueven en el período de tiempo de adquisición de las imágenes tampoco se reconstruyen adecuadamente. Ej: agua, vegetación.
Puntos de Control del Terreno (GCPs)		Los GCPs idealmente deben ser tomados a partir de TS y dGPS para mejor exactitud, pero hay maneras alternativas de introducirlo, siempre con conocimiento del grado de error.

Comparación entre fotogrametría tradicional y SfM		
	Tradicional	SfM
Sensores	Cámara métrica	Múltiples sensores
Plataforma	Aérea	Múltiples plataformas
Flujo de trabajo	Manual, denso y lento	Automático o semi-automático (depende del software). Relativamente rápido.
Principio estereoscópico	Intersección de dos rayos (error alto)	Intersección de múltiples rayos (reducción del error)
Fotografías	Analógicas	Digitales
Instrumentos de trabajo	Restituidor analógico-Estereoscopio	Equipo de hardware-Sistema de software
Adquisición de imágenes	Perpendicular a la superficie	Depende de la escala y característica a fotografiar
Solapamiento longitudinal de imágenes	50%-60%	>60%-70%
Solapamiento transversal	10%-20%	10%-20%
Variación en el ángulo de toma	No, siempre perpendicular a la superficie	Necesaria para una mejor reconstrucción
Ubicación exacta de la posición de la cámara	Necesario	No se necesita
Calibración de la cámara	Necesario	Indiferente
Costo	Medio	Bajo

A Airborne LiDAR



C Structure from Motion

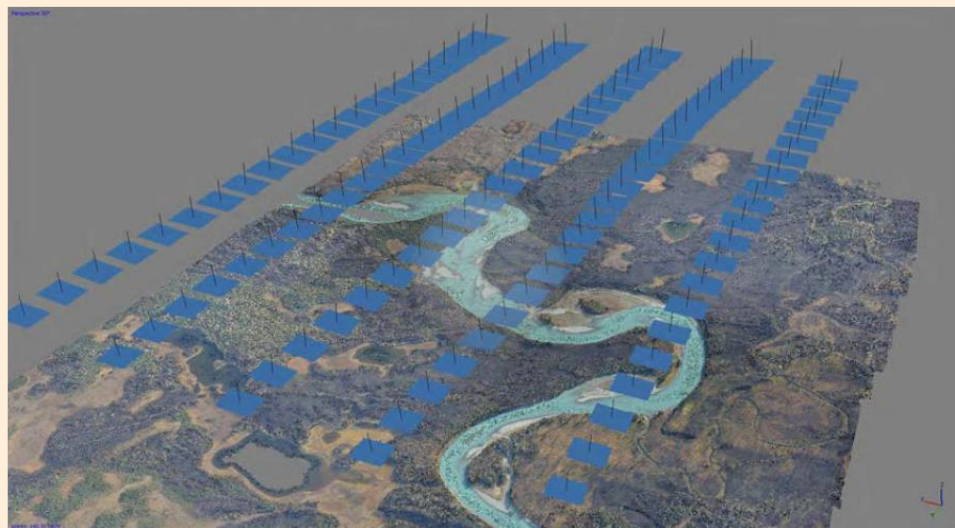
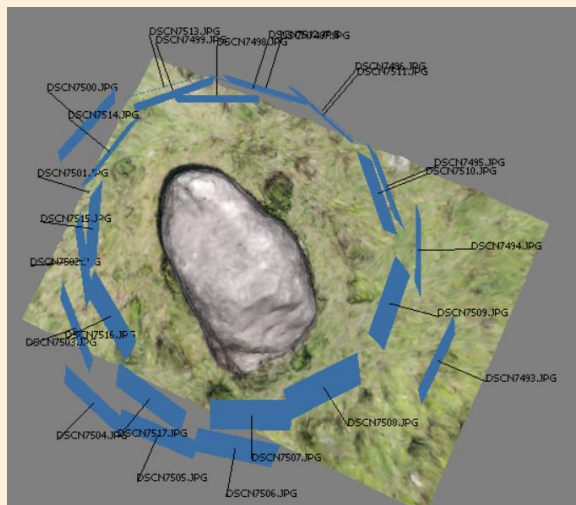
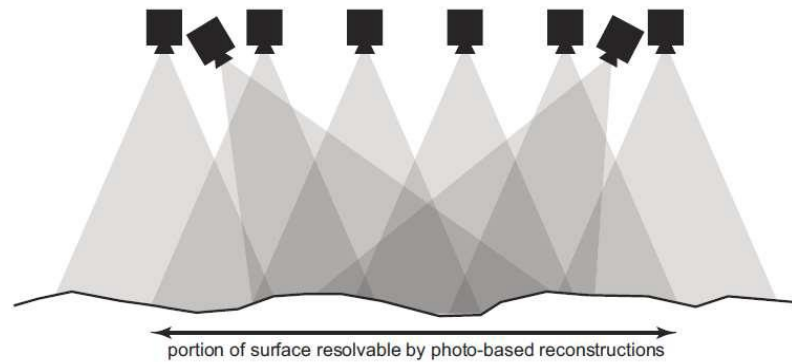
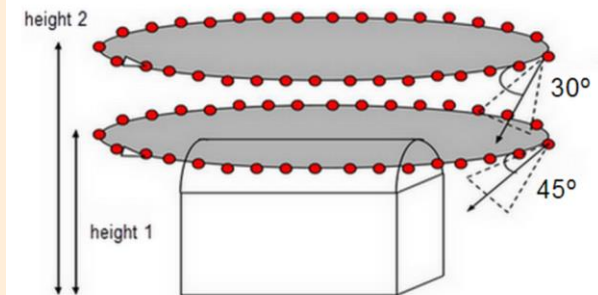


B Terrestrial LiDAR

lines show track of scan across ground
circles show actual ground return footprints



Comparación entre fotogrametría tradicional y <i>SfM</i>		
	Tradicional	<i>SfM</i>
Sensores	Cámara métrica	Múltiples sensores
Plataforma	Aérea	Múltiples plataformas
Flujo de trabajo	Manual, denso y lento	Automático o semi-automático (depende del software). Relativamente rápido.
Principio estereoscópico	Intersección de dos rayos (error alto)	Intersección de múltiples rayos (reducción del error)
Fotografías	Analógicas	Digitales
Instrumentos de trabajo	Restituidor analógico-Estereoscopio	Equipo de hardware-Sistema de software
Adquisición de imágenes	Perpendicular a la superficie	Depende de la escala y característica a fotografiar
Solapamiento longitudinal de imágenes	50%-60%	>60%-70%
Solapamiento transversal	10%-20%	10%-20%
Variación en el ángulo de toma	No, siempre perpendicular a la superficie	Necesaria para una mejor reconstrucción
Ubicación exacta de la posición de la cámara	Necesario	No se necesita
Calibración de la cámara	Necesario	Indiferente
Costo	Medio	Bajo



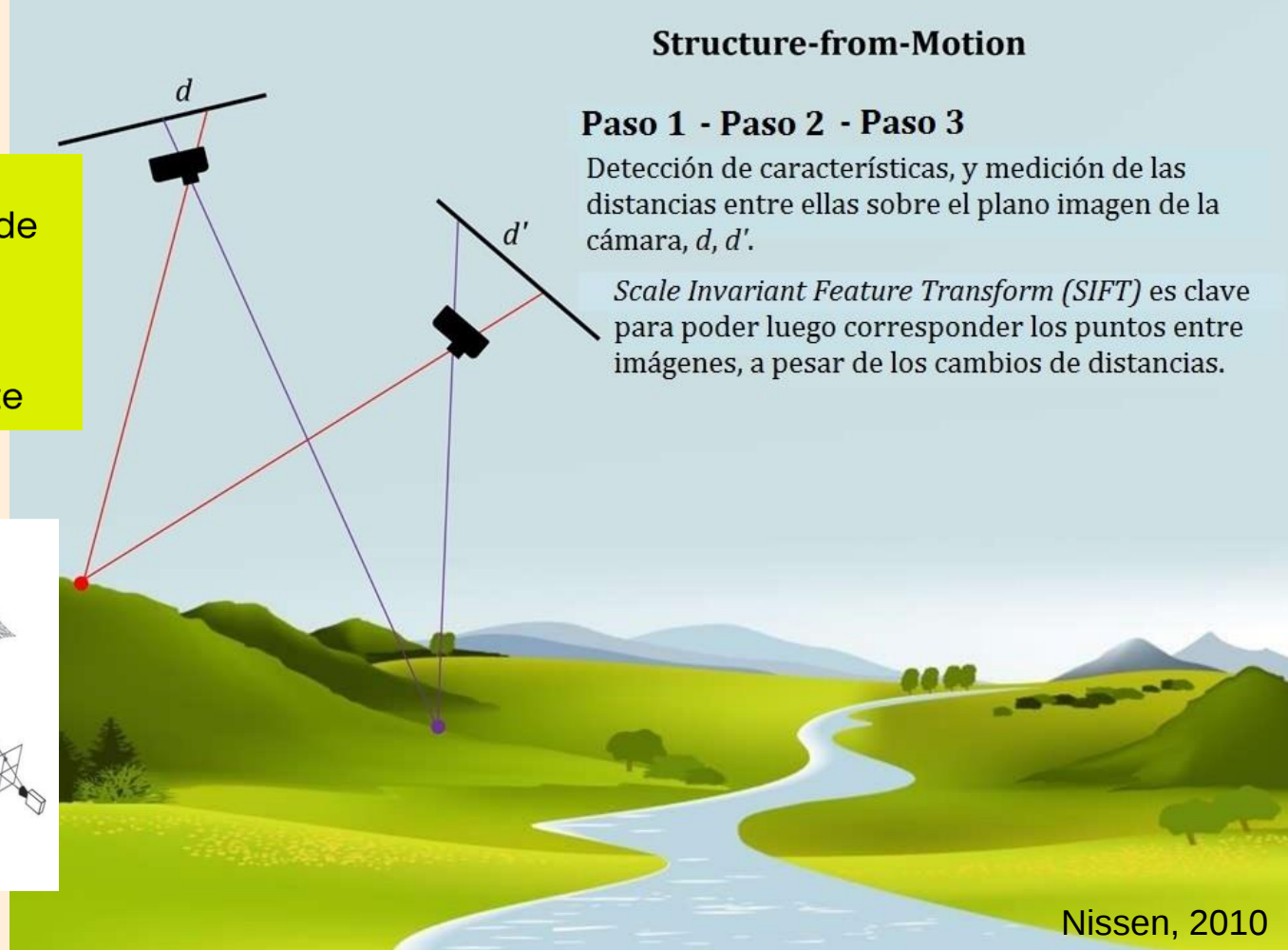
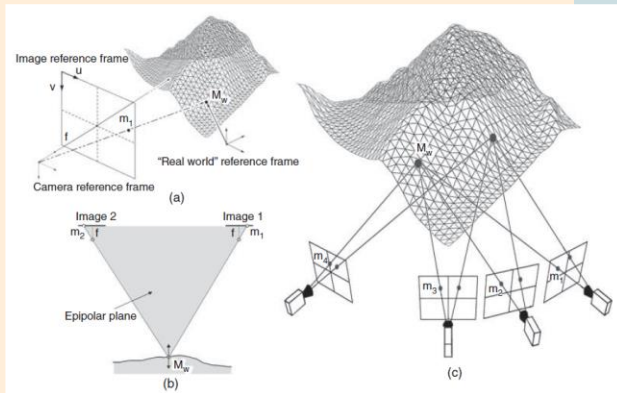
Structure-from-Motion

Paso 1 - Paso 2 - Paso 3

Detección de características, y medición de las distancias entre ellas sobre el plano imagen de la cámara, d , d' .

Scale Invariant Feature Transform (SIFT) es clave para poder luego corresponder los puntos entre imágenes, a pesar de los cambios de distancias.

- Detección de características
- Correspondencia de puntos de interés
- Identificación de correspondencias geoméricamente consistente

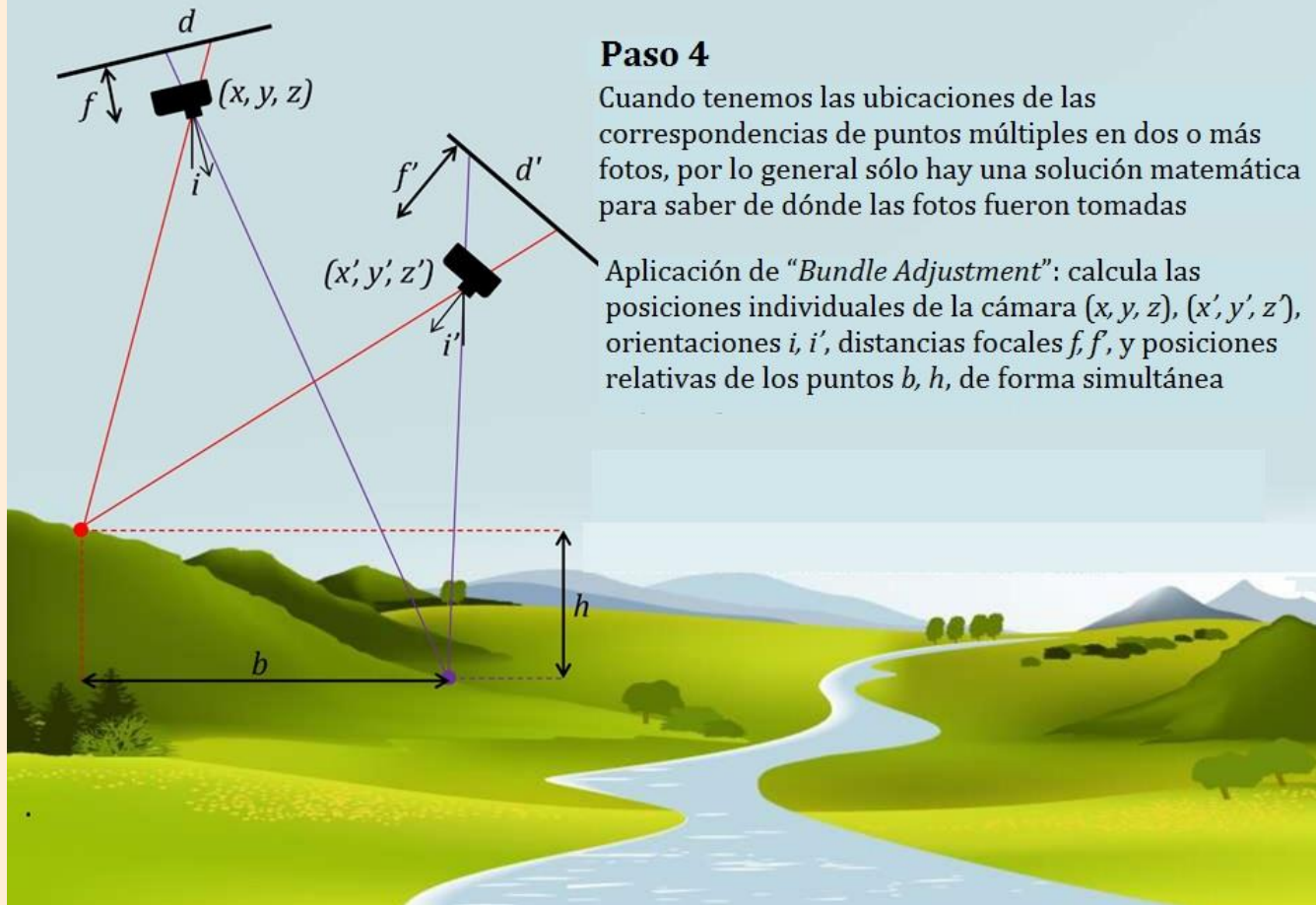


Structure-from-Motion

Paso 4

Cuando tenemos las ubicaciones de las correspondencias de puntos múltiples en dos o más fotos, por lo general sólo hay una solución matemática para saber de dónde las fotos fueron tomadas

Aplicación de "*Bundle Adjustment*": calcula las posiciones individuales de la cámara (x, y, z) , (x', y', z') , orientaciones i, i' , distancias focales f, f' , y posiciones relativas de los puntos b, h , de forma simultánea

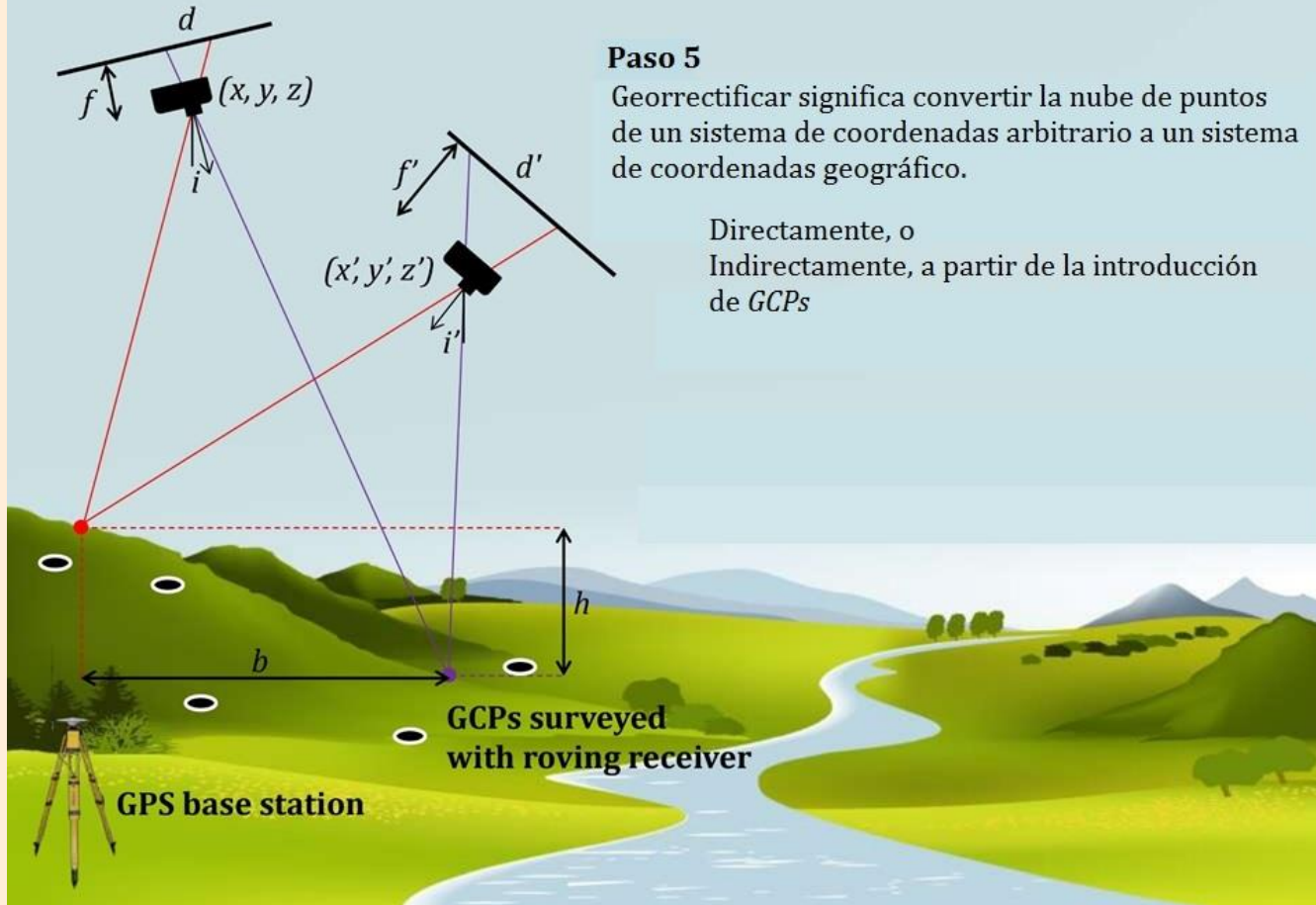


Structure-from-Motion

Paso 5

Georrectificar significa convertir la nube de puntos de un sistema de coordenadas arbitrario a un sistema de coordenadas geográfico.

Directamente, o
Indirectamente, a partir de la introducción
de *GCPs*

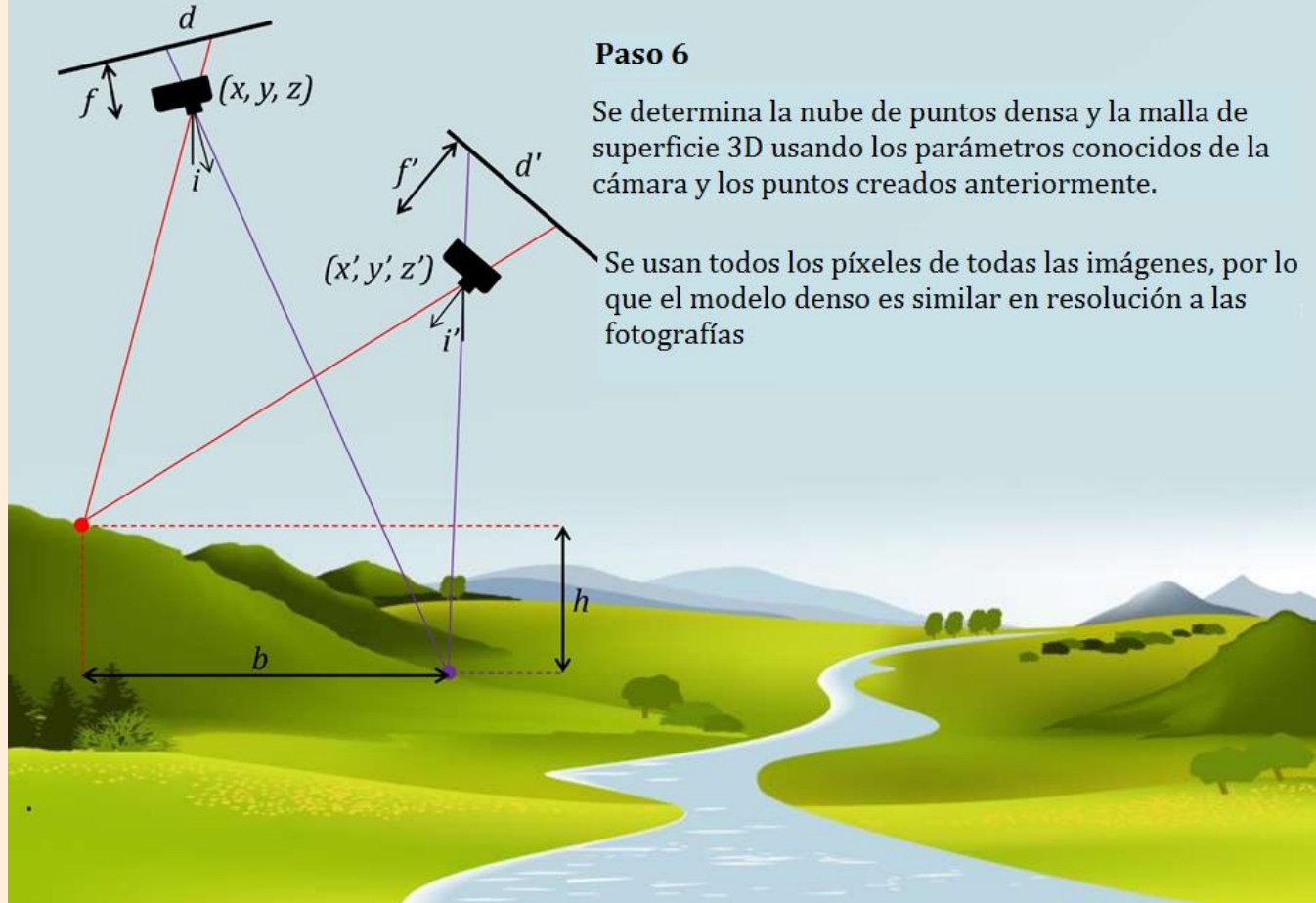


Structure-from-Motion

Paso 6

Se determina la nube de puntos densa y la malla de superficie 3D usando los parámetros conocidos de la cámara y los puntos creados anteriormente.

Se usan todos los píxeles de todas las imágenes, por lo que el modelo denso es similar en resolución a las fotografías



Uso de fotos aéreas tradicionales

Resolution [dpi]	150	300	600	1200	2400	4800
Pixel size [μm]	169.3	84.7	42.3	21.2	10.6	5.29
Image size ca. [MB]	2	8	32	128	512	2018

Photo scale

1: 5000	0.847	0.423	0.212	0.106	0.053	0.026
1: 7500	1.270	0.635	0.318	0.159	0.079	0.040
1:10000	1.693	0.847	0.423	0.212	0.106	0.053
1:12500	2.117	1.058	0.529	0.265	0.133	0.066
1:15000	2.540	1.270	0.635	0.317	0.159	0.079
1:17500	2.963	1.482	0.741	0.370	0.175	0.093
1:20000	3.386	1.693	0.846	0.424	0.212	0.106
1:25000	4.233	2.117	1.058	0.529	0.265	0.132
1:30000	5.080	2.540	1.270	0.634	0.318	0.159
1:40000	6.772	3.386	1.693	0.846	0.424	0.212
1:50000	8.466	4.234	2.116	1.059	0.530	0.265

Pixel size in terrain units ca. [m]

pixel size in [μm] = 25400 / resolution in [dpi]
 resolution in [dpi] = 25400 / pixel size in [μm]

Importancia del criterio y
 objetivo para
 digitalización de fotos
 aéreas

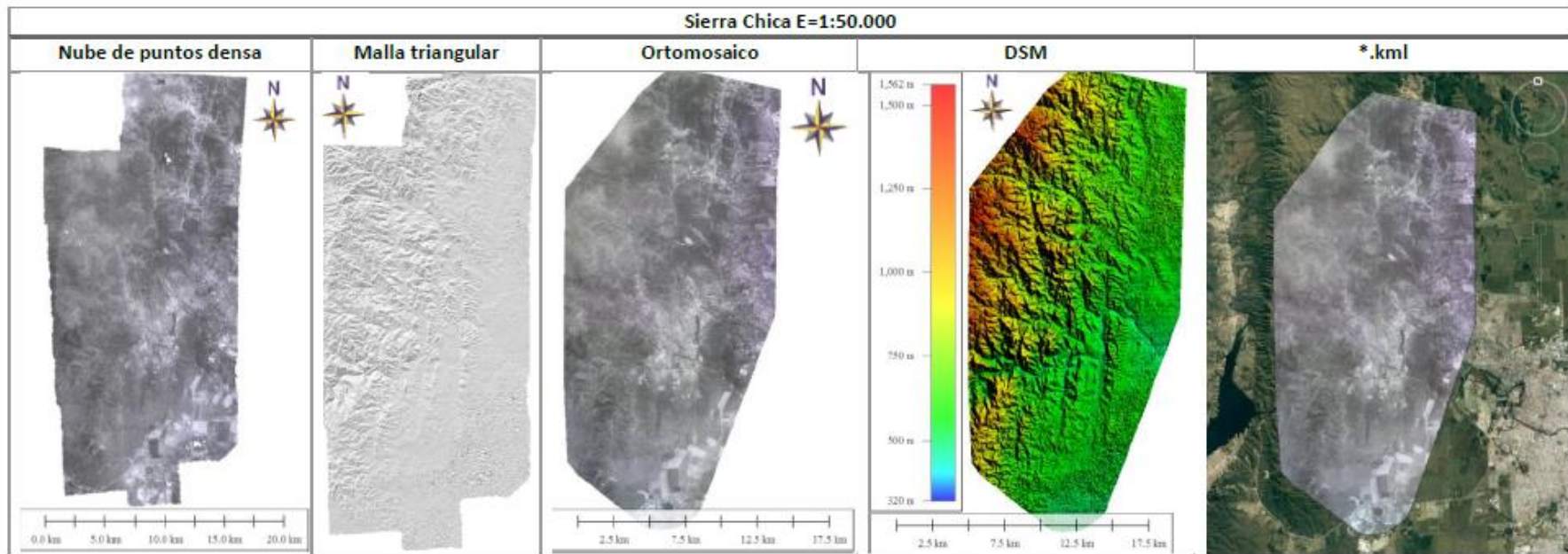


Tabla 11. Resultados Sierra Chica E=1:50.000.

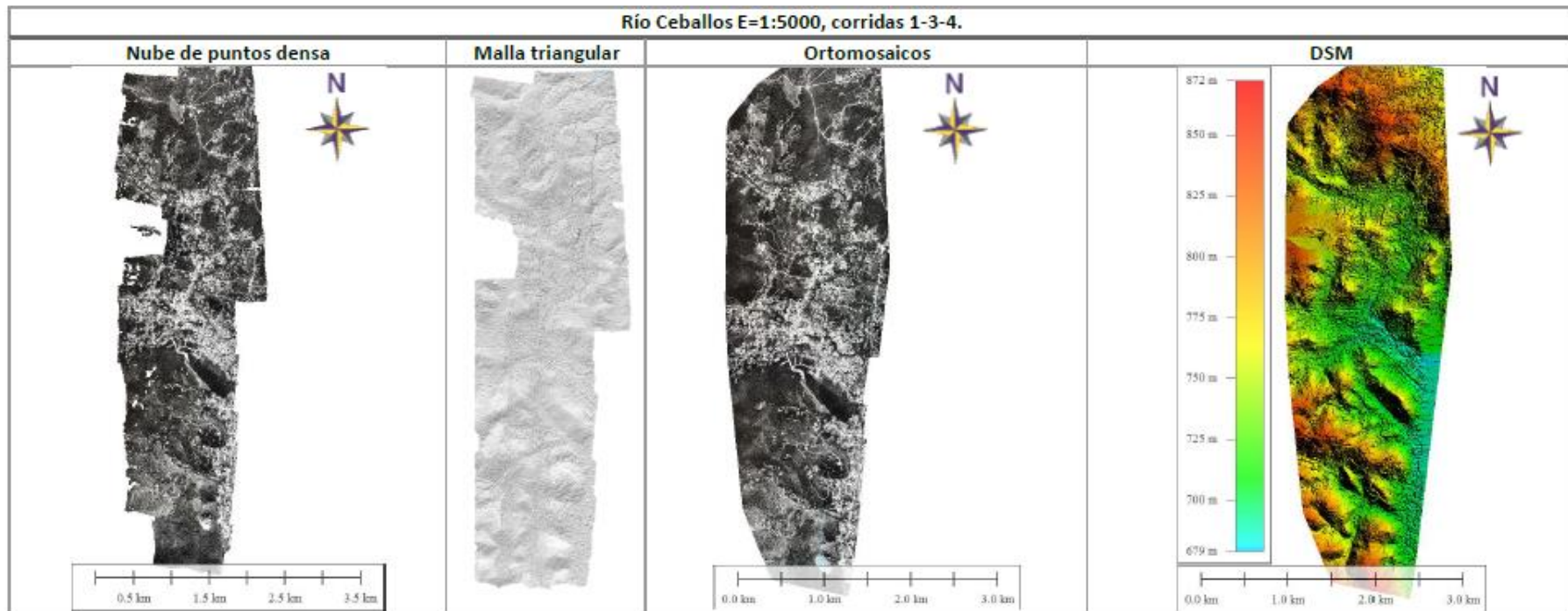
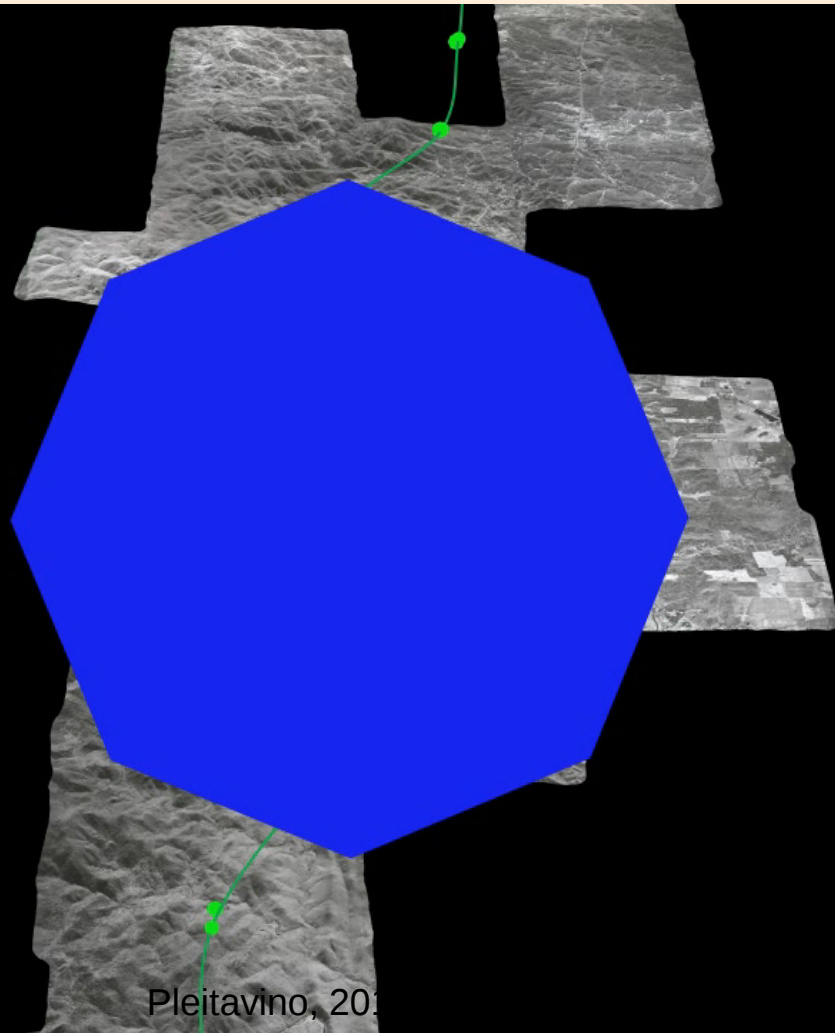
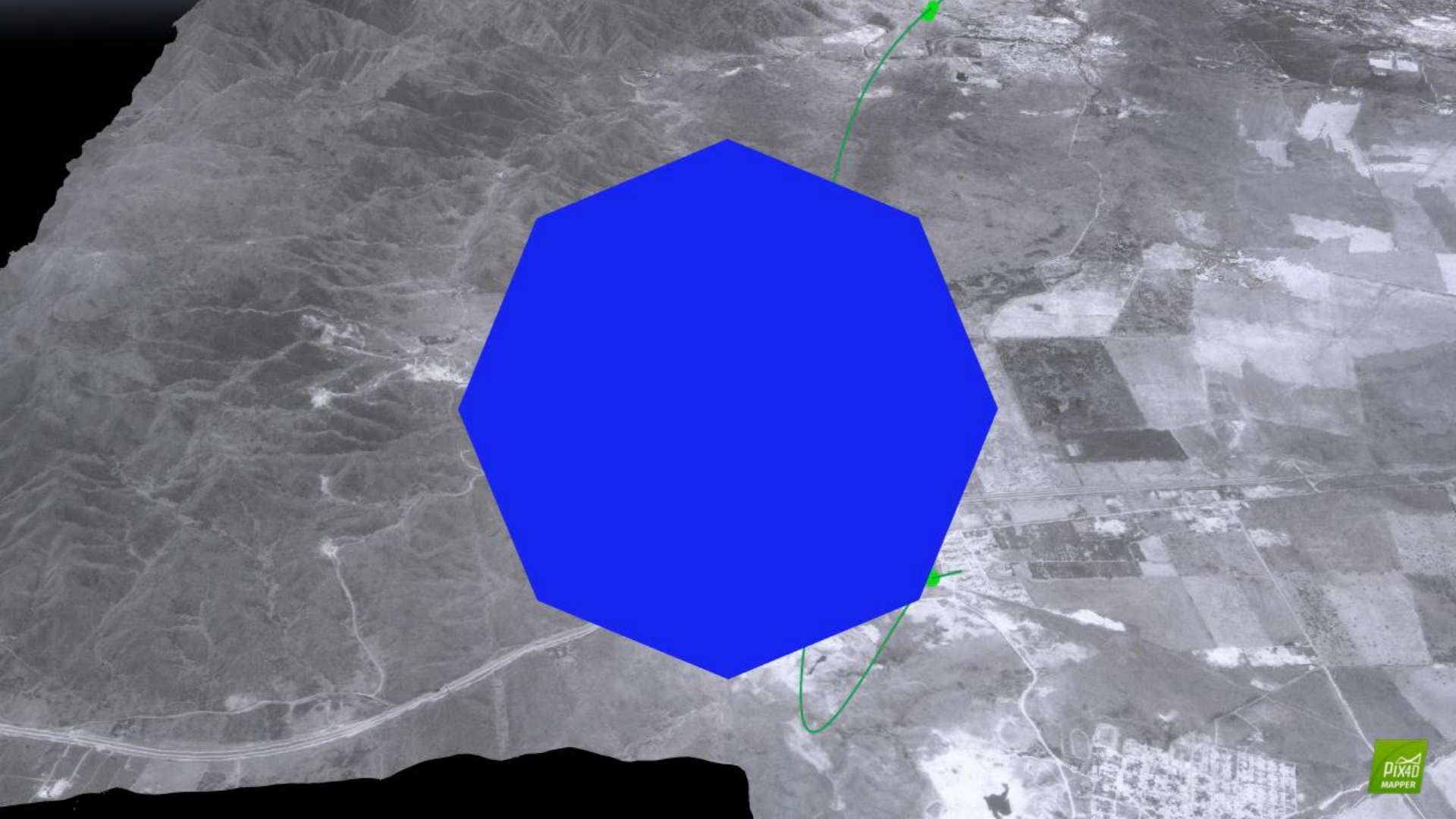


Tabla 13. Resultados Sierra Chica E=1:5.000. Corridas 1-3-4.



Pleitavino, 201



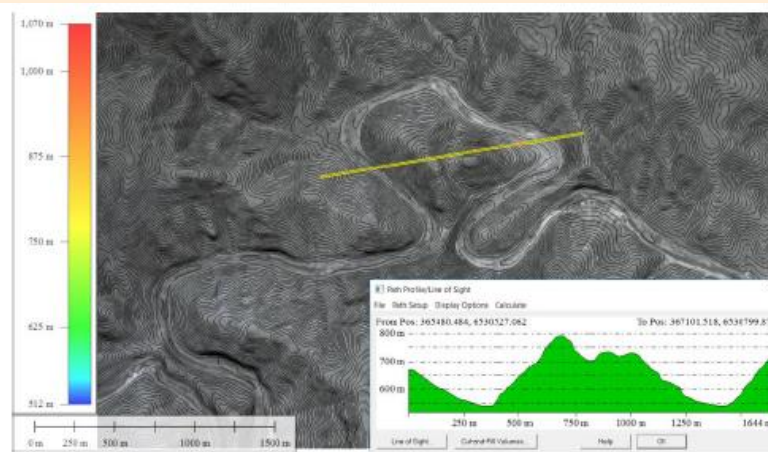


Figura 45. Detalle de DSM, ortomosaico y curvas de nivel, E=1:50.000, con traza de perfil cortando al Río Suquia en dos sectores, y perfil, utilizando Global Mapper.



Figura 46. Visualización en 3D de un tramo del Río, mediante Global Mapper.

Pleitavino, 2016

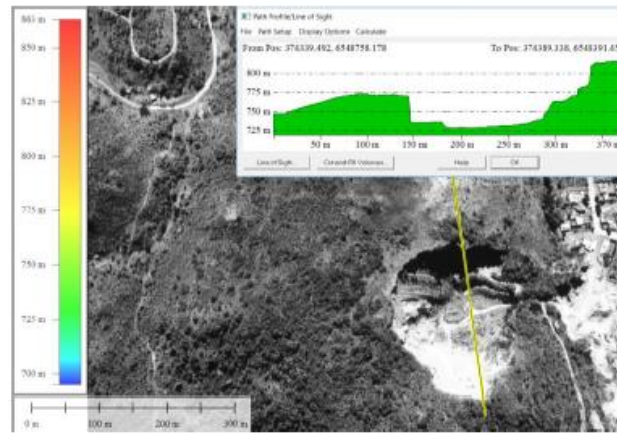


Figura 51. Detalle de *DSM*, ortomosaico y curvas de nivel, E=1:5.000, con traza de perfil cortando a una cantera, y su perfil, utilizando Global Mapper.

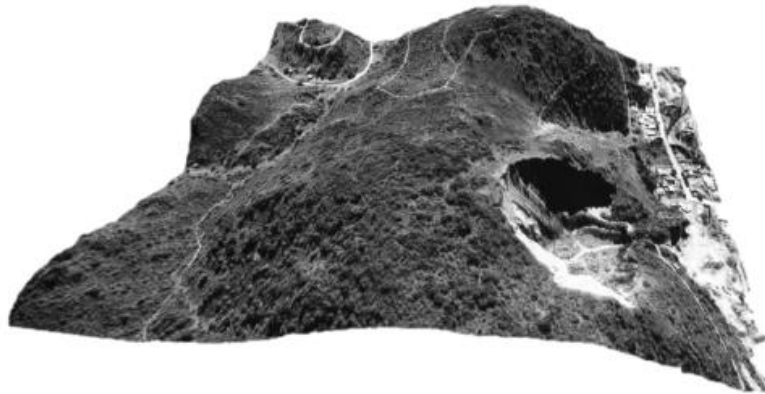
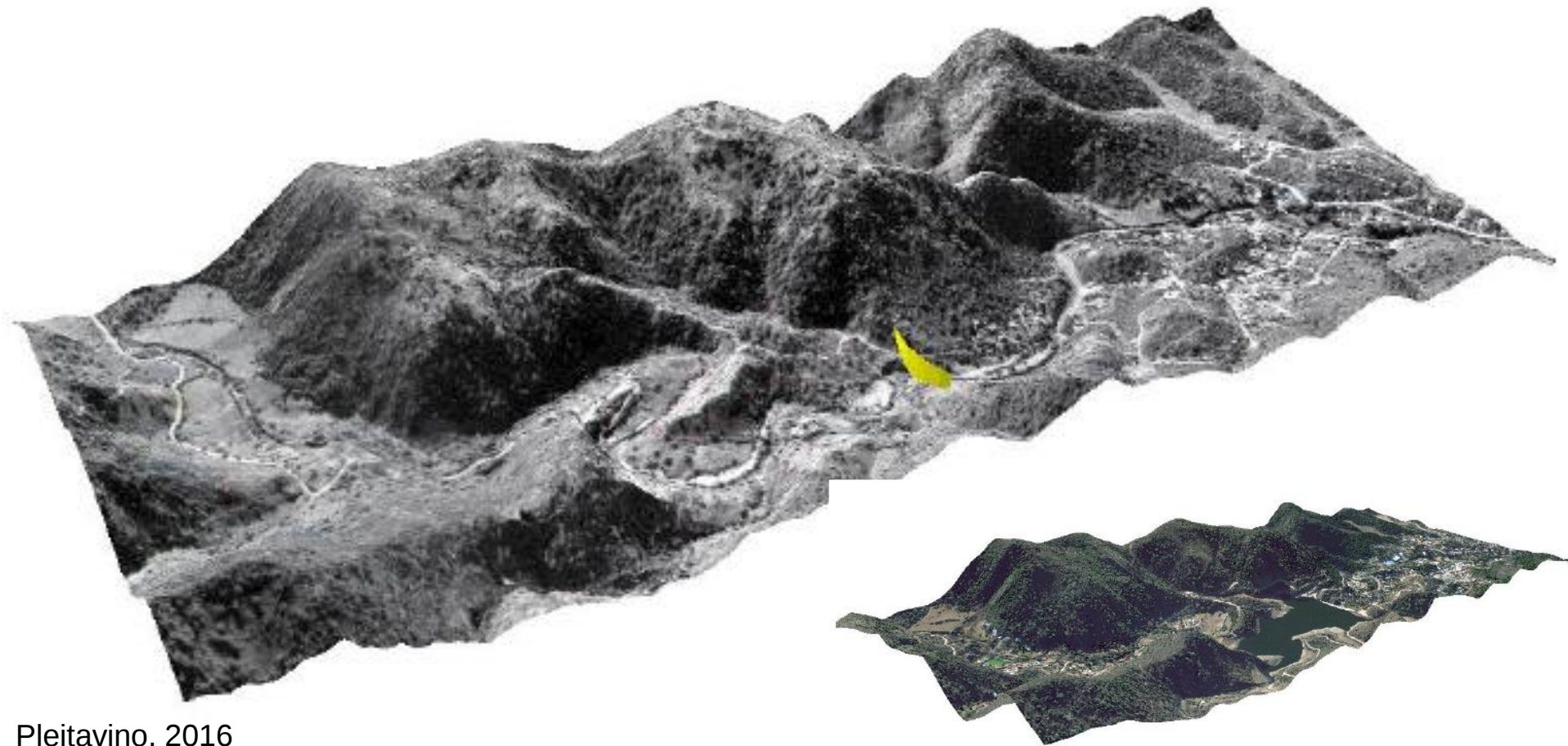


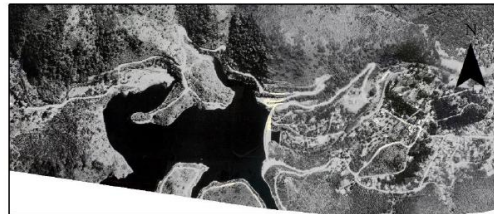
Figura 52. Visualización en 3D del sector de la cantera mediante Global Mapper.



Pleitavino, 2016



1970



1996



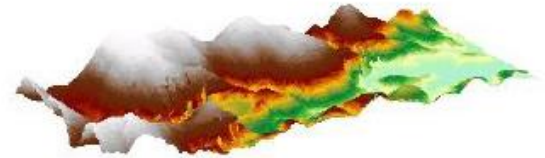
0.0 0.2 0.4 0.6 0.8 km

2013

Figura 64. Ortofotos restituidas 1970 (1:20.000), ortofotos 1996 (1:5.000) e Imagen Satelitaria 2013 (Bing, SAS Planet).



DEM ALOS PALSAR 12.5 m



MDS SFM 13.85 m



DEM SRTM 30m



DEM SRTM 90m

Figura 60. Imágenes de algunos los diferentes modelos de elevación y superficie.

Gráfico comparativo de los DEMs y DSMs

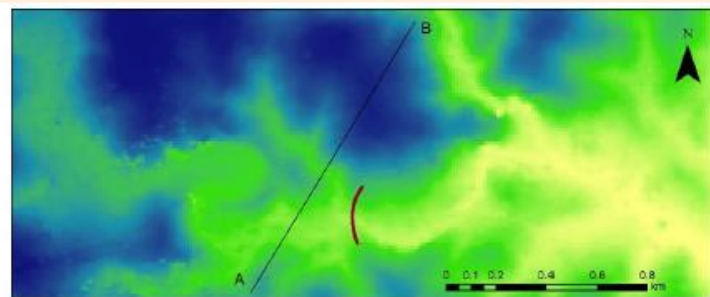
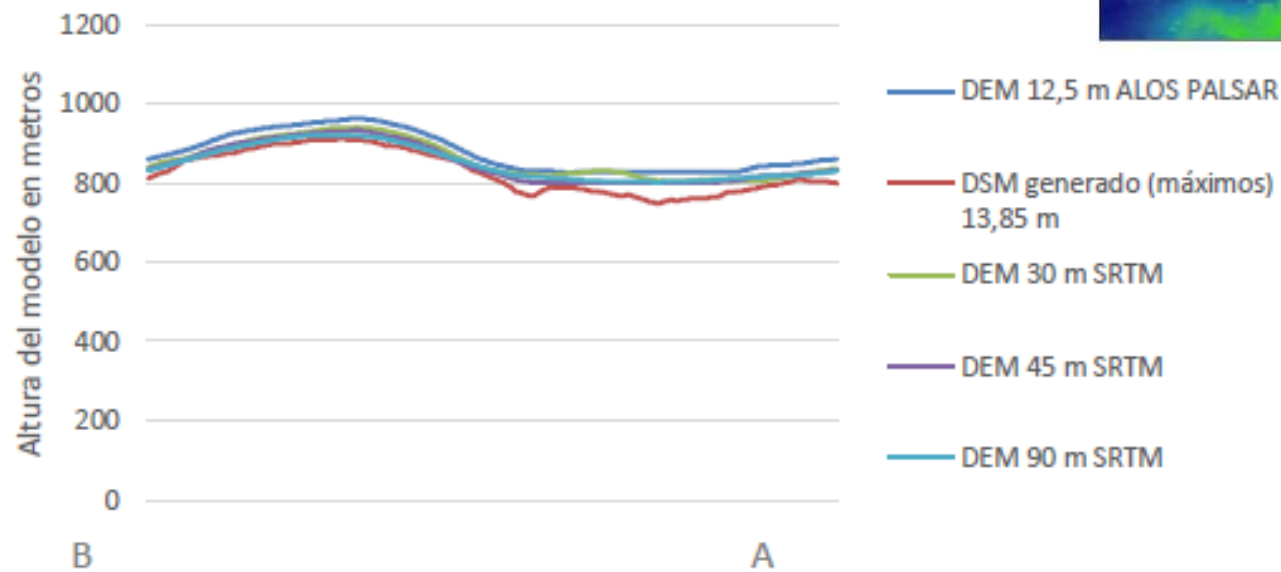


Figura 58. Gráfico comparando las diferentes alturas de los modelos que se detallan en la leyenda.



Pleitavino, 2016

Ongamira, Córdoba
Vuelo DRON

Ongamira 1

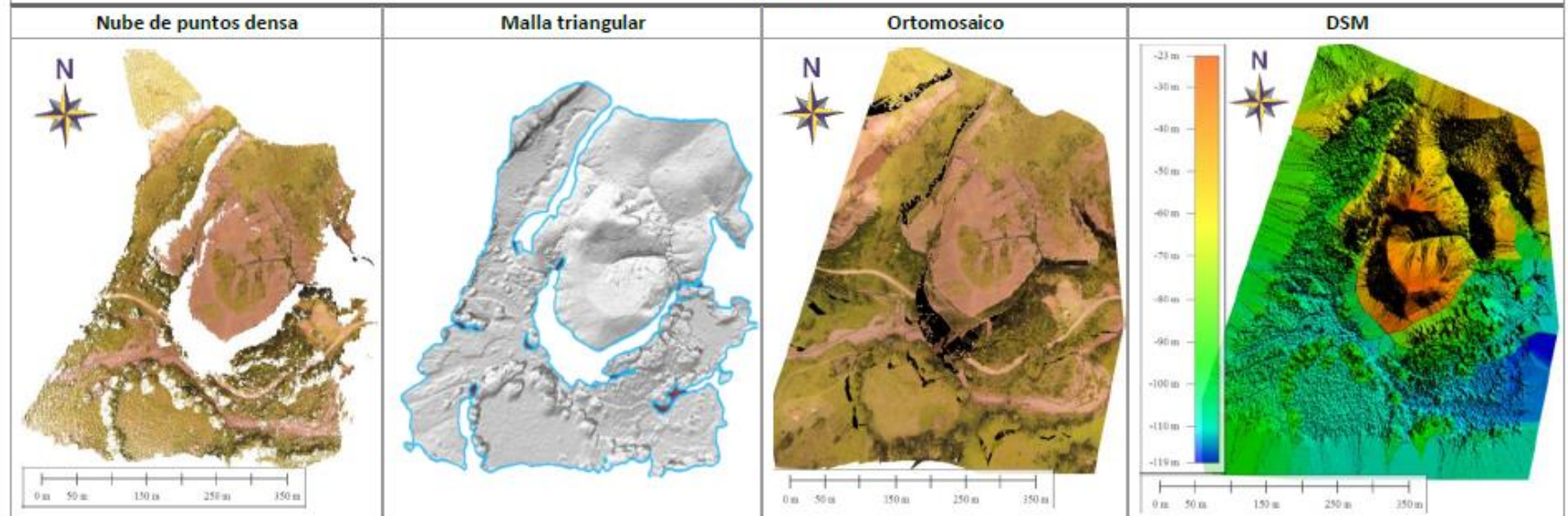
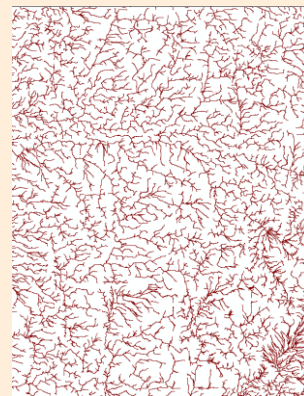
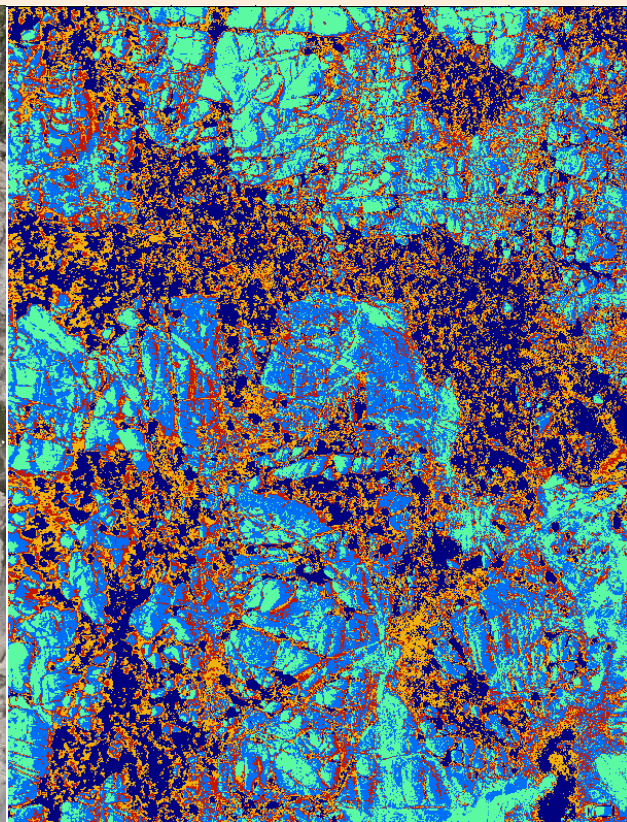
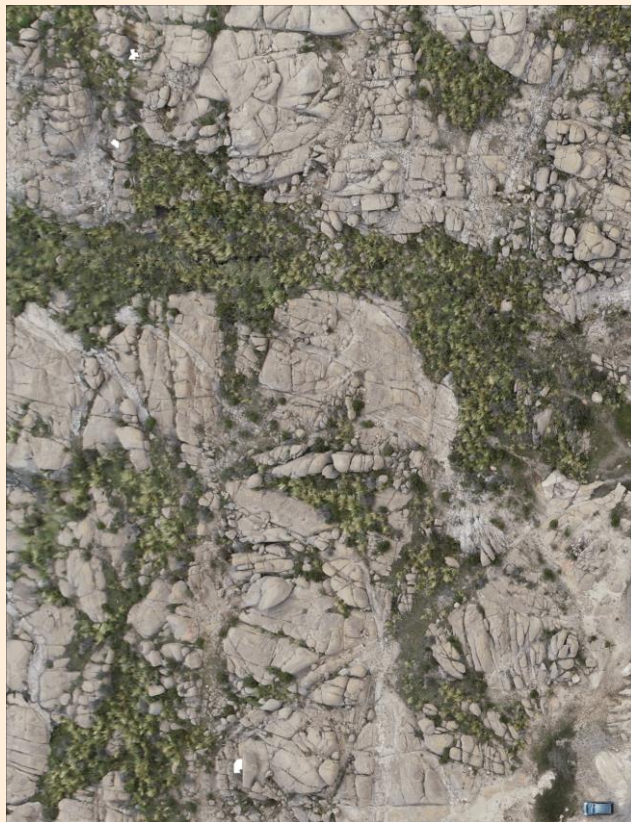


Tabla 16. Resultados Ongamira 1.

Vuelo Dron: Sierras Grandes, Córdoba



Determinación de afloramiento rocosos: cartografía automática

Aráoz, 2018
Pleitavino, 2016

Uso de la ortofoto obtenida desde DRON para el cálculo de tamaño de bloques

