

INFORME ANUAL DE RESULTADOS

“FOTOGRAMETRÍA Y TELEDETECCIÓN CON DRONES Y SATÉLITES

APLICACIONES EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN”

AÑO: 2023

CÓDIGO PROYECTO: 23CPU1_2

Área:	AGRICULTURA DE PRECISIÓN
Ubicación:	LORCA
Coordinación:	Mariano Miguel Espín Aledo
Autores:	Mariano Miguel Espín Aledo Francisco Martínez Mínguez (Fundación ALIMER)
Duración:	2023
Financiación:	Programa de Desarrollo Rural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia 2014-2020



“Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural: Europa invierte en las zonas rurales”

Contenido

1. RESUMEN.	3
2. OBJETIVOS/JUSTIFICACIÓN.	3
3. MATERIAL Y MÉTODOS.	3
3.1. Cultivo y variedades, características generales.....	3
3.2. Ubicación del proyecto.	4
3.3. Parcelas demostración.	4
3.4. Obtención de imágenes de satélite.....	5
3.5. Obtención de imágenes con dron.	7
3.8. Análisis realizados.	7
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	9
4.1 Resultados: índices de vegetación obtenidos en cada vuelo.....	9
4.1 Modelos Dgitales del Terreno.	28
4.1 Ortfotos a escala.	28
4.1 Imágenes SENTINEL-2 desde el viso Copernicus Browser.....	30
5. CONCLUSIONES.	31
6. ACTUACIONES DE DIVULGACION REALIZADAS.,	32
7. BIBLIOGRAFIA.	32
8. ANEXOS.	32

1. RESUMEN.

En este proyecto se ha pretendido mostrar la utilidad de las imágenes multiespectrales captadas por satélite y dron para el monitoreo de cultivos y la agricultura de precisión, así como las funcionalidades prácticas de los drones en la supervisión aérea de fincas y para la obtención de ortoimágenes a escala de las fincas, modelos digitales de elevaciones y modelos 3D.

Para ello, se han utilizado imágenes multiespectrales de los satélites SENTINEL-2 de la Agencia Espacial Europea (de acceso libre y gratuito), así como un dron (UAV) equipado con una cámara multiespectral y con sistema de posicionamiento RTK (precisión de medidas centimétricas).

Los trabajos se han realizado en el Centro de Demostración Agraria (CDA) de Purias, monitoreando los cultivos implantados durante la anualidad 2023.

2. OBJETIVOS/JUSTIFICACIÓN.

Los objetivos perseguidos con este proyecto han sido:

- Mostrar la utilidad de las imágenes multiespectrales captadas por satélite y dron en el monitoreo de cultivos.
- Mostrar las utilidades de un dron dotado de cámara para la supervisión aérea de explotaciones y para la generación de ortofotos, MDT, y otros productos cartográficos de utilidad para la gestión agrícola.
- Demostrar la utilidad de estas técnicas para establecer una agricultura de precisión que optimice el uso de recursos y contribuya a la sostenibilidad de la actividad agraria.

Para llevar a cabo estos objetivos, durante la anualidad 2023 se realizaron una serie de inversiones consistentes en la adquisición de:

- Dron dotado de una cámara multiespectral (captura en 5 bandas de distinta radiación electromagnética y otra banda para imagen RGB).
- 4 Baterías para el funcionamiento del dron.
- Software WebODM para fotogrametría (procesamiento de las imágenes captadas por el dron).
- Tablet APPLE iPad mini para acoplar al control remoto del dron.
- Ordenador portátil de 15 pulgadas. 32 GB de RAM y 1 TB de memoria.

3. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.1. Cultivo y variedades, características generales.

Los cultivos sobre los que finalmente se pudieron realizar vuelos son los que se cultivaron en el CDA de Purias durante 2023:

- Cultivos permanentes: cítricos (parcela de limonero y parcela de colección de variedades de cítricos: limonero, mandarino, naranja y pomelo).
- Cultivos hortícolas: alcachofa.

3.2. Ubicación del proyecto.

El proyecto se realizó en CDA de Purias, que se encuentra a 10 km al sureste del centro urbano de Lorca, provincia de Murcia (Figura 1).

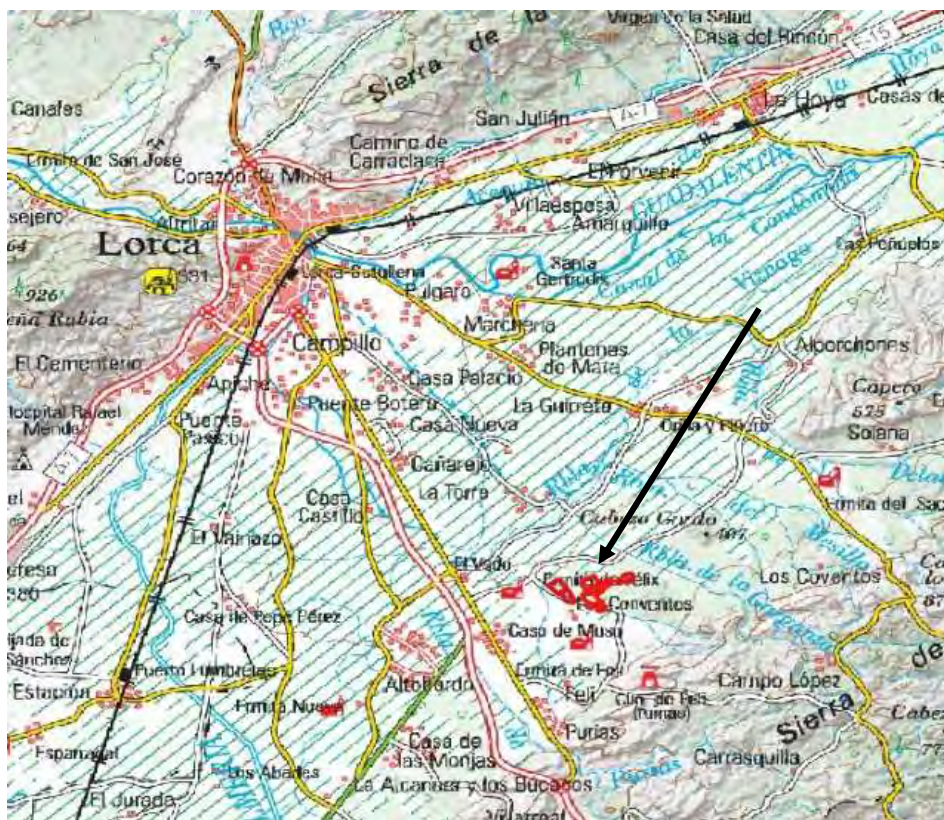


Figura 1. Localización del Centro de Demostración Agraria de Purias.

3.3. Parcelas demostración.

Dentro del CDA de Purias, los sectores o parcelas ocupadas por los cultivos ensayados son las que se muestran en la Figura 2, que tienen las siguientes características (superficie y cultivo):

- **Sector 1:** 24.430 m². Almendro de regadío (variedades Marta y Antoñeta).
- **Sector 2:** 18.930 m². Almendro de regadío (variedades Ferragnes y Ferraduel).
- **Sector 3:** 10.178 m². Cítricos en regadío. Limón verna, clones 51 y 62.
- **Sector 4:** 6000 m². Cítricos en regadío. Colección de variedades de limón, mandarina, naranjo y pomelo.
- **Sector 7:** 23.000 m². Alcachofa de semilla (11.000 m² cultivados).



Figura 2. Vista del CDA de Purias (perímetro) y la distribución de parcelas o sectores (numerados).

3.4. Obtención de imágenes de satélite

Las imágenes de los satélites SENTINEL-2 de la Agencia Espacial Europea (ESA) se descargaron de la plataforma de descarga libre <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>. Este visor permite, además, hacer consultas y visualizaciones directas de imágenes de satélite e índices de vegetación (Figura 3).



Figura 3. Imagen en falso color de SENTINEL-2 del CDA de Purias DE 12/10/2023 (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>).

Las imágenes obtenidas por SENTINEL-2 tienen un tamaño de píxel de 10*10 metros qué, para el caso que nos ocupa, solo aportan una idea general del estado de las parcelas, pero no dan información a nivel de planta o árbol (como el caso de las imágenes captadas por el dron). Se pueden comparar ambas imágenes (satélite y dron) en falso color en la Figura 4 y la Figura 5.



Figura 4. Detalle de cultivos supervisados mediante teledetección con dron (representación en falso color RGB = NIR-RED-BLUE de 12/10/2023).



Figura 5. Detalle de la imagen en falso color del satélite SENTINEL-2 (11/12/2023) de los cultivos supervisados (<https://browser.dataspace.copernicus.eu>).

3.5. Obtención de imágenes con dron.

Se realizaron los siguientes vuelos con dron para la toma de imágenes multiespectrales y RGB:

- 28/04/2023 Cítricos y almendros
- 21/09/2023 Cítricos.
- 01/12/2023. Cítricos
- 21/09/2023 Alcachofa
- 13/10/2023 Alcachofa.
- 30/10/2023 Alcachofa
- 01/12/2023. Alcachofa.

Los vuelos se programaron previamente en la aplicación DJI GS Pro instalada en la Tablet. En esta app se delimita la parcela e introducen los diferentes parámetros de vuelo (altura, velocidad, número de fotos, número de bandas, etc.).

Una vez programado el vuelo en la aplicación, se procedió a desplazarse a las parcelas y realizar los vuelos.

3.8. Análisis realizados.

Las imágenes de cada vuelo de dron se procesaron para obtener una ortofoto multibanda de toda la parcela o sector sobrevolado, mediante software de fotogrametría (OpendronMap: WebODM) Al no disponer de panel de calibración de reflectancia no se pudieron calibrar radiométricamente las imágenes, pues el software OpenDroneMap no aplica directamente la corrección del sensor solar que lleva incorporado la aeronave.

Por tanto, las distintas bandas de las ortoimágenes se obtuvieron en niveles digitales (ND) y, a partir de ellos, se calcularon los índices de vegetación (IV). Aunque ésta no es la solución óptima, da suficiente información para el monitoreo de cultivos. También se realizaron composiciones en falso color RGB.

Los IV se calcularon mediante la aplicación de las correspondientes fórmulas matemáticas sobre la ortofoto, utilizando la calculadora ráster de QGIS. Obtenidos los IV, se analizaron estos así como las composiciones RGB en falso color

La composición en falso color fue RBG: 521. Los números se refieren a las bandas de la cámara multiespectral del dron (Figura 6): En este caso al R (rojo) se le asignó la banda NIR (infrarrojo cercano), al B (azul) la banda azul y al R (verde) la verde.

1	2	3	4	5
AZUL	VERDE	ROJO	RE	NIR

Figura 6. Número de cada banda de la cámara multiespectral del UAV.

Índices de vegetación: existen multitud de IV que pueden calcularse con las imágenes multiespectrales obtenidas por los satélites SENTINEL-2, pues disponen de 13 bandas espectrales diferentes. La cámara multiespectral del dron tiene 5 bandas, por lo que el número de índices que permite calcular esta última es más limitado. Finalmente, por razones prácticas, para este trabajo se optó por utilizar 3 índices que pueden calcularse tanto con las imágenes de satélite como con las de dron:

- **Índice De Vegetación De Diferencia Normalizada (NDVI)**

$$\text{NDVI} = (\text{NIR}-\text{RED})/(\text{NIR}+\text{RED})$$

Entre los índices espectrales de vegetación típicos, el NDVI es uno de los más adecuados para seguir la dinámica de desarrollo de la vegetación, ya que mide la biomasa fotosintéticamente activa de las plantas. Sin embargo, este índice de vegetación es bastante sensible a la luminosidad del suelo y a los efectos atmosféricos.

El NDVI es el índice de vegetación más común en teledetección. Puede utilizarse durante toda la temporada de producción de cultivos, excepto cuando la vegetación y su cubierta vegetal son demasiado escasas, ya que su reflectancia espectral es demasiado baja.

Cuando utilizarlo: Los valores del NDVI son más precisos a mediados de la temporada, en la fase de crecimiento activo de los cultivos. (*Índices De Vegetación Y Su Aplicación En La Agricultura Digital, 2022*).

- **Índice De Vegetación De Diferencia Normalizada Verde (GNDVI)**

$$\text{GNDVI} = (\text{NIR}-\text{GREEN})/(\text{NIR}+\text{GREEN})$$

El índice GNDVI es una modificación del NDVI que también utiliza el infrarrojo cercano, pero sustituye el verde por el rojo visible (540 a 570 nm).

El GNDVI mide el contenido de clorofila con mayor precisión que el NDVI.

Cuando utilizarlo: Para detectar cultivos marchitos o envejecidos y medir el contenido de nitrógeno en las hojas, monitorizar la vegetación con copas densas o en las etapas de madurez (*Índices De Vegetación Y Su Aplicación En La Agricultura Digital, 2022*)

- **Índice De Diferencia Normalizada De Borde Rojo (NDRE)**

$$\text{NDRE} = \text{NIR} - \text{RED EDGE} / \text{NIR} + \text{RED EDGE}$$

El índice NDRE combina las bandas espectrales del infrarrojo cercano (NIR) y una banda específica para el estrecho rango entre el rojo visible y la zona de transición (la llamada región del borde rojo). Para obtener la mejor precisión de los datos, se recomienda utilizar el NDRE en combinación con el NDVI.

Este índice de vegetación se aplica a la cubierta vegetal de alta densidad.

Cuando utilizarlo: El NDRE se utiliza normalmente para controlar los cultivos que han alcanzado la fase de madurez (*Índices De Vegetación Y Su Aplicación En La Agricultura Digital, 2022*).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Resultados: índices de vegetación obtenidos en cada vuelo.

A continuación se exponen las representaciones de los índices de vegetación calculados para los distintos cultivos en las diferentes fechas.

CÍTRICOS Y ALMENDROS

En los siguientes mapas se muestran los **NDVI** calculados mediante imagen de dron (Figura 7) y de satélite SENTINEL 2 (Figura 8) de fechas próximas (28/04/2023 y 30/04/2023 respectivamente).

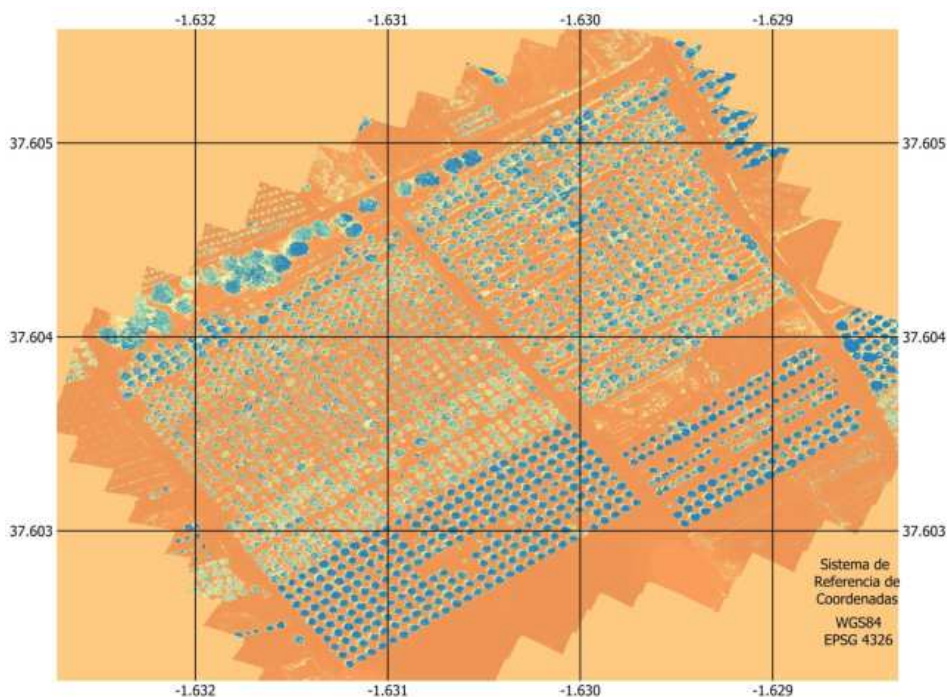


Figura 7. Parcelas de cítricos y almendro. NDVI a partir de imágenes captadas por dron el 28/04/2023.

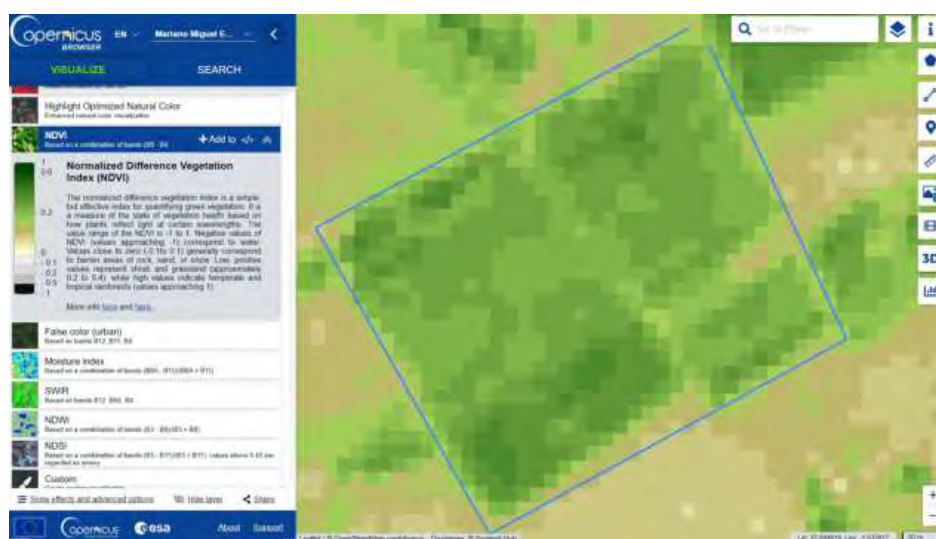


Figura 8. Parcela de cítricos y almendro. NDVI a partir de imágenes de SENTINEL-2 de fecha 30/04/2023.

En esta representación del NDVI de 28 de abril (Figura 9), que incluye los cítricos y los almendros, se observa con claridad la diferencia entre los cítricos (árboles azul oscuro de la zona sur) y los almendros. Esto es debido a la menor cantidad de biomasa foliar que tienen los almendros respecto de los cítricos, además de un color verde más claro (Figura 9).

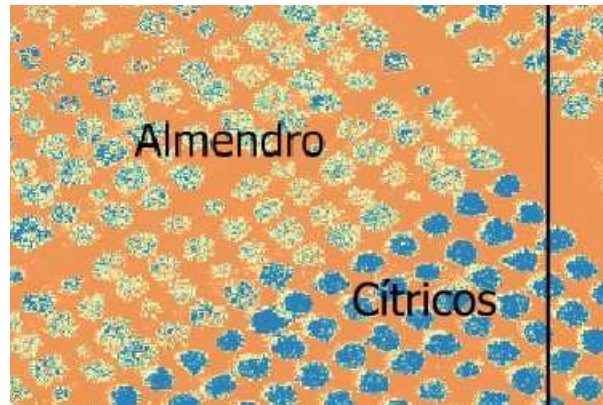


Figura 9. Detalle del NDVI, con cítricos azul oscuro (abajo) y almendros de tono más claro (parte superior de la imagen).

Se aprecia la falta de uniformidad en la plantación de almendros, sobre todo en el sector oeste (derecha), donde tanto el follaje como el estado de la vegetación son muy heterogéneos (Figura 10).

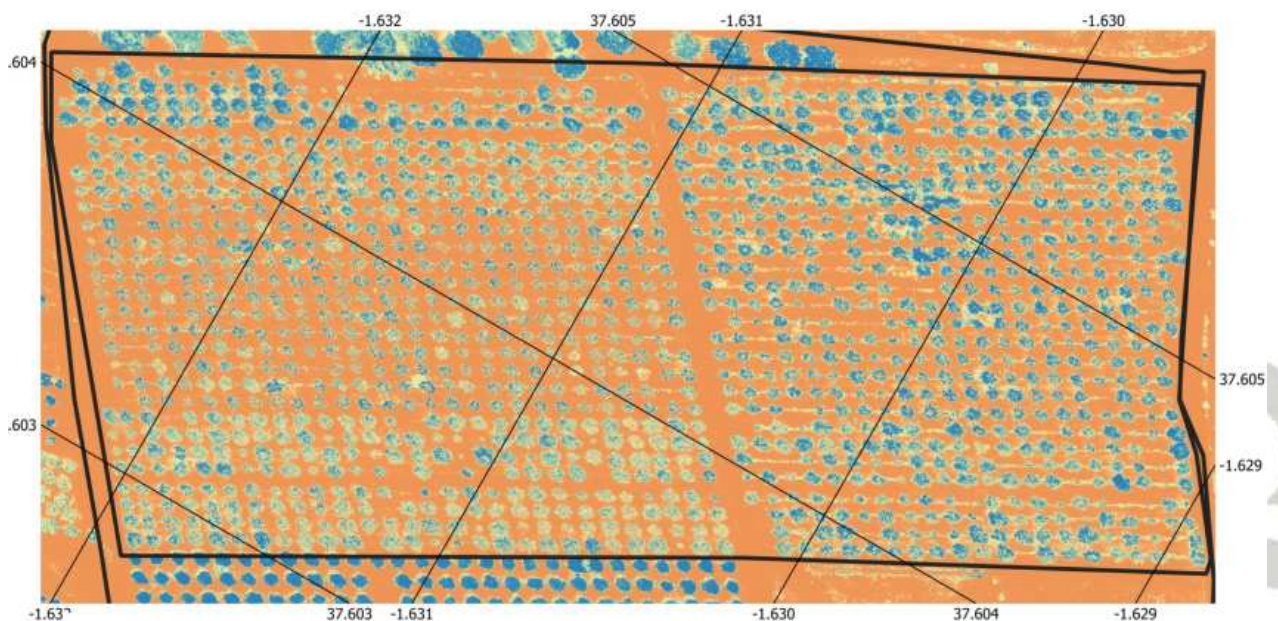


Figura 10. Detalle de la plantación de almendros.

También destacan algunos árboles con muy bajo NDVI que sería necesario comprobar en campo (Figura 11).

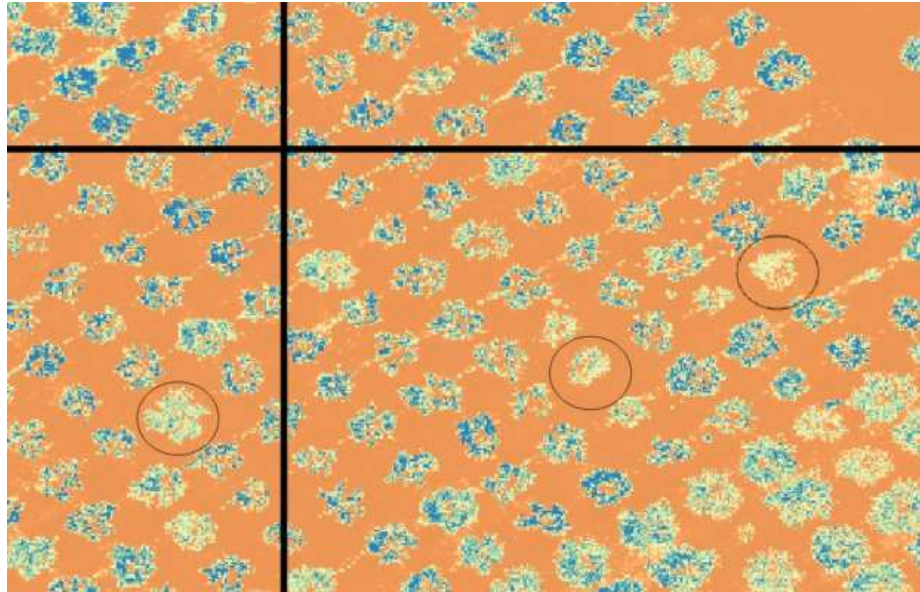


Figura 11. Pies de almendro con muy bajo NDVI.

Revisados en campo, se pudo distinguir clorosis y defoliación, además de gomosis en la base del tronco de estos almendros (Figura 12). No se conoce bien la causa, pero en principio se cree que puedan estar afectados por gusano cabezudo, pues se ven agujeros en el suelo alrededor del tronco.



Figura 12. Detalle de tronco de almendro con gomosis.

CÍTRICOS

En cuanto a la colección de cítricos, aparecen bastantes árboles con muy bajo valor de NDVI, lo que se debe revisar en campo para intentar detectar la causa (Figura 13, Figura 14 y Figura 15).

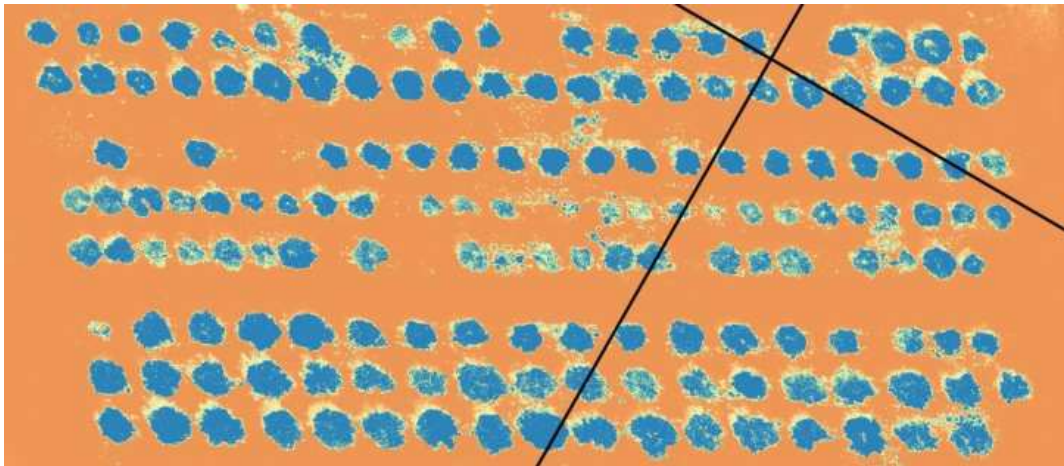


Figura 13. Colección de cítricos .NDVI del 28/04/2023.

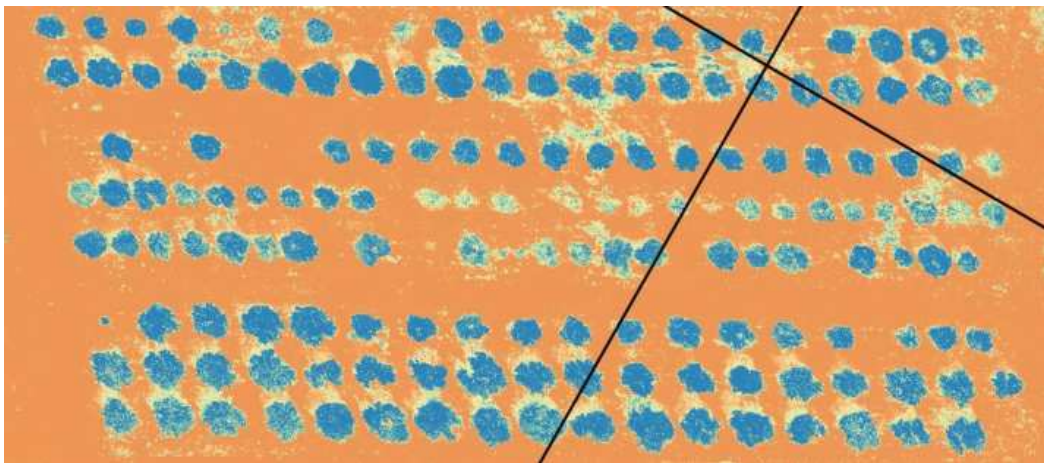


Figura 14. Colección de cítricos .NDVI del 23/09/2023

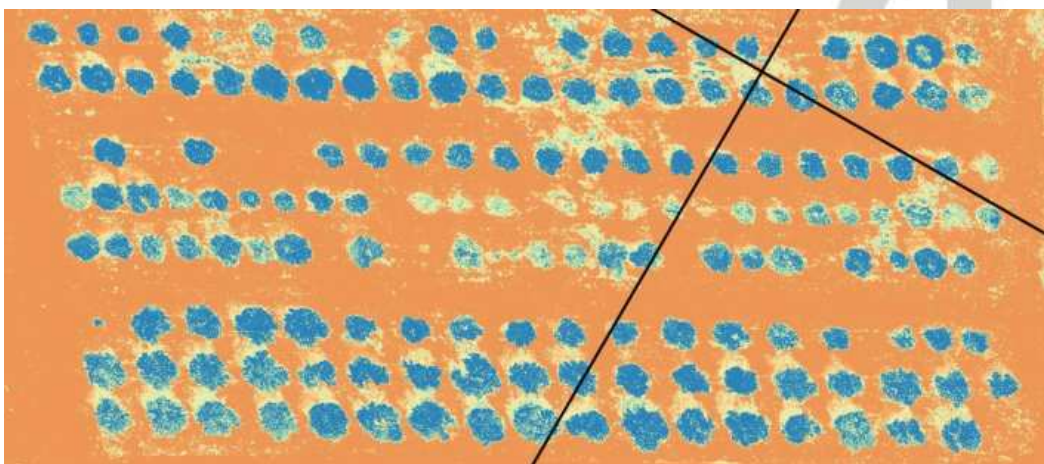


Figura 15. Colección de cítricos .NDVI del 01/12/2023.

En las siguientes imágenes (Figura 16 y Figura 17), tomadas en campo, se puede ver una fila de mandarinos gravemente afectada por diversas patologías (clorosis, defoliación, etc.), además de ser árboles muy viejos que precisan de una renovación. El caso de los pomelos no es tan extremo, solo observándose clorosis en hojas por deficiencias nutricionales.



Figura 16. Mandarinos en mal estado, árboles viejos, necesitan una renovación.

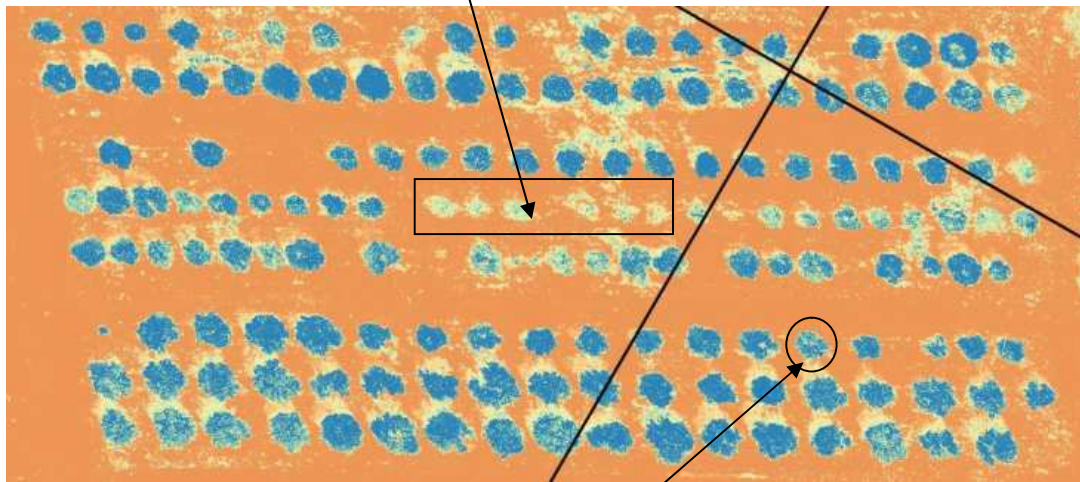


Figura 17. Pomelo con clorosis foliar.

Los resultados de NDVI obtenidos para la plantación de limón verna aparecen en las siguientes imágenes (Figura 18, Figura 19 y Figura 20).

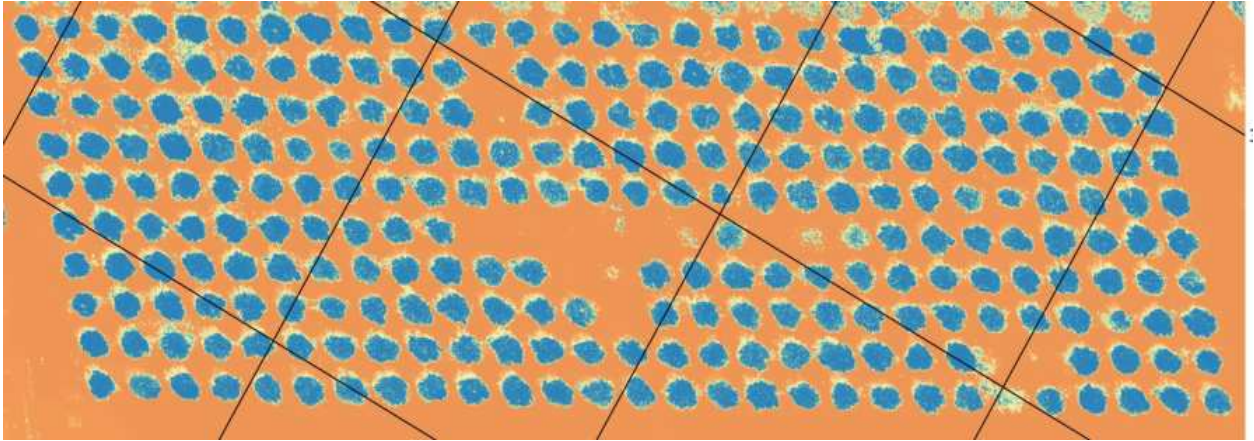


Figura 18. Parcela de limón verna. NDVI del 28/04/2023.

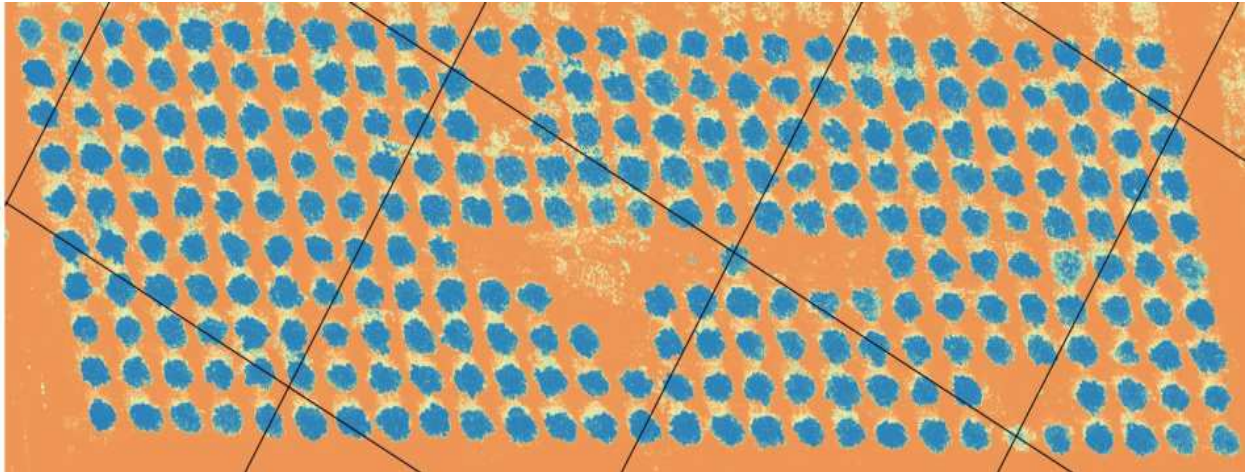


Figura 19. Parcela de limón verna. NDVI del 21/09/2023.

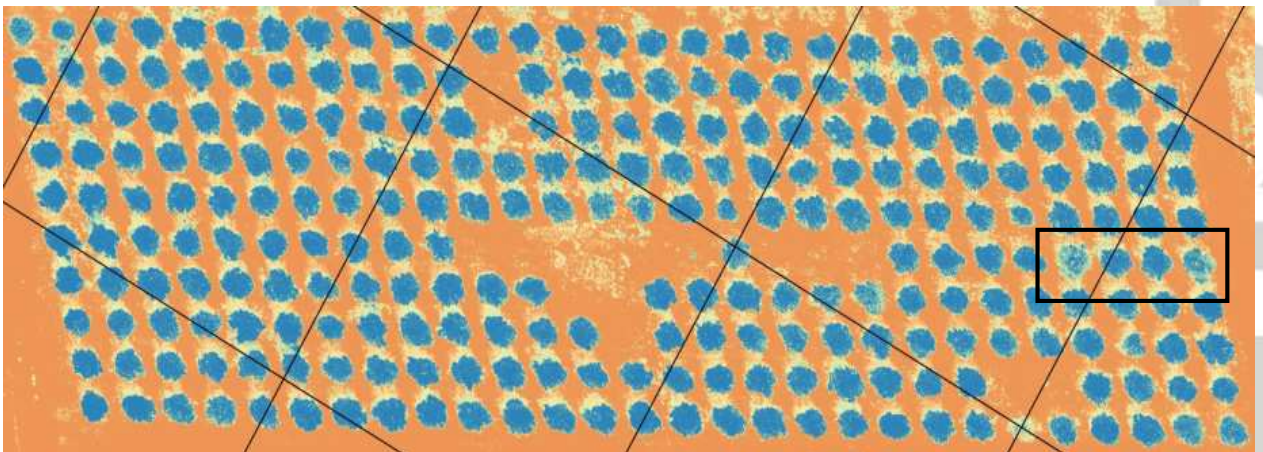


Figura 20. Parcela de limón verna. NDVI del 01/12/2023.

Se detectan en el mapa de la Figura 20 algunos árboles con un menor NDVI (filas centrales, extremo este, derecha del plano). Supervisados en campo, se ha comprobado una acentuada clorosis (amarilleo de las hojas) y defoliación (Figura 21 y Figura 22), así como exudación de goma en el cuello del tronco, lo que parece indicar afección de *Phytophthora*.



Figura 21. Detalle de limonero fuertemente afectado de clorosis y defoliación.



Figura 22. Detalle de limonero con principios de clorosis y defoliación.

A continuación se representan los índices **GNDVI** y **NDRE**, ambos más sensibles al nivel de clorofila que el NDVI, pues este último se satura cuando la vegetación es muy vigorosa. Los árboles con problemas detectados con NDVI se manifiestan mejor con estos índices (figuras 23 a 26), aunque hay que ampliar las imágenes para apreciarlo con más claridad. Debido a esto, se adjuntan como anexo los planos en tamaño A3, georreferenciados y a escala.

GNDVI CÍTRICOS

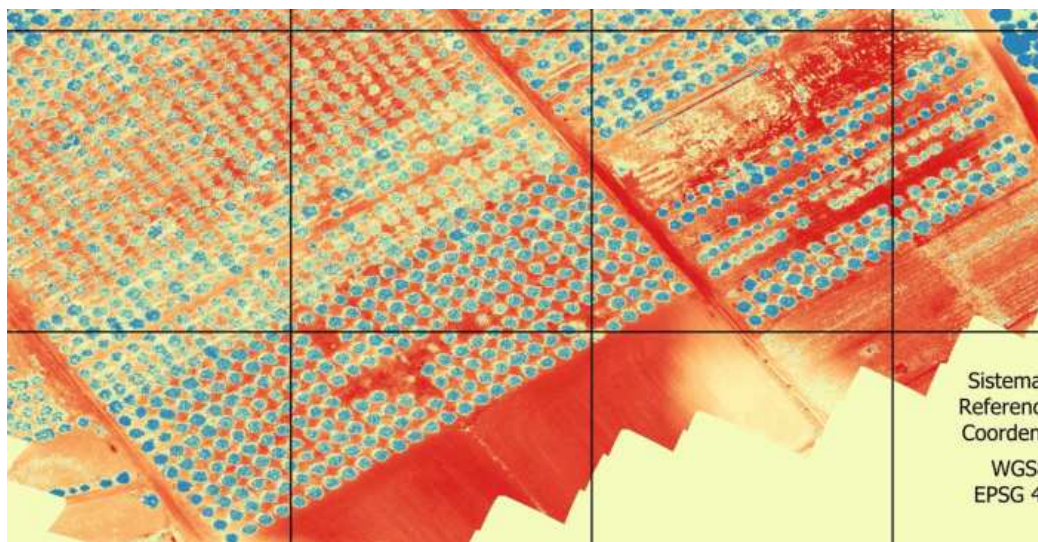


Figura 23. Plantación de cítricos. GNDVI de fecha 28/04/2023.

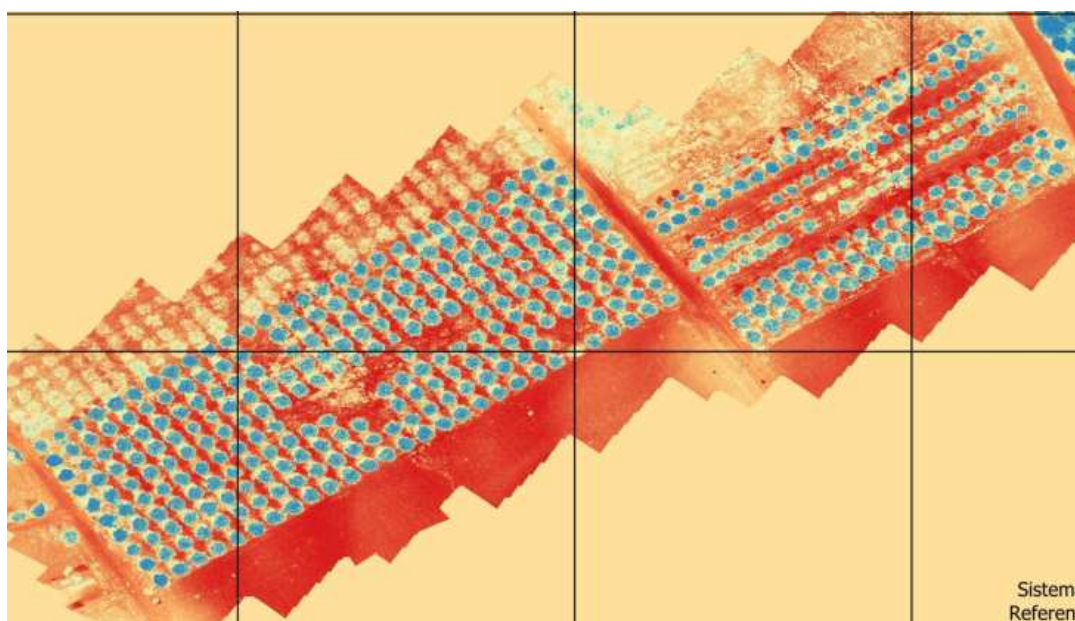


Figura 24. Plantación de cítricos. GNDVI de fecha 21/09/2023.

NDRE CÍTRICOS

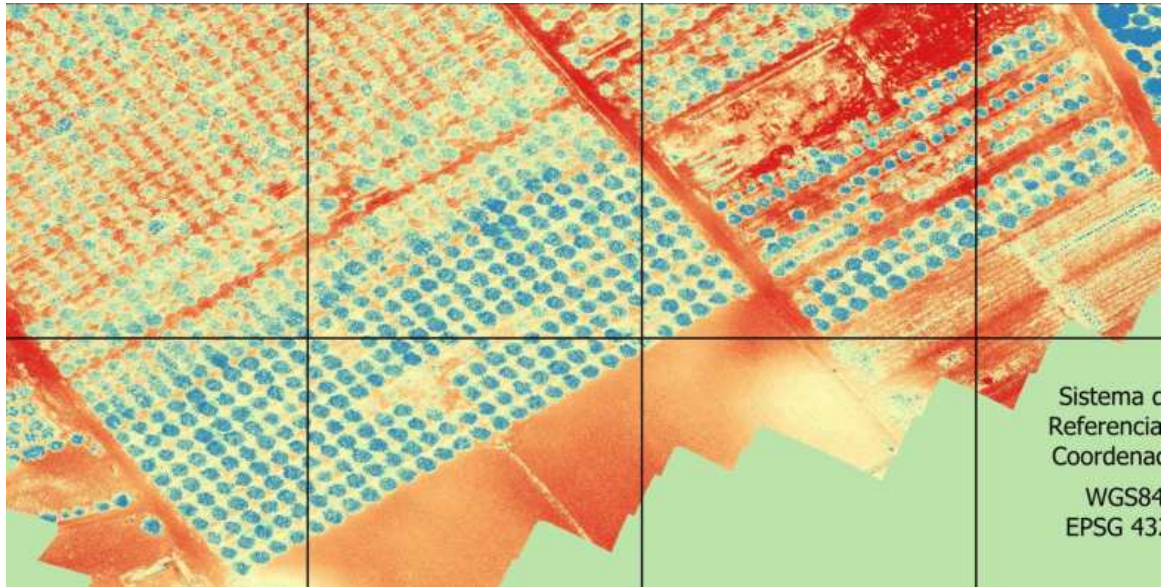


Figura 25. Plantación de cítricos. NDRE de fecha 28/04/2023.

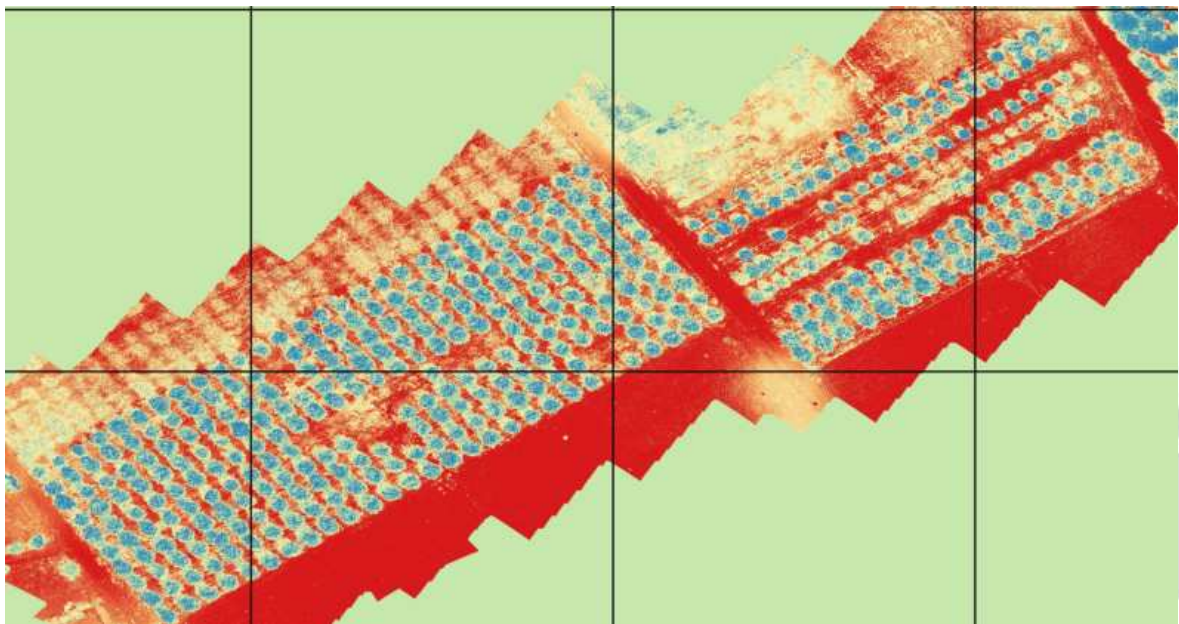
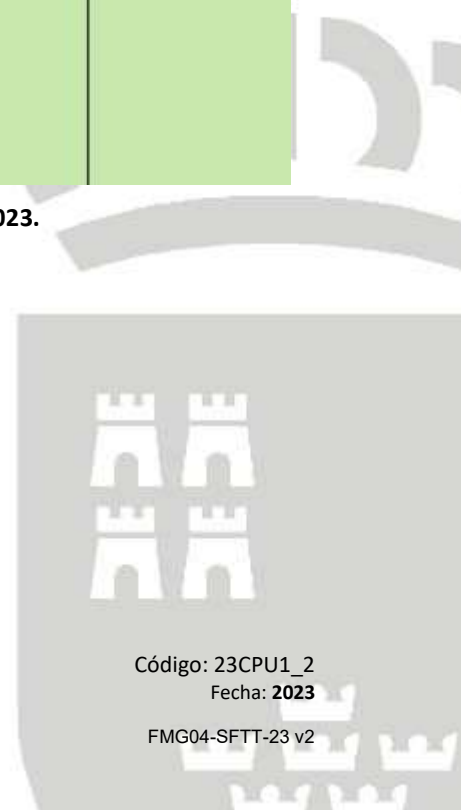


Figura 26. Plantación de cítricos. NDRE de fecha 21/09/2023.



ALCACHOFA

NDVI

El cultivo de alcachofa se estuvo monitorizando desde las primeras etapas, en las que los índices son útiles principalmente para observar la homogeneidad de la plantación y las marras (se puede apreciar mejor en los mapas a escala incluidos como anexos).

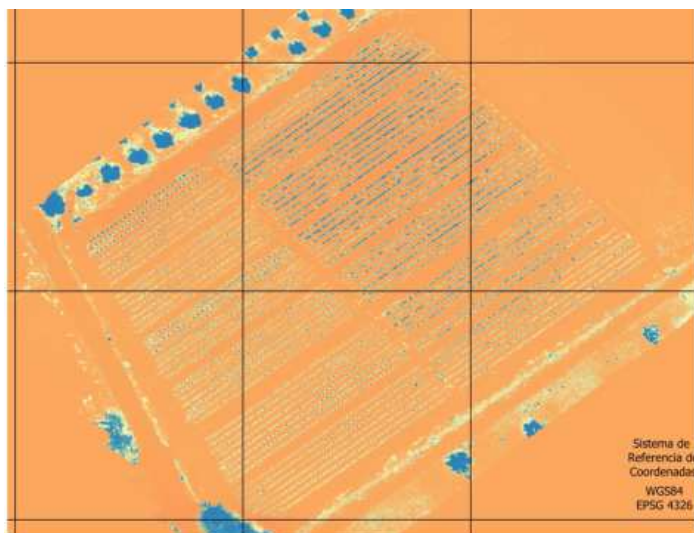


Figura 27. Plantación de alcachofa. NDVI de 21/09/2023.

Esta plantación de alcachofa de semilla, se realizó con plantones a finales de agosto de 2023. La imagen del NDVI de 21/09/2023 aún no es muy representativa por el escaso desarrollo del cultivo (Figura 27), pero se puede detectar que en el sector oeste (izquierda), se ha realizado una escarda manual de la vegetación adventicia (malas hierbas), sin embargo a la derecha (este), las líneas de cultivo se ven continuas porque no se ha realizado escarda.

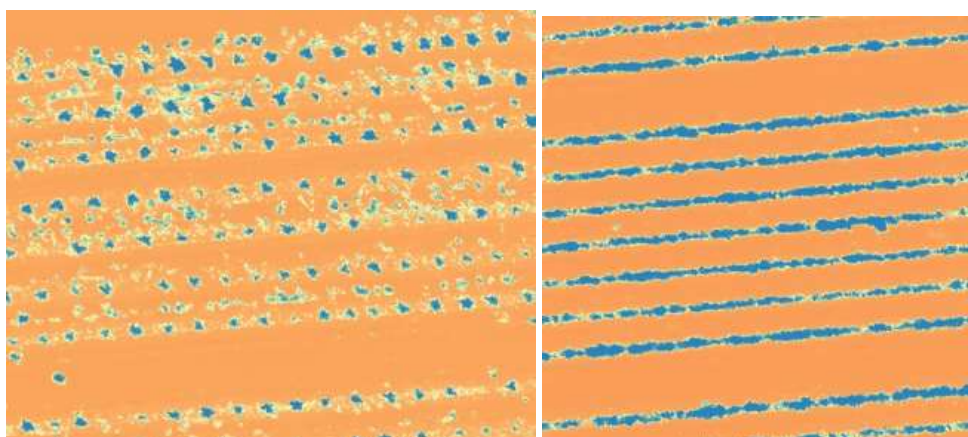


Figura 28. Plantación de alcachofa. Detalle del NDVI de 21/09/2023.

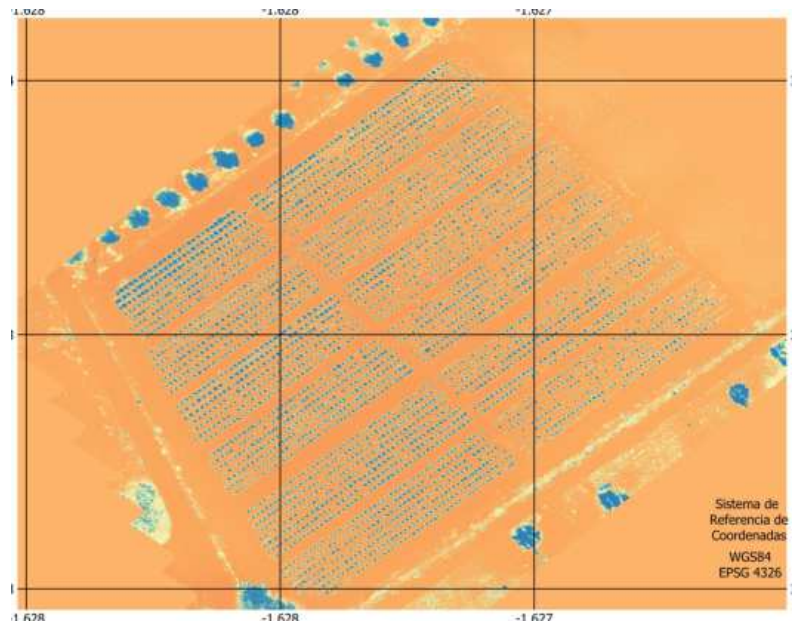


Figura 29. . Plantación de alcachofa. NDVI de 13/10/2023.

En este plano de NDVI de 13/10/2023 (Figura 29) se observa que en la zona noroeste (arriba a la izquierda de la imagen) las plantas están más desarrolladas (azul intenso), lo que se ha comprobado que es por la acumulación de agua (debido a que la parcela tiene menos altitud en esa zona). Por otro lado, se aprecia menor homogeneidad en el sector de la derecha (este) donde también hay mayor número de marras. Debajo se incluye una imagen ampliada (Figura 30).

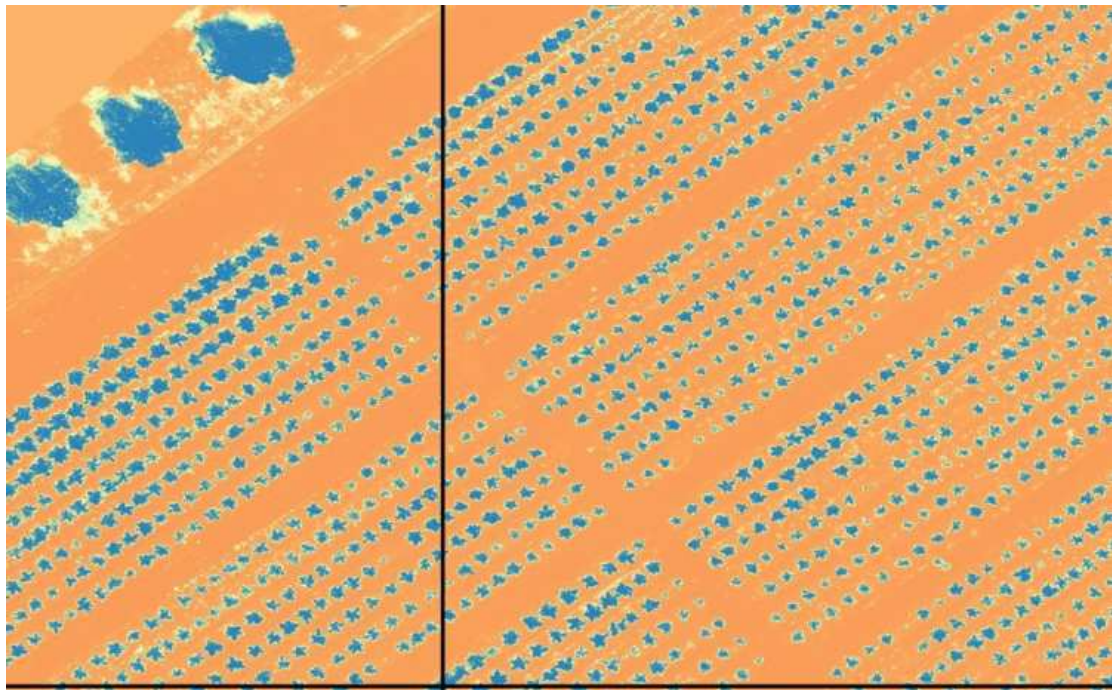


Figura 30. Plantación de alcachofa. Detalle de NDVI de 13/10/2023.

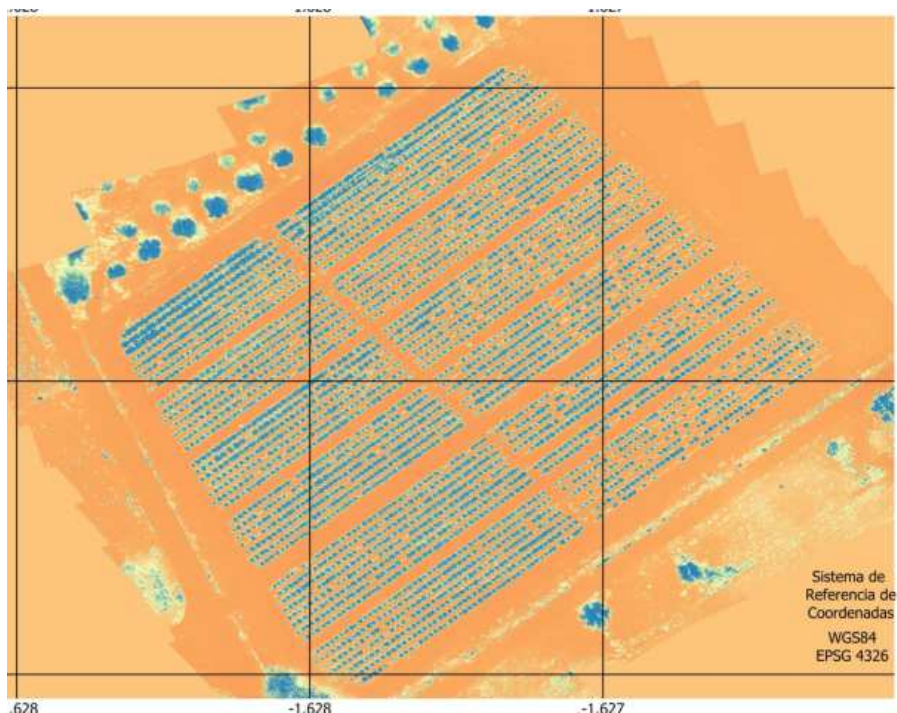


Figura 31. Plantación de alcachofa. NDVI de 30/10/2023.

En este mapa de 15 días más tarde (Figura 31), se comprueba un mayor desarrollo de la vegetación, pero continúan los problemas de falta de homogeneidad en el desarrollo, por causas de falta de uniformidad de la distribución de agua (debida al desnivel de la parcela).

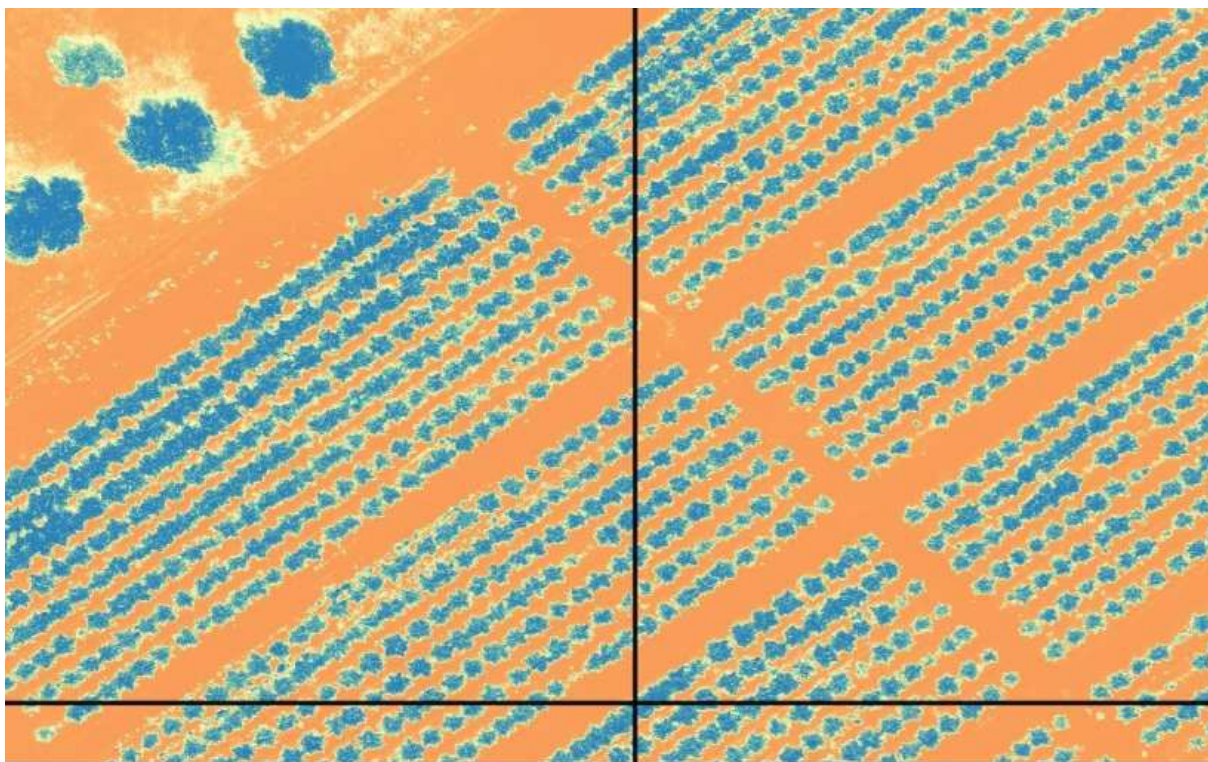


Figura 32. Plantación de alcachofa. Detalle de NDVI de 30/10/2023.

En la Figura 33 se distinguen con mayor claridad las zonas donde hubo marras y no se repusieron, apareciendo huecos sin plantas (principalmente en los sectores de la derecha o este).

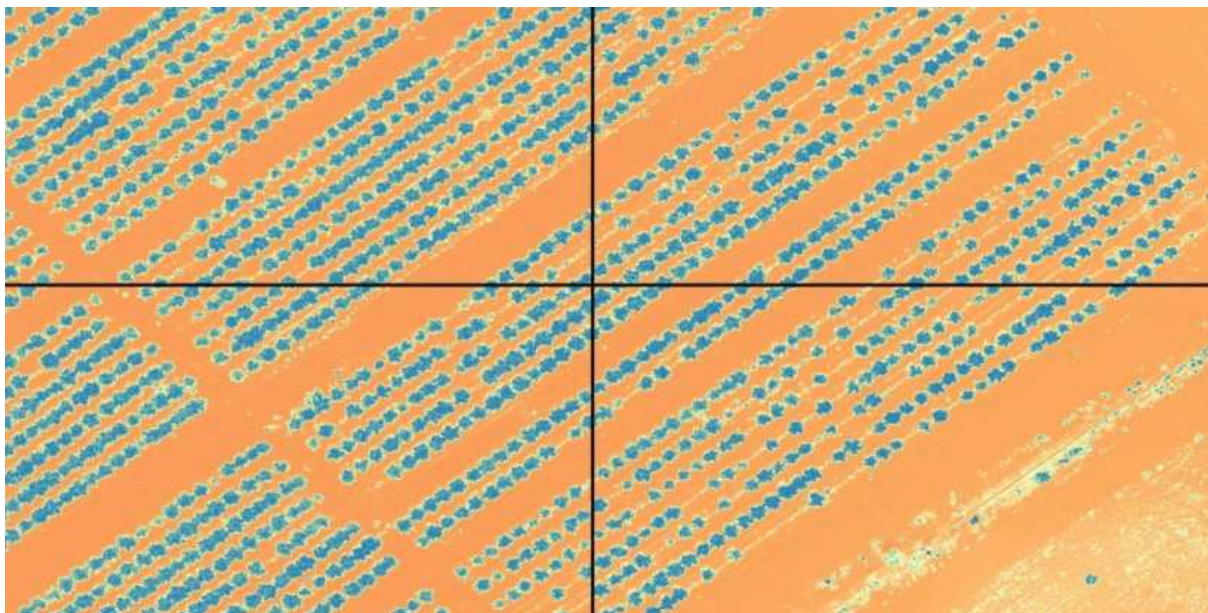


Figura 33. Plantación de alcachofa. Detalle de NDVI de 30/10/2023 donde se aprecian las marras no repuestas.

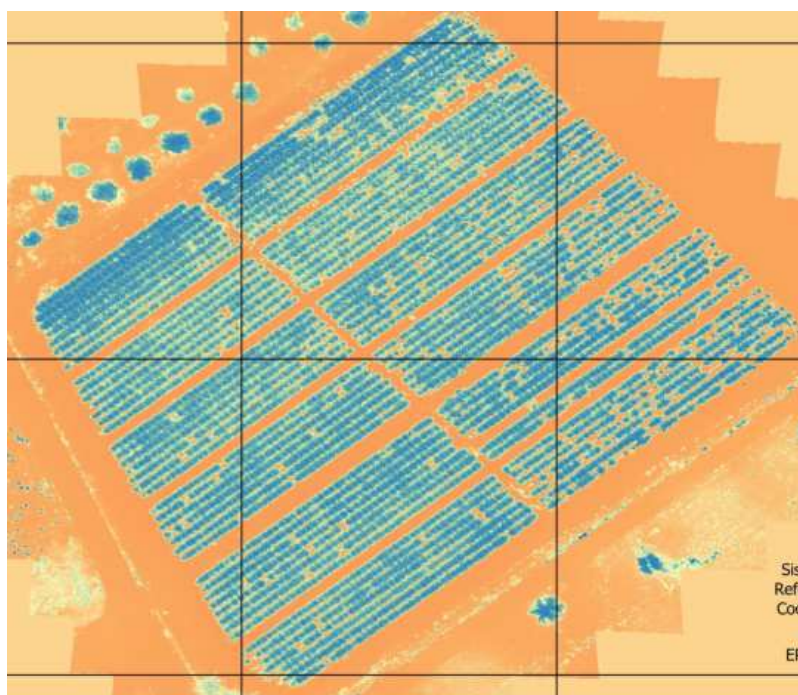


Figura 34. Plantación de alcachofa. NDVI de 01/12/2023.

Esta es la última imagen tomada en 2023 (Figura 34), el cultivo estaba ya desarrollado, cercano a la primera cosecha. Se puede observar que, aunque el cultivo ha crecido bien, se ha mantenido la heterogeneidad en el desarrollo por sectores, lo que sugiere que para próximas campañas sería aconsejable nivelar la parcela antes de plantar, reduciendo así las diferencias en la distribución de

agua y nutrientes. Es esta imagen se perciben claramente las marras no repuestas (por los huecos que quedan entre la vegetación). Se puede hacer una comparativa con la imagen en color natural (Figura 35 y Figura 36).

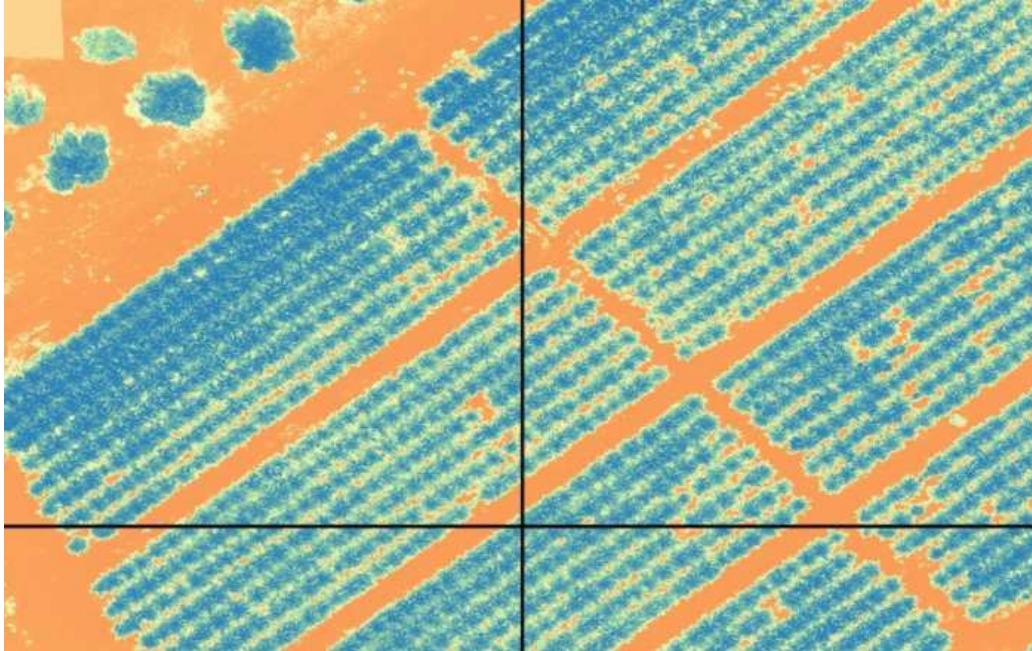


Figura 35. Plantación de alcachofa. Detalle de NDVI de 01/12/2023.

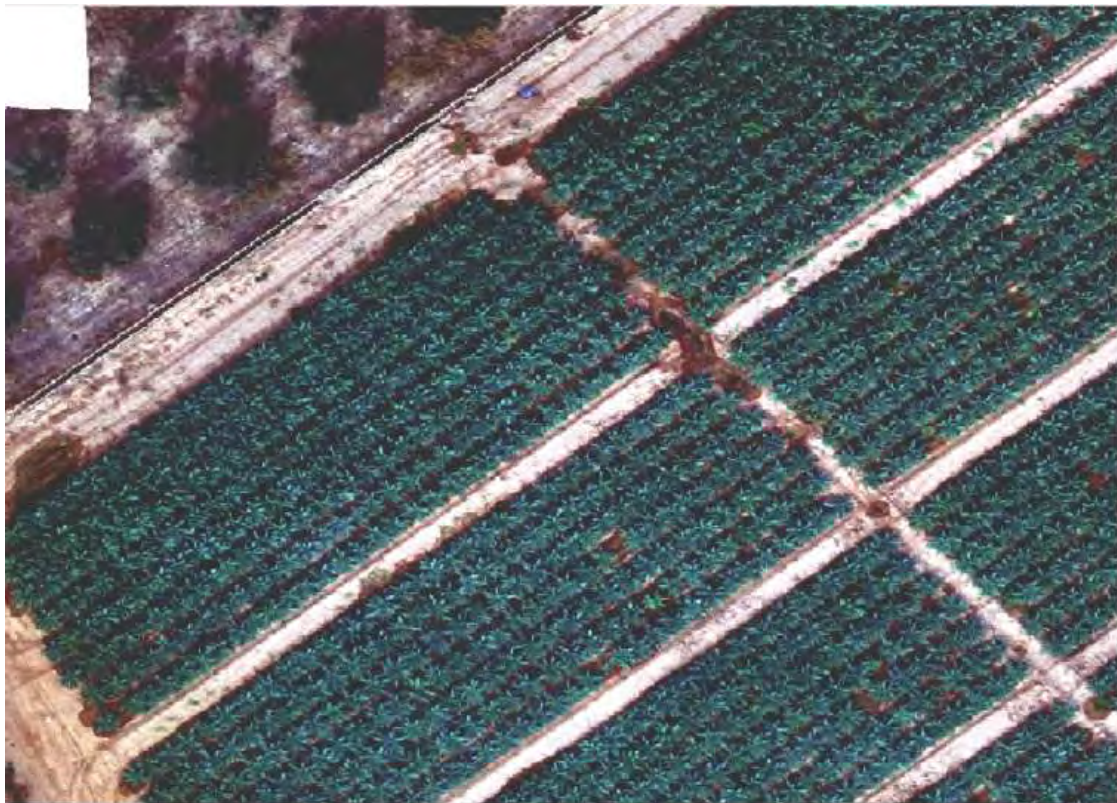


Figura 36. Plantación de alcachofa. Imagen en color natural de 01/12/2023.

GNDVI

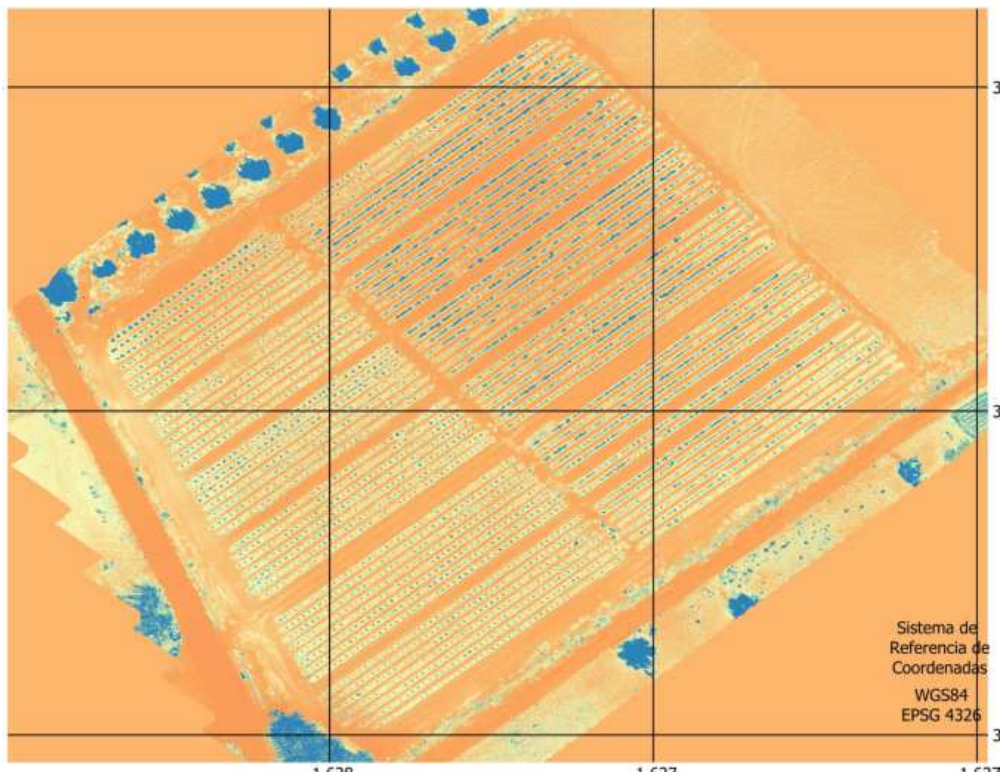


Figura 37. Plantación de alcachofa. GNDVI de 21/09/2023.

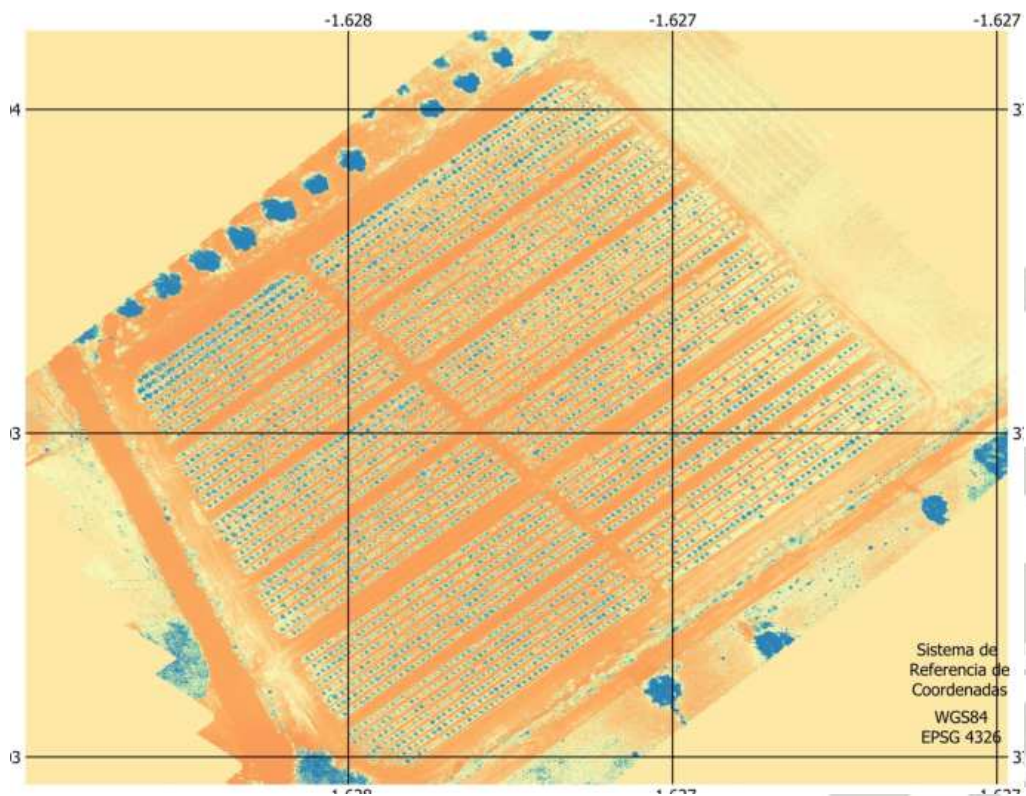


Figura 38. Plantación de alcachofa. GNDVI de 13/10/2023.

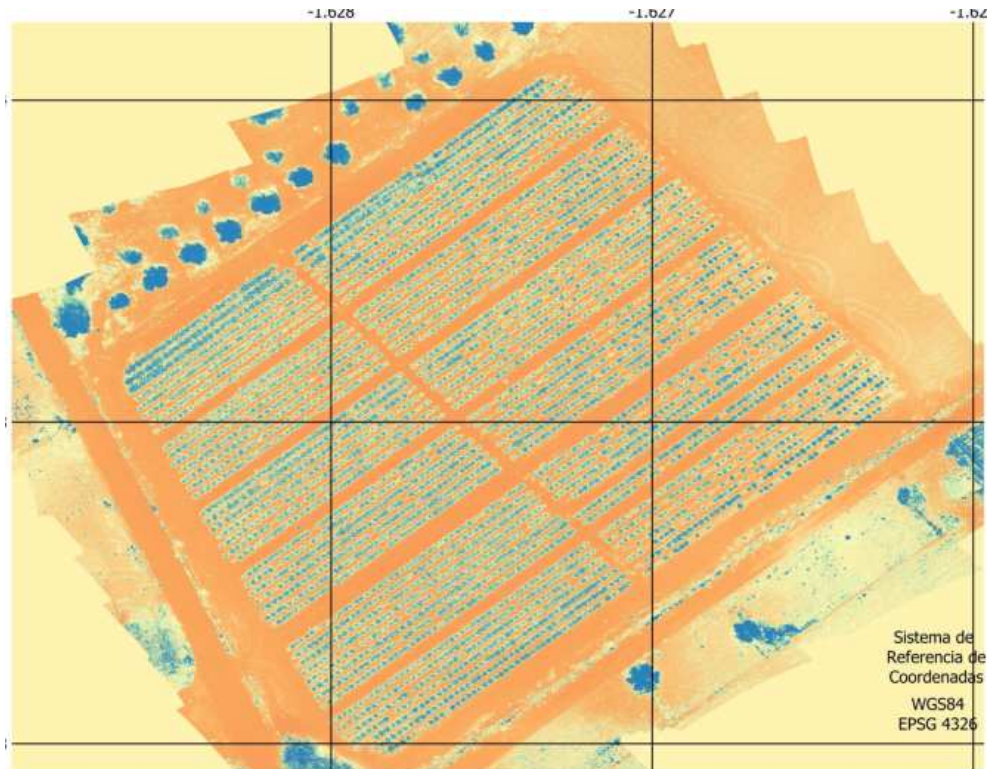


Figura 39. Plantación de alcachofa. GNDVI de 30/10/2023.

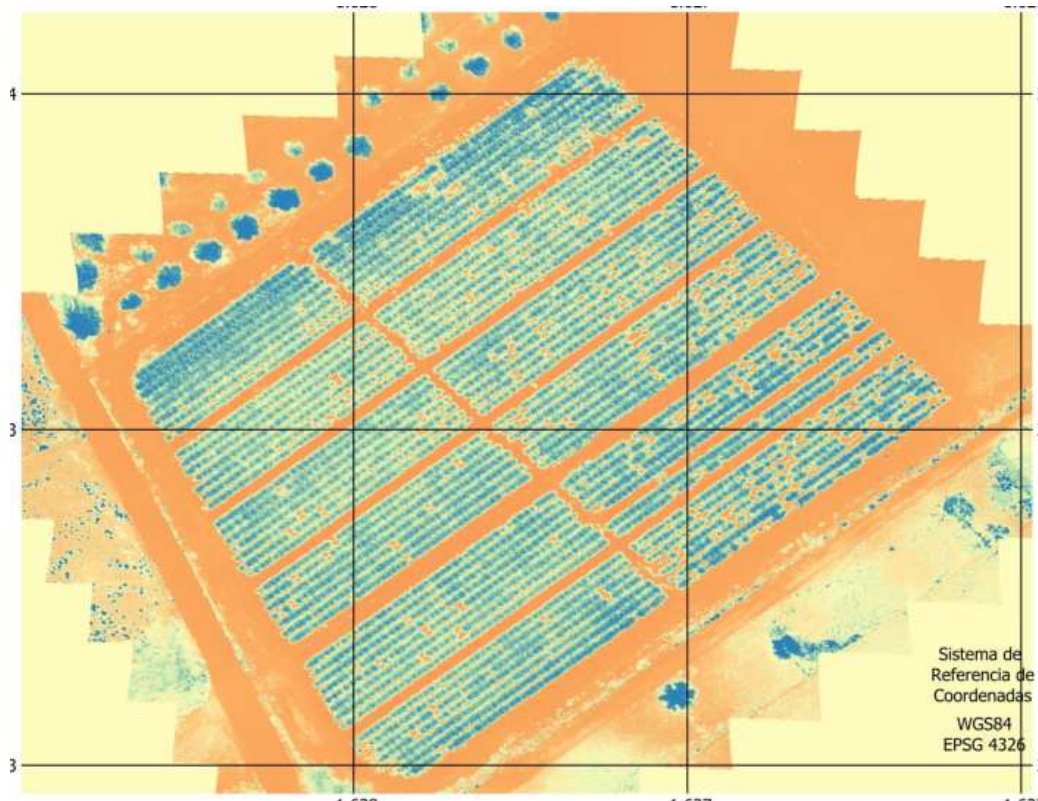


Figura 40. Plantación de alcachofa. GNDVI de 01/12/2023.

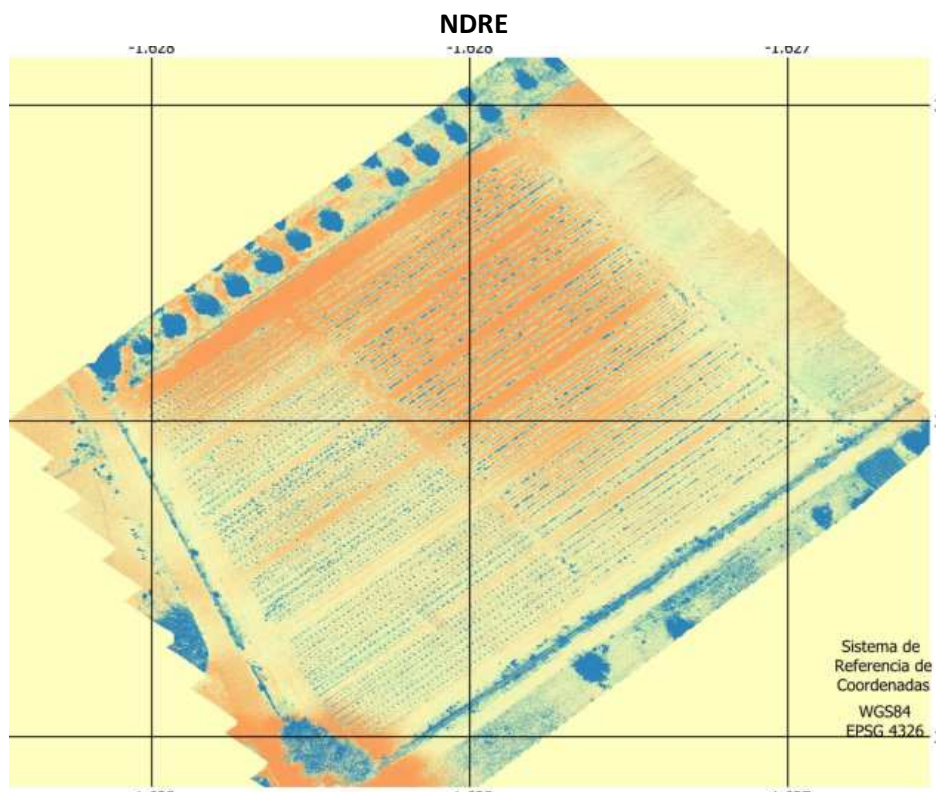


Figura 41. Plantación de alcachofa. NDRE de 21/09/2023.

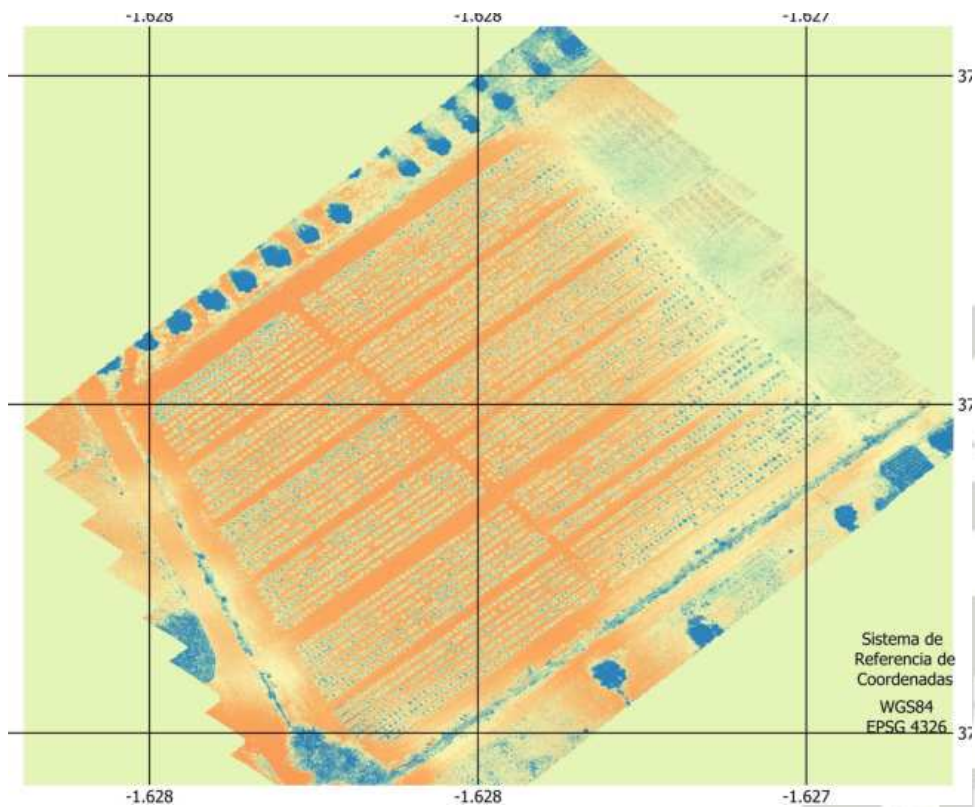


Figura 42. Plantación de alcachofa. NDRE de 13/10/2023.

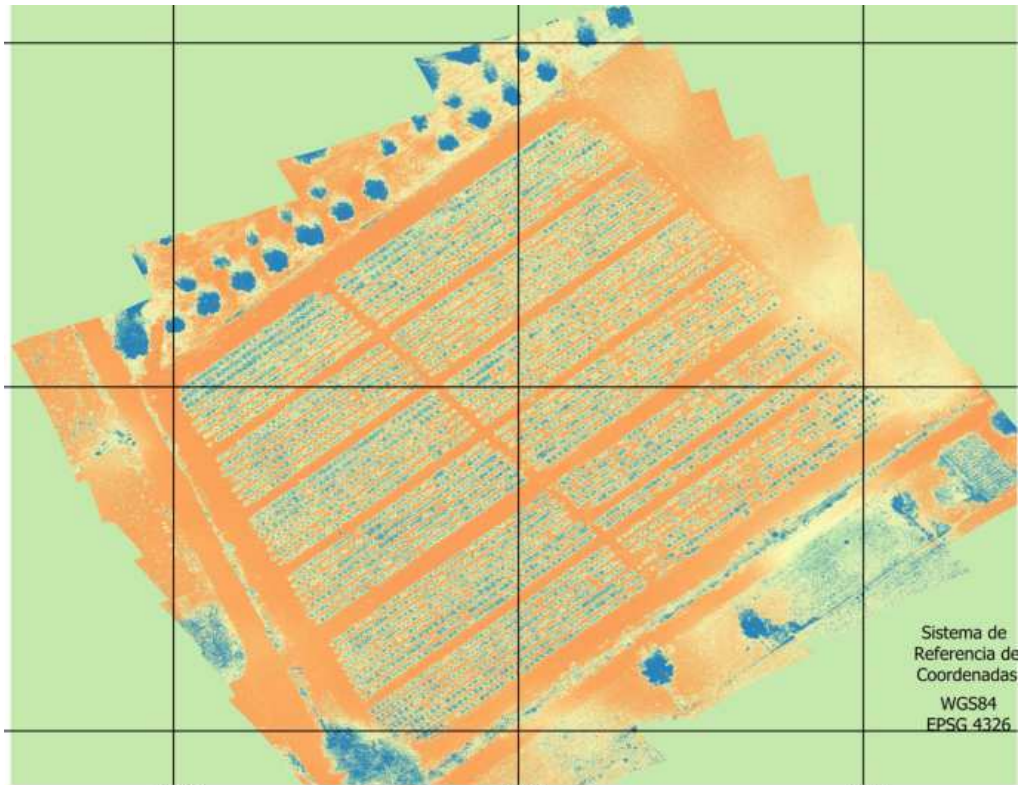


Figura 43. Plantación de alcachofa. NDRE de 30/10/2023.

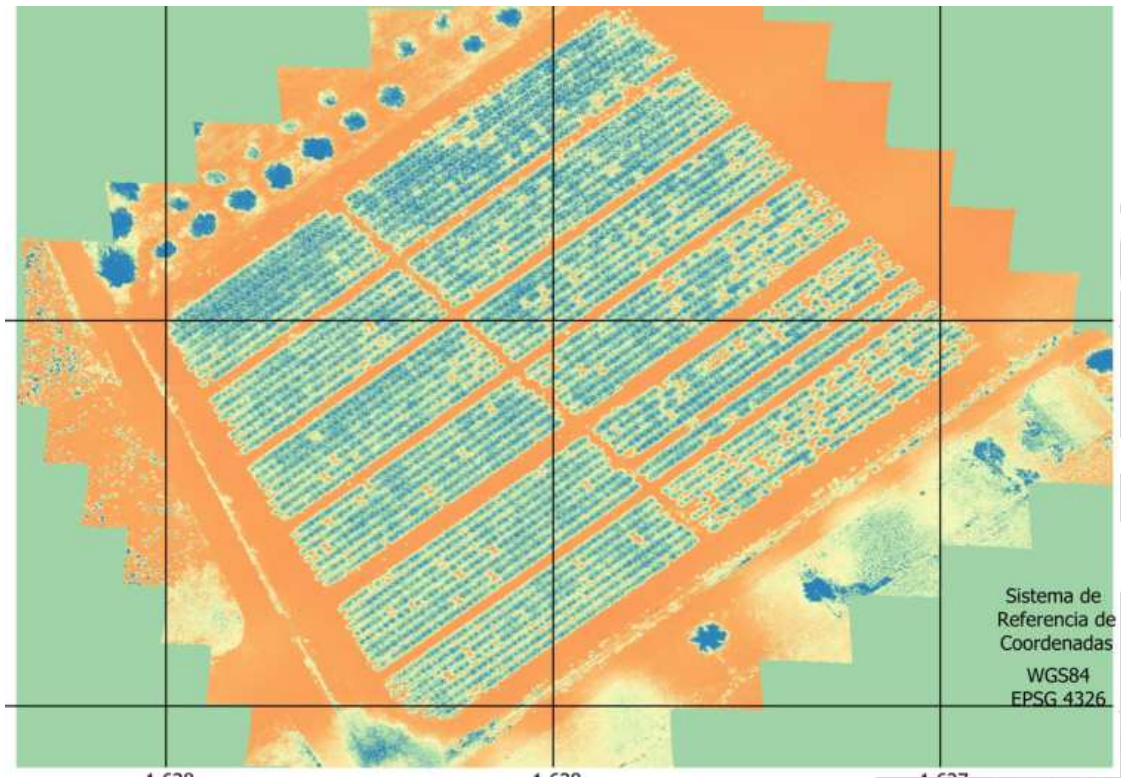


Figura 44. Plantación de alcachofa. NDRE de 01/12/2023.

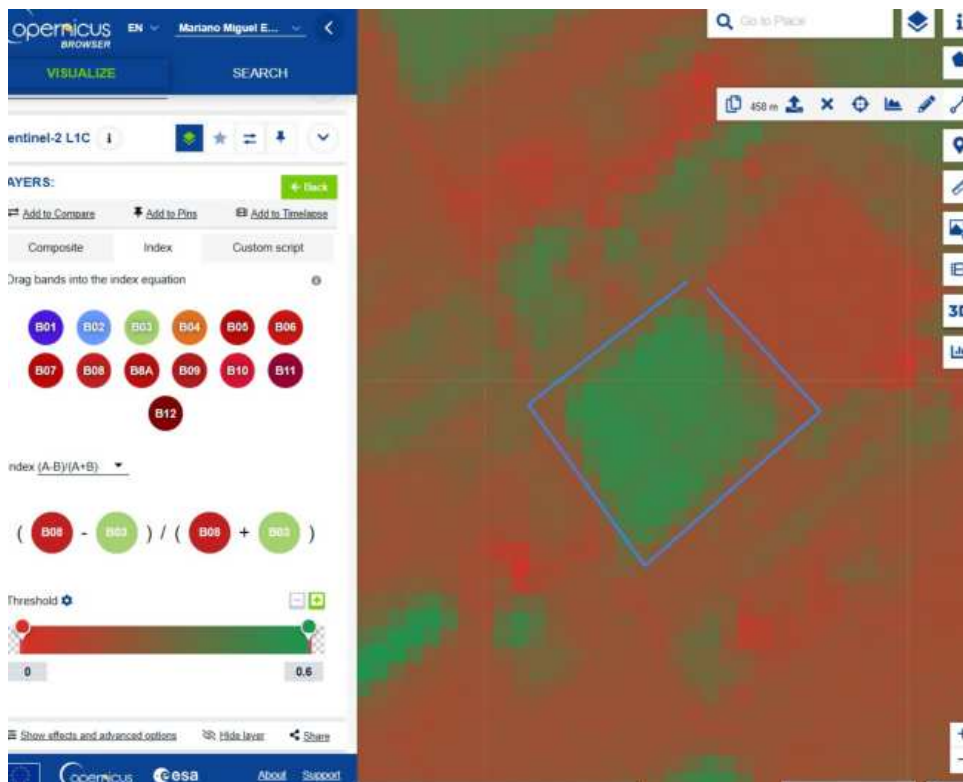


Figura 45 Plantación de alcachofa. NDRE de 26/11/2023 calculado a partir de imágenes SENTINEL2 desde el visor Copernicus Browser (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>).

En la Figura 45 se exhibe el NDRE de fecha 26/11/2023 calculado desde el visor Copernicus Browser a partir de una imagen del satélite SENTINEL 2. Como se observa, la resolución es muy grosera (10x10 m) y solo da una idea general del estado de la plantación (Figura 46).

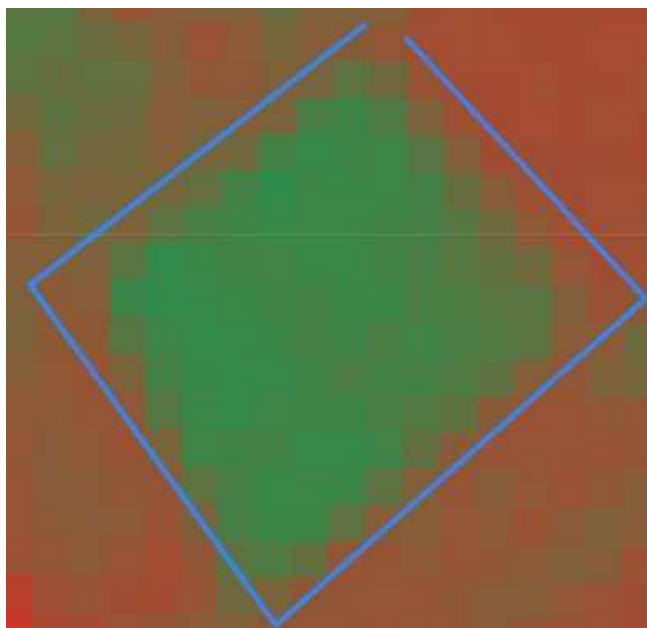


Figura 46 Plantación de alcachofa. Detalle del NDRE de 26/11/2023 calculado a partir de imágenes SENTINEL2 desde el visor Copernicus Browser (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>).

4.1 Modelos Dgitales del Terreno.

Mediante el procesado fotogramétrico de las imágenes captadas por dron se pueden obtener modelos digitales de elevaciones (MDE) de las parcelas. Estos productos cartográficos son de gran utilidad para comprobar la nivelación de las parcelas, la altura de los árboles, etc. En la Figura 51 se muestra el MDE obtenido de la plantación de alcachofas. Como se puede ver, en la parte superior de la imagen (norte) la altitud es menor que en la parte inferior (sur). Este desnivel de la parcela ha provocado los problemas comentados de falta de uniformidad de riego, acumulación de agua y nutrientes de fertirrigación en las zonas de menor altitud y falta de homogeneidad en el desarrollo del cultivo (con plantas mucho más desarrolladas en zonas bajas).

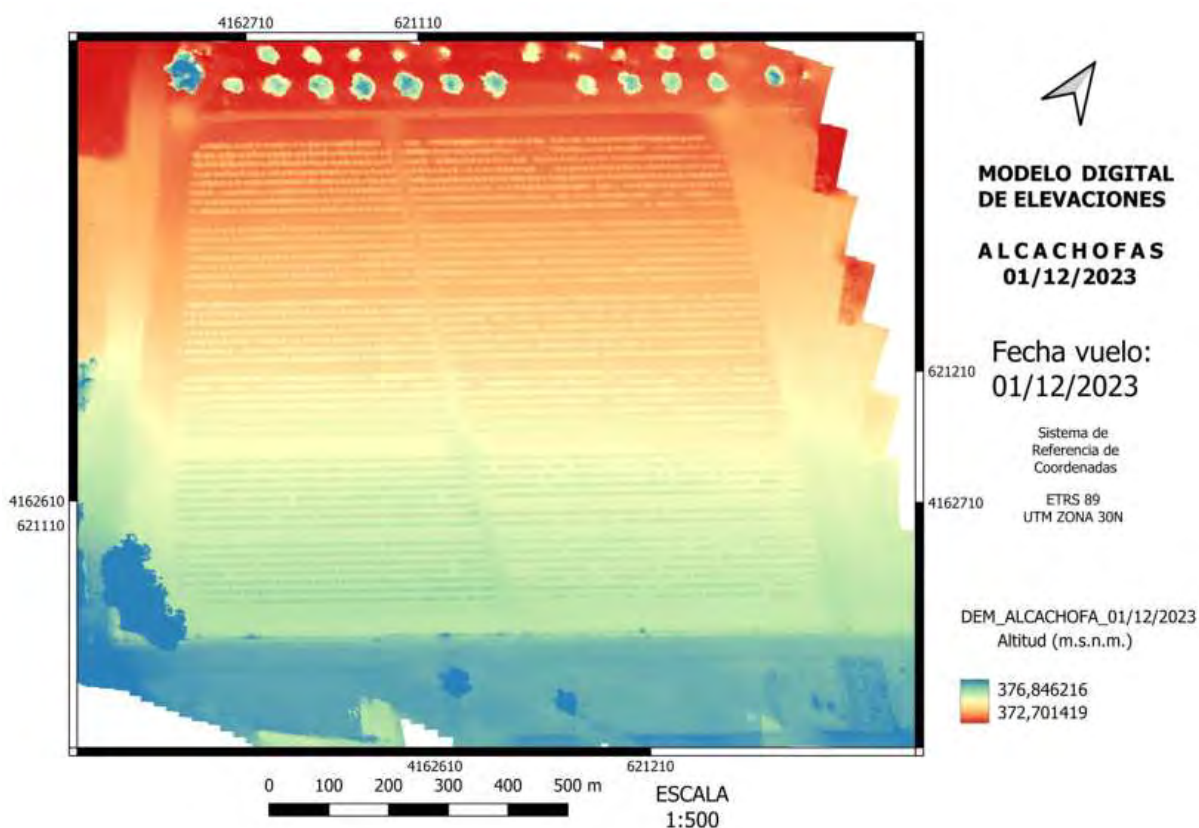


Figura 47. Cultivo de alcachofas. Modelo digital de elevaciones.

4.1 Ortofotos a escala.

Tras el procesado fotogramétrico de las imágenes captadas por el dron también se pueden generar ortofotomáscaras georreferenciadas y a escala.

Representando estas imágenes en un plano a escala (Figura 48), se pueden hacer mediciones sobre éste (distancias, superficies), tanto en papel (impreso) como digitalmente mediante software GIS (QGIS u otros) o de diseño gráfico (Figura 49 y Figura 50).

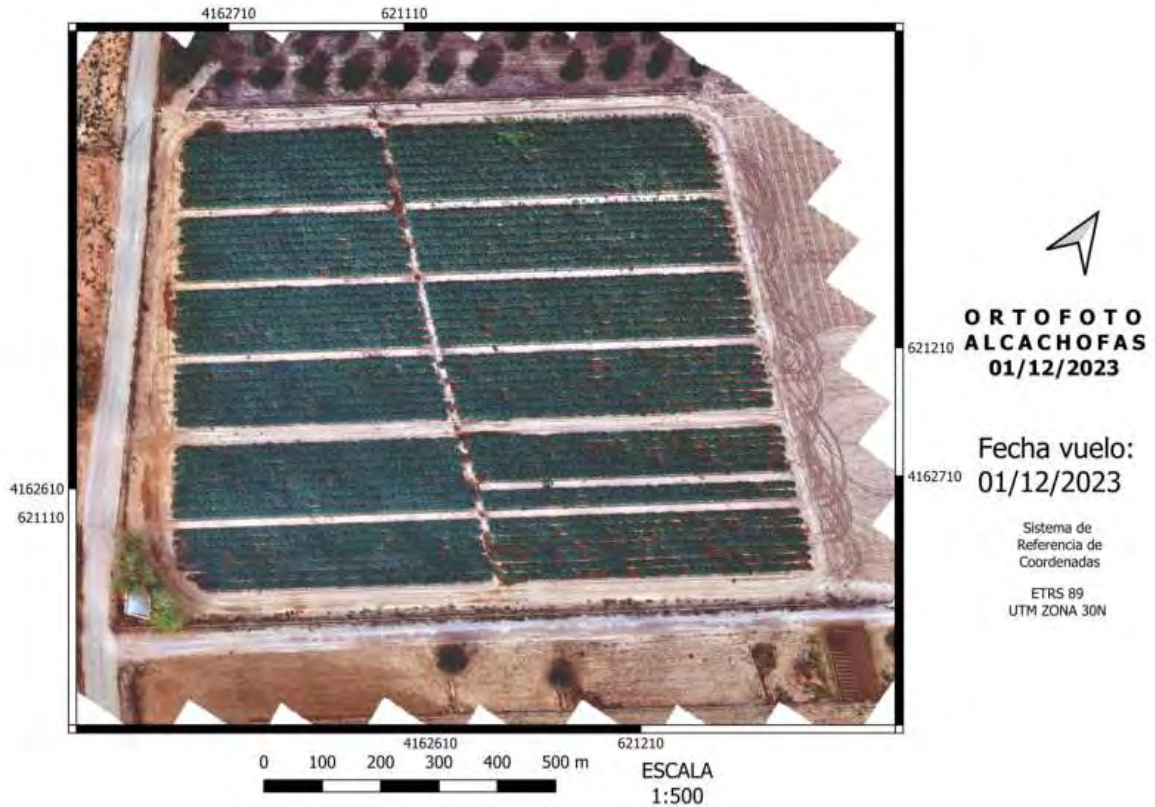


Figura 48. Parcela de alcachofas. Plano con ortofotografía a escala.

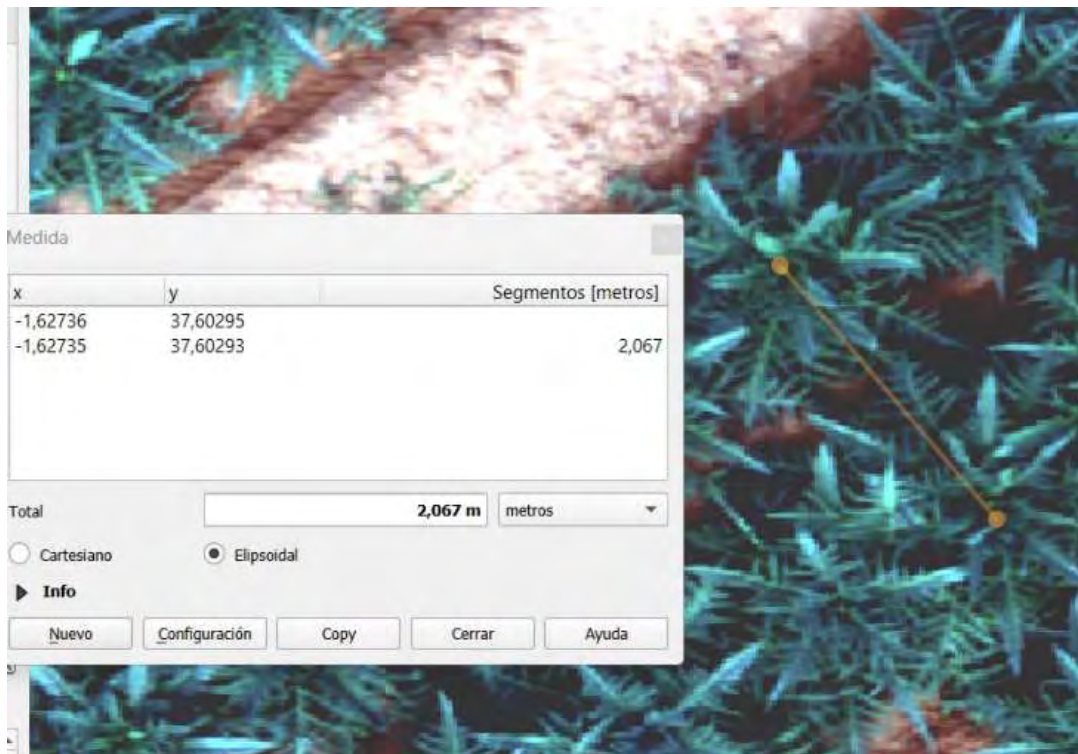


Figura 49. Cultivo de alcachofas. Ejemplo de medición de distancias sobre ortoimagen obtenida con dron.

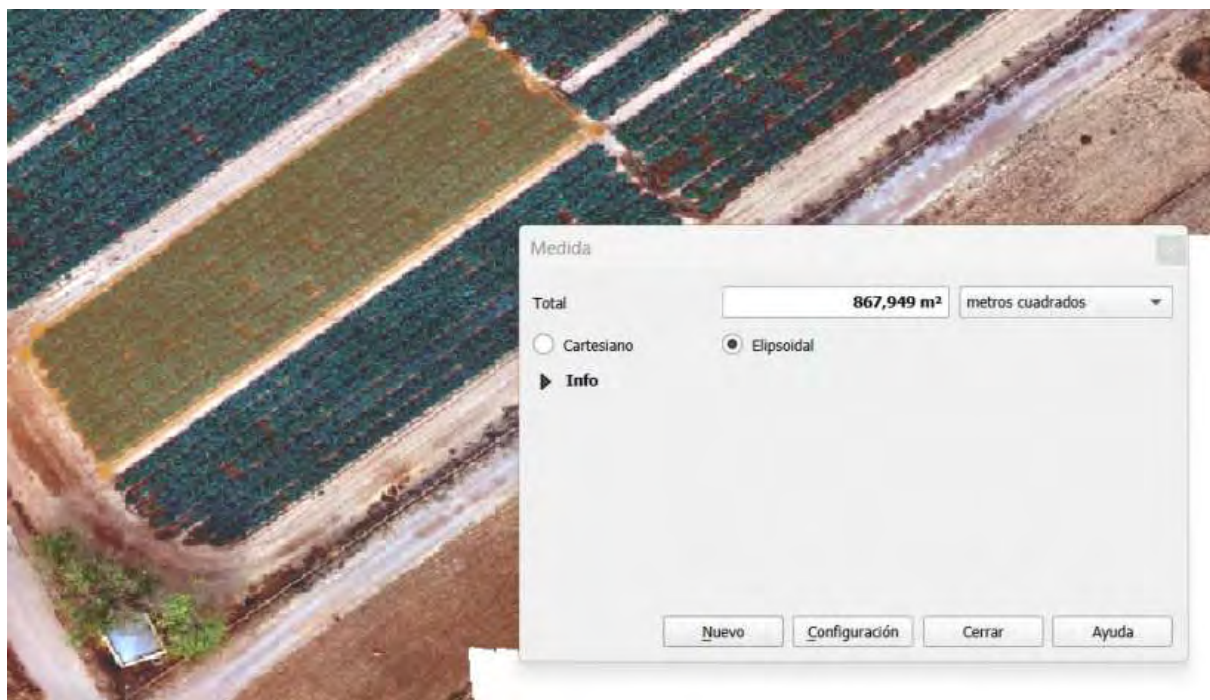


Figura 50. Cultivo de alcachofas. Ejemplo de medición de superficies sobre ortoimagen obtenida con dron.

4.1 Imágenes SENTINEL-2 desde el visor Copernicus Browser.

Desde el visor de Copernicus es posible analizar diferentes composiciones de las imágenes de sus satélites. En concreto, con SENTINEL-2 se pueden visualizar directamente imágenes de distintas fechas, índices de vegetación, de humedad y otros índices espectrales. Además, permite realizar combinaciones personalizadas con las distintas bandas que capta el sensor del satélite.

También existe la posibilidad de generar gráficas con los valores de los índices espectrales para una superficie o plantación especificada, con datos de hasta 5 años. Esto permite, por ejemplo, estudiar la evolución del NDVI de una plantación frutal durante 1, 3, 6 meses y 1, 2 o 5 años (Figura 51).



Figura 51. Plantación de limoneros: Evolución del NDVI de los últimos 5 años (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>).

5. CONCLUSIONES.

Se ha podido comprobar que los índices de vegetación obtenidos de imágenes multiespectrales son de gran utilidad para el monitoreo de cultivos, permitiendo detectar anomalías o patologías en los vegetales cuando empiezan a aparecer, lo que posibilita actuar con rapidez ante plagas, enfermedades o fisiopatías incipientes. Por otra parte, la generación de mapas georreferenciados permite realizar tratamientos localizados únicamente en las zonas afectadas.

A partir de esta información geolocalizada, y disponiendo de un dron equipado para tratamientos fitosanitarios o un tractor dotado de sistemas de posicionamiento (RTK), se podrían hacer tratamientos localizados solo en los puntos problemáticos. Esto optimizaría el consumo de insumos (combustible, fitosanitarios, fertilizantes, etc.) y de mano de obra, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y económica de la explotación.

Otros productos cartográficos de gran utilidad obtenidos mediante las imágenes captadas por dron son:

- Modelos digitales de elevaciones: aportan información sobre la nivelación de las parcelas, altura de los árboles y otros elementos de la explotación. También permiten calcular volúmenes (biomasa de vegetación, movimiento de tierras, cubicaciones, etc.).
- Ortoimágenes a escala: para hacer mediciones precisas de longitudes y superficies (marcos de plantación, longitud de tuberías, superficie de sectores, etc.).

Además de realizar vuelos fotogramétricos programados (para después procesar las imágenes en oficina), el dron utilizado permite hacer revisiones directas en campo de las plantaciones, pues desde la pantalla se puede observar lo que está captando en dron en diferentes formatos de visualización:

color verdadero o índices de vegetación (NDVI, GNDVI y NDRE). Mediante esta opción se puede hacer uso de los índices de vegetación sin tener que calcularlos, no requiriendo una formación específica, simplemente visualizar la imagen y comprender el significado de los distintos colores de los índices de vegetación.

Las imágenes multispectrales de los satélites SENTINEL-2, debido a su resolución espacial de 10x10 metros, aportan información a nivel de parcela pero no de plantas/árboles individuales, por lo que su utilidad en agricultura intensiva es más limitada. Sí son interesantes para hacer análisis temporales a nivel de parcela, lo que se puede hacer directamente desde el visor de Copernicus (sin necesidad de descargar y procesar las imágenes).

Resumiendo lo expuesto, se puede decir que el dron dotado de cámara multispectral es de gran utilidad para el monitoreo de cultivos. Disponiendo únicamente de licencia de piloto de UAV se pueden supervisar los cultivos en campo, lo sería de gran utilidad para un agricultor con una superficie de cultivo a partir de 5 o 10 hectáreas.

Para análisis más avanzados y generación de ortoimágenes y MDT sería necesaria una formación específica en teledetección y fotogrametría.

Las imágenes de los satélites SENTINEL 2 son de utilidad para exploración a nivel de parcela. Nos puede aportar información del estado general de un cultivo a escala de parcela. También podría ser muy útil para monitoreo de explotaciones de agricultura extensiva, con grandes superficies de cultivo (cereales, leguminosas, oleaginosas, etc.)

6. ACTUACIONES DE DIVULGACION REALIZADAS.,

Se realizó una Jornada webinar titulada “Proyectos de Transferencia en el CDA de Purias”, en fecha 08/11/2023, describiendo los diferentes proyectos que se estaban desarrollando en 2023 en el CDA, entre los que se incluía este proyecto.

Se explicó a los agricultores de la Cooperativa Alimer (que pasaron a ver ensayos realizados por la Fundación Alimer en el CDA de Purias) las posibilidades que ofrecen los drones en el monitoreo de cultivos, mostrándoles la visualización del cultivo con distintos índices de vegetación, desde la Tablet acoplada al mando de control remoto.

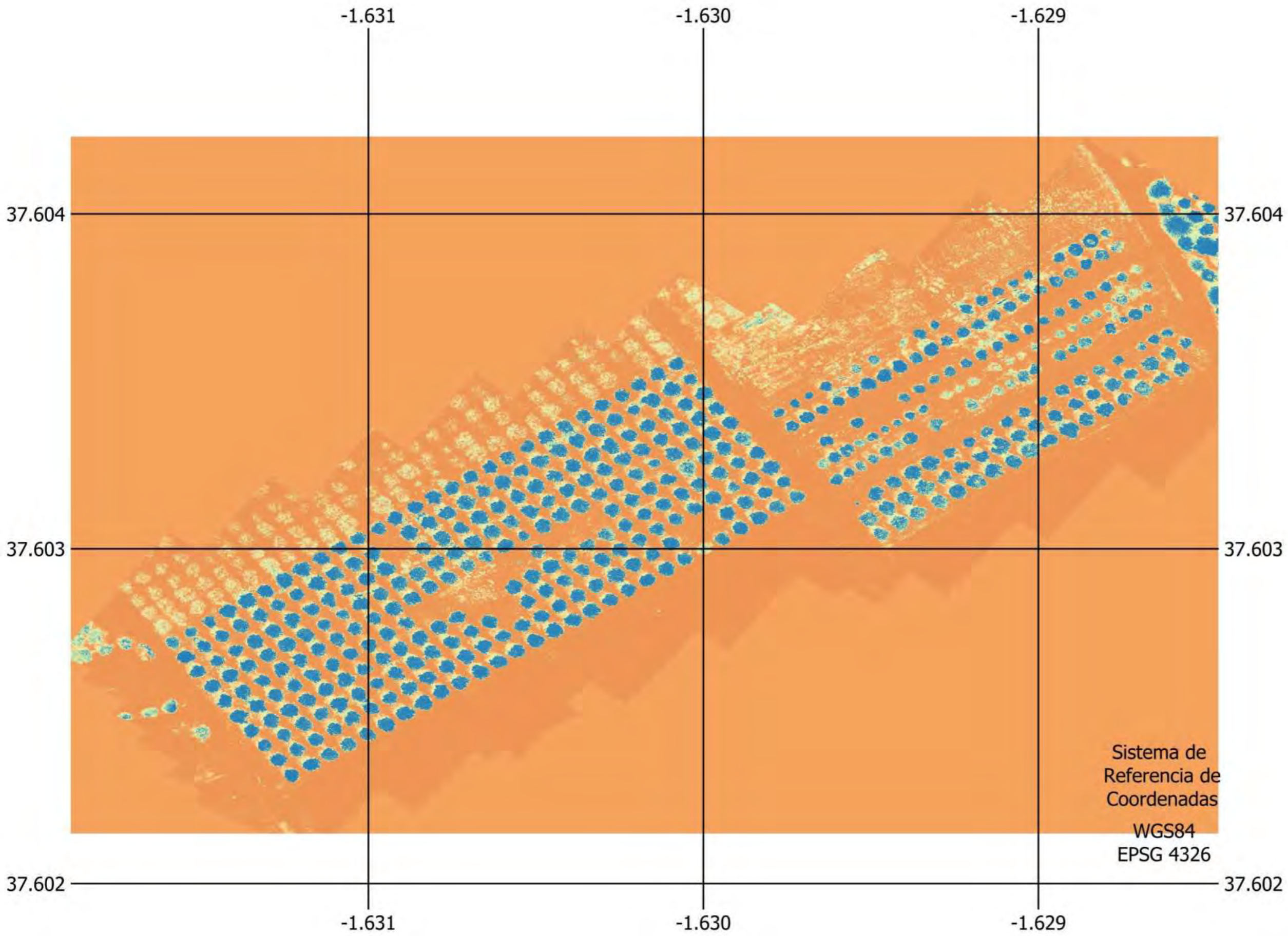
También se realizó un video divulgativo del proyecto, que puede visualizarse en el canal de YouTube del Servicio de Formación y Transferencia Tecnológica (https://www.youtube.com/watch?v=y4q_jtw6zeQ).

7. BIBLIOGRAFIA.

tacion/Chuvieco Salinero, E. (2010). Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio (1a. ed. en esta presentación, actualizada.). Ariel.

Índices De Vegetación Y Su Aplicación En La Agricultura Digital. (2022, febrero 18). <https://eos.com/es/blog/indices-de-vegetacion/>

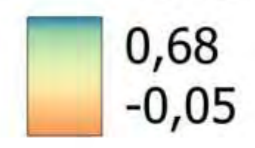
8. ANEXOS.



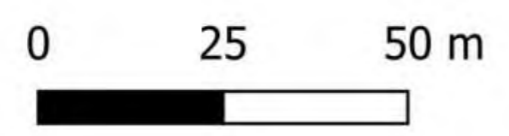
Mapa NDVI

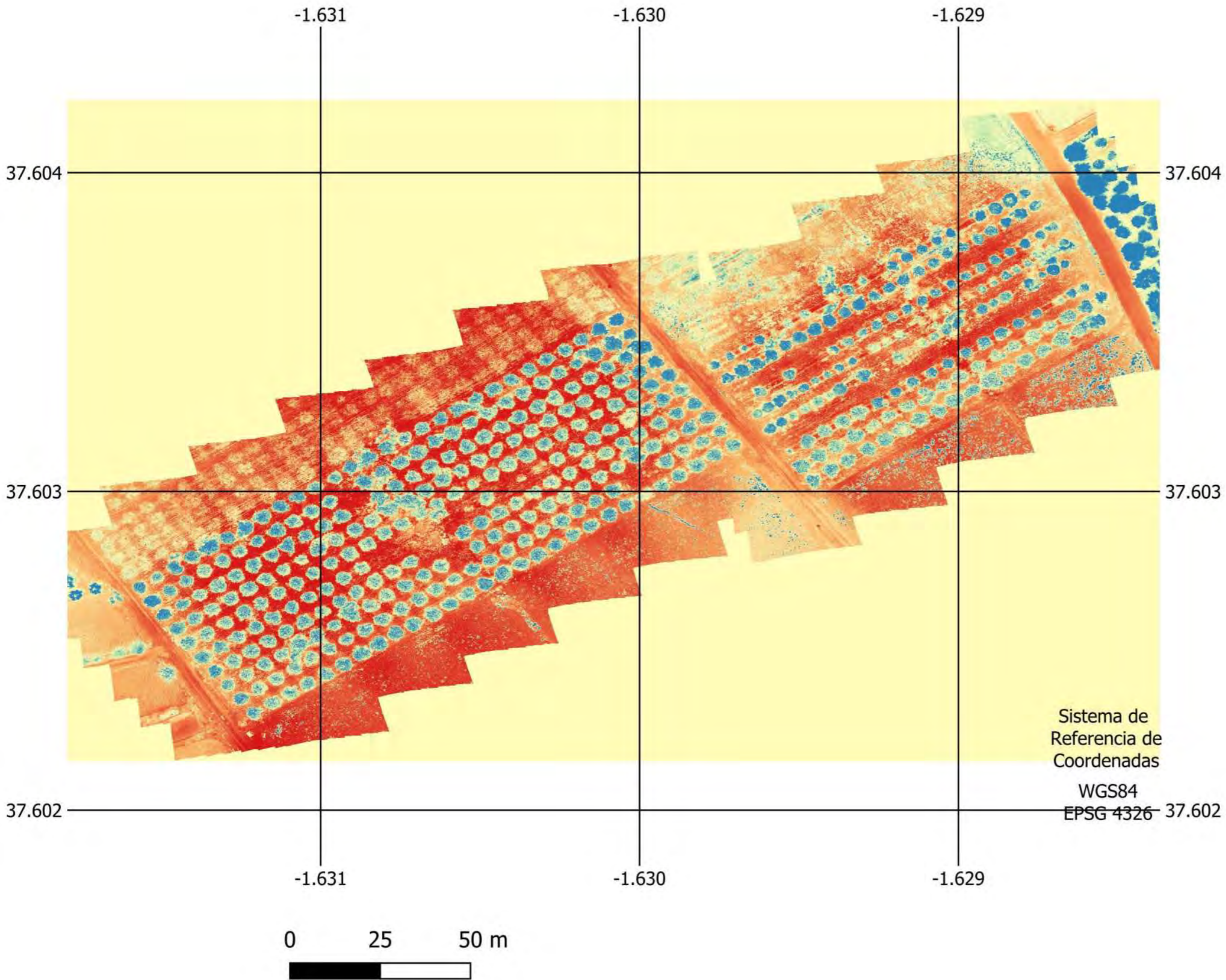
CITRICOS_NDVI_20231201

Banda 1 (Gray)



Sistema de
Referencia de
Coordenadas
WGS84
EPSG 4326

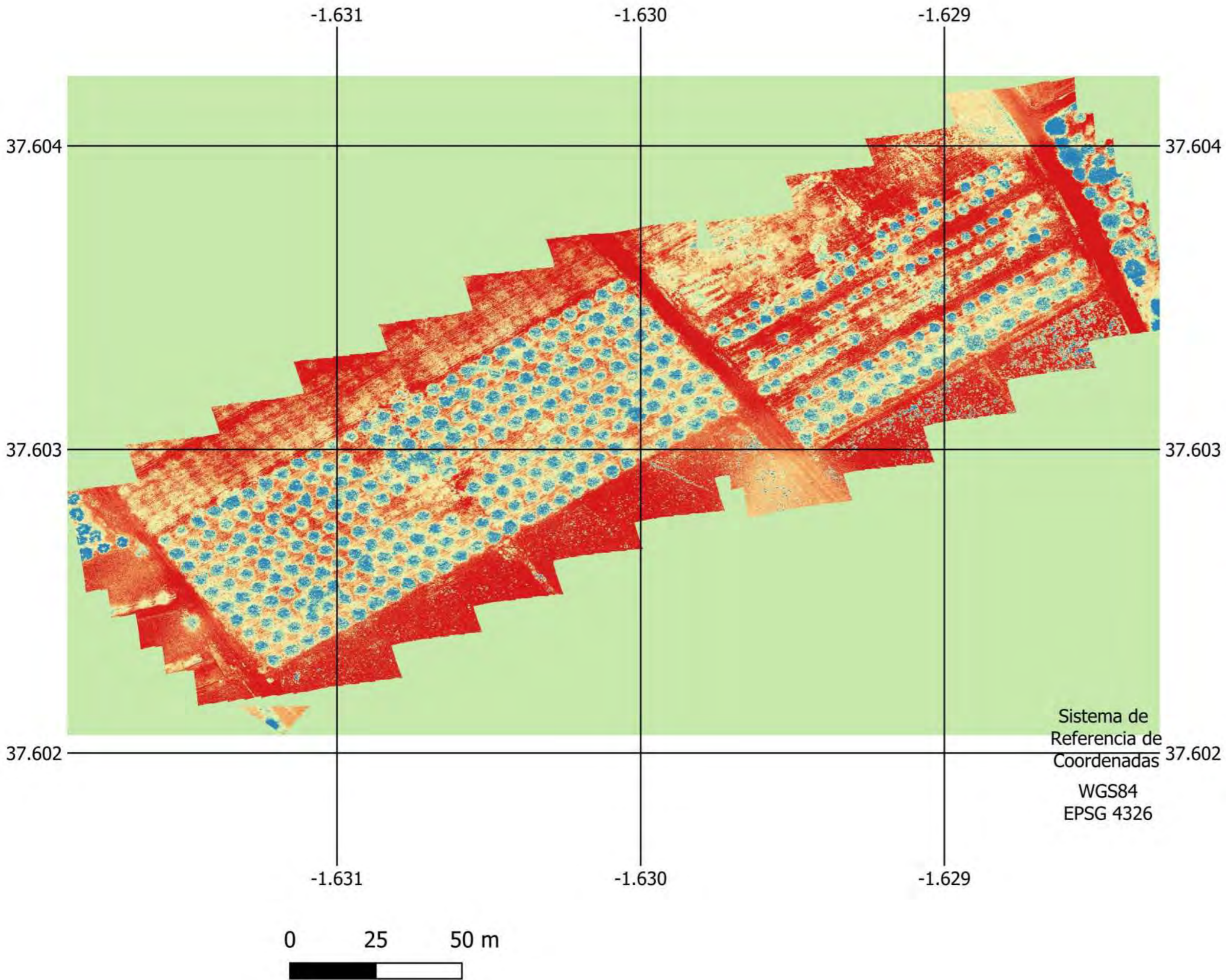




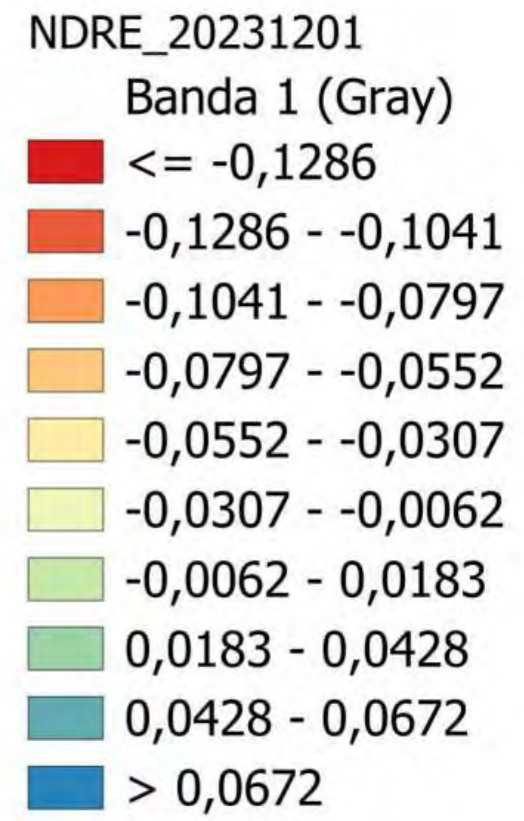
Mapa GNDVI

GNDVI_20231201
Banda 1 (Gray)

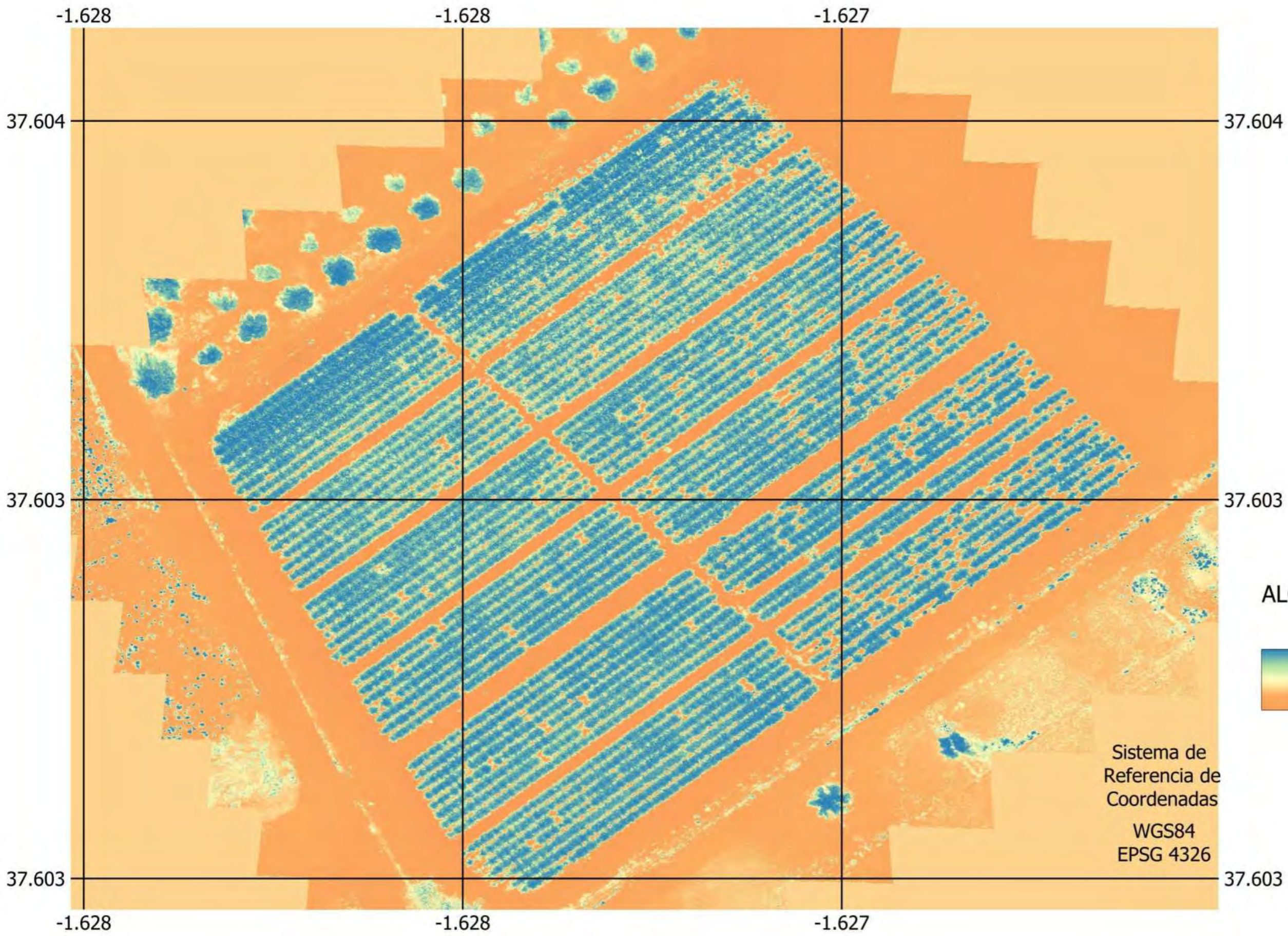
0,355393
-0,342189



Mapa NDVI



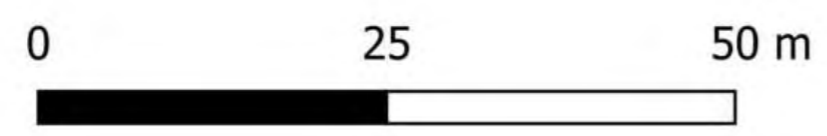
Sistema de
Referencia de
Coordenadas
WGS84
EPSG 4326

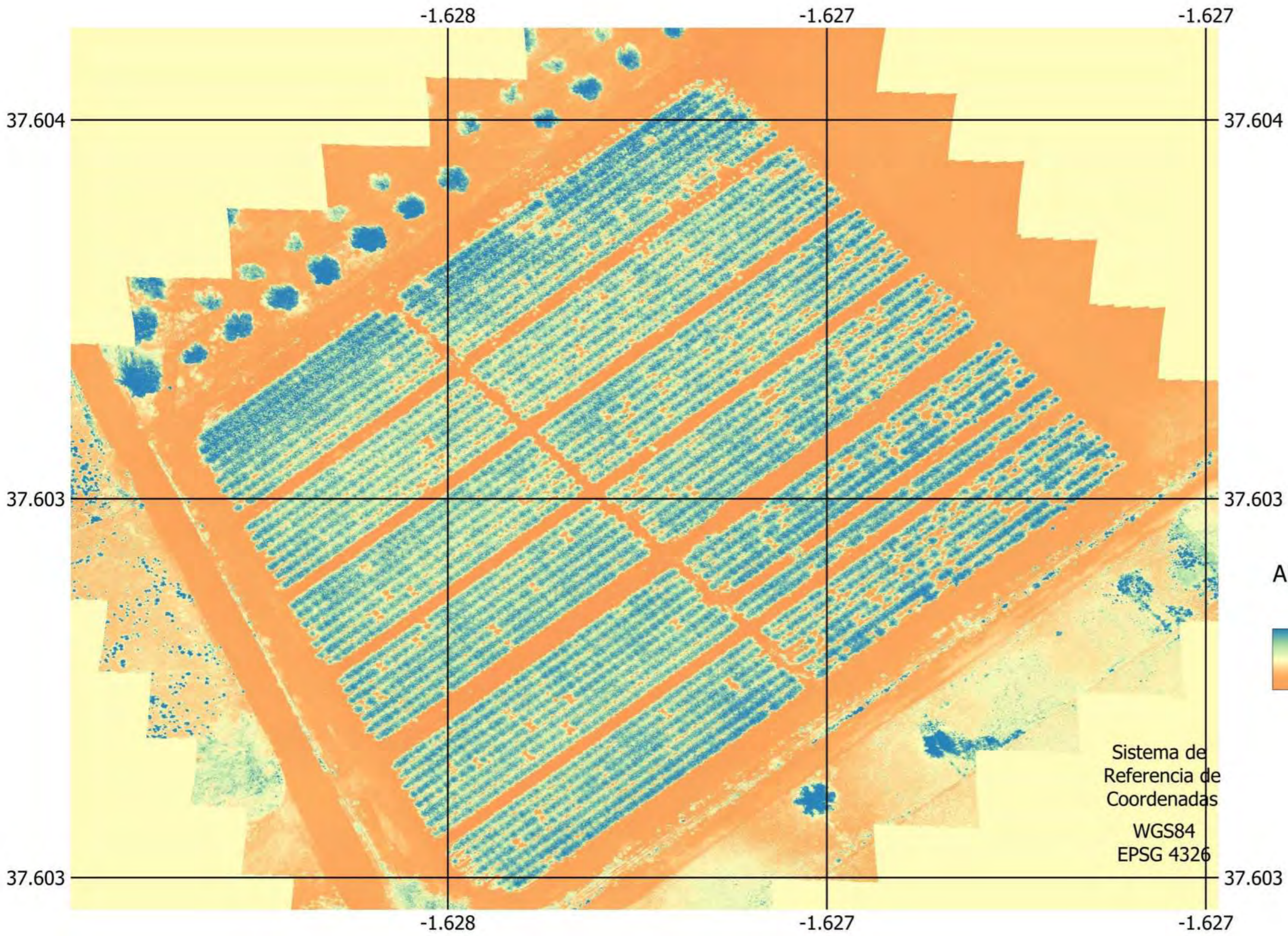


Mapa NDVI

ALCACHOFAS_NDVI_20231201
Banda 1 (Gray)
0,687268
-0,40035

Sistema de
Referencia de
Coordenadas
WGS84
EPSG 4326

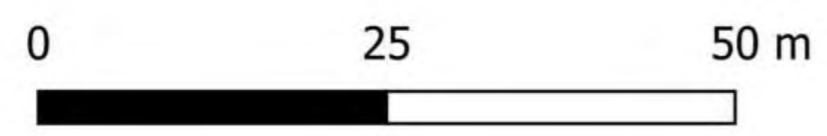


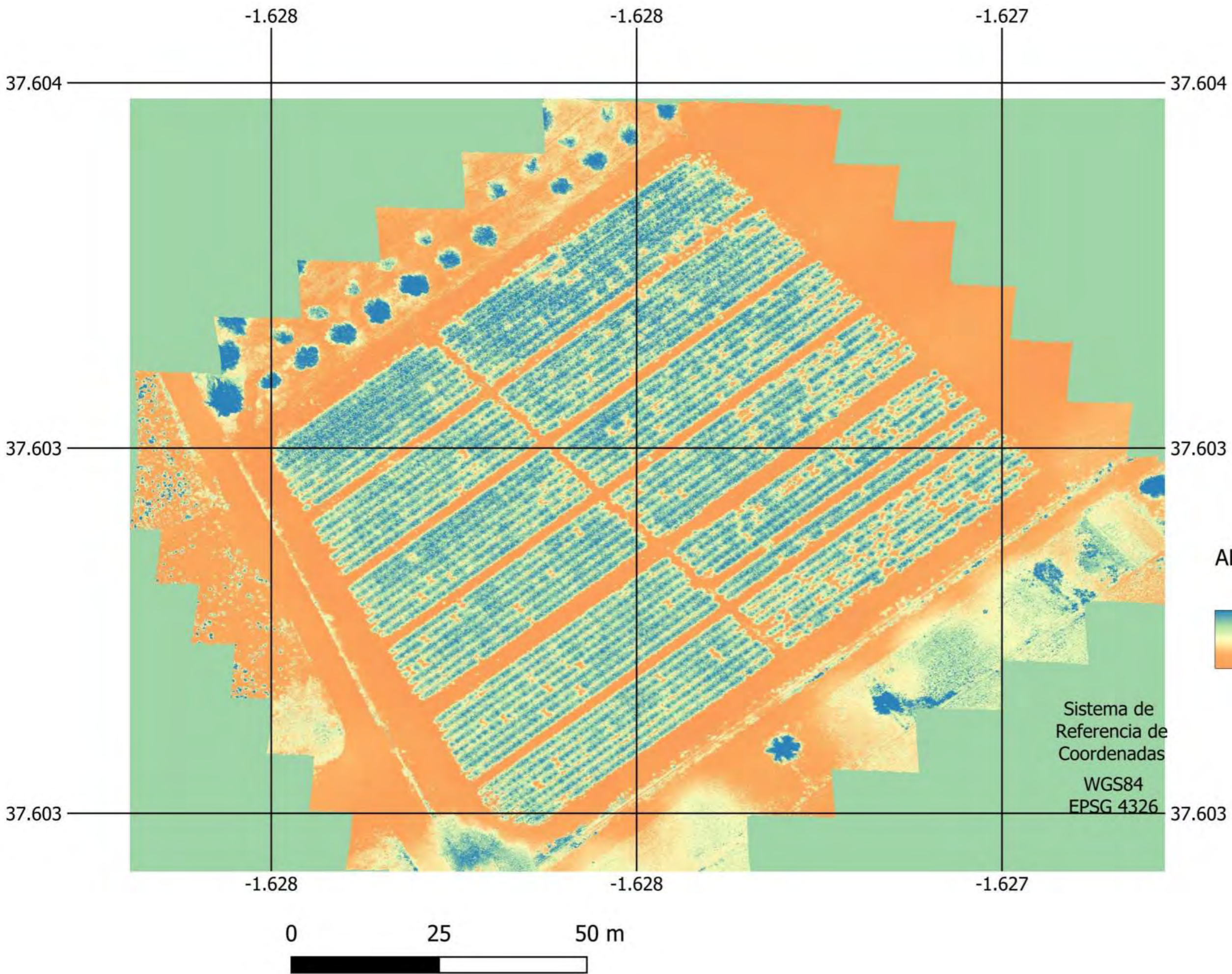


Mapa GNDVI

ALCACHOFAS_GNDVI_20231201
Banda 1 (Gray)
0,408477
-0,397151

Sistema de
Referencia de
Coordenadas
WGS84
EPSG 4326





4162710

621110

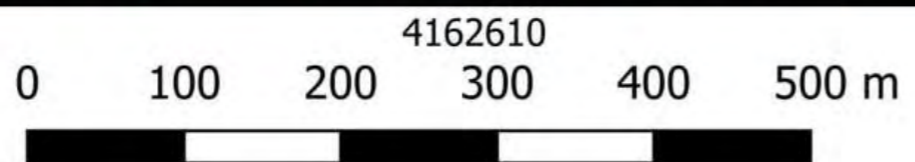


621210 **ORTOFOTO**
ALCACHOFAS
01/12/2023

4162710 **Fecha vuelo:**
01/12/2023

Sistema de
Referencia de
Coordenadas

ETRS 89
UTM ZONA 30N



ESCALA
1:500

4162610
621110

4162710

621110



MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

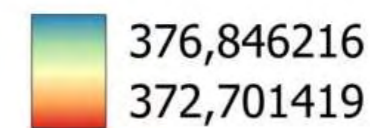
ALCACHOFAS 01/12/2023

Fecha vuelo:
01/12/2023

Sistema de
Referencia de
Coordenadas

ETRS 89
UTM ZONA 30N

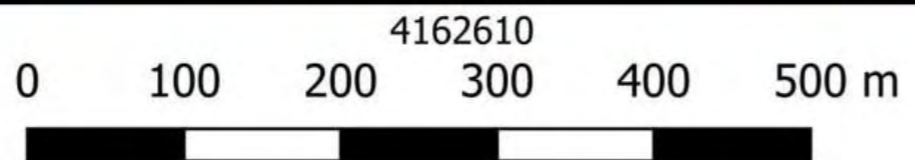
DEM_ALCACHOFA_01/12/2023
Altitud (m.s.n.m.)



621210

4162710

4162610
621110



ESCALA
1:500

4162610

621210

