

ANÁLISIS IMÁGENES SATELITALES – UF “LAGUNA CURAQUILLA”

INFORME TÉCNICO **EQUIPO DE GEOINFORMACIÓN** **DEPARTAMENTO DE SEGUIMIENTO E INFORMACIÓN AMBIENTAL**

Javiera Poblete Olivares

06 de abril de 2023

1 RESUMEN

A solicitud de Fiscalía, se realizó un análisis de imágenes satelitales, con el objetivo de determinar el período de intervención y superficie de la “zanja artificial” ubicada en cercanías del Humedal Urbano Curaquilla. Para esto, se utilizaron imágenes Sentinel 2 Nivel 2 (L2A), entre diciembre 2018 a la fecha, revisando todas las imágenes disponibles con un porcentaje de cobertura de nubes menor al 30%. Para estimar la superficie intervenida, se utilizó el índice NDVI y su diferencia entre la situación sin y con “zanja” y sus diferentes cambios. A partir del análisis se pudo observar que la “zanja” fue construida en diciembre de 2020 y en marzo 2021 fue ampliada hacia el sur, dentro del área del Humedal Urbano Curaquilla. También, se observó que durante el período 2020-2021 se produjo la mayor intervención de 0.36 ha.

2 ANTECEDENTES

El siguiente reporte responde al requerimiento solicitado por Fiscalía, el día 28 de marzo de 2023, con el fin de realizar un análisis de imágenes satelitales sobre el proyecto "Subdivisión, sector Laguna Curaquilla", de la comuna de Arauco, región del Biobío. El proyecto se emplaza contiguo al Humedal Urbano Curaquilla, declarado como tal por el MMA, mediante la Resolución Exenta MMA N° 380/2022, del 18 de abril 2022, siendo publicada en el Diario Oficial el 18 de mayo de 2022.

Al respecto, y en el contexto de Medidas Urgentes y Transitorias (MUT), se requiere determinar la aparición de una “zanja artificial” y el área efectivamente rellenada por el titular durante los años 2021-2022.

3 OBJETIVO

Determinar el período de intervención y superficie de la “zanja artificial” ubicada en cercanías del Humedal Urbano Curaquilla.

4 METODOLOGÍA

4.1 Área de Estudio

El área de estudio se encuentra administrativamente en la comuna de Arauco, región del Biobío. En específico, se analizó el área encerrada en un rectángulo rojo, donde se ubica la “zanja artificial”, la cual se encuentra ubicada contigua al Humedal Urbano Curaquilla (en celeste). El área de estudio y área de análisis se presenta en la Figura 1.



Figura 1. Área de Estudio.



4.2 Insumo Satelital

Se trabajó con imágenes Sentinel 2 Multispectral Instrument (MSI) en Nivel 2 (L2A) correspondientes a imágenes satelitales multiespectrales, las cuales se encuentran corregidas a través de sen2cor. Estas imágenes poseen una resolución espacial de 10 a 20 metros, en las bandas de aerosol, vapor de agua y cirrus llega a ser de 60 metros. Además, poseen una resolución temporal de 5 días, combinando Sentinel 2A y Sentinel 2B, es decir, revisitan el mismo lugar cada 5 días. Sobre todas las imágenes se aplicó una máscara de nubes y de píxeles saturados. Cabe señalar que, el 25 de enero de 2022 la Agencia Espacial Europea (ESA) realizó una actualización en la línea de procesamiento de las imágenes Sentinel 2¹, por lo que existe una diferencia entre las imágenes

1 Se puede revisar en el siguiente enlace: <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/technical-guides/sentinel-2-msi/processing-baseline>



previas y posteriores a estas. Las imágenes utilizadas corresponden a la colección 'S2_SR_HARMONIZED'², disponibles en *Google Earth Engine* (GEE), que procesa las imágenes nuevas para que se encuentren en el mismo rango que las imágenes anteriores a este cambio, para que de esta forma las imágenes sean equivalentes entre sí y puedan ser utilizadas para los distintos análisis.

En específico, se revisaron todas las imágenes disponibles de la colección S2_SR_HARMONIZED desde diciembre 2018 a marzo 2023, que tuviesen un porcentaje de cobertura de nubes menor al 30%.

4.3 Determinar fecha de intervención

Para determinar la fecha de aparición de la “zanja” en el humedal estudiado, en primer lugar, se hizo una revisión de las imágenes Sentinel 2 disponibles anteriores a mayo 2021³, que cumplieren también con el criterio de poseer un porcentaje de cobertura de nubes menor al 30%.

También, para comparar los diferentes cambios ocurridos en el humedal, se hizo una revisión de todo el período estudiado, desde verano de 2020 (fecha anterior a la intervención) hasta marzo 2023 (imágenes más recientes).

4.4 Análisis de cambios

Una vez identificados los períodos de cambio, se revisaron diferentes imágenes para escoger imágenes previas y posteriores a los cambios o intervenciones. Sobre estas imágenes se estimó el índice espectral de vegetación de diferencia normalizada, NDVI por sus siglas en inglés (Rouse et al. 1974⁴; Ecuación 1). Los valores de este índice oscilan entre -1 y 1, donde los valores positivos y superiores a 0.2, generalmente, corresponden a superficies cubiertas por vegetación. Este fue escogido, ya que permite identificar zonas con vegetación de otro tipo de coberturas como, por ejemplo, suelo desnudo.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Ecuación 1.

Donde,

R : rango del rojo (650 - 680 nm), banda 4 del satélite Sentinel 2.

NIR : rango del infrarrojo cercano (780-900 nm), banda 8 del satélite Sentinel 2.

Se trabajó con cuatro imágenes, todas de verano para los años 2020, 2021, 2022 y 2023. Se escogieron sólo imágenes de verano para poder comparar el humedal y su vegetación en una misma

² El detalle de la colección se puede revisar en el siguiente enlace: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/COPERNICUS_S2_SR_HARMONIZED

³ En primer lugar, se hizo una revisión en el software Google Earth Pro para ver si existían imágenes para la zona evaluada y si se observaba la aparición de la “zanja”.

⁴ Rouse, J. W., Haas, R. H., Deering, D. W. & Sehell, J. A., (1974): Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Green wave effect) of natural vegetation. Final Rep. RSC 1978-4, Remote Sensing Center, Texas A&M Univ., College Station



estación y así no detectar cambios producto de otros fenómenos. Para determinar los cambios, se evaluaron tres períodos en dónde se pudieron detectar cambios:

- Período 1: 2020-2021
- Período 2: 2021-2022
- Período 3: 2022-2023

Una vez obtenidos los índices NDVI para todos los años, se procedió a calcular el área de intervención a través de la diferencia entre estos, para cada período. Se estimó la diferencia entre ambas imágenes, de la forma: $T1 - T0$, siendo T1 la imagen posterior a la intervención, según los últimos cambios observados, y T0 la imagen previa a la intervención.

La imagen de diferencia resultante fue reclasificada, considerando todos los valores negativos menores a -0.2 como 1 y el resto como cero, con el objetivo de cuantificar los cambios o pérdidas de vegetación.

5 RESULTADOS

5.1 Determinar fecha de intervención

A partir de la revisión de imágenes Sentinel 2, entre los años 2019 a 2023, se observan cambios durante diciembre 2020, tal como se puede observar entre las Figuras 2, noviembre 2020, y Figura 3, diciembre 2020. En las Figuras 4 y 5 se muestran los avances en la intervención, entre diciembre a marzo 2021. También, se observa que entre mayo 2021 y septiembre 2021 ocurre una variación en la zanja (Figuras 6 y 7), respecto a los meses anteriores (Figura 5). Esta variación se mantiene hasta enero 2022 (Figura 8). Luego, en marzo 2022 se observa la construcción del camino (Figura 9) y una ampliación en la zanja hacia finales de marzo (Figura 10). Para enero 2023 (Figura 11) no se observan mayores variaciones en la zona. Por último, se incluyen una imagen de febrero (Figura 12) y la imagen más reciente al momento del análisis de marzo 2023 (Figura 13).

Figura 2. Imagen Satelital Sentinel 2 – Noviembre 2020 – Previo a intervención.

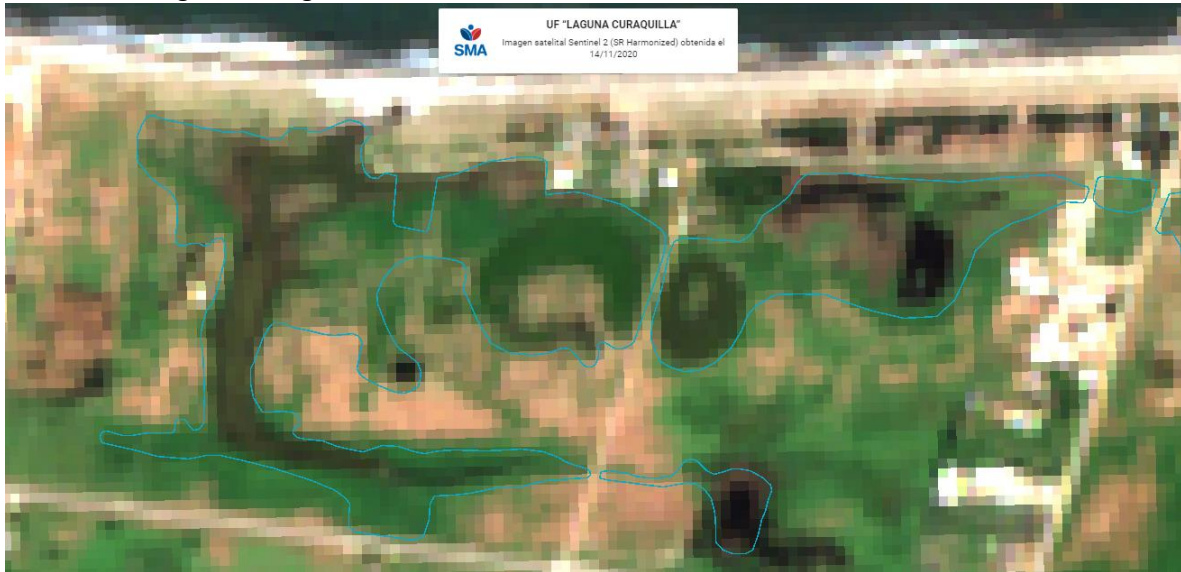


Figura 3. Imagen Satelital Sentinel 2 – Diciembre 2020 – Comienzo intervención.

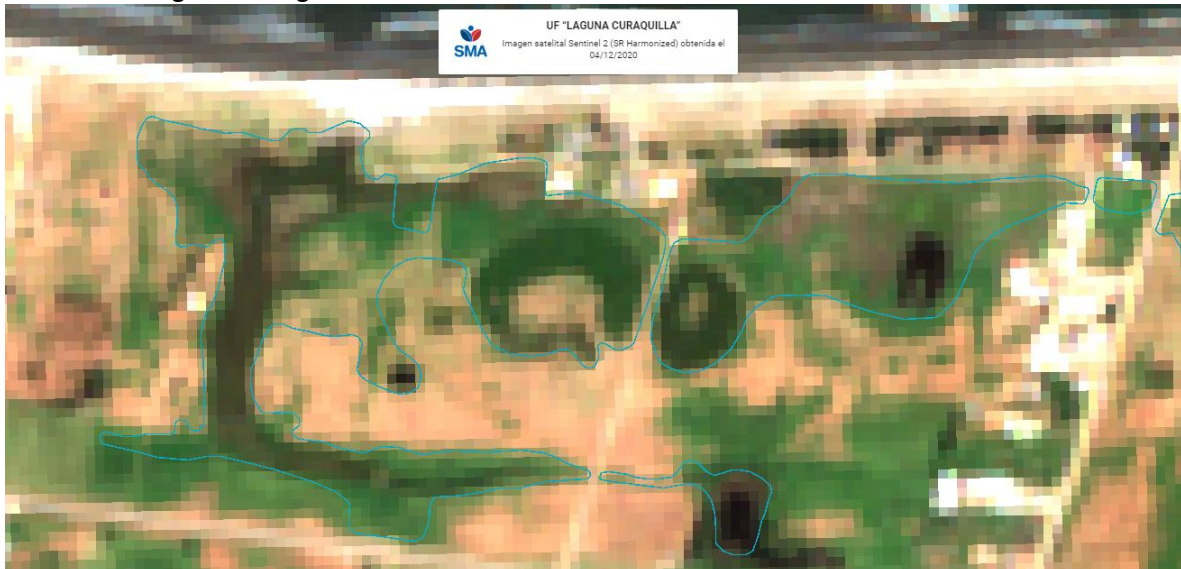


Figura 4. Imagen Satelital Sentinel 2 – Diciembre 2020 – Avances intervención.

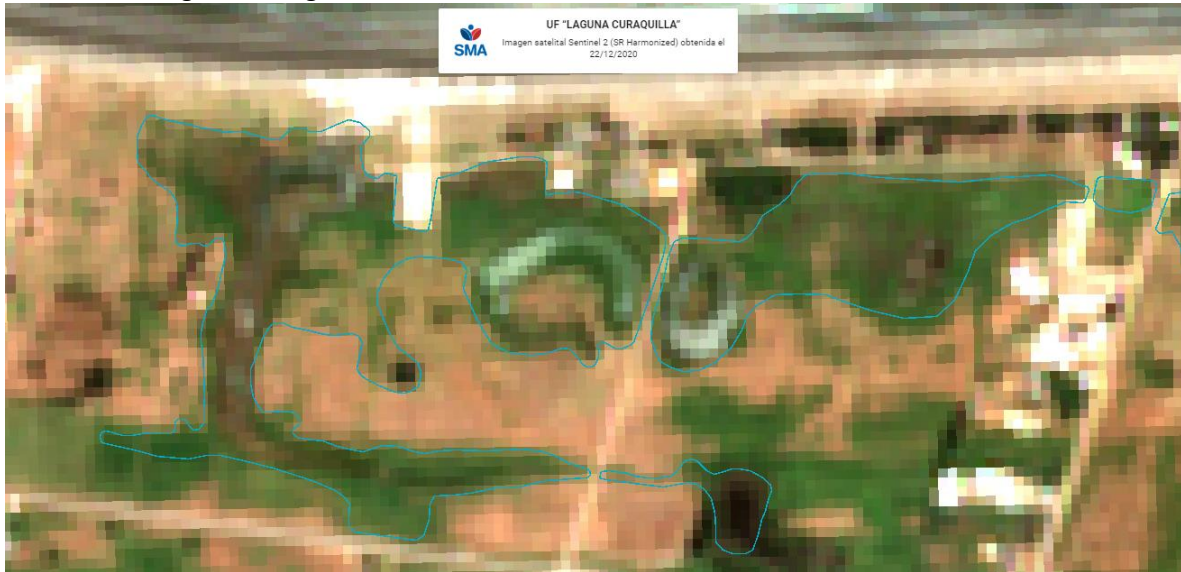


Figura 5. Imagen Satelital Sentinel 2 – Marzo 2021 – Avances intervención.



Figura 6. Imagen Satelital Sentinel 2 – Mayo 2021 – Cambio “Zanja”.



Figura 7. Imagen Satelital Sentinel 2 – Septiembre 2021 – Cambio “Zanja”.



Figura 8. Imagen Satelital Sentinel 2 – Enero 2022 – Cambio “Zanja”.



Figura 9. Imagen Satelital Sentinel 2 – Marzo 2022 – Construcción camino.

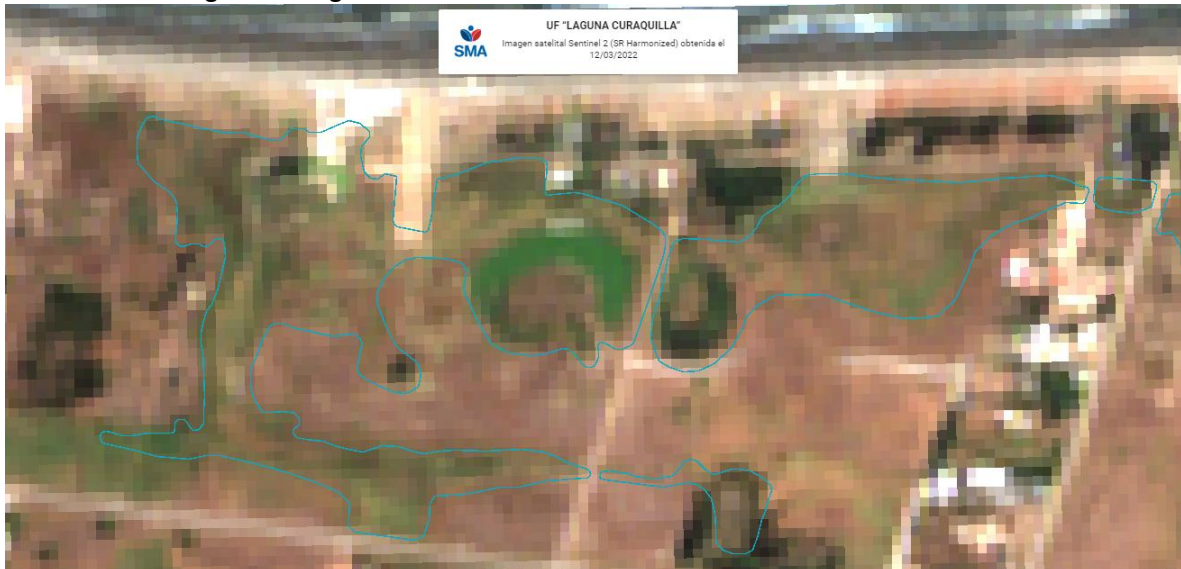


Figura 10. Imagen Satelital Sentinel 2 – Marzo 2022 – Camino y ampliación “Zanja”.



Figura 11. Imagen Satelital Sentinel 2 – Enero 2023 – Camino y ampliación “Zanja”.

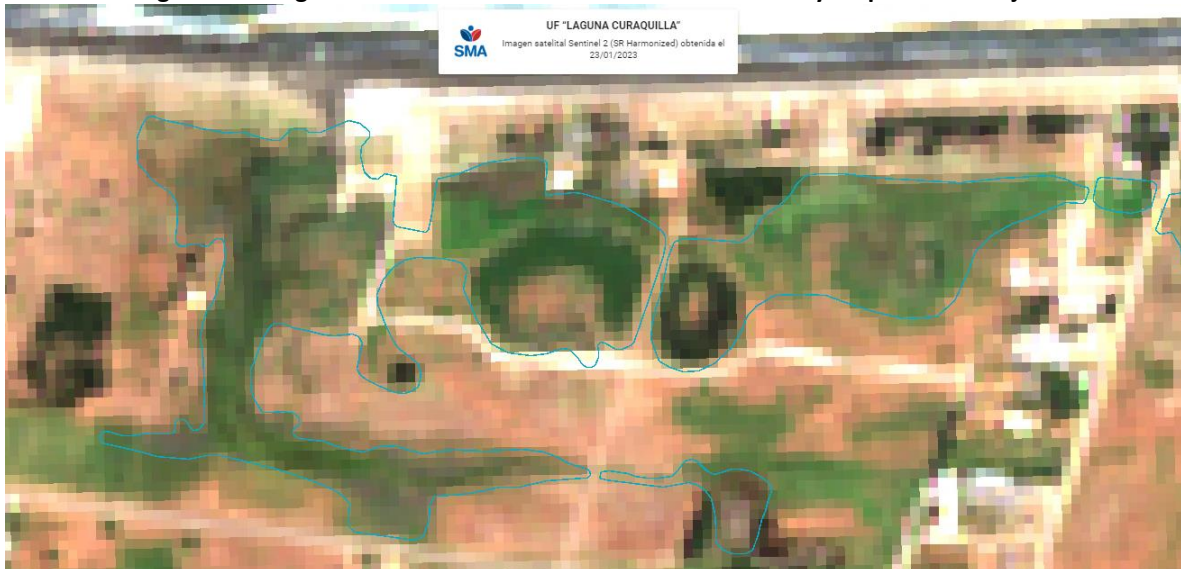


Figura 12. Imagen Satelital Sentinel 2 – Febrero 2023.

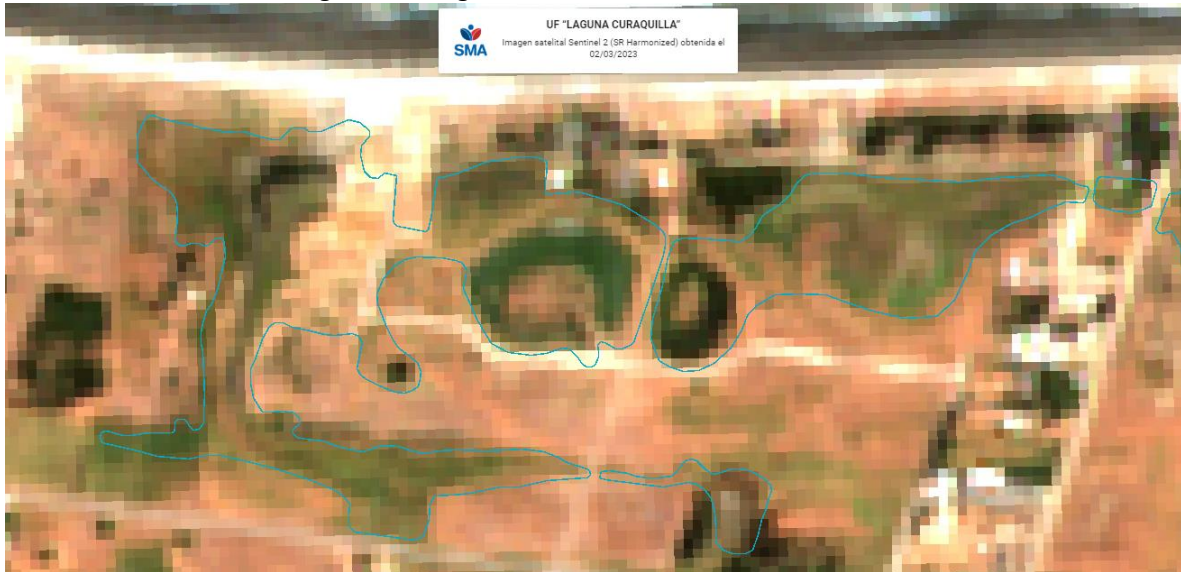
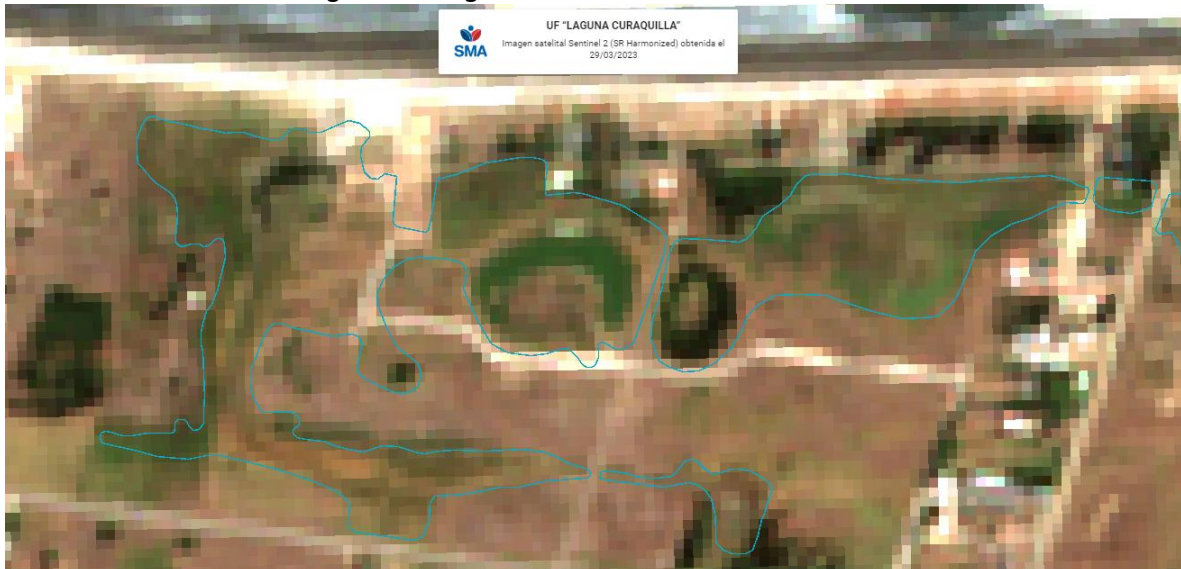


Figura 13. Imagen Satelital Sentinel 2 – Marzo 2023.



5.2 Análisis de cambios

Para comparar los cambios entre los diferentes períodos, se consideró una imagen de verano por año, entre 2019 a 2023, en específico se trabajó con imágenes del mes de enero. Se puede observar que entre los años 2019 y 2020 no existen cambios en la zona de análisis, Figura 14 y 15 respectivamente, por lo que, se consideró como año base para el análisis el 2020. Las otras imágenes consideradas, tal como se mencionó, son imágenes de enero para los años de 2021 (Figura 16), 2022 (Figura 17) y 2023 (Figura 18), dónde los cambios por año fueron descritos principalmente en el apartado anterior (5.1 Determinar fecha de intervención). Sobre cada una de estas imágenes se calculó el índice espectral de vegetación NDVI (ver resultados en Anexo 7.1, 7.2, 7.3 y 7.4) y a partir de estos resultados, se calcularon las diferencias por período, 2020-2021, 2021-2022 y 2022-2023, las cuales se presentan en las Figuras 19, 20 y 21 respectivamente. En estas imágenes los valores menores a 0 representan cambios de superficies de mayor NDVI a superficies de menor NDVI. Se utilizó un umbral de -0.2, para determinar la superficie de cambio entre vegetación a suelo desnudo, lo que coincide con las imágenes ópticas.

En las Figuras 22, 23 y 24 se presentan imágenes que representan los cambios para los distintos períodos y en la Tabla 1 se presentan las superficies de cambio entre períodos. En base a lo presentado en la Tabla 1 se desprende que el período de mayor cambio corresponde al período 2020-2021, dónde aparece la “zanja”, con un cambio de 0.36 ha, seguido del período 2021-2022, dónde se observa que, existe un cambio y ampliación de la zanja hacia el sur, con un cambio de 0.17 ha, abarcando superficie al interior del Humedal Urbano Curaquilla.

Figura 14. Imagen Satelital Sentinel 2 – Enero 2019.

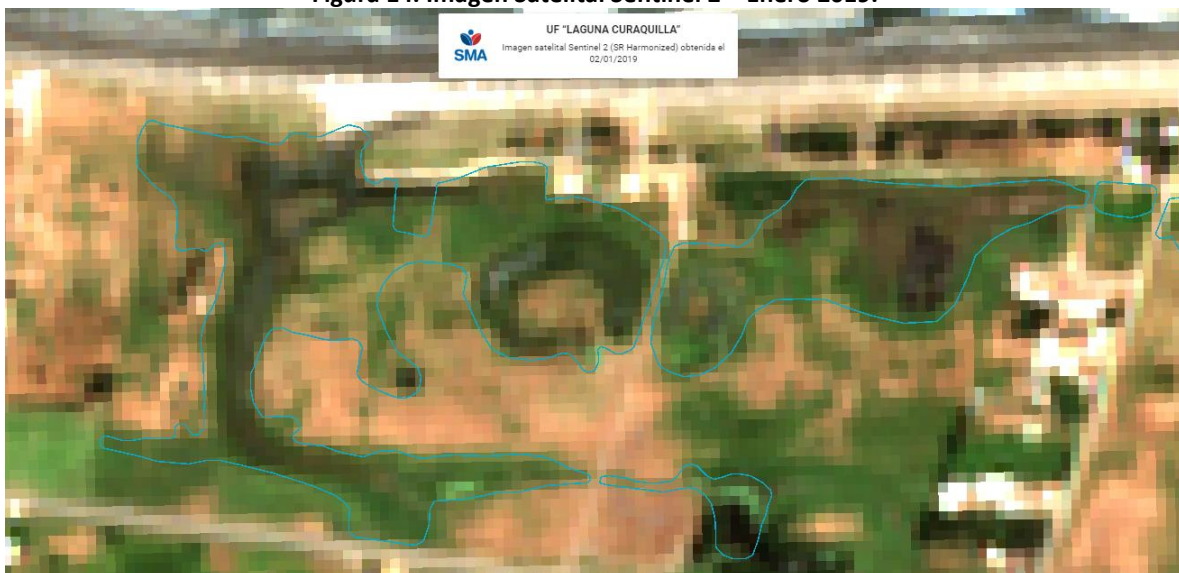


Figura 15. Imagen Satelital Sentinel 2 – Enero 2020.

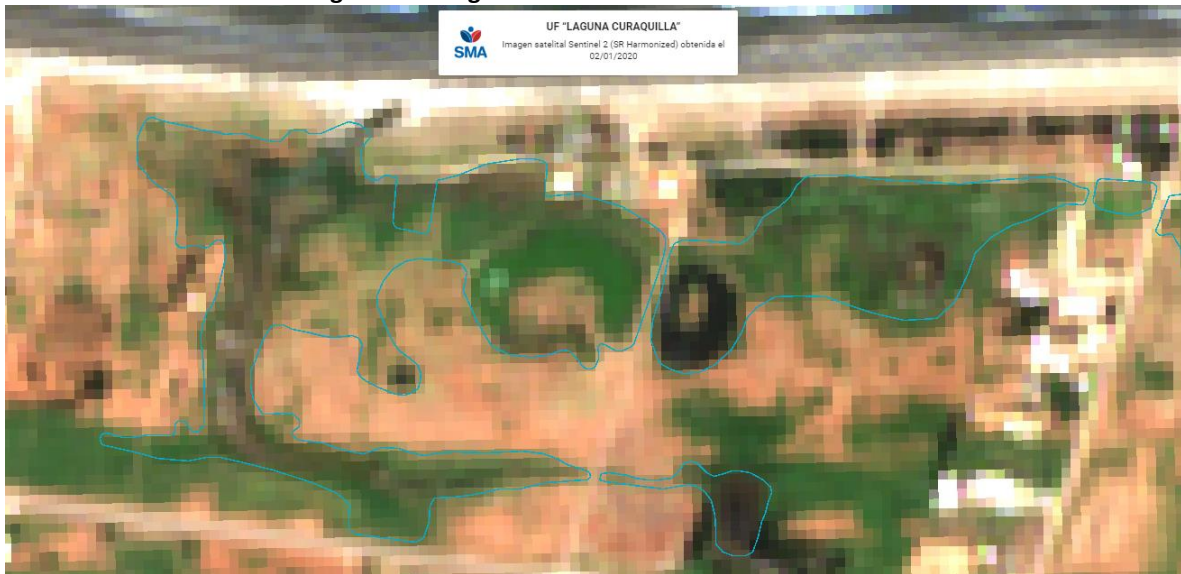


Figura 16. Imagen Satelital Sentinel 2 – Enero 2021.



Figura 17. Imagen Satelital Sentinel 2 – Enero 2022.

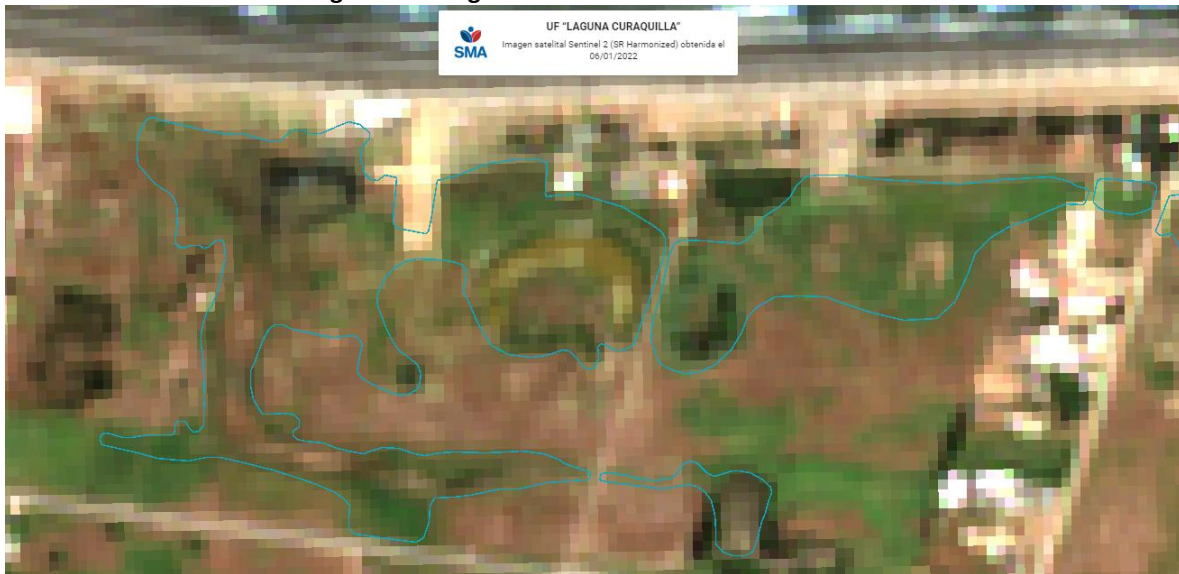


Figura 18. Imagen Satelital Sentinel 2 – Enero 2023.



Figura 19. Diferencia NDVI – Período - 2020 - 2021.

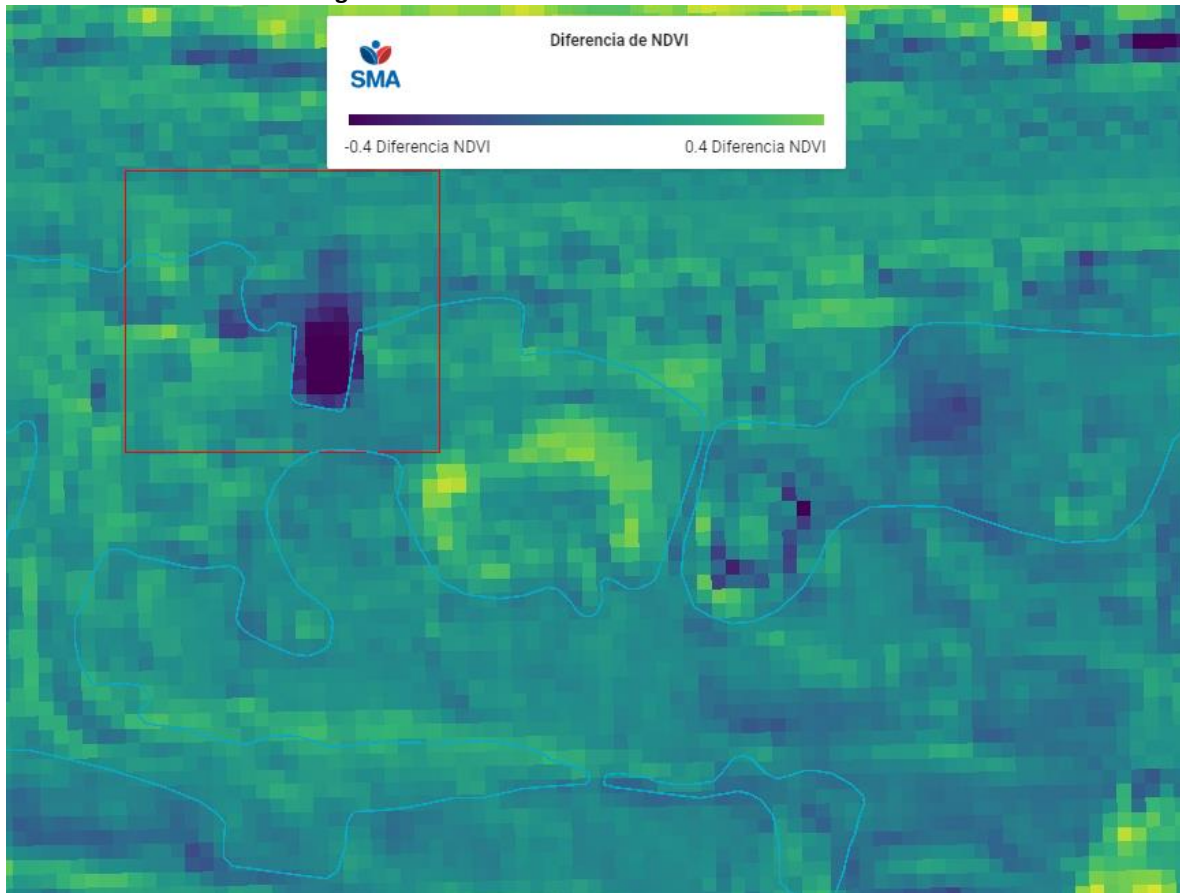


Figura 20. Diferencia NDVI – Período - 2021 - 2022.

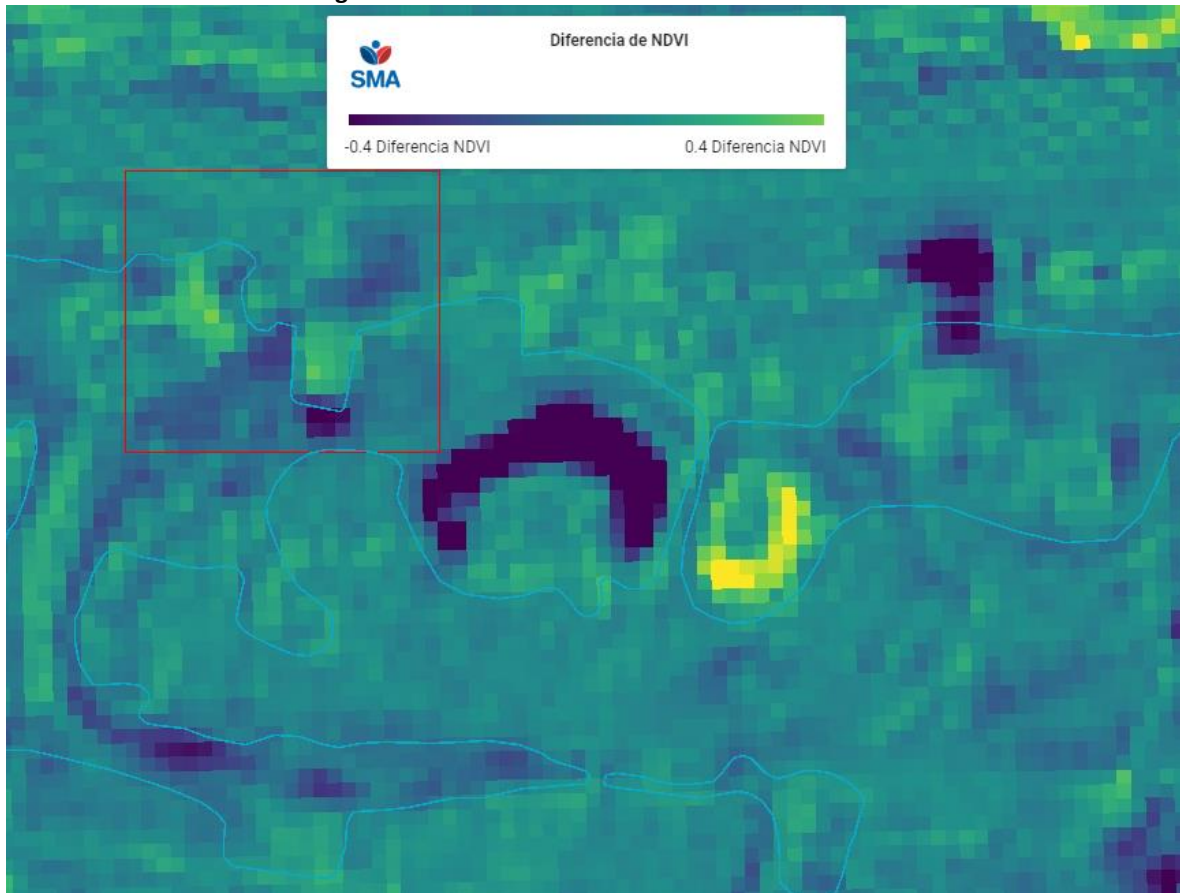


Figura 21. Diferencia NDVI – Período - 2022 - 2023.

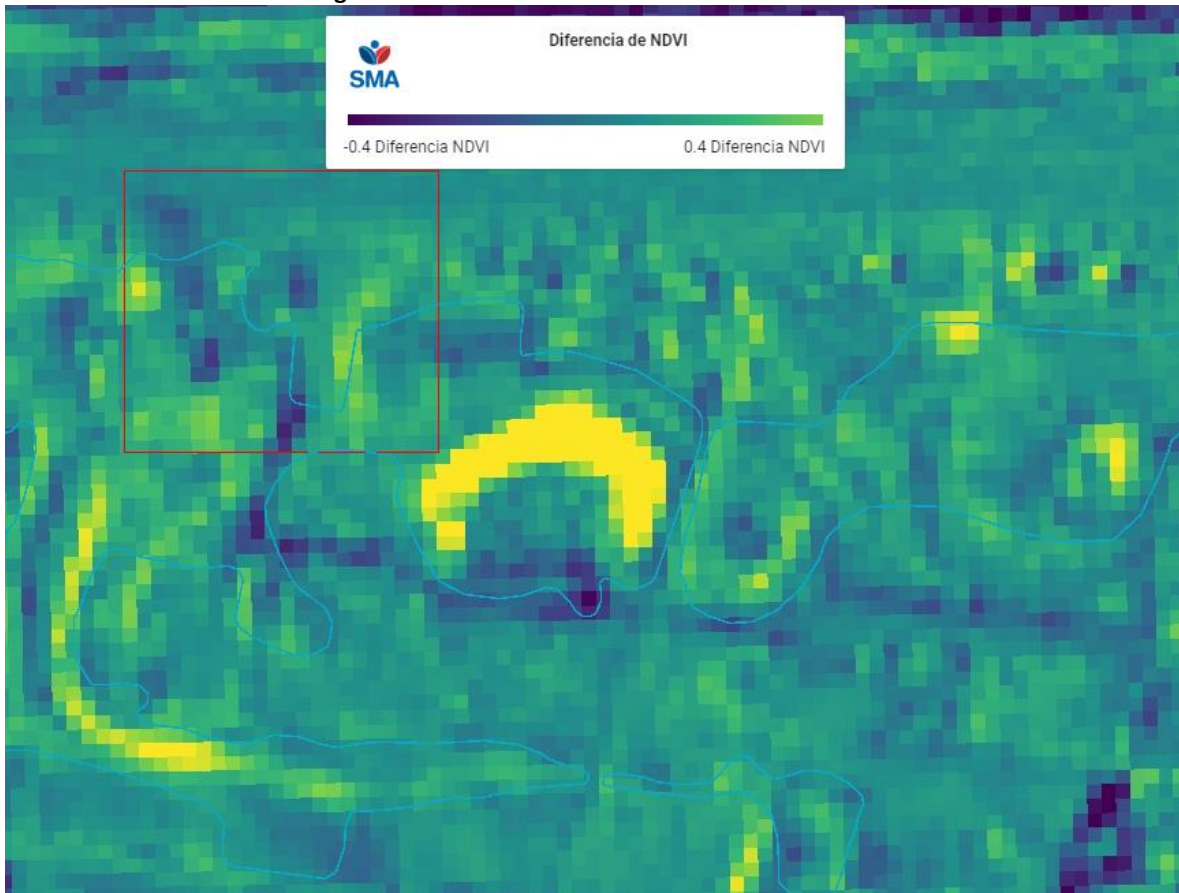


Figura 22. Período 2020 – 2021 - Área de cambio.

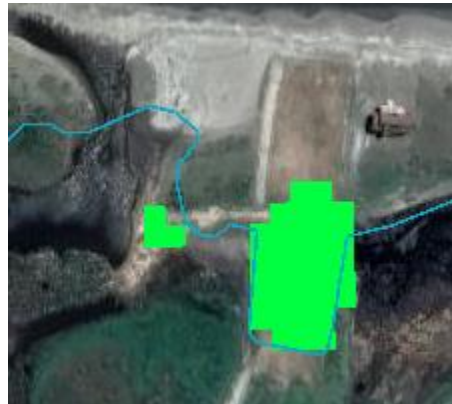


Figura 23. Período 2021 – 2022 - Área de cambio.



Figura 24. Período 2022 – 2023 - Área de cambio.



Tabla 1. Superficies de cambio por período.

Período	Área (ha)
2020-2021	0.36
2021-2022	0.17
2022-2023	0.08

6 CONCLUSIÓN

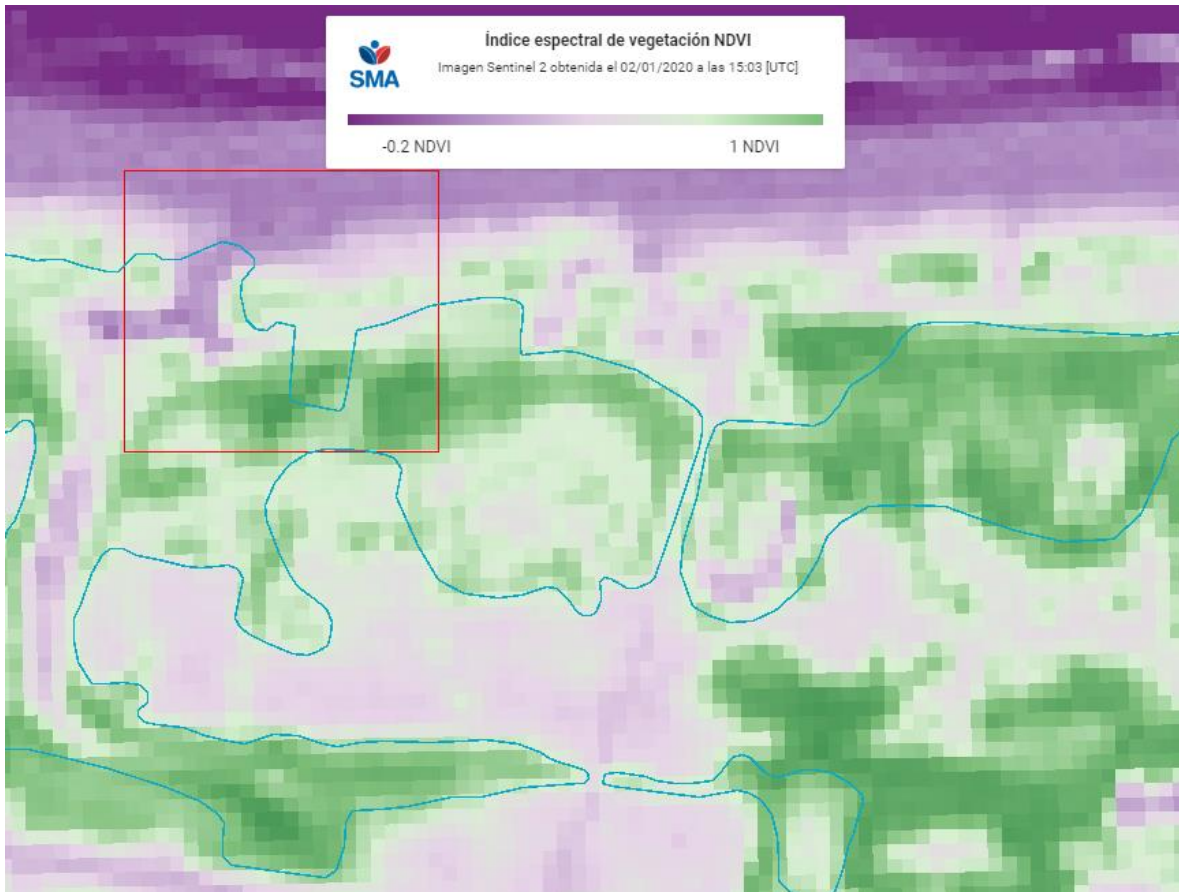
A partir del análisis realizado fue posible determinar el período de intervención, dónde se observó que la construcción de la “zanja” ocurrió durante diciembre 2020, dónde en 2021 existieron variaciones en la forma y superficie de esta “zanja”. Luego, en marzo 2022 se logró observar la construcción del camino. Para 2023 no se observaron mayores variaciones.

Por otro lado, respecto a cambios a nivel de superficie, el mayor cambio se generó en el período 2020-2021, de construcción de la “zanja”. Para el período 2021-2022 la superficie de cambio se asocia a una ampliación de la “zanja” hacia el sur.

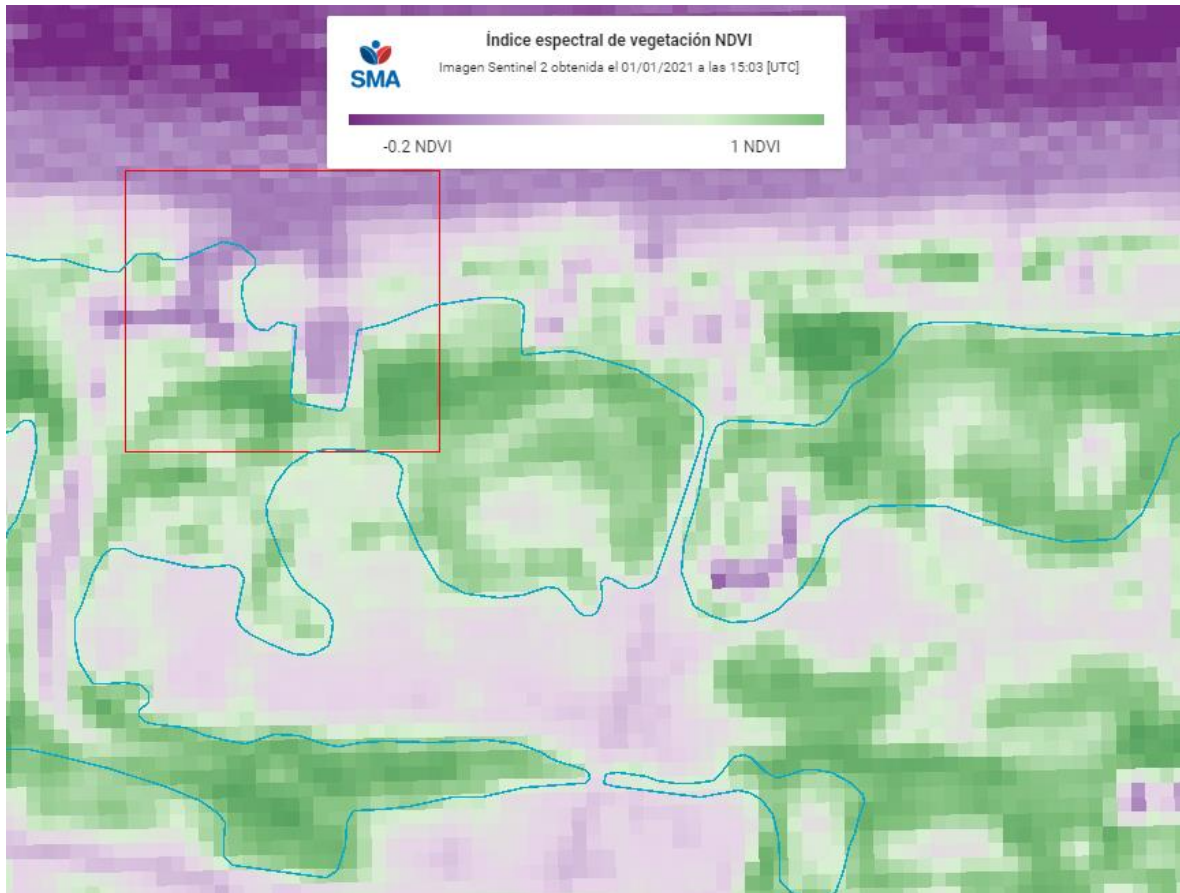


7 ANEXOS

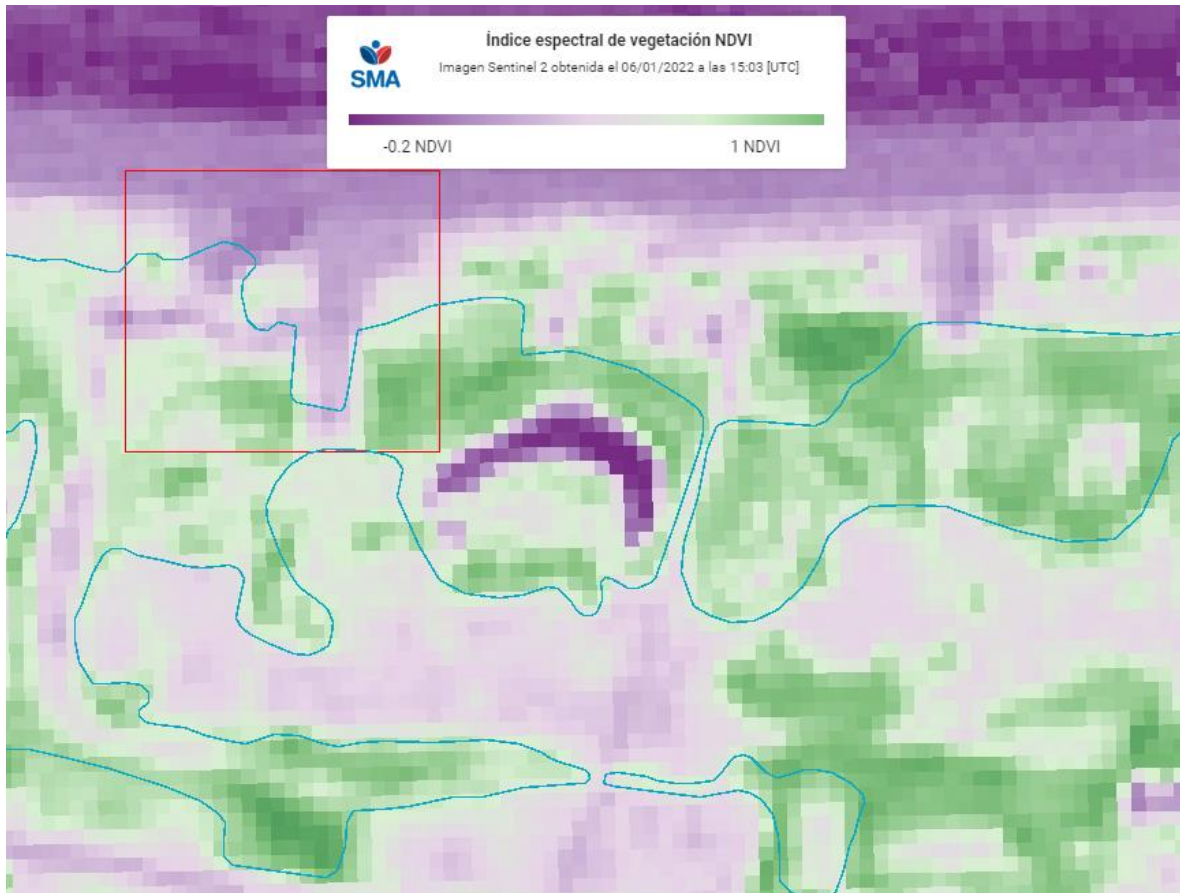
7.1 Anexo 1: NDVI - enero 2020



7.2 Anexo 2: NDVI – enero 2021



7.3 Anexo 3: NDVI - enero 2022



7.4 Anexo 4: NDVI - enero 2023

