

# ANÁLISIS ESPACIAL DE TERRENOS AFECTADOS POR MINERÍA DE SUELOS EN UN ÁREA DEL PARTIDO DE LA PLATA A PARTIR DE ÍNDICES DE VEGETACIÓN.

Ontivero, Pablo Emiliano(\*)<sup>123</sup> ([peontivero@igs.edu.ar](mailto:peontivero@igs.edu.ar)); Couyoupetrou, Luis<sup>234</sup> ([lcouyoupetrou@igs.edu.ar](mailto:lcouyoupetrou@igs.edu.ar)); González Soto, Federico<sup>67</sup> ([fgonzalezsoto@igs.edu.ar](mailto:fgonzalezsoto@igs.edu.ar)); Rolny, DaianaGisele<sup>245</sup> ([dgrolny@igs.edu.ar](mailto:dgrolny@igs.edu.ar)); Forte, Luís María<sup>12</sup> ([lmforte@igs.edu.ar](mailto:lmforte@igs.edu.ar)); Hurtado, Martín Adolfo<sup>23</sup> ([martinadolfoh@yahoo.com.ar](mailto:martinadolfoh@yahoo.com.ar)).

<sup>1</sup>Comisión de Investigaciones Científicas (CIC); <sup>2</sup>Universidad Nacional de La Plata (UNLP); <sup>3</sup>Instituto de Geomorfología y Suelos (IGS); <sup>4</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET); <sup>5</sup>Instituto de Recursos Minerales (INREMI); <sup>6</sup>Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT); <sup>7</sup> Servicio de Hidrografía Naval (SHN).

## INTRODUCCIÓN

La actividad extractiva vinculada a la minería de suelos data desde hace más de 100 años en diversos Partidos dentro de la Provincia de Buenos Aires. En el Partido de La Plata, esta actividad ha implicado la pérdida del “capital natural”, en las áreas/cuencas de producción destinadas al abastecimiento de alimentos a los centros urbanos más próximos. Poder cuantificar las áreas degradadas por esta actividad en los entornos de la Ciudad de La Plata y de las grandes ciudades de la Provincia de Buenos Aires contribuiría a la valoración de la problemática, coadyuvando al diseño de estrategias para la protección del recurso y la remediación de los pasivos ambientales generados.

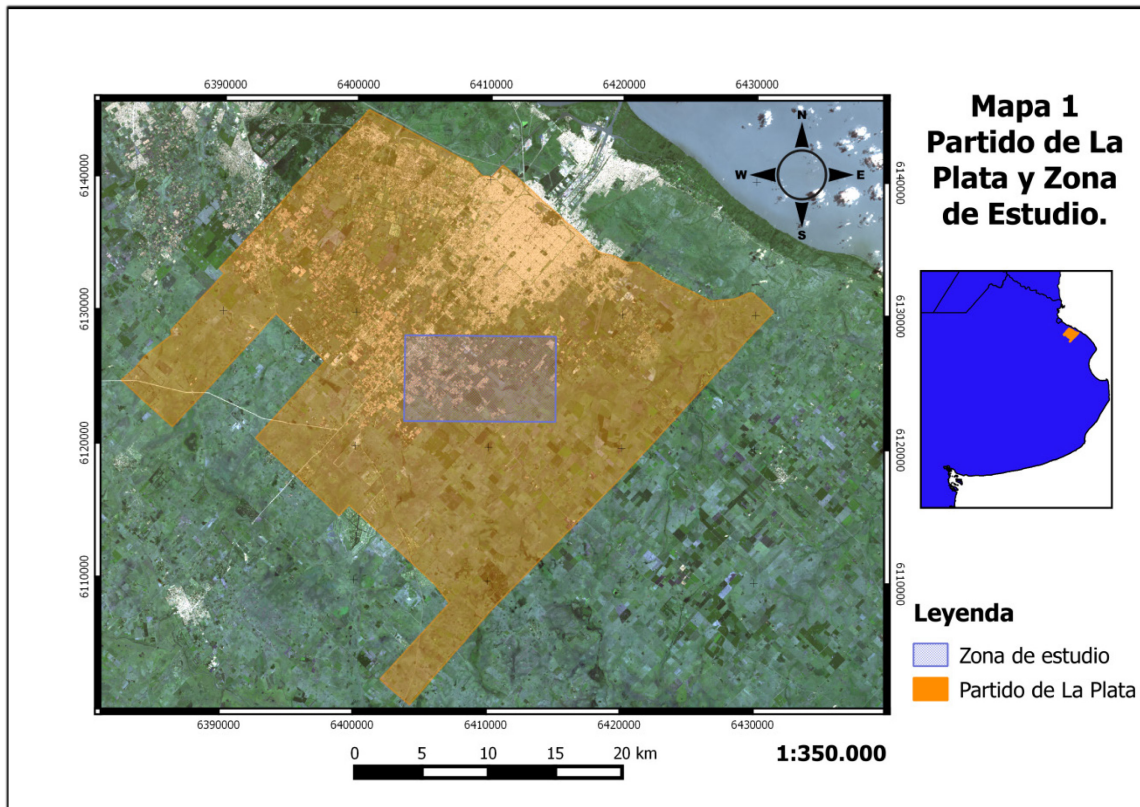
A partir de esta situación se cree oportuno poder desarrollar una metodología que permita la identificación, evaluación y valoración de estas áreas degradadas. Las técnicas de análisis espacial y teledetección, en este caso, permiten tener acceso al conocimiento de las situaciones y estado en el que se encuentran las coberturas desde un punto de vista espectral, pudiéndose delimitar de manera preliminar los terrenos que presenten signos de haber sido removido su horizonte superficial, ya sea agentes erosivos naturales o por actividad minera (Fraziers et al., 1989; De Vliegheer, 1990; Dubocq et al., 1991).

## OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo confeccionar Índices de Vegetación (SAVI y NDVI) para 2 momentos del año contrastantes entre sí (otoño – primavera) en un área piloto del Partido de La Plata, con el fin de determinar cubiertas correspondientes a suelos afectados por minería (Suelos Decapitados). A su vez se pretende obtener un valor numérico standard de índice que pueda ser representativo de la situación de decapitación.

## ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló dentro de la localidad de Arana, perteneciente a la Vertiente del Río de La Plata, y dentro de ella a la Cuenca del Pescado. Geomorfológicamente se encuentra dentro del área de influencia continental. Esta área piloto abarca una extensión total de 72,5 Km<sup>2</sup> (**Fig. 1**). Entre sus rasgos antrópicos más característicos se encuentran el trayecto de un tramo de la Ruta Provincial N° 36, y las entradas a la Ciudad de La Plata por las calles 66 y 60.



**Fig. 1.** Partido de La Plata y Zona de Estudio

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Para llevar a cabo el estudio se hizo uso de la colección de fotomosaicos editada por el Instituto Geográfico Nacional -IGN-, confeccionadas a partir de levantamiento aerofotográfico del año 1956 del Partido de La Plata a escala 1:25000 aproximadamente.

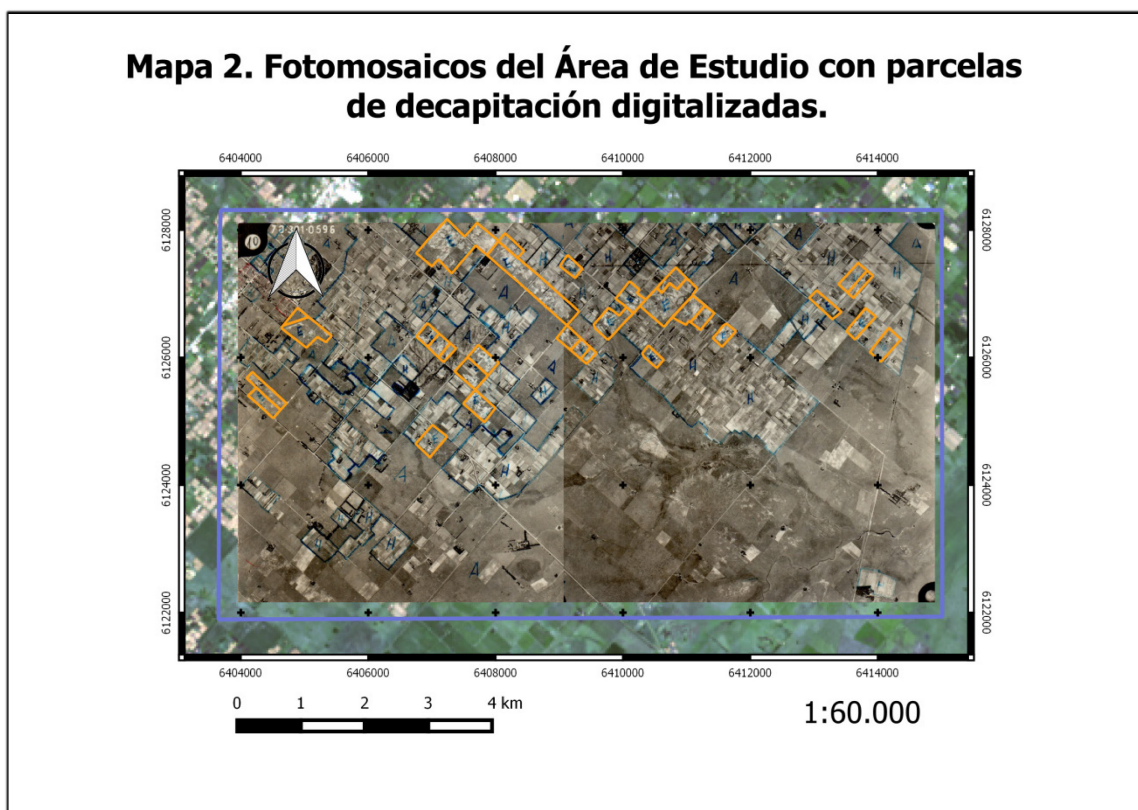
También se compilaron los mapas realizados por el Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires – Dirección de Agricultura , Departamento de Suelos y Aguas en el trabajo “Uso de la tierra y capacidad de uso del suelo del Partido de La Plata” para los años 1956 y 1971. Dichos mapas fueron confeccionados sobre la base del material aerofotográfico realizado por el Instituto Geográfico Militar en el año 1956.

A su vez, a partir de un convenio con la Comisión Nacional de Actividades Espaciales –CONAE, se tuvo acceso a 2 imágenes satelitales de la Plataforma SPOT 7 que cubren el partido de La Plata; una de otoño, adquirida el 18 de Mayo de 2016 y otra de primavera, adquirida el 4 de Noviembre de 2016. Para su procesamiento y análisis digital se utilizaron 2 softwares libres; un sistema de información geográfica (QGis 2.14) y uno netamente de procesamiento de imágenes satelitales (SoPI 3.0). El criterio de selección de estos 2 momentos del año parte de la hipótesis de que estos terrenos podrían no sufrir un cambio en la cobertura vegetal entre ambas estaciones ya que ha sido removido el horizonte A, lo que restringe el crecimiento de las plantas y la biodiversidad, pudiéndose mantener su cobertura (y por ende su respuesta espectral) relativamente constante a lo largo del año.

## **PREPROCESAMIENTO**

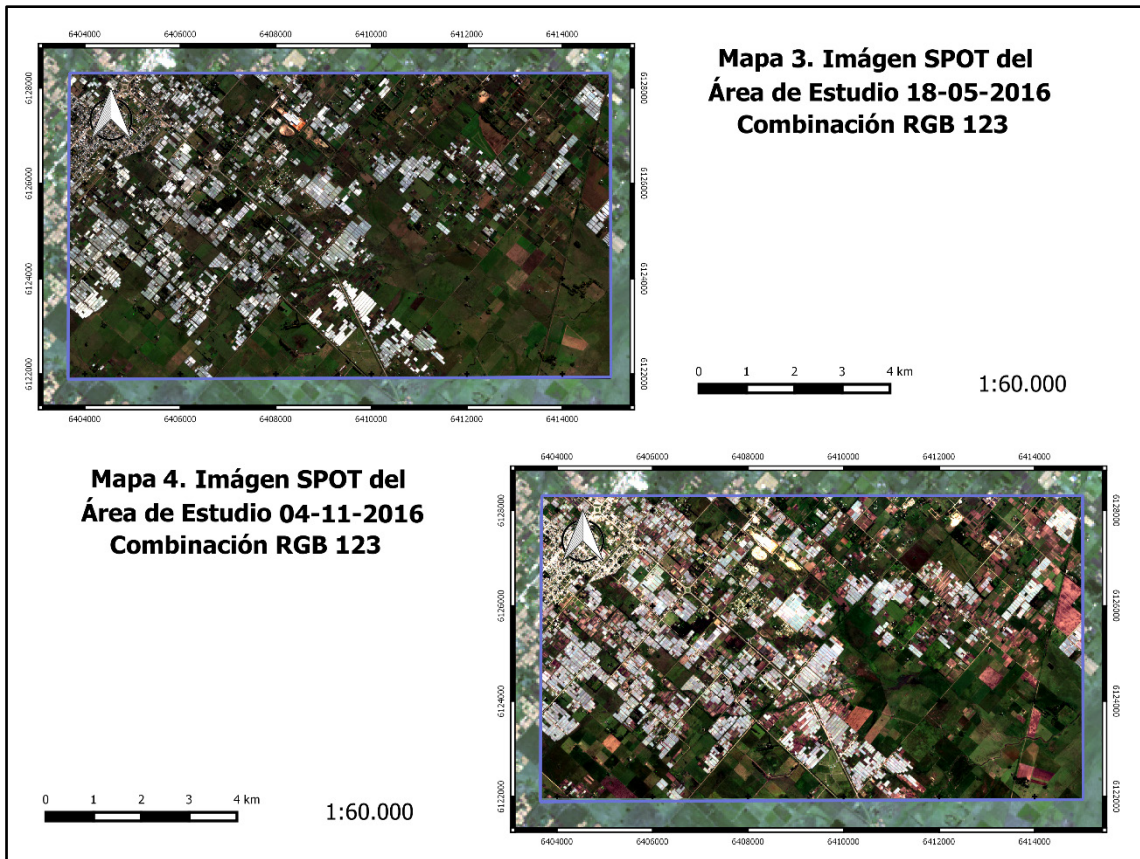
En el estudio del Ministerio de Asuntos Agrarios se realizó una caracterización de las parcelas según su uso, diferenciándolas en distintas categorías. Los terrenos cuyo horizonte superficial ha sido removido y utilizado como materia prima para la elaboración de ladrillos han sido mapeados bajo la unidad “Extractivo”. En el año 1956, dicha unidad ocupaba un total de 1.146 Hectáreas (ha) dentro del partido de La Plata, lo que representaba un 1,22% de la extensión total. Las parcelas caracterizadas como “Extractivas” se pueden observar en la colección de fotomosaicos correspondiente, con una textura particular constituida por manchones blancos en forma irregular, que se disponen sobre una cobertura más regular de coloración grisácea. Esta última representa una cobertura vegetal homogénea, sin remoción alguna.

Se definió la zona de estudio considerando la mayor densidad de parcelas caracterizadas como “Extractivas” que podían coexistir en un área no mayor a 100Km<sup>2</sup> considerando la escala de trabajo. Esta área abarca la extensión de dos fotomosaicos de la colección utilizada. Los mismos se escanearon y se combinaron en una sola imagen. Posteriormente, a través del software QGis 2.14, se georreferenció al sistema de proyección cartográfica Gauss Kruger Faja 6 (Marco de Referencia Posgar 98) y se realizó la digitalización de los polígonos de decapitación identificados en los mosaicos (**Fig. 2**).



**Fig. 2.** Fotomosaicos del Área de Estudio con parcelas de decapitación digitalizadas.

Por último se georreferenciaron ambas imágenes SPOT 7 al sistema definido, y se recortaron en la zona de estudio (**Figs. 3 y 4**).



**Figs. 3 y 4.** Imagen SPOT 7 del Área de Estudio del 18-05-2016 (arriba) y del 04-11-2016 (abajo) en Combinación Color Real (RGB Bandas 123).

### Índices.

Los denominados “Índices de Vegetación” combinan la banda roja y la del infrarrojo cercano del espectro (Rouse et al. 1973). En este estudio en particular se hizo uso de los índices denominados NDVI (NormalizedDifferenceVegetationIndex) y SAVI (SoilAdjustedVegetationIndex). La principal diferencia entre estos dos radica en que en el caso del SAVI, se tienen en cuenta un valor constante en la fórmula que representa la reflectividad de un suelo sin vegetación. Esta constante es incluida con la finalidad de utilizar este índice para zonas sub-húmedas, con una vegetación moderada que no llegue a cubrir la totalidad del terreno, dejando porciones del mismo sin vegetación. El NDVI por el contrario, se utiliza para zonas húmedas, con abundante vegetación (Crippen, 1990).

$$\text{NDVI} = (\text{NIR}-\text{RED})/(\text{NIR}+\text{RED}) \quad \text{SAVI} = [(\text{NIR}-\text{RED})/(\text{NIR}+\text{RED}+\text{L})]*(1+\text{L})$$

NIR: Reflectividad en el sector Infrarrojo cercano

RED: Reflectividad en el sector rojo.

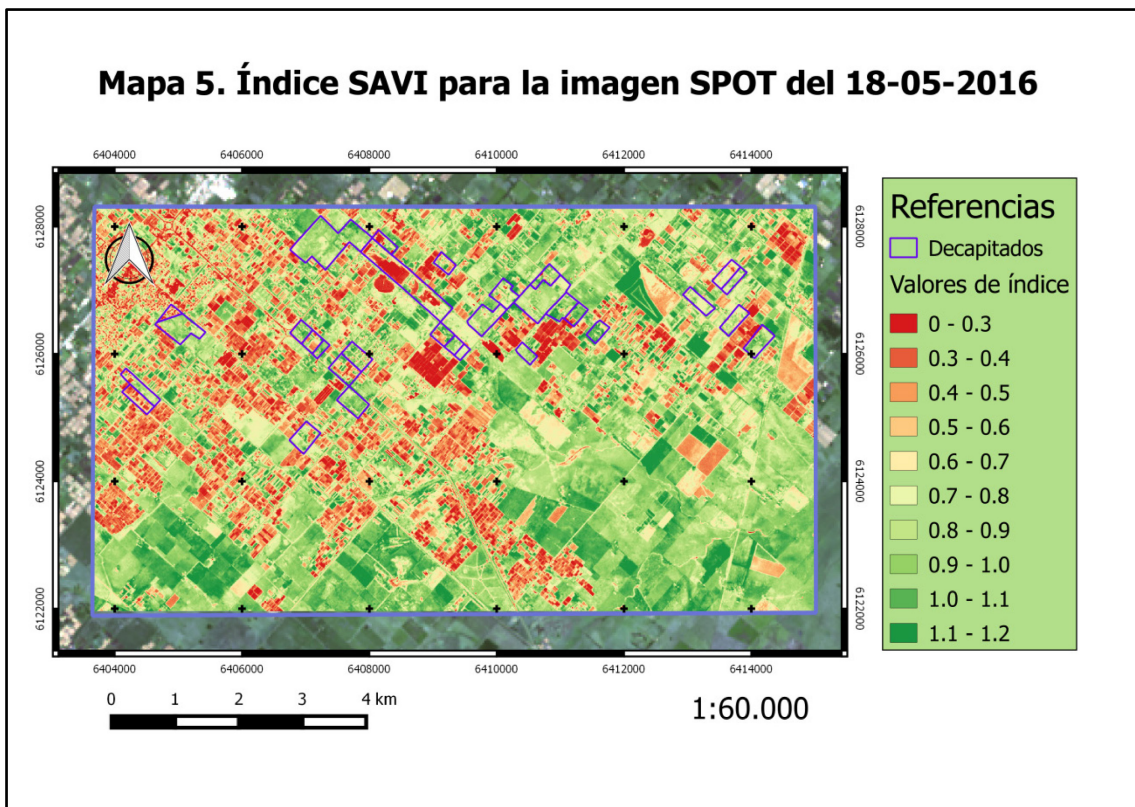
L: Constante relacionada a la reflectividad del suelo = 0.5

En el caso puntual del objeto de estudio (Suelos Decapitados), el índice SAVI resulta ser la opción adecuada para llevar a cabo el análisis espacial en cuestión, debido a su restringida cobertura vegetal. El índice NDVI, se utiliza en forma comparativa en

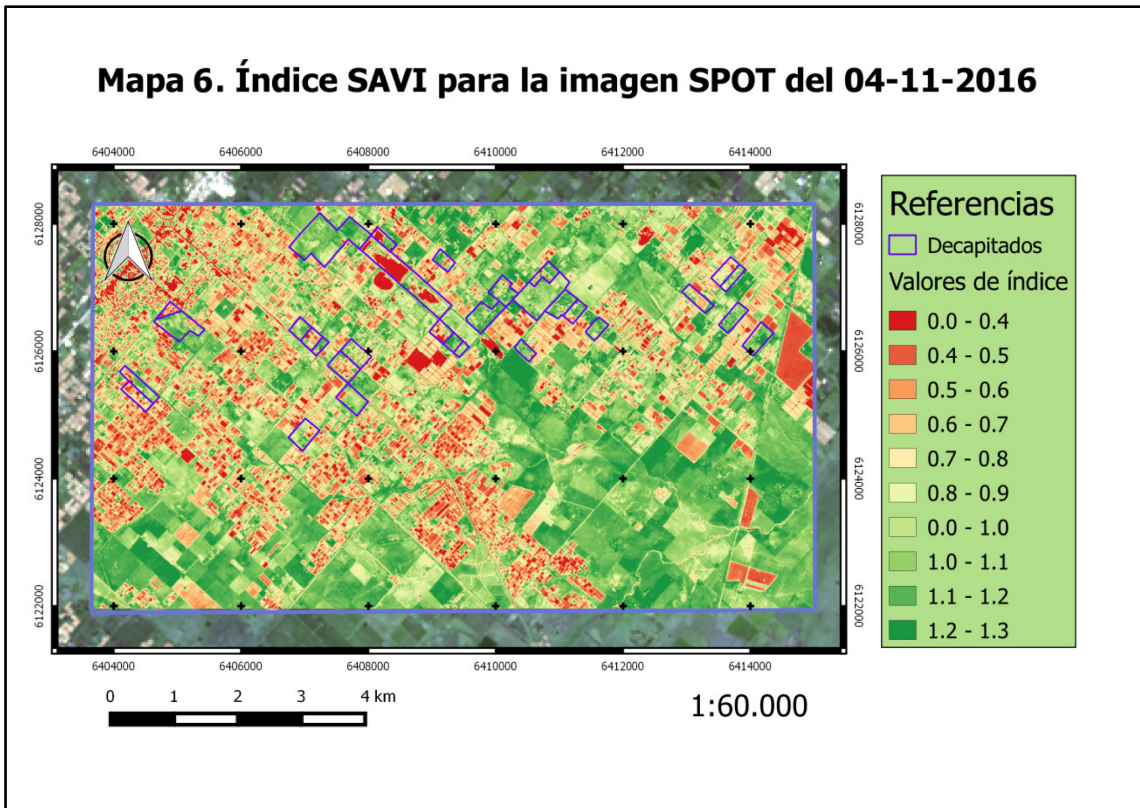
cuanto a la respuesta de estos terrenos a ambos análisis espaciales. Para realizar el análisis de índices se utilizó el software QGis 2.14.

## RESULTADOS

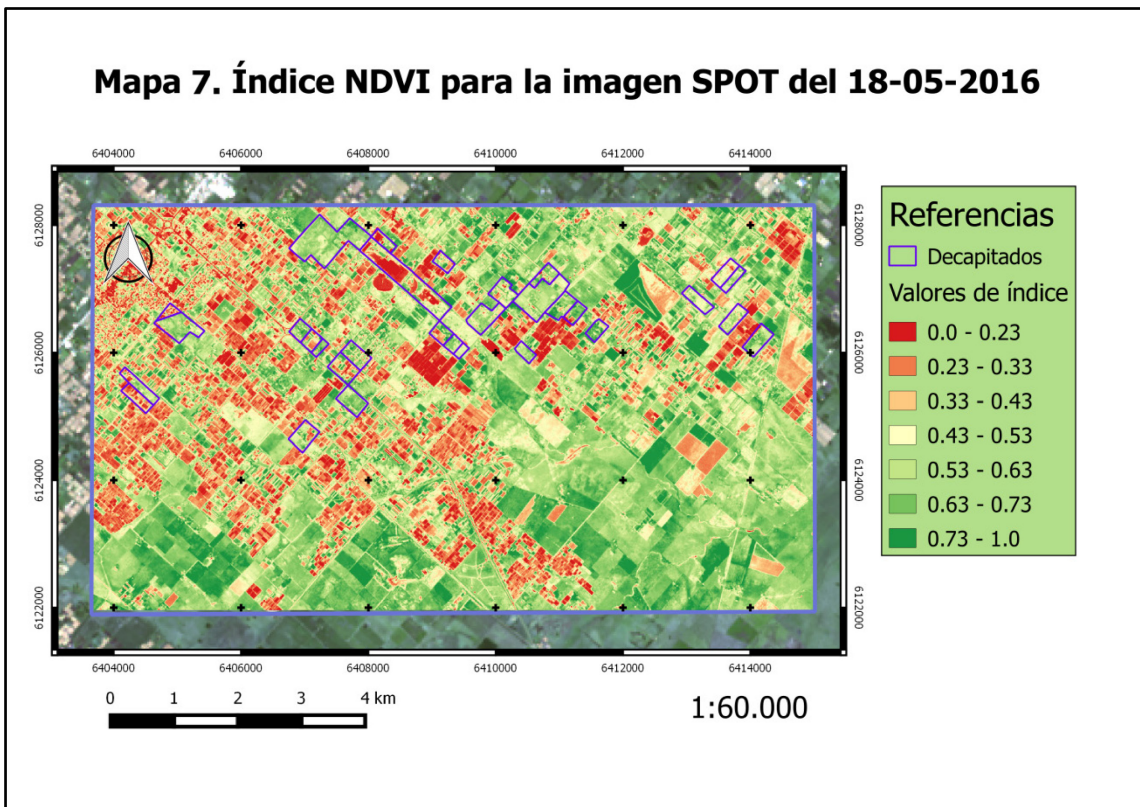
Los índices SAVI y NDVI, fueron aplicados a las imágenes SPOT de las dos fechas y se obtuvieron cuatro imágenes como resultado: índice SAVI para otoño y primavera (Figs. 5 y 6), e índice NDVI también para ambos momentos (Figs. 7 y 8). Haciendo un análisis cualitativo de las imágenes resultantes se pudo observar que dentro de los polígonos de decapitación existe una variación en los valores de ambos índices para ambos momentos del año, pero esta variación es de muy baja magnitud con respecto a otras coberturas que sufren estacionalidad. También se pudo observar que dentro de las parcelas existen sectores que muestran una variación prácticamente nula.



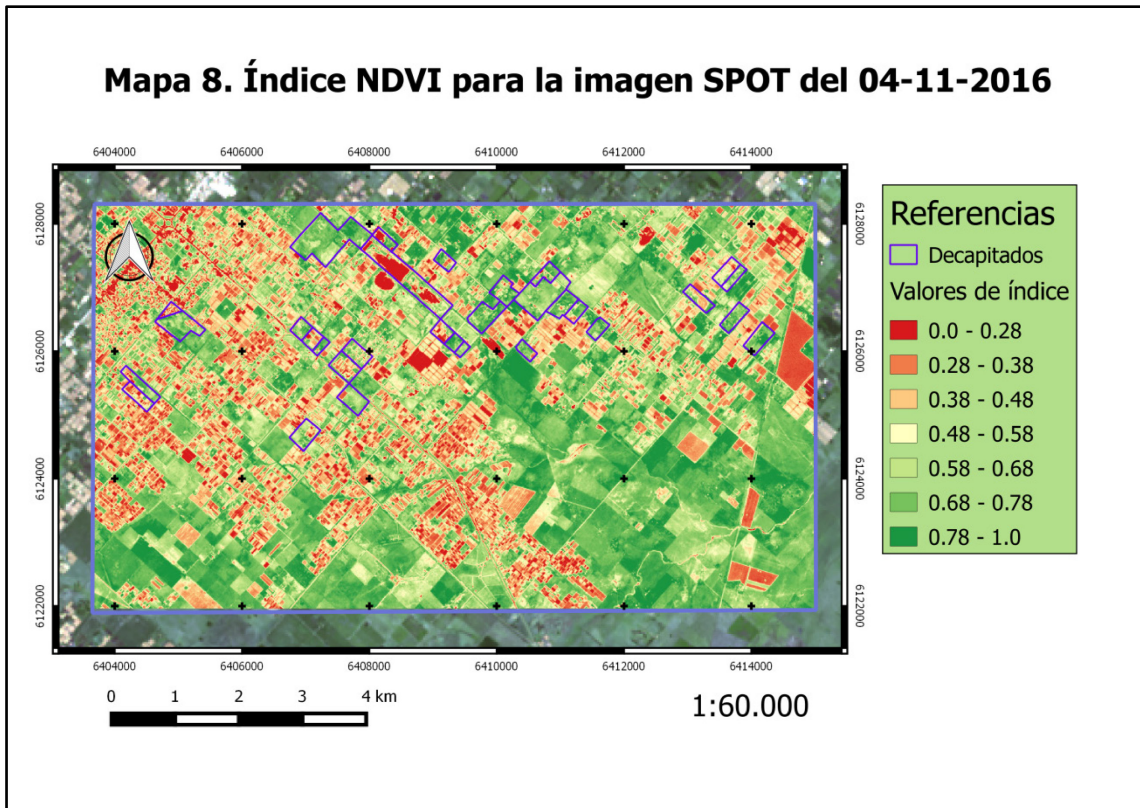
**Fig. 5.** Índice SAVI para la imagen SPOT 7 del 18-05-2016.



**Fig. 6.** Índice SAVI para la imagen SPOT 7 del 04-11-2016.



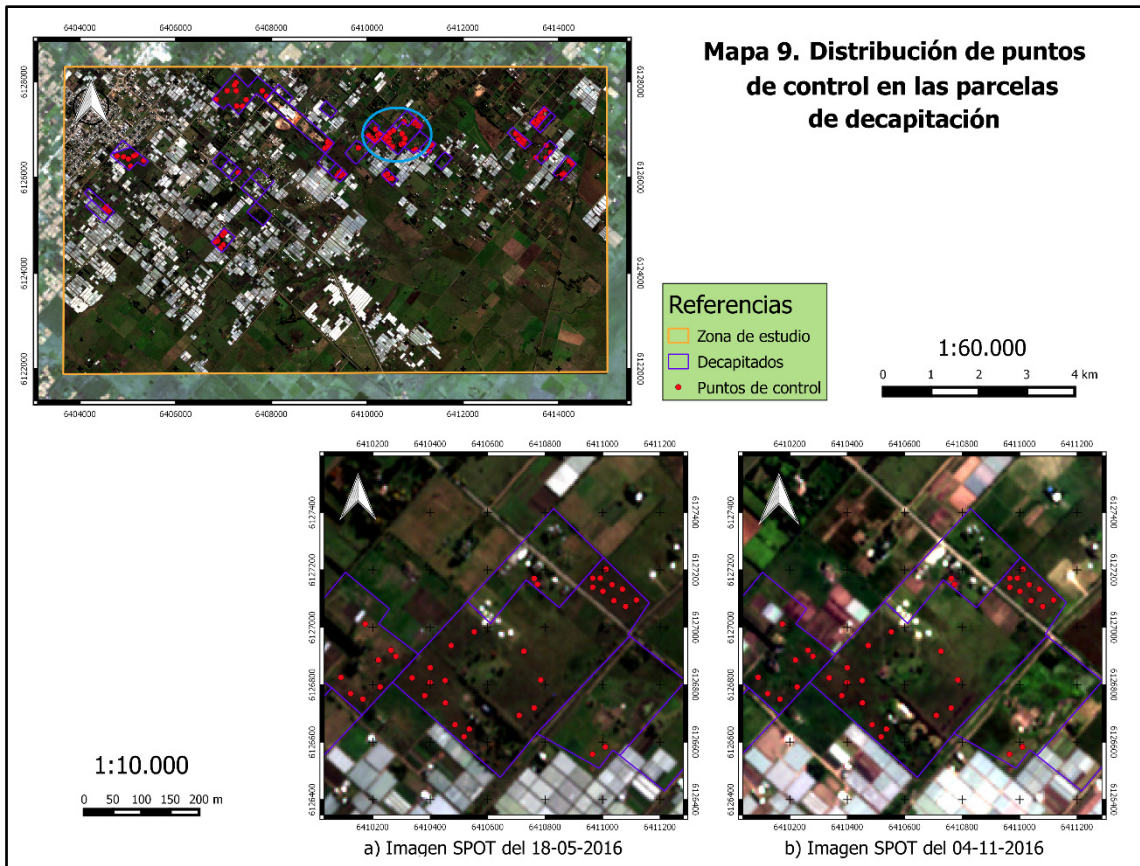
**Fig. 7.** Índice NDVI para la imagen SPOT 7 del 18-05-2016.



**Fig. 8.** Índice NDVI para la imagen SPOT 7 del 04-11-2016.

Este resultado manifiesta el muy escaso o nulo cambio en la cobertura vegetal que sufre un terreno decapitado a lo largo del año; en primer lugar se descarta la posibilidad de que estas parcelas sean utilizadas con fines agrícolas/agropecuarios, no manifestándose etapas de cultivo vigoroso y/o cosecha en ambos momentos del año que generen un contraste en los Índices de Vegetación utilizados. En segundo lugar el crecimiento de vegetación espontánea resulta restringido, con escasa biodiversidad.

A partir de este patrón resultante se crearon una serie de puntos de control dentro de las parcelas decapitadas, cuya variabilidad en la cobertura vegetal fuese prácticamente mínima. Haciendo uso del software QGis 2.14 se generó una tabla de atributos con los 4 valores de índices establecidos para cada punto (**Fig. 9**).



**Fig. 9.** Distribución de puntos de control en parcelas de decapitación a escala 1:60.000 (arriba) y en detalle la situación señalada en el círculo celeste para ambas imágenes SPOT 7 en Combinación Color Real (abajo) a escala 1:10.000.

De esta manera se realizó un análisis estadístico básico buscando obtener un valor numérico standard de Índices que pueda ser representativo de la situación de decapitación. En total se crearon 128 puntos de control, calculándose para cada índice y para cada momento del año la media, desvío, valores máximos, valores mínimos y razón entre medias por índices. Los valores obtenidos se pueden observar en Tabla 1.

**Tabla 1.** Valores estadísticos de Índices SAVI y NDVI.

	SAVI Mayo	SAVI Nov	NDVI Mayo	NDVI Nov
<b>Media</b>	0.705	0.804	0.471	0.536
<b>Razón entre Medias</b>	1.140		1.138	
<b>Desvío</b>	0.111	0.155	0.074	0.104
<b>Valor Máximo</b>	0.980	1.020	0.654	0.680
<b>Valor Mínimo</b>	0.320	0.385	0.202	0.256

Los valores obtenidos en la Razón de Medias de los índices utilizados fueron 1.138 para NDVI y 1.140 para SAVI.



## **CONCLUSIONES.**

- El análisis cualitativo por Índices de Vegetación mostró una variación en los polígonos de decapitación de muy baja magnitud con respecto a las coberturas que sufren estacionalidad cuando se compararon los valores de cada Índice para ambos momentos del año.
- A su vez, existen sectores en dichas parcelas en los que los Índices, tanto SAVI como NDVI, muestran una variación prácticamente nula.
- Estos sectores de variación nula pueden tomarse como puntos de control para detectar la respuesta espectral característica que poseen los terrenos que han sido afectados por minería de suelo.
- La Razón entre Medias de ambos momentos del año, tanto para el Índice SAVI como para el NDVI podría aportar en forma preliminar un valor con el que se identifiquen terrenos que no sufren estacionalidad (o cuya variación por estaciones sea mínima) a lo largo del año para una zona con regímenes de humedad, temperatura y geomorfología similares a la de la zona de estudio.
- A futuro se hará uso de esta metodología, aplicándola a zonas en donde no se tenga información previa sobre la localización de las parcelas decapitadas, con una posterior comprobación en campo de la situación obtenida en el análisis espacial. También se aplicará en zonas con conocimiento de la situación de decapitación, esperando obtener un valor de Razón entre Medias similar al obtenido en este trabajo, lo que contribuirán positivamente a corroborar la eficiencia del método propuesto.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- CHUVIECO E., 2000. Fundamentos de teledetección espacial. Rialp. Madrid. 568 pp.
- CRIPPEN R., 1990. Calculating the vegetation index. Remote Sensing of Environment. Vol 34, pp. 71-73.
- DE Vlieghe B., 1990. Environmental degradation mapping in Euboia (Central Greece) using multisource satellite data. 10 th EARSEL Symposium New European Systems, sensors and application, Toulouse France: pp. 297-305.
- DUBUCQ M., DARTEYRE J., REVEL J., 1991. Identification et cartographie de surface de l'érosion et de la battance des sols du Lauragais à partir de croisement de données SPOT et d'un MNT. ITC Journal. Vol. 2, pp. 70-76.
- FRAZIER B., CHENG Y., 1989. Remote Sensing of soils in the Eastern Palouse region with Landsat Thematic Mapper. Remote Sensing of Environment. vol 28, pp. 317-325.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR, 1956. Levantamiento Aerofotográfico. Provincia Buenos Aires, Sector La Plata. Zona 6G y 7G. Escala aproximada 1:25000.
- MINISTERIO DE ASUNTOS AGRARIOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES – DIRECCIÓN DE AGRICULTURA – DEPARTAMENTO DE SUELOS Y AGUA, 1971: "Uso de la tierra y capacidad de uso del suelo del Partido de La Plata para los años 1956 y 1971."

- ROUSE J., HASS R., SCHELL J., DEERING D., 1973. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERST. III ERST Symposium. NASA, vol. 1, pp 309-317.