



Aplicación del índice NDVI para analizar la influencia del maíz como cultivo antecesor, en el desarrollo de biomasa del cultivo de soja. Tucumán, campaña 2021/2022

Carmina Fandos*, Federico J. Soria*, Pablo Scandaliaris*, Javier I. Carreras Baldrés*, Mario R. Devani** y Daniel Gamboa**

*Sección Sensores Remotos y S.I.G; ** Sección Granos, EEAOC. E-mail: carminaf@eeaoc.org.ar

Introducción

La biomasa vegetal es el resultado de transformar la energía solar en energía química y se considera un factor fundamental en los agroecosistemas, tanto para su sustentabilidad como para el rendimiento de los cultivos. Con respecto a la sustentabilidad, un mayor volumen y variedad de biomasa permite mejorar la calidad de residuos que quedan en el sistema, lo que garantiza el desarrollo de los ciclos de nutrientes; y en cuanto al rendimiento, es una relación directa entre la biomasa y el índice de cosecha.

El cultivo antecesor condiciona el tipo de residuos que quedarán en un sistema agrícola e impactarán en el cultivo que se desarrolle posteriormente. En este sentido cabe destacar que la alta relación C/N de los rastrojos de cereales de invierno y verano determina una descomposición lenta y favorece la formación de materia orgánica estabilizada del suelo. A la vez, el crecimiento de sus raíces contribuye a mejorar la estructura del suelo y genera grietas y canales que, al mejorar la porosidad superficial del suelo, incrementan la velocidad de infiltración del agua y el intercambio de gases, y facilitan el desarrollo de raíces de otros cultivos (Voisin *et al.*, 2018).

Con respecto a cultivos de soja con cultivo antecesor maíz, existen experiencias locales donde los rendimientos de la soja fueron comparativamente más altos cuando el cultivo antecesor fue maíz que cuando fue soja. Las diferencias tienden a

incrementarse en años con precipitaciones inferiores a las normales y están estrechamente relacionadas a una mejor conservación de la humedad por parte del rastrojo de maíz (Figuerola *et al.*, 2006).

Según Fandos *et al.* (2022a), el 41% de la soja sembrada en la campaña 2021/2022 tuvo como antecesor al maíz, siendo el principal cultivo predecesor, seguido por los cultivos de soja (31%), caña de azúcar (18%) y otros (10%).

El uso de imágenes generadas por sensores remotos facilita el estudio de las coberturas vegetales. Entre las metodologías utilizadas en el análisis de imágenes se destaca el índice de vegetación, un cociente entre los niveles digitales almacenados en dos o más bandas de la misma imagen. Los niveles digitales corresponden a valores de reflectividad a distintas longitudes de onda y se utilizan con la finalidad de extraer la información relacionada con la vegetación, minimizando la influencia de otros factores externos tales como las propiedades ópticas del suelo, la irradiación solar, etc. (Sobrino *et al.*, 2000).

El Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) es un índice verde que relaciona la reflectividad en las bandas del infrarrojo cercano y el rojo del espectro electromagnético de la luz, y da una medida de la cobertura vegetal y su vigor, lo que permite el monitoreo de los cambios estacionales y anuales de la vegetación, ya que responde a cambios en la cantidad de biomasa verde. Los valores del índice NDVI fluctúan entre -1 y 1. Diversos estudios y publicaciones señalan



que valores por encima de 0,2 indican presencia de vegetación, y cuanto más alto sea el valor de este índice, las condiciones de vigor son mejores. Si bien el intervalo dinámico del índice NDVI es amplio en condiciones de baja biomasa y restringido en situaciones de alta biomasa (Jensen, 2007), es uno de los índices de vegetación más difundidos en la observación remota y en el medio agroproductivo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia del antecesor maíz en el desarrollo de biomasa del cultivo de soja en Tucumán en la campaña 2021/2022, utilizando el índice NDVI.

Procedimiento de análisis

Se realizó un análisis multitemporal de imágenes satelitales Sentinel 2A MSI, obtenidas del sitio <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, las cuales corresponden al nivel 2A y presentan correcciones atmosféricas. Las fechas de adquisición fueron: 17 de enero, 16 de febrero, 28 de marzo y 07 de abril de 2022.

En primera instancia, se enmascararon las imágenes satelitales con el fin de conservar únicamente los campos cultivados con soja, para lo cual se utilizó la capa temática de área sojera a nivel provincial, correspondiente a la campaña 2021/2022 (Fandos *et al.*, 2022b).

Seguidamente se calculó el índice NDVI sobre cada una de las imágenes satelitales.

Posteriormente, sobre la capa temática de NDVI en cada imagen se diferenció el área sojera, según presentara cultivo antecesor soja o maíz. Para dicha restricción se utilizaron las coberturas temáticas de soja y maíz correspondientes a la campaña 2020/2021 (Fandos *et al.*, 2021).

Finalmente, ambas capas temáticas obtenidas fueron superpuestas con la correspondiente a departamentos de la provincia de Tucumán, lo que posibilitó el detalle de la información a nivel departamental.

Valores de índice NDVI en el área sojera, diferenciada según antecesor soja o maíz

La Figura 1 expone los porcentajes alcanzados por los diferentes valores del índice NDVI en las cuatro fechas analizadas. Se aprecia que

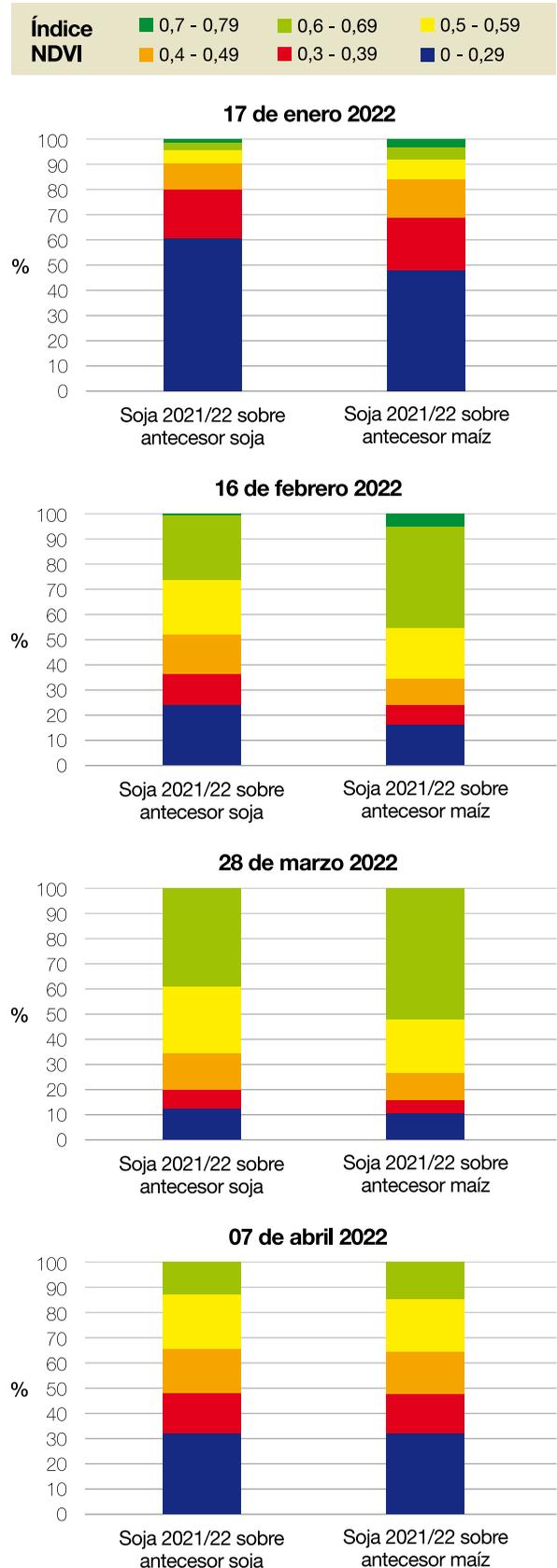


Figura 1. Porcentaje de valores de índice NDVI en soja proveniente de antecesor soja y maíz, campaña 2021/2022. Imágenes Sentinel 2A. Tucumán.



entre el 17 de enero y el 28 de marzo esos valores fueron aumentando hasta alcanzar los mayores porcentajes de valores altos en la última fecha, lo que se corresponde con el aumento de biomasa del cultivo. Además, se constata que la soja que proviene de antecesor maíz presenta mayores valores de NDVI que aquella con antecesor soja. El escenario difiere hacia el 07 de abril, fecha en que los valores descienden y prácticamente no existen diferencias en cuanto al cultivo antecesor. Cabe destacar que en abril predominan los lotes con soja en las últimas etapas de la maduración, por lo que prevalecen las hojas secas.

Las Figuras 2 y 3 muestran la distribución espacial del índice NDVI correspondiente a la soja campaña 2021/2022, diferenciada según cultivo antecesor soja (Figura 2) o maíz (Figura 3), en la fecha correspondiente al 28 de marzo, cuando se constataron las mayores proporciones de valores altos de NDVI en la serie analizada, en concordancia con la etapa de mayor desarrollo y vigor de los cultivos de soja.

Para una mejor apreciación de la información

obtenida se calculó la media ponderada de los valores de NDVI para cada fecha analizada, lo que permitió la obtención del perfil espectral de NDVI para el área sojera en la campaña 2021/2022, diferenciada según cultivo antecesor soja o maíz (Figura 4). Se constata la misma tendencia detectada en la Figura 1, esto es, valores ascendentes de NDVI hasta el 28 de marzo y valores más altos en la soja con antecesor maíz que aquella con antecesor soja.

En la Figura 5 se exhiben los perfiles espectrales de valores medios de NDVI de la soja sembrada en la campaña 2021/2022 en los principales departamentos graneros, diferenciada según antecesor soja o maíz. El análisis de Burruyacu revela la misma tendencia registrada a nivel provincial. En Leales la tendencia de la curva es la misma detectada a nivel provincial, pero sin diferencias prácticamente en los valores de NDVI en ambos antecesores. Cruz Alta se destaca por presentar los mayores valores medios de NDVI el 16 de febrero, lo que probablemente indica siembra más temprana con respecto a los otros departamentos, pero la tendencia de las curvas es la misma que a

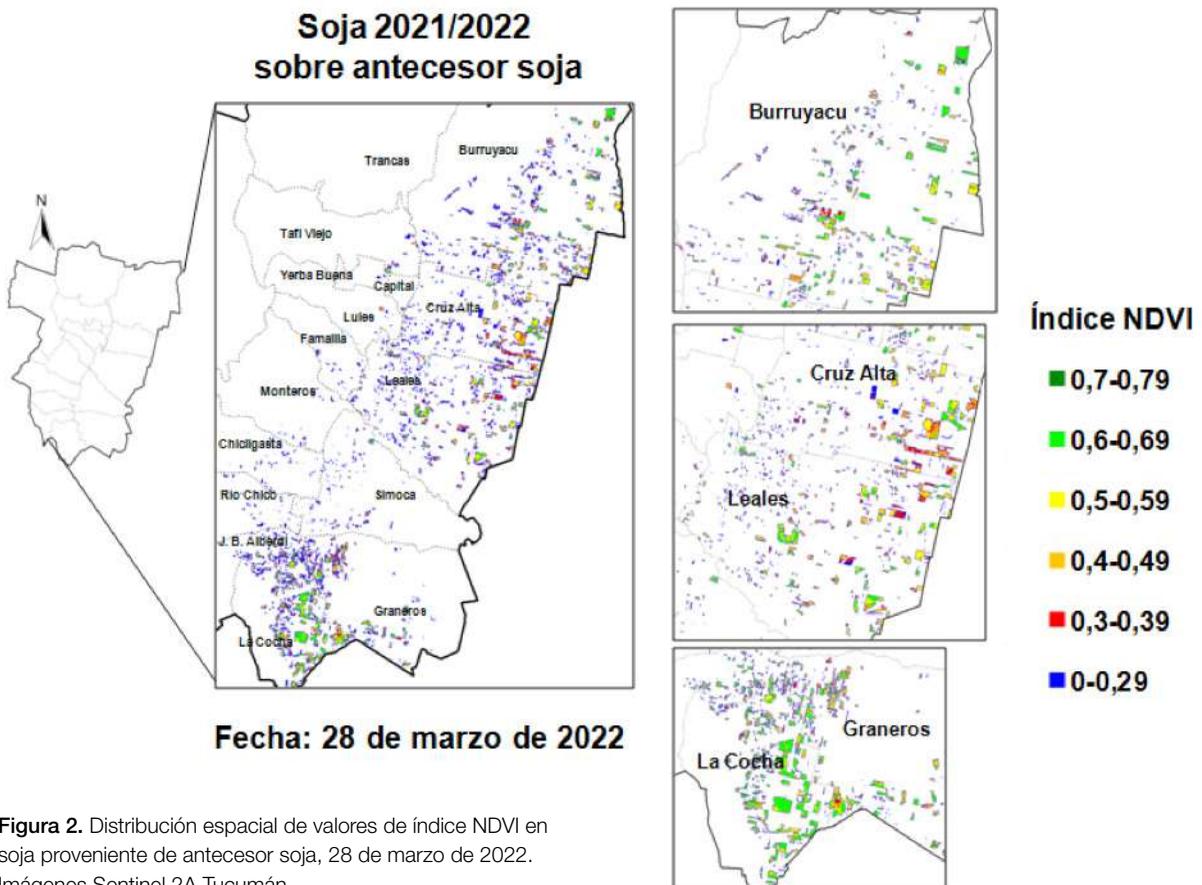


Figura 2. Distribución espacial de valores de índice NDVI en soja proveniente de antecesor soja, 28 de marzo de 2022. Imágenes Sentinel 2A.Tucumán.

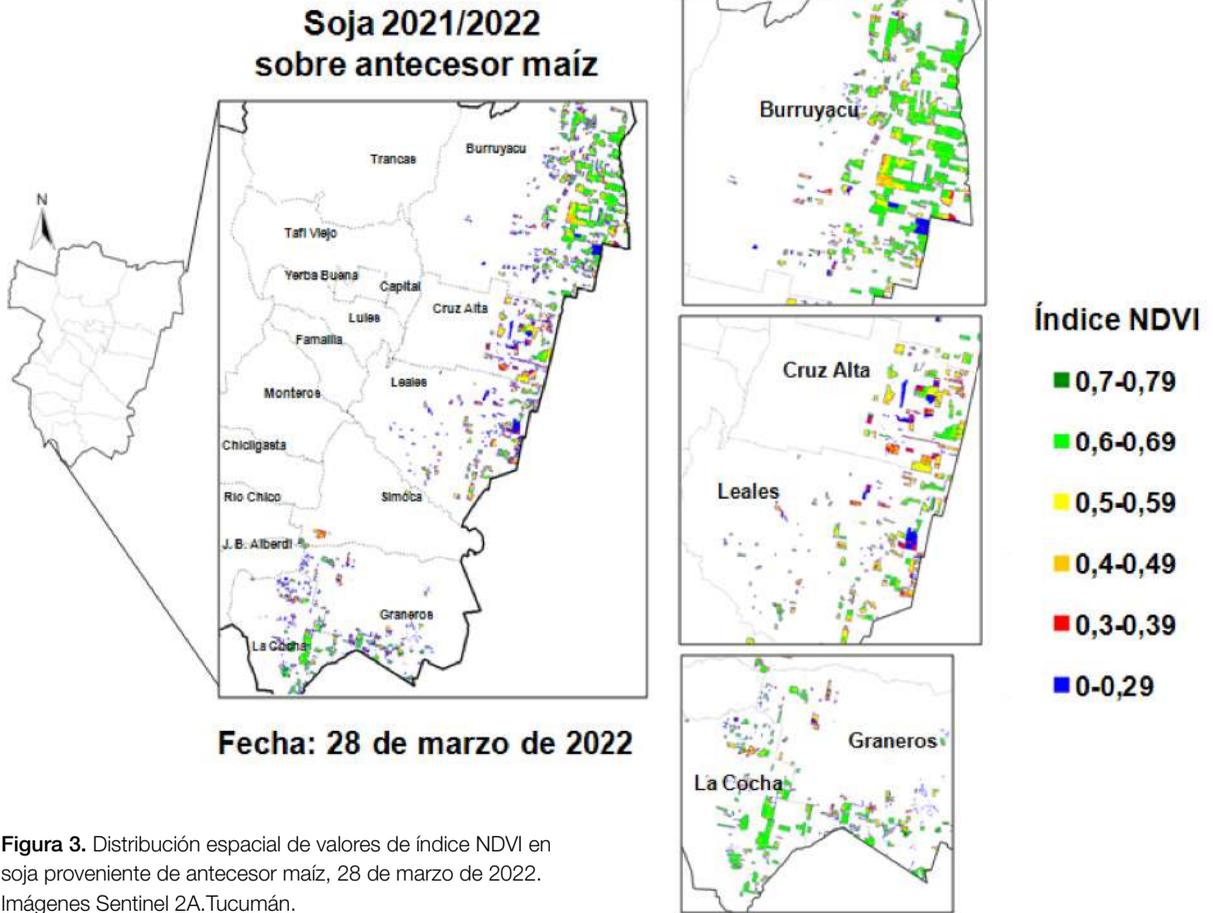


Figura 3. Distribución espacial de valores de índice NDVI en soja proveniente de antecesor maíz, 28 de marzo de 2022. Imágenes Sentinel 2A.Tucumán.

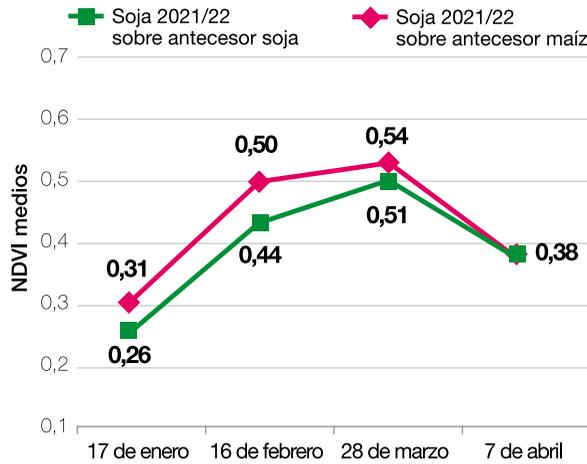


Figura 4. Valores medios de índice NDVI en soja proveniente de antecesor soja y maíz, en diferentes fechas de la campaña 2021/2022.

nivel provincial, incluyendo mayores valores para el antecesor maíz. También en La Cocha se aprecia igual tendencia que a nivel provincial, con valores de NDVI el 17 de enero más bajos, indicativos de menor desarrollo de biomasa, pero los mayores valores en

marzo. Finalmente, Graneros muestra una tendencia general, con respecto al incremento de valores hasta el 28 de marzo, similar a la situación a nivel provincial, pero con mayores valores de NDVI del cultivo antecesor soja el 16 de febrero.

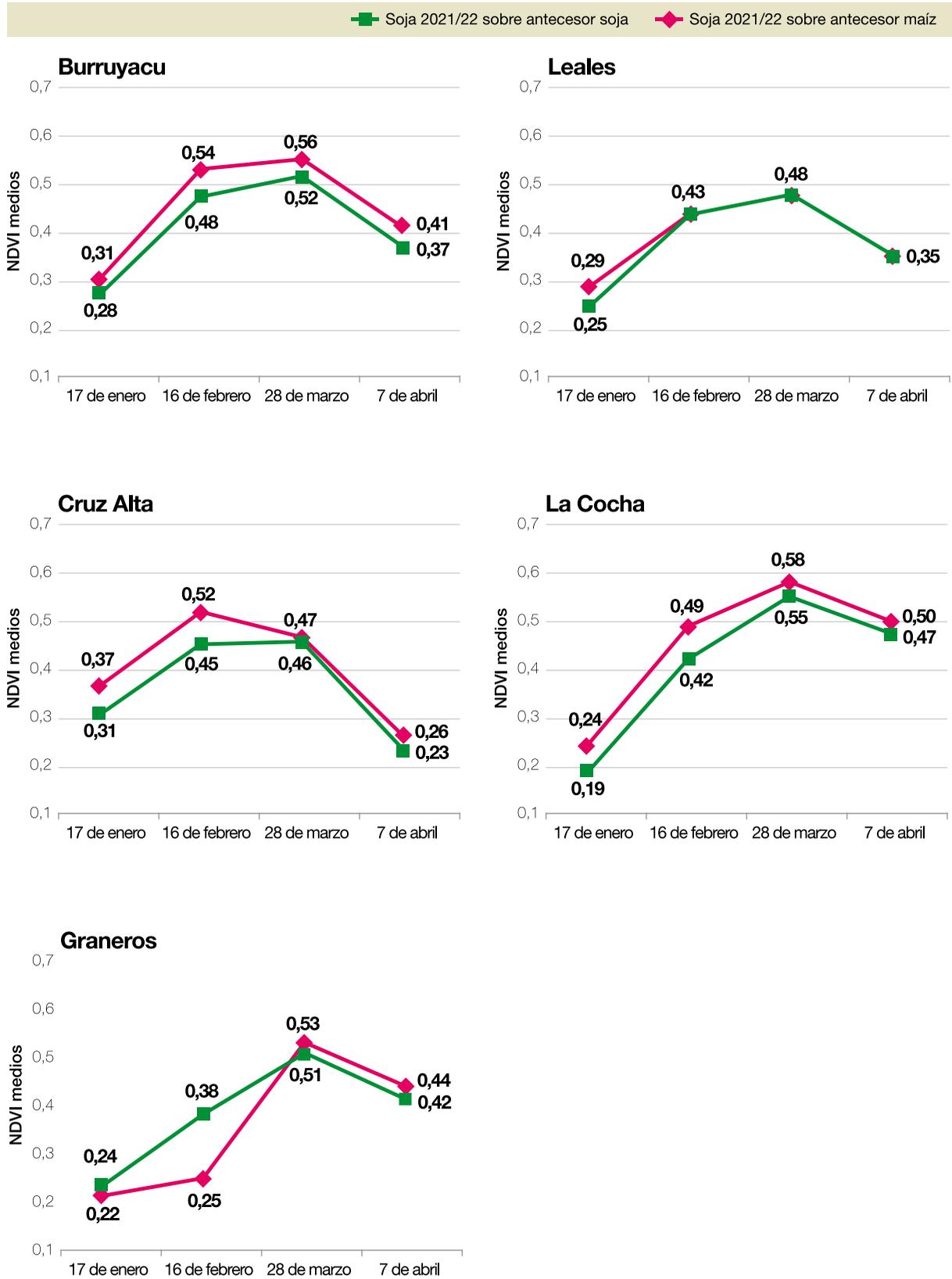


Figura 5. Valores medios de índice NDVI en soja proveniente de antecesor soja o maíz, en diferentes fechas de la campaña 2021/2022. Imágenes Sentinel 2A. Principales departamentos graneros de Tucumán.



Consideraciones finales

La aplicación del índice NDVI permitió detectar diferencias en la biomasa de los cultivos de soja provenientes de antecesor soja de aquellos con predecesor maíz, aun en condiciones de alto desarrollo de biomasa, donde este índice presenta en algunos casos un intervalo dinámico restringido.

Se constató una tendencia creciente en los valores de NDVI entre el 17 de enero y el 28 de marzo, fecha donde se registraron los mayores valores a nivel provincial y departamental, con excepción del departamento Cruz Alta, en que los valores máximos se registraron el 16 de febrero.

Los valores de NDVI de la soja con cultivo antecesor maíz fueron mayores que aquellos correspondientes a soja con cultivo antecesor soja, a escala provincial y departamental, con excepción del departamento Leales, donde prácticamente no se registraron

diferencias, y Graneros.

Como se mencionó en párrafos precedentes, experiencias locales demostraron que los rendimientos de la soja son comparativamente más altos cuando el cultivo antecesor fue maíz a cuando fue soja, y que las diferencias tienden a incrementarse en años con precipitaciones inferiores a las normales. La campaña 2021/2022 se caracterizó por precipitaciones que estuvieron por debajo de los promedios normales de referencia en la mayoría de las localidades de la provincia, constatándose que el manejo de los cultivos fue un factor de gran influencia en el estado general de estos y resaltando las diferencias a favor en lotes con antecesor gramínea y un adecuado manejo de malezas (barbechos tempranos, uso de preemergentes, etc.).

La metodología empleada contribuye al análisis del efecto de diferentes prácticas de manejo en la biomasa de los cultivos a escalas regionales.

Bibliografía citada

Fandos, C.; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés; F. J. Soria; M. R. Devani, D. E. Gamboa, F. Ledesma y C. Espeche. 2021. Relevamiento de la superficie cultivada con soja, maíz y poroto en la campaña 2020/2021 en Tucumán y comparación con campañas precedentes. Reporte Agroindustrial EEAOC 213 [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=relevamiento-satelital-de-cultivos-en-la-provincia-de-tucuman-2> (consultado 05 abril 2022).

Fandos, C.; F. J. Soria; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés y M.R. Devani. 2022a. Incremento de la superficie de los cultivos de maíz y caña de azúcar como antecesores del cultivo de la soja en Tucumán. Análisis mediante teledetección y SIG del período 2017-2022. En: Devani, M. R. y Ledesma F. (eds). Publicación especial 67. El cultivo de la soja en el noroeste argentino, campaña 2021-2022. [En línea]. Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=capitulo-f1-incremento-de-la-superficie-de-los-cultivos-de-maiz-y-cana-de-azucar-como-antecesores-del-cultivo-de-la-soja-en-tucuman-analisis-mediante-teledeteccion-y-sig-del-periodo-2017-2022> (consultado 15 setiembre 2022).

Fandos, C.; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés; F. J. Soria; M. R. Devani, D. E. Gamboa, F. Ledesma y C. Espeche. 2022b. Superficie cultivada con soja, maíz y poroto en la campaña 2021/2022 en Tucumán y comparación con campañas precedentes. Reporte Agroindustrial EEAOC 247 [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=estadisticas-y-margenes-de-cultivos-tucumanos-10> (consultado 15 setiembre 2022).

Figueroa, R.; C. Hernández; M. Morandini; M. R. Devani y D. R. Pérez. 2006. Capítulo III: El manejo de suelos en el área productora de granos del Noroeste Argentino. En Devani, M. R.; F. Ledesma; J. M. Lenis y L. D. Ploper (eds). Producción de soja en el Noroeste Argentino. EEAOC. Argentina, pp. 93-104.

Jensen, John R. 2007. Remote sensing of the environment: an earth resource perspective. Tradução: Epiphanio, J. C. N. et al. Sao José dos Campos. SP. Parentese. 2009.

Sobrinho, J. A.; N. Raissouni; Y. Kerr; A. Olivoso; M. J. López-García; A. Belait; M. H. El Kharraz; J. Cuenca y L. Dempere. 2000. Teledetección. Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia, Valencia, España.

Voisin, A; B. Novillo, A. Chamorro; R. Bezus, A. Pellegrini, S. Golik. 2018. Análisis de diferentes secuencias de cultivos: aportes al sistema productivo. RIA, Revista de Investigaciones agropecuarias. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142018000200015 (consultado 15 setiembre 2022).