



# Teledetección y caracterización del cultivo de **soja** en Uruguay

**2024**

## Tabla de contenido

<b>1. Resumen ejecutivo.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Introducción y metodología .....</b>	<b>6</b>
Objetivo .....	7
Insumos.....	7
Metodología.....	7
<b>3. Resultados.....</b>	<b>8</b>
Información de superficie por departamento .....	9
Distribución del área sembrada de soja por departamento.....	10
Área sembrada por zona geográfica .....	11
Evolución del área de soja en los últimos años.....	12
<b>4. Principales conclusiones del estudio de teledetección .....</b>	<b>13</b>
<b>5. Caracterización del cultivo de soja en Uruguay .....</b>	<b>16</b>
Zafra 2023/24 y la evolución en los últimos años.....	17
Soja en cifras.....	24
<b>6. Análisis de rotaciones agrícolas .....</b>	<b>25</b>
Rotaciones .....	26
<b>7. Anexos .....</b>	<b>32</b>
Anexo 1. Metodología .....	33
<i>Entrenamiento visual.....</i>	35
Anexo 2: Comportamiento del NDVI y su relación con la precipitación acumulada .....	38
<i>Información de precipitación .....</i>	43
Anexo 3. Suelos utilizados para la producción de soja en Uruguay .....	45
<i>Suelos utilizados para la producción de soja en Uruguay (período 2017 – 2024) .....</i>	46
<i>Características de los suelos utilizados según zona productiva.....</i>	48
Anexo 4. Cálculo de precisión y error .....	50
<i>Análisis .....</i>	53
Anexo 5. Infografía del Informe.....	55
Anexo 6. Sobre URUPOV .....	57
<i>Quiénes somos .....</i>	58
<i>Misión .....</i>	58
<i>Visión.....</i>	58
<i>Nuestro equipo .....</i>	59
<i>Nuestros socios .....</i>	60

**1**

# **Resumen ejecutivo**

## Resumen ejecutivo

Desde la siembra 2015/16, URUPOV ha implementado la teledetección de áreas de siembra mediante imágenes satelitales, mejorando la precisión de la información generada. La metodología del estudio de teledetección, incluyó clasificaciones supervisadas y no supervisadas, segmentación e interpretación visual, con apoyo de puntos de control GPS proporcionados por técnicos y socios de URUPOV.

Del análisis realizado con imágenes satelitales del sensor Sentinel, se concluye que el área estimada de siembra de soja para la zafra 2023/24 en Uruguay es de 1.300.000 hectáreas aproximadamente con una precisión del 96,7%.

El 50% de esta superficie se localiza en los departamentos de Soriano, Río Negro y Colonia, mientras que el 61% se encuentra en la región del litoral del país.

En los últimos 8 años, se destinaron 3 millones de hectáreas a la producción de soja, utilizando 174 grupos Coneat diferentes, aunque la mitad del área se concentró en solo 12 tipos de suelos.

Aproximadamente un 50% del área de soja a nivel nacional, se siembra con variedades portadoras de nuevas tecnologías (eventos OGM que confieren resistencia a herbicidas e insectos: Intacta, Enlist y Conkesta).

La proporción de chacras con soja por segundo año consecutivo disminuyó al 54%, posiblemente debido a las pérdidas durante la zafra 2022/23 causadas por condiciones de sequía extrema. Además, el 77% de la superficie con colza en invierno 2023 se sembró con soja en la zafra actual, y el área con soja durante cuatro zafras consecutivas disminuyó un 5%, representando el 23% del área total de la zafra 2023/24.

El 52% del área cultivada en el último año se sembró con semilla comprada por los productores, incluyendo categorías comerciales y certificadas ("semilla etiquetada"), mientras que el 32% se sembró con semilla de uso propio dentro del Sistema de Valor Tecnológico (SVT) de URUPOV. Sin embargo, aproximadamente 214.000 hectáreas se sembraron con semilla de origen ilegal y uso propio no registrado bajo el SVT.

A pesar de que Uruguay es una referencia internacional en el reconocimiento de la propiedad intelectual y el valor de la genética, el 16% de ilegalidad y subdeclaración en el uso de semillas plantea un desafío significativo, desalentando el desarrollo y lanzamiento de nuevas variedades y tecnologías asociadas.

Si se toma en cuenta como base de cálculo el 100% de semilla legal, el promedio de los últimos años marca una tendencia y preferencia favorable al uso de semillas de origen etiquetado con un 54% vs. el 46% de producción propia de los agricultores, con una dinámica interesante en la elección de las semillas por parte de los productores de soja a lo largo del tiempo, donde se observan oscilaciones en las preferencias entre semillas etiquetadas y de uso propio. La interpretación de estos cambios podría implicar consideraciones climáticas, productivas y económicas.

A nivel nacional, el número de productores que siembran soja se ha mantenido estable, con un promedio de 3.200 razones sociales, pero en la última zafra 2023/24 se observó un incremento del 10%, acorde con el aumento del área sembrada en el país.

El 25% de las razones sociales que siembran soja en Uruguay, significan más del 75% del área total de este cultivo. Por otro lado, la mayor concentración de número de productores de soja se encuentra en los estratos de menos de 300 hectáreas sembradas, abarcando el 77% del total de agricultores y totalizando casi un 25% del área total sembrada a nivel nacional.

A lo largo de los años, se ha observado una preferencia por los cultivares de grupo de madurez 6, y en la zafra 2023/24, el 85% del área sembrada de soja utilizó variedades de grupo de madurez entre 5.5 y 6.5.

**2**

# **Introducción y metodología**

## Objetivo

El presente informe tiene como objetivo describir los resultados obtenidos en el trabajo de teledetección de soja en Uruguay para la zafra 2023/24, así como proporcionar una breve caracterización del cultivo junto a un análisis evolutivo de las últimas zafras.

## Insumos

Para poder llevar adelante este proyecto fue necesario utilizar sistemas de información geográfica, herramientas proporcionadas por la plataforma Google Earth, imágenes satelitales de los sensores Sentinel, e información vectorial obtenida a campo de soja, maíz, sorgo y otros cultivos.

## Metodología

Mediante clasificaciones (supervisadas y no supervisadas), segmentación e interpretación visual, se digitalizaron en una primera instancia todas aquellas chacras con presencia de cultivo de verano. Luego, mediante la aplicación de nuevos algoritmos y control visual sobre las zonas previamente identificadas, se diferenciaron las chacras de soja de aquellas que no eran soja.

Para el entrenamiento visual y del sistema de clasificación, se utilizaron puntos de control GPS en todo el país proporcionados por URUPOV a través de sus técnicos de campo y empresas socias.

En la sección de **anexos** del presente informe, se comparte de manera exhaustiva la metodología utilizada, así como los comportamientos del índice de vegetación de diferencia normalizada, entre otros.

**3**

**Resultados**



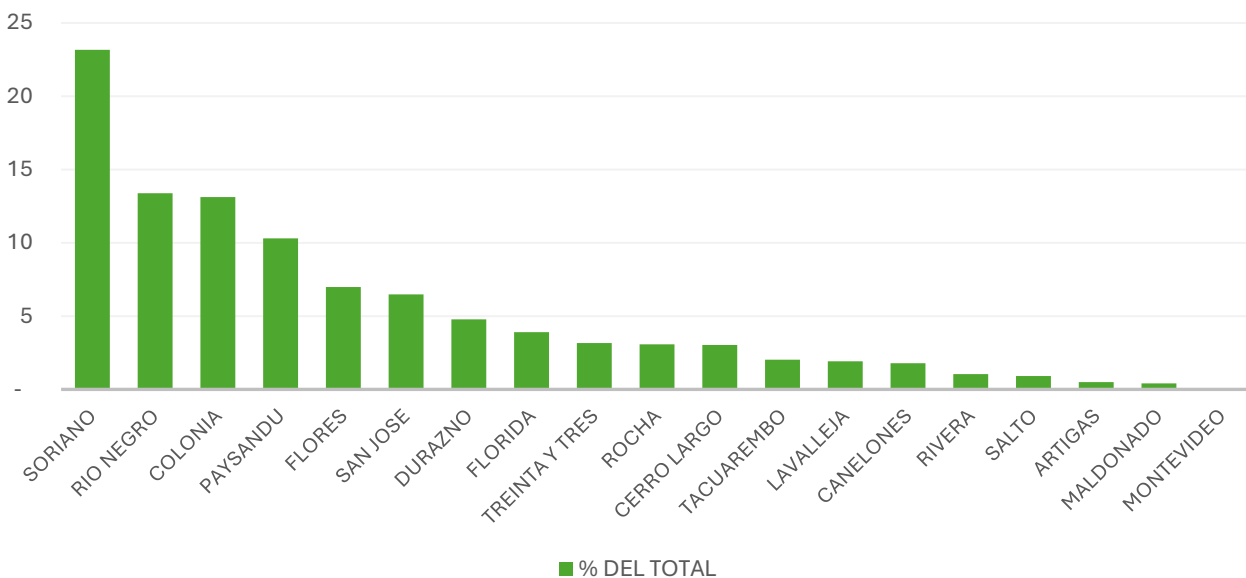
## Información de superficie por departamento

**Cuadro 1. Superficie de soja teledetectada por departamento. Zafra 2023/24**

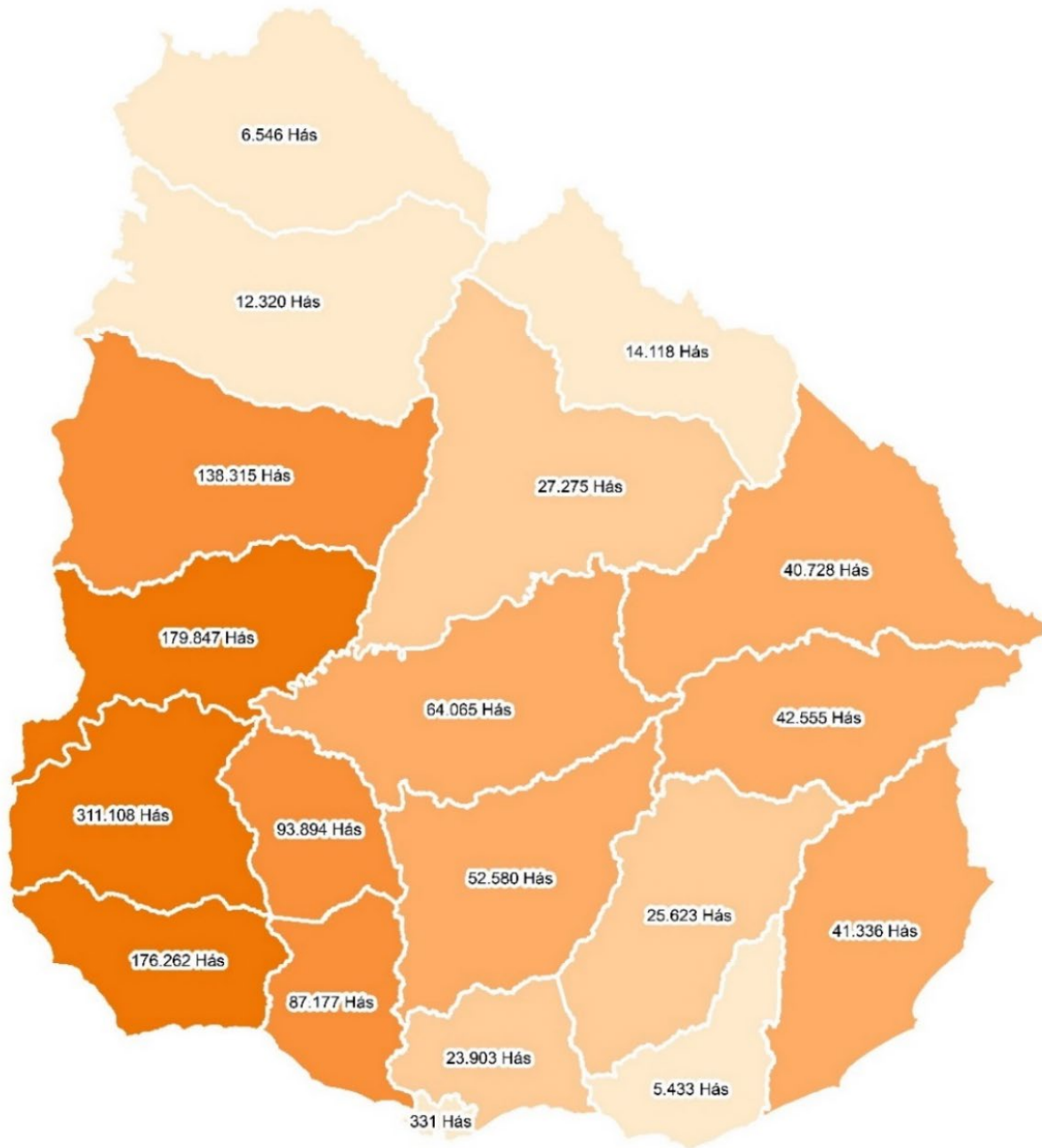
Departamento	Área (ha)	% del total
Soriano	311.108	23,2
Río Negro	179.847	13,4
Colonia	176.262	13,1
Paysandú	138.315	10,3
Flores	93.894	7,0
San José	87.177	6,5
Durazno	64.065	4,8
Florida	52.580	3,9
Treinta y Trés	42.555	3,2
Rocha	41.336	3,1
Cerro Largo	40.728	3,0
Tacuarembó	27.275	2,0
Lavalleja	25.623	1,9
Canelones	23.903	1,8
Rivera	14.118	1,1
Salto	12.320	0,9
Artigas	6.546	0,5
Maldonado	5.433	0,4
Montevideo	331	0,0
<b>Total</b>	<b>1.343.415</b>	<b>100</b>

El área total de soja teledetectada fue de 1.343.415 hectáreas. El 50% continúa ubicándose en los departamentos de Soriano, Río Negro y Colonia.

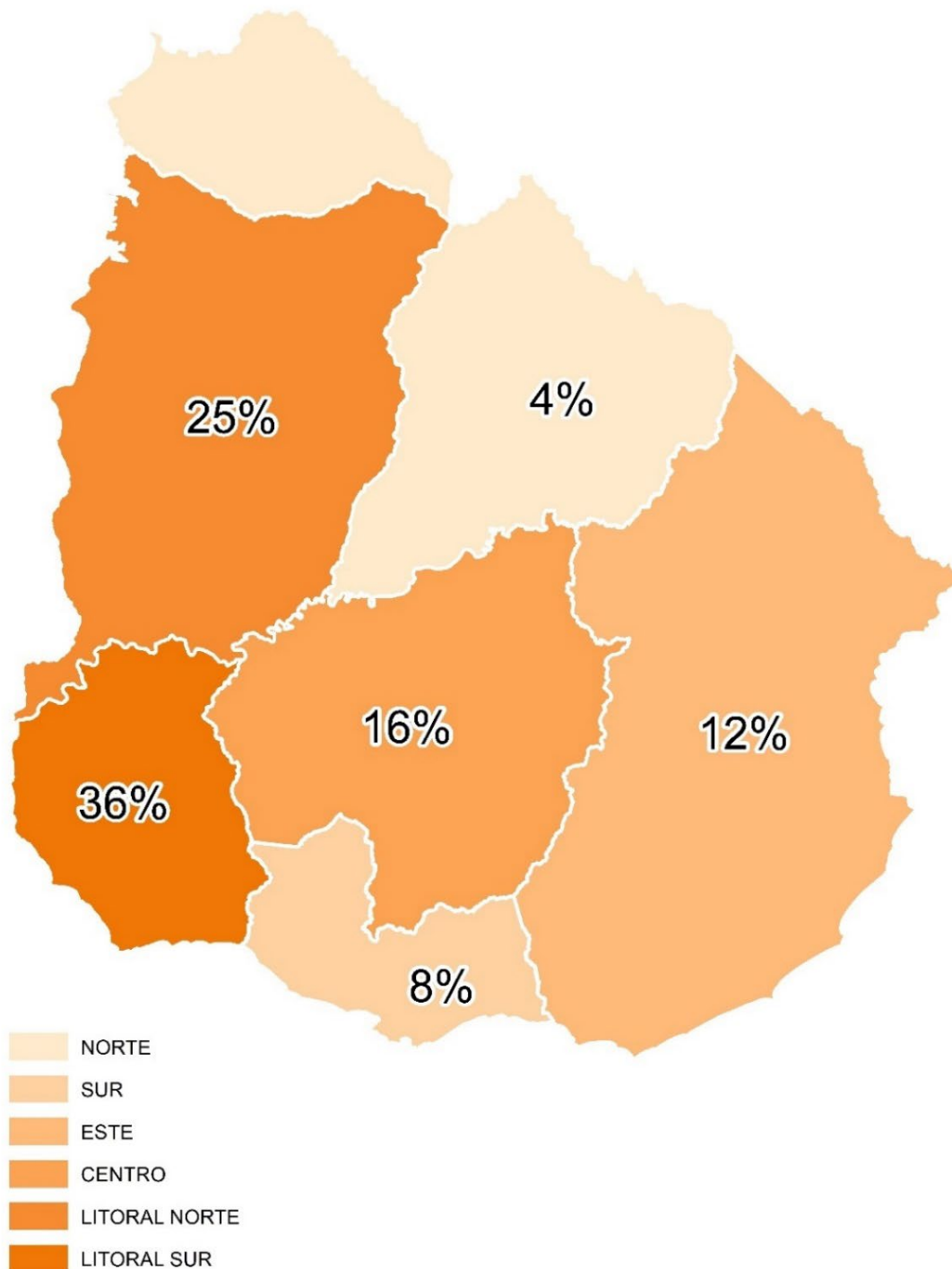
**Gráfico 1. Área de soja por departamento (en %)**



## Distribución del área sembrada de soja por departamento



## Área sembrada por zona geográfica



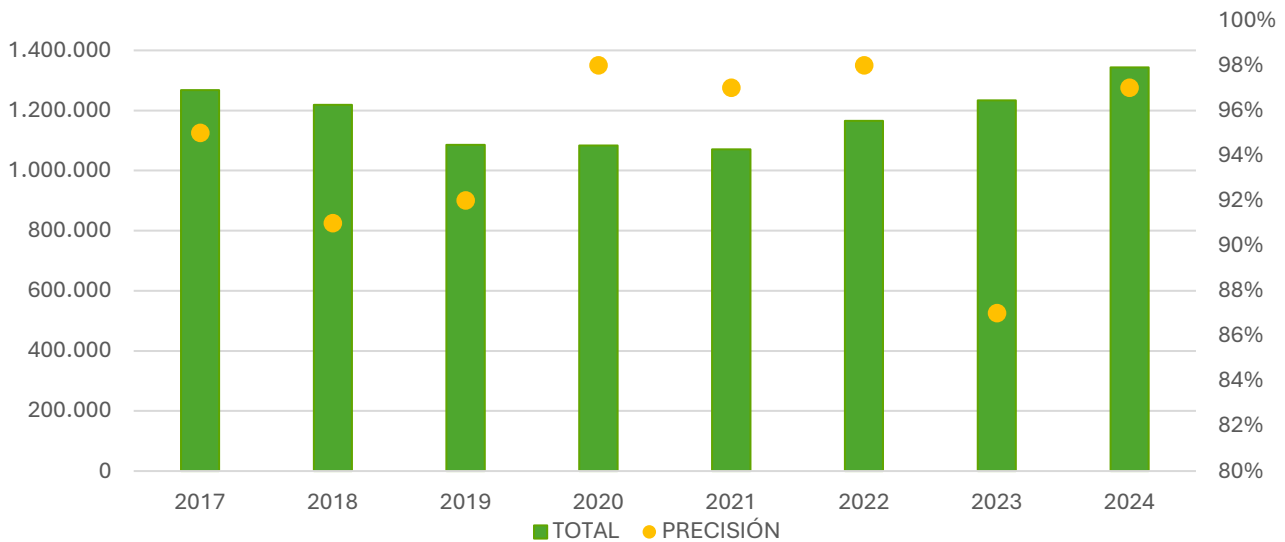
En los dos mapas anteriores puede observarse que la región con mayor superficie de soja sembrada es la zona del litoral del país, con el 61% de la superficie total.

## Evolución del área de soja en los últimos años

**Cuadro 2. Evolución del área**  
(en hectáreas de soja por departamento y su % de precisión correspondiente)

Departamento	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Soriano	313.582	298.254	273.105	264.233	247.506	283.170	292.904	311.108
Río Negro	208.343	165.396	158.229	157.781	147.435	153.710	164.528	179.847
Colonia	161.667	162.596	148.886	146.925	144.887	159.989	155.017	176.262
Paysandú	143.897	119.677	112.767	117.294	109.249	124.134	142.156	138.315
Flores	82.857	85.509	71.183	72.189	67.779	76.595	85.927	93.894
San José	75.965	88.958	68.060	70.764	81.639	82.496	52.834	87.177
Durazno	65.554	76.546	57.210	52.161	52.442	57.581	64.884	64.065
Florida	44.199	57.660	43.034	51.518	67.037	46.826	44.957	52.580
Treinta y Tres	17.509	20.514	22.255	19.115	24.567	26.643	46.253	42.555
Rocha	20.801	22.569	22.020	22.468	25.116	29.887	36.597	41.336
Cerro Largo	30.513	29.529	28.659	24.416	20.172	29.930	43.710	40.728
Tacuarembó	24.160	21.732	12.730	16.213	11.429	16.185	26.227	27.275
Lavalleja	12.399	15.573	14.097	16.291	18.407	20.677	22.696	25.623
Canelones	17.113	23.889	20.150	21.991	30.569	21.659	16.062	23.903
Rivera	12.343	7.210	6.180	7.591	6.871	9.567	15.998	14.118
Salto	20.972	12.238	15.510	11.994	6.889	13.434	11.995	12.320
Artigas	9.940	4.353	6.661	5.453	4.204	6.789	3.935	6.546
Maldonado	6.350	5.896	5.038	4.360	4.464	5.734	7.309	5.433
Montevideo	145	240	163	222	527	168	98	331
<b>Total</b>	<b>1.268.307</b>	<b>1.218.339</b>	<b>1.085.937</b>	<b>1.082.977</b>	<b>1.071.190</b>	<b>1.165.174</b>	<b>1.234.088</b>	<b>1.343.415</b>
<b>Precisión</b>	<b>95%</b>	<b>91%</b>	<b>92%</b>	<b>98%</b>	<b>97%</b>	<b>98%</b>	<b>87%</b>	<b>97%</b>

**Gráfico 2. Evolución del área de soja a nivel nacional y precisión del trabajo**



La superficie de soja en Uruguay continúa creciendo desde el año 2021, siendo la zafra 2024 la de mayor área teledetectada de los últimos 8 años (superando por primera vez el valor de 1.300.000 hectáreas).

# 4

## **Principales conclusiones del estudio de teledetección**

## Principales conclusiones del estudio de teledetección

- Del análisis realizado a través del uso de imágenes satelitales provenientes del sensor Sentinel, se concluye que el área estimada de siembra de soja para la zafra 2023/24 es de 1.343.415 hectáreas. Este valor posee una precisión de 97%.
- La superficie de soja en Uruguay continúa creciendo desde el año 2021, siendo la zafra 2024 la que posee mayor área teledetectada de los últimos 8 años. Es la primera vez en ese periodo que supera el valor de 1.300.000 hectáreas.
- De las 1.343.415 hectáreas sembradas, el 50% se ubica en los departamentos de Soriano, Río Negro y Colonia, siendo el litoral del país la región con mayor superficie de soja sembrada, representando el 61% del total.
- El porcentaje de chacras teledetectadas que presentan soja por segundo año consecutivo (54%), disminuyó con respecto al promedio estimado desde 2019. Esto puede deberse a las chacras perdidas (y no identificadas) durante la zafra 2022/23, debido a las condiciones de extrema sequía que afectaron el país durante ese verano.
- El 77% de la superficie sembrada con colza durante el invierno 2023 fue sembrada con soja durante la zafra en estudio.
- El área sembrada con soja durante 4 zafras consecutivas disminuyó un 5% con respecto al mismo análisis del año anterior, y equivale al 23% del área identificada durante la zafra 2023/24.

- Se destinaron 3 millones de hectáreas para la producción de soja, al menos una vez, durante los últimos 8 años.
- 174 grupos Coneat fueron los utilizados para la última siembra de soja, pero el 50% del área se concentró solamente en 12 tipos de suelos.
- Los valores del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) promedio a nivel nacional siguieron la tendencia esperada, sin embargo, la curva muestra una leve meseta entre los valores de febrero y marzo. Al observar las curvas separadas por zonas podemos ver claramente que en algunas regiones el pico pre-antesis se dio en febrero y en otras en marzo. Esto podría explicarse por las fechas de siembra y variedades elegidas.

**5**

# **Caracterización del cultivo de soja en Uruguay**



## Zafra 2023/24 y la evolución en los últimos años

De acuerdo a los resultados del informe de teledetección y sobre la base que se sembraron aproximadamente 1.340.000 hectáreas en Uruguay en la zafra 2023/24, se presentan a continuación una serie de gráficos y cuadros que buscan transmitir una rápida y práctica caracterización del cultivo de soja.

**Cuadro 3. Superficie sembrada de soja según origen de semilla (zafra 2023/24)**

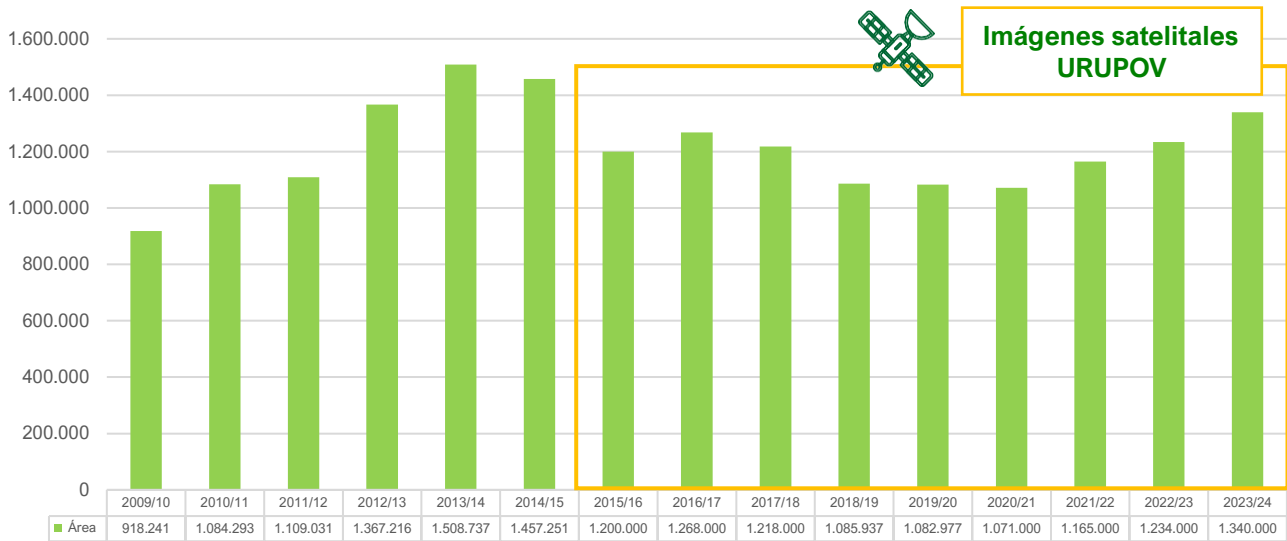
	Hectáreas	Participación
Semilla etiquetada	699.000	52%
Semilla uso propio	427.000	32%
<b>Total legal</b>	<b>1.126.000</b>	<b>84%</b>
Semilla ilegal + No SVT	214.000	16%
<b>Total</b>	<b>1.340.000</b>	<b>100%</b>

El 52% del área cultivada en el último año se sembró con semilla comprada por los productores tanto categorías comerciales como certificada (“semilla etiquetada”), mientras que el 32% se sembró con semilla de uso propio dentro del Sistema de Valor Tecnológico (SVT) que lleva adelante URUPOV.

En contrapartida, son aproximadamente 214.000 hectáreas que se sembraron con semilla de origen ilegal y uso propio que no se declaró y registró bajo el SVT.

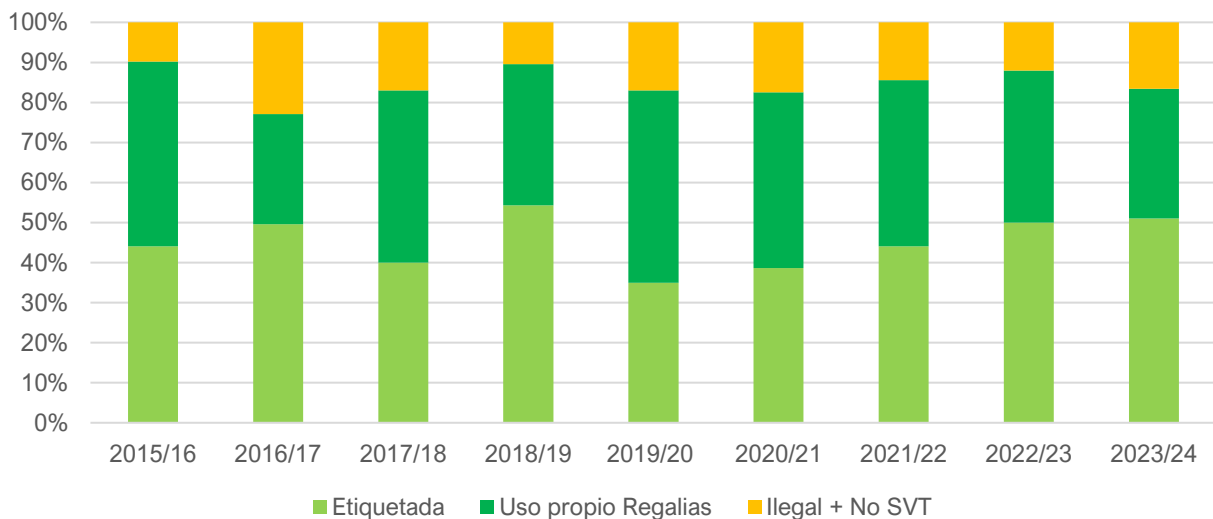
Es de destacar que Uruguay sigue siendo referencia a nivel internacional en lo que respecta al reconocimiento de la propiedad intelectual y el valor de la genética, aunque estos números plantean un gran desafío a nivel nacional, ya que un 16% de ilegalidad y subdeclaración de la semilla utilizada funciona como un desestímulo al desarrollo y lanzamiento de variedades y sus tecnologías asociadas.

**Gráfico 3. Evolución de área sembrada en los últimos años (ha)**



Si bien se cuenta con información de varias zafras, desde la siembra 2015/16 URUPOV comenzó con el proyecto de teledetección de área de siembra por medio de imágenes satelitales, brindando mayor precisión en la información generada.

**Gráfico 4. % de área de soja sembrada por origen de semilla en los últimos años**

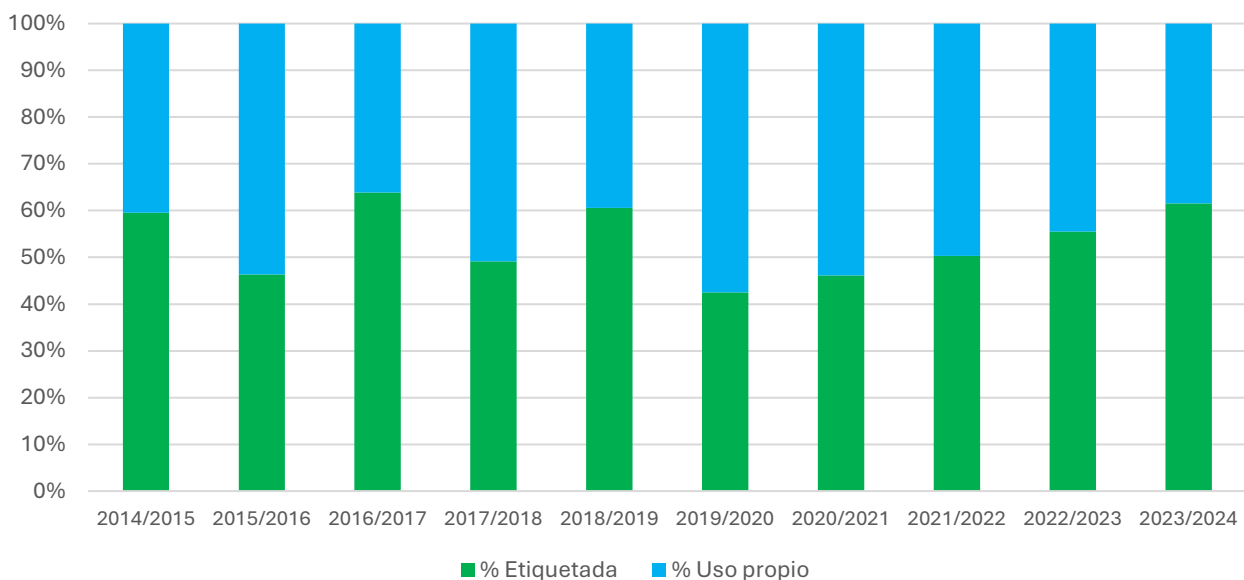


En el gráfico anterior, se aprecia la proporción de semilla utilizada por origen y por zafra, mientras que el promedio de los últimos 9 años se muestra en el siguiente cuadro.

**Cuadro 4. Promedio de semilla utilizada en los últimos 9 años según su origen (en %)**

	%
Semilla etiquetada	45
Semilla uso propio	40
Semilla ilegal + No SVT	15

**Gráfico 5. Evolución de las proporciones de área de soja sembrada a nivel nacional según origen de la semilla utilizada por los productores**

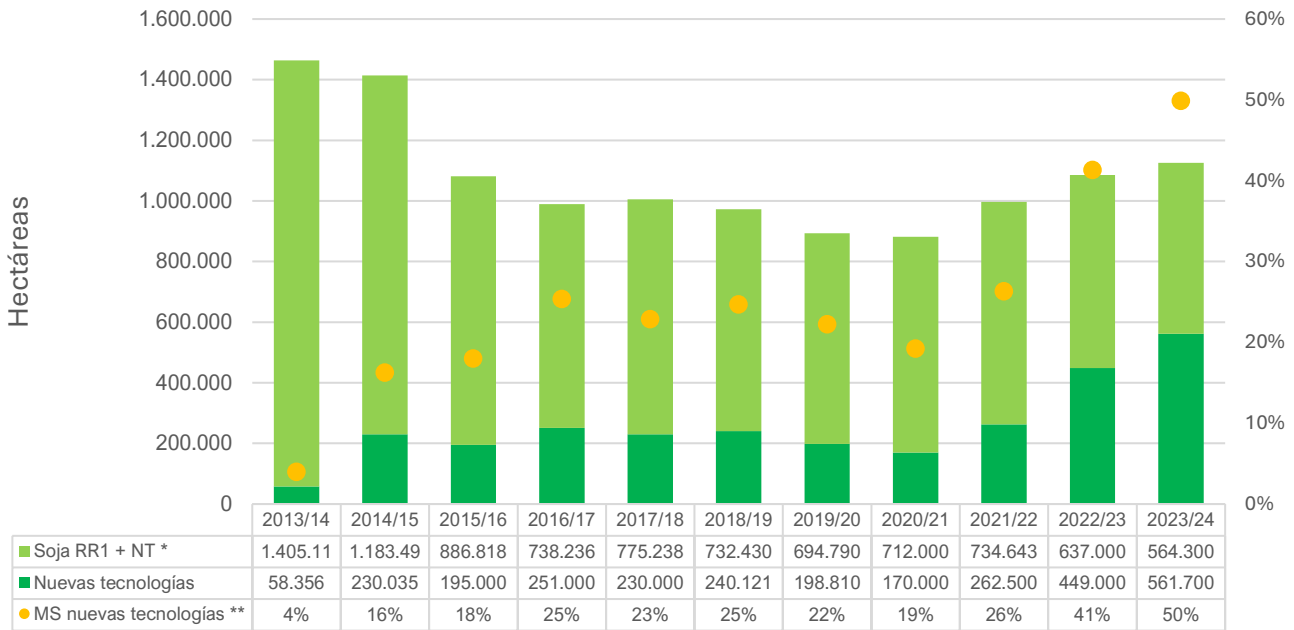


Este gráfico muestra (sobre el 100% de la semilla de origen legal) la evolución de las proporciones de área de soja sembrada a nivel nacional según el origen de la semilla utilizada por los productores en un período de diez años, desde la zafra 2014/15 hasta la zafra 2023/24. El promedio de los últimos años marca una tendencia y preferencia favorable al uso de semillas de origen etiquetado con un 54% vs. el 46% de producción propia de los agricultores.

Este gráfico, revela a su vez una dinámica interesante en la elección de las semillas por parte de los productores de soja a lo largo del tiempo, donde se observan cambios significativos en las preferencias entre semillas etiquetadas y de uso propio. La interpretación de estos cambios podría implicar consideraciones climáticas, productivas y económicas.

En el siguiente gráfico se presenta la proporción sembrada con variedades de soja con nuevas tecnologías vs. el total.

**Gráfico 6. % de área de soja sembrada por origen de semilla y nuevas tecnologías**



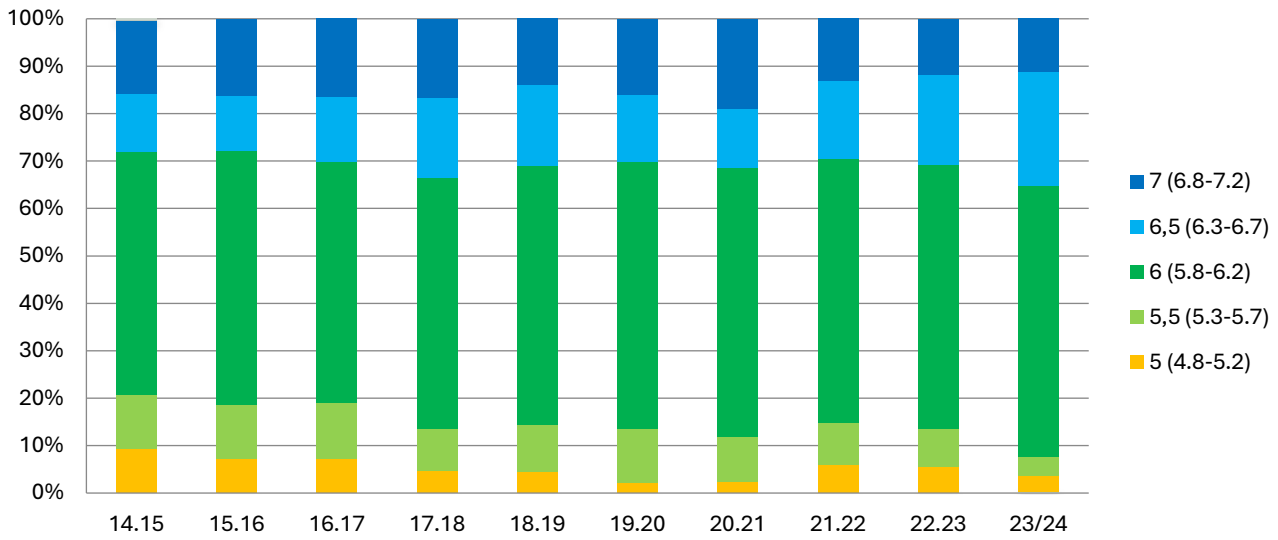
\* NT = Sin evento OGM.

\*\*Intacta, Enlist, Conkesta.

Aproximadamente un 50% del área de soja a nivel nacional, se siembra con variedades portadoras de nuevas tecnologías (eventos OGM que confieren resistencia a herbicidas e insectos: Intacta, Enlist y Conkesta), mientras que el área restante se siembra con variedades portadoras del evento conocido como “RR1” y un área muy menor con variedades convencionales (no OGM).

A lo largo de los años, se ha observado una clara preferencia por los cultivares de grupo de madurez 6. En la zafra 2023/24, el 85% del área sembrada de soja se realizó con variedades de grupo de madurez entre 5.5 y 6.5.

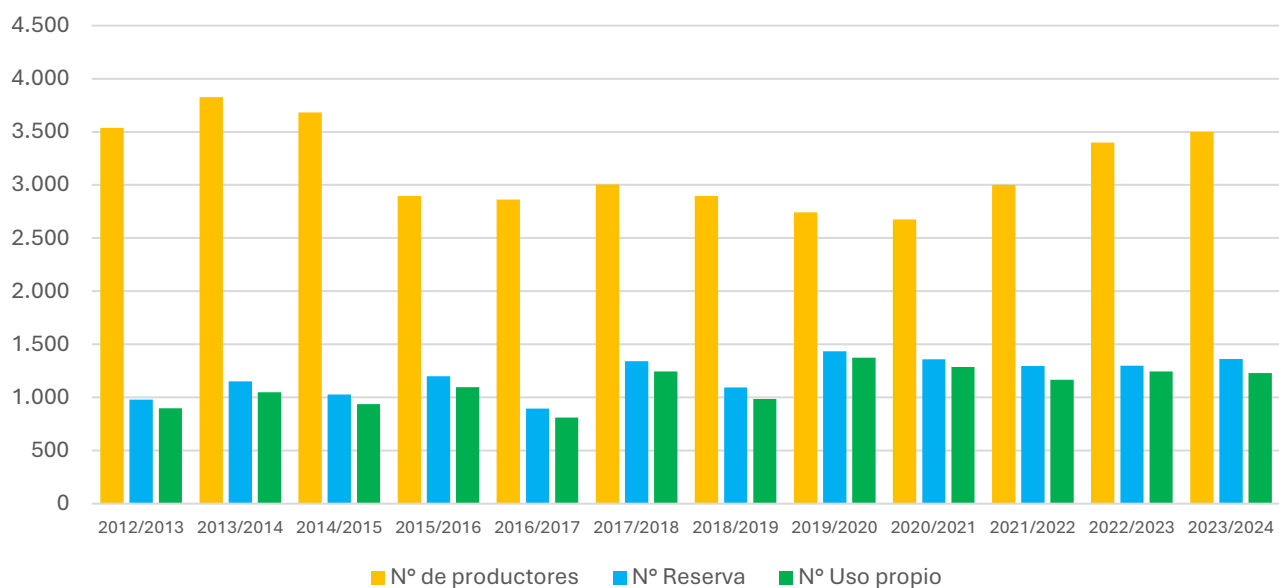
**Gráfico 7. Evolución de la participación por grupo de madurez**



A nivel nacional, el número total de productores que siembran soja se ha mantenido estable en los últimos años, con un promedio de aproximadamente 3.200 razones sociales.

Es de destacar que para esta última zafra 2023/24, se observa un incremento cercano al 10%, en línea con el aumento del área sembrada en el país (3.500).

**Gráfico 8. Evolución del número de razones sociales que siembran soja y aquellas que realizan uso propio**



De este total, un 40% reservan semilla para su propia siembra y un 90% (del 40%) terminan efectivamente sembrando semilla de uso propio declarada en el marco del Sistema de Valor Tecnológico.

**Cuadro 5. Número de razones sociales y volumen sembrado según estrato de tamaño de siembra de soja – Año agrícola 2023/24**

<b>Estrato (ha)</b>	<b>N° de Razones Sociales</b>	<b>% de Productores</b>	<b>% Volumen Sembrado</b>
Más de 5000	19	0,54%	18%
3000 a 5000	22	0,63%	8%
1000 a 3000	145	4%	20%
500 a 1000	279	8%	18%
300 a 500	360	10%	12%
100 a 300	1.074	31%	17%
Menos de 100	1.601	46%	7%
<b>Total</b>	<b>3.500</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Tal como se observa en el Cuadro 5, el 25% de las razones sociales que siembran soja en Uruguay, significan más del 75% del área total de este cultivo. Por otro lado, la mayor concentración de número de productores de soja se encuentra en los estratos de menos de 300 hectáreas sembradas, abarcando el 77% del total de agricultores y totalizando casi un 25% del área total sembrada a nivel nacional. Se observa también, un elevado porcentaje (46%) de aquellos que siembran menos de 100 hectáreas de soja, lo que, conviene aclarar, no significan que sean productores de menos de 100 ha. en sus explotaciones agropecuarias.

## Soja en cifras



**1.340 M** Hectáreas de soja



**3.500** Productores (razones sociales)



**135** Variedades sembradas



**20** Obtentores



**15** Multiplicadores



**100** Distribuidores



**82** Plantas de procesamiento

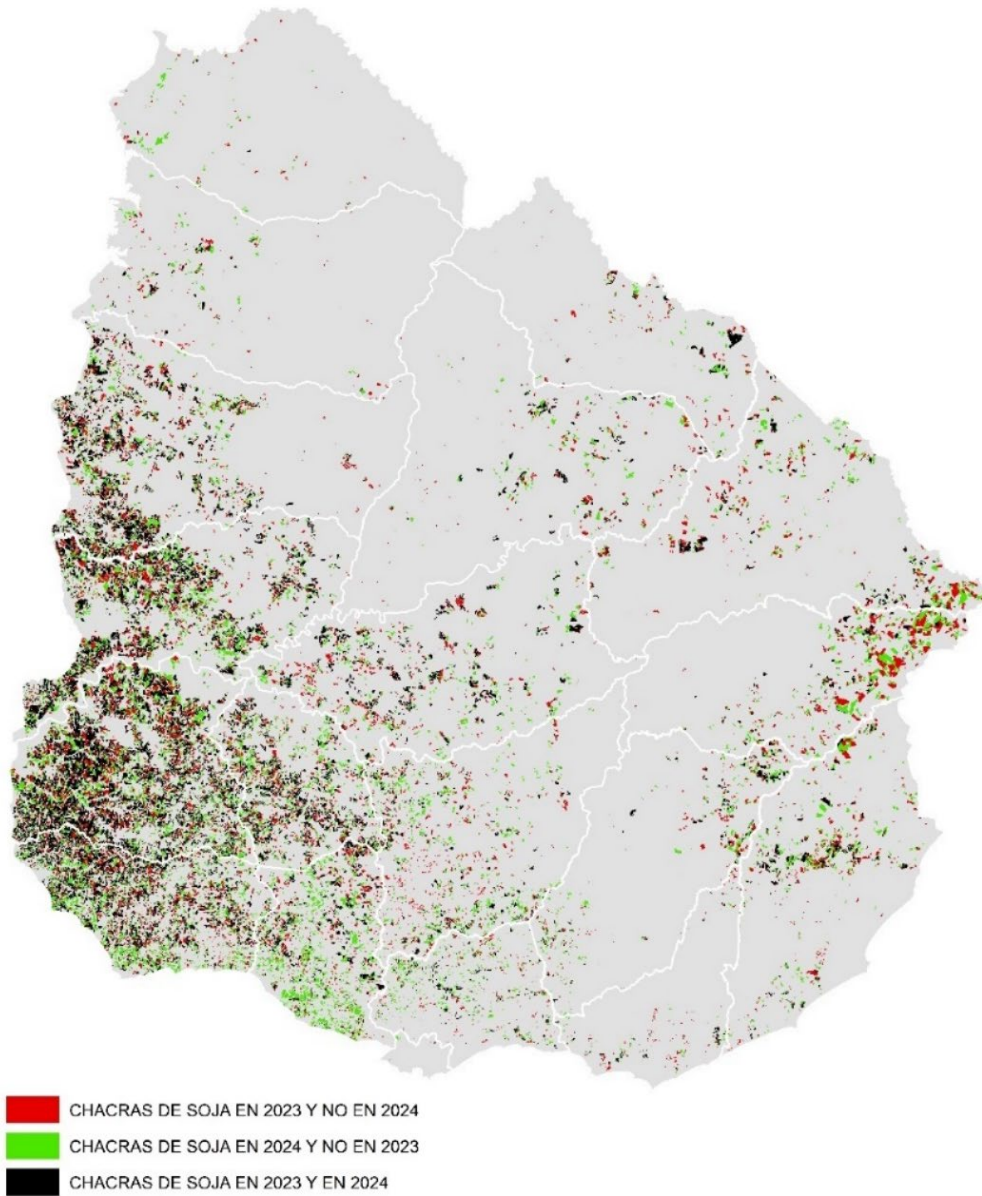


**6**

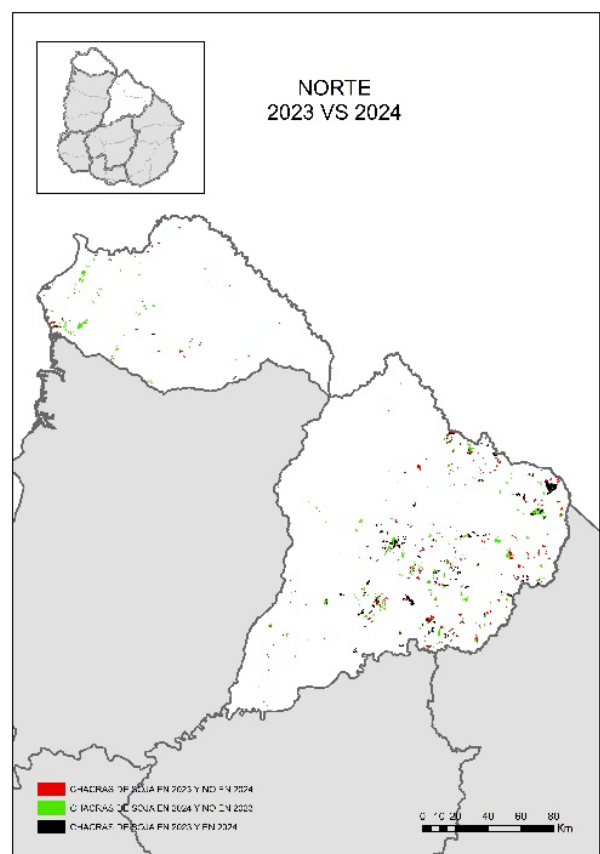
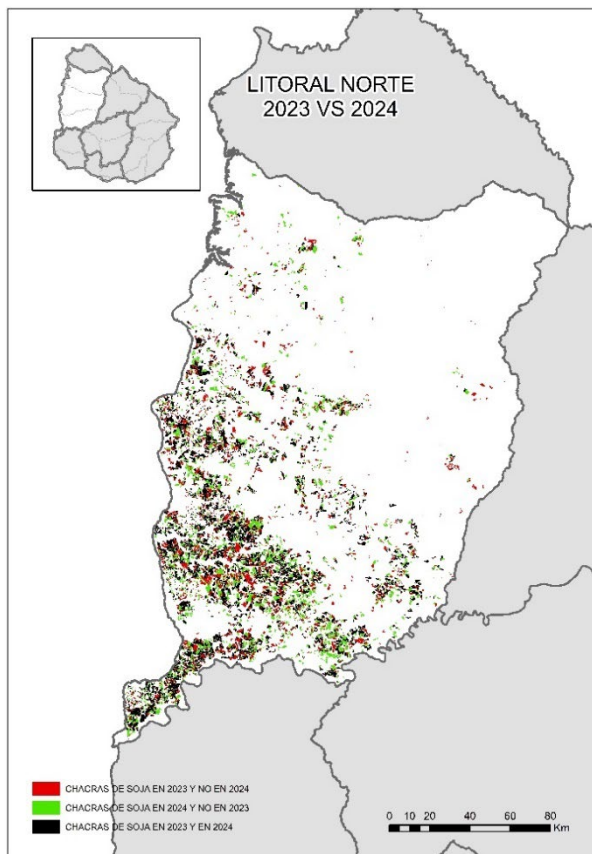
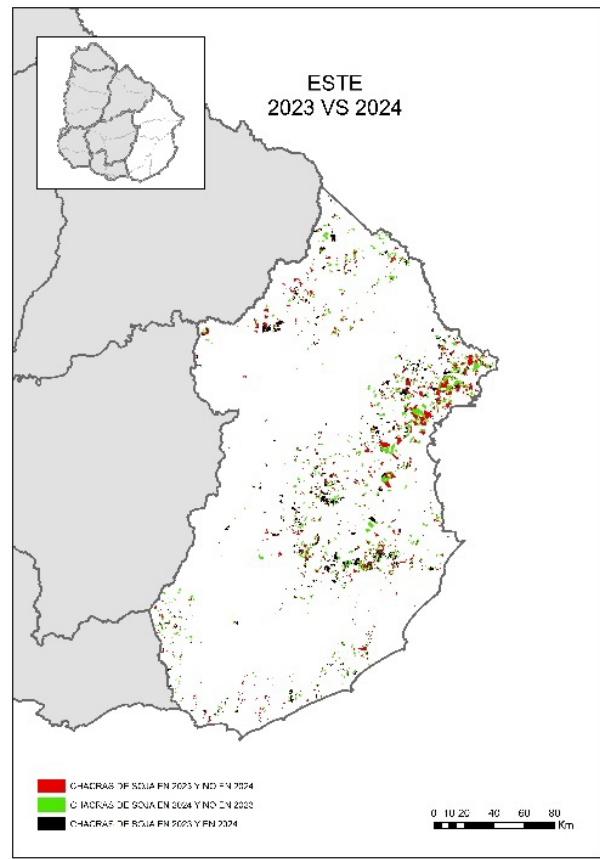
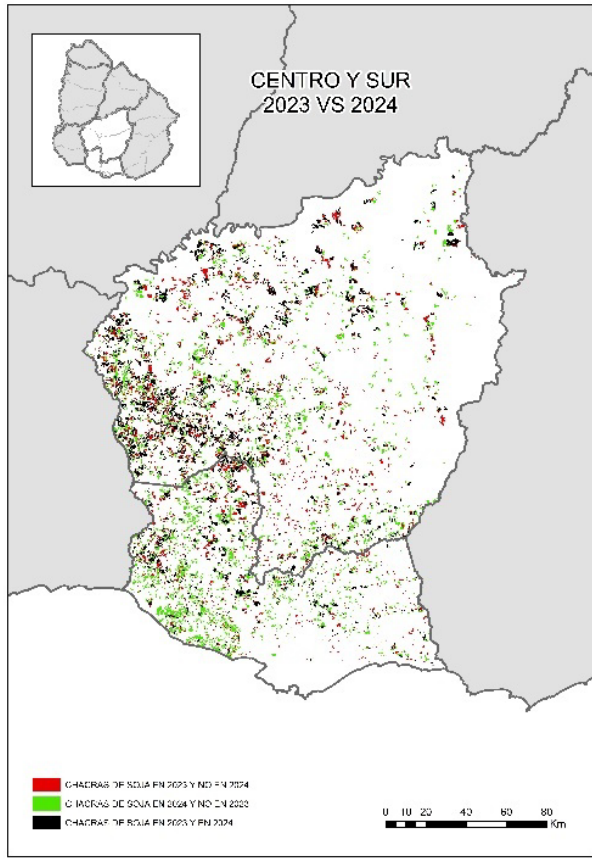
# **Análisis de rotaciones agrícolas**

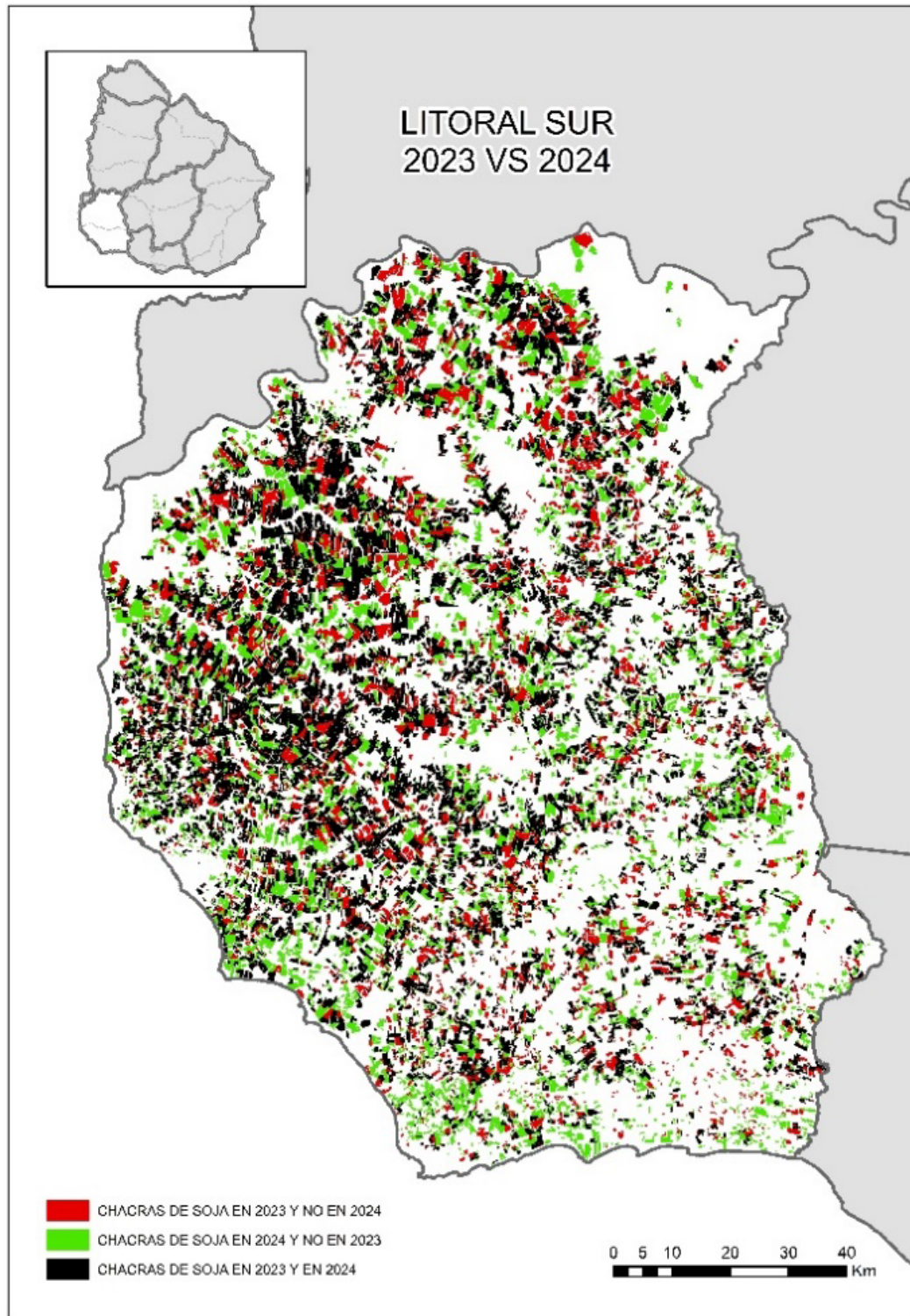
## Rotaciones

En los siguientes mapas pueden apreciarse todas las chacras que fueron soja durante los últimos 2 años (en negro), las que fueron soja en 2023 y no en 2024 (en rojo), y las chacras nuevas, que no vienen de cultivo de soja el año anterior (en verde).



Chacras 2023 vs. 2024

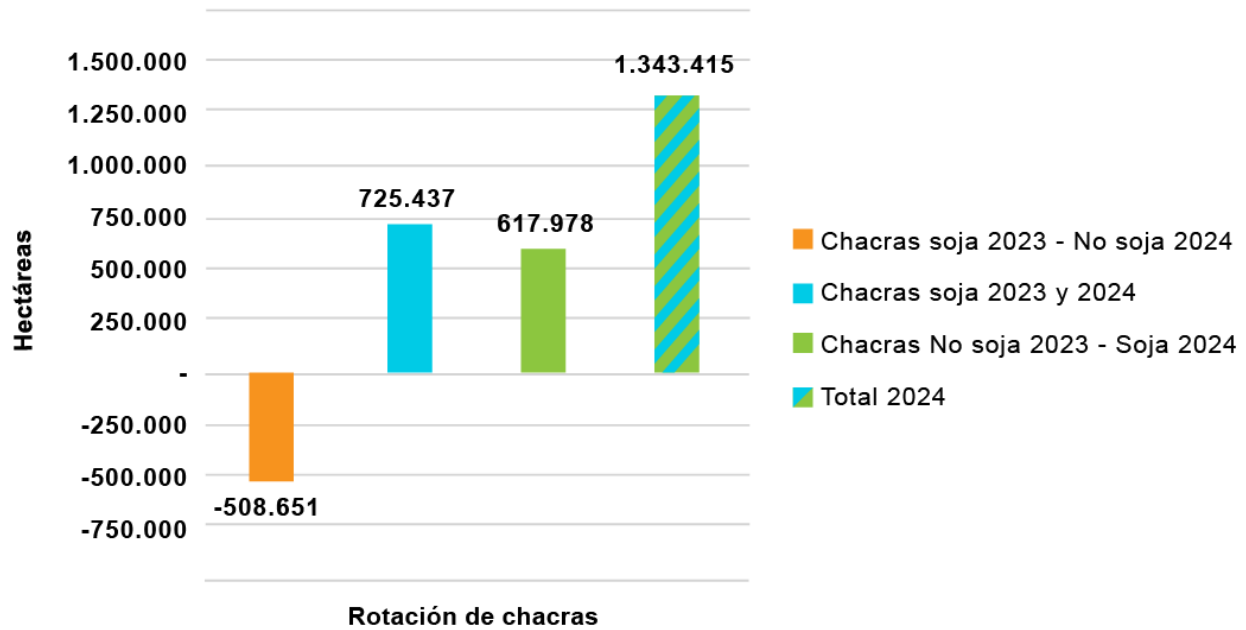




Distribución de las chacras por zonas, 2023 vs 2024.

En el siguiente gráfico se muestra un análisis comparativo entre la superficie sembrada de soja durante la zafra 2022/23 vs 2023/24.

**Gráfico 9. Análisis comparativo entre superficie sembrada de soja (2023 vs. 2024)**



Tal como se muestra en el siguiente cuadro, el porcentaje de chacras teledetectadas que presentan soja por segundo año consecutivo disminuyó con respecto al promedio de los últimos 6 años. Este dato puede estar afectado por las chacras perdidas (y no identificadas) durante la zafra 2022/23, debido a las condiciones de extrema sequía que afectaron el país durante ese verano.

**Cuadro 6. Análisis de rotaciones**

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Promedio
Chacras sin soja en el año anterior	35%	39%	37%	45%	39%	46%	40%
Chacras con soja en el año anterior	65%	61%	63%	55%	61%	54%	60%
Área de chacras total (ha.)	1.085.937	1.082.977	1.071.190	1.165.174	1.234.088	1.343.415	

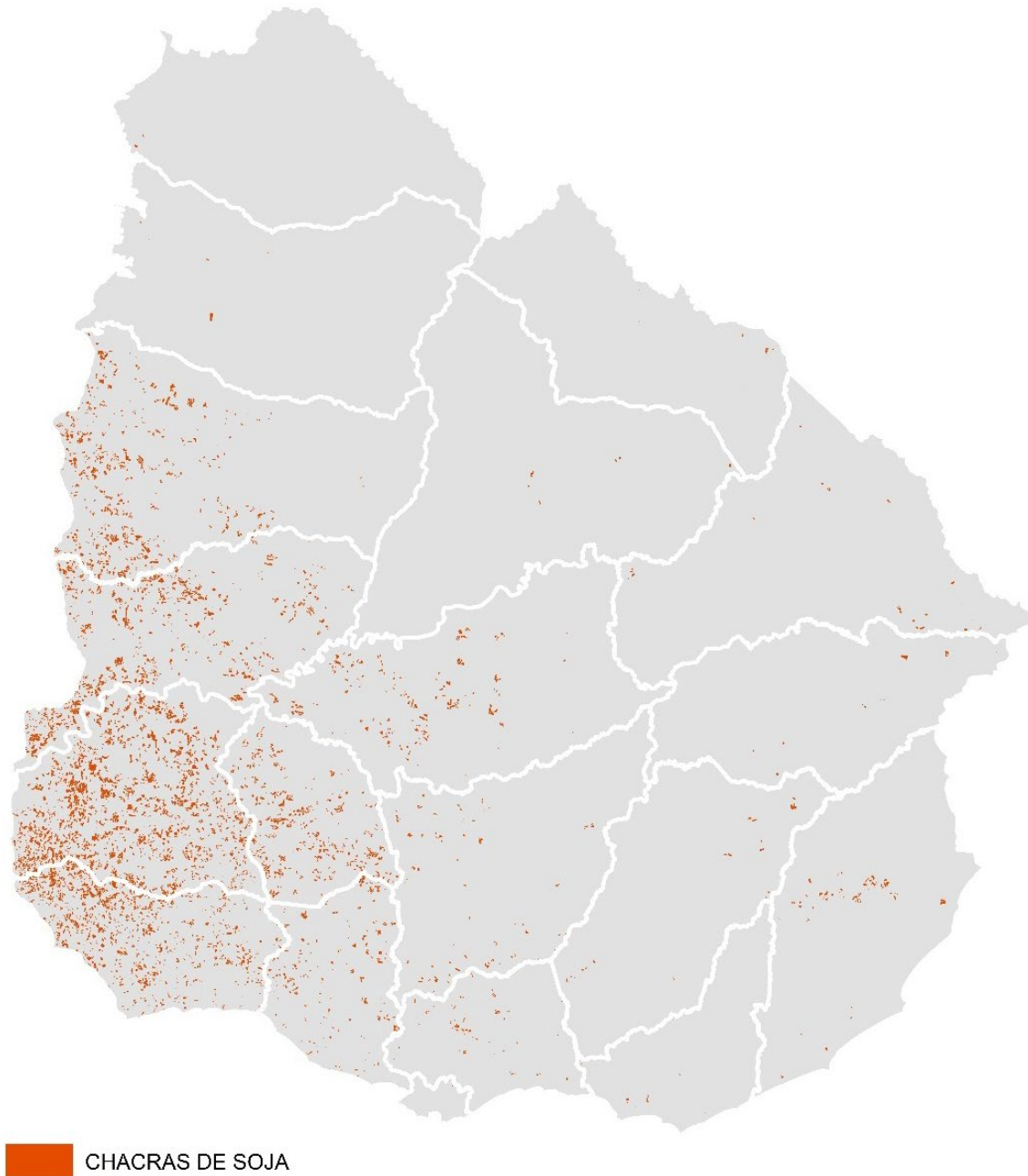
Si tomamos como referencia el cultivo de colza como antecedente de chacra en el 2023, en el siguiente cuadro se muestran las superficies según las diferentes rotaciones de soja y colza. En particular para esta última zafra de soja, el 11% se sembró sobre rastrojos de colza.

**Cuadro 7. Análisis comparativo entre superficie sembrada de soja en las últimas tres zafras**

	Verano 2022	Invierno 2022	Verano 2023	Invierno 2023	Verano 2024	Área (ha)
Rotación	Soja	S/D	Soja	S/D	Soja	<b>491.883</b>
	Soja	S/D	Soja	S/D	No soja	<b>264.5632</b>
	Soja	S/D	No soja	S/D	Soja	<b>251.072</b>
	No soja	S/D	Soja	S/D	Soja	<b>233.553</b>
	No soja	S/D	No soja	S/D	Soja	<b>366.906</b>
	S/D	Colza	Soja	Colza	Soja	<b>5.692</b>
	S/D	Colza	Soja	Colza	No soja	<b>1.247</b>
	S/D	Colza	Soja	No colza	Soja	-
	S/D	No colza	Soja	Colza	Soja	-
	S/D	S/D	S/D	Colza	Soja	<b>142.110</b>
	<b>Soja desde 2021</b>					<b>310.389</b>

En el siguiente mapa puede apreciarse que el área con soja durante 4 zafas consecutivas disminuyó un 5% con respecto al año anterior.

### Rotación de soja en los últimos 4 años (2021-2024)



Chacras de soja período 2021 – 2024.



**7**

**Anexos**

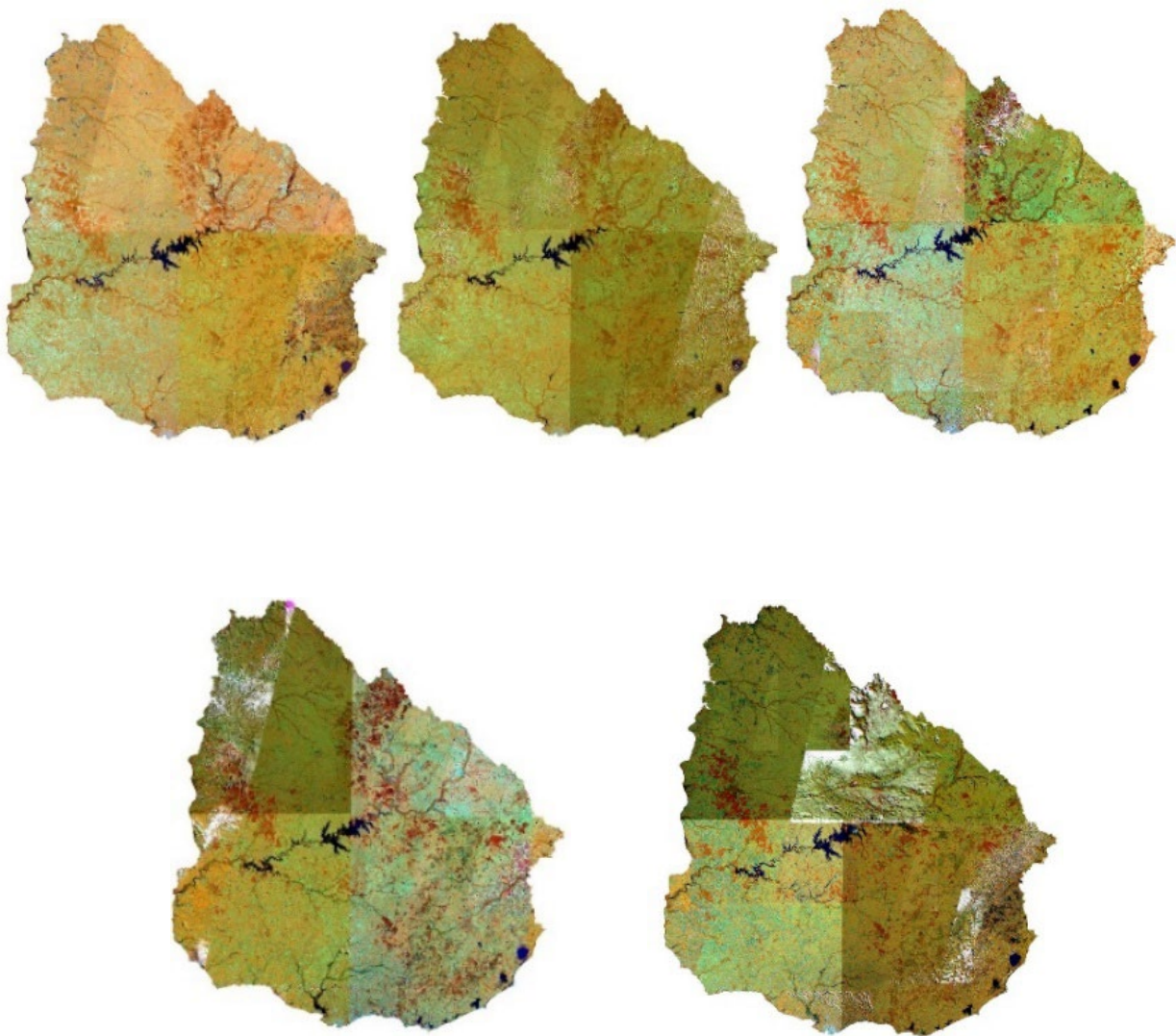


# **Anexo 1**

# **Metodología**

## Metodología

Las imágenes utilizadas fueron obtenidas a través de Google Earth Engine, mediante scripts programados en el modo Code Editor. Los mosaicos Sentinel resultantes están formados por las bandas B8A - B11 - B4, y corresponden a los meses de diciembre, enero, febrero, marzo y abril.



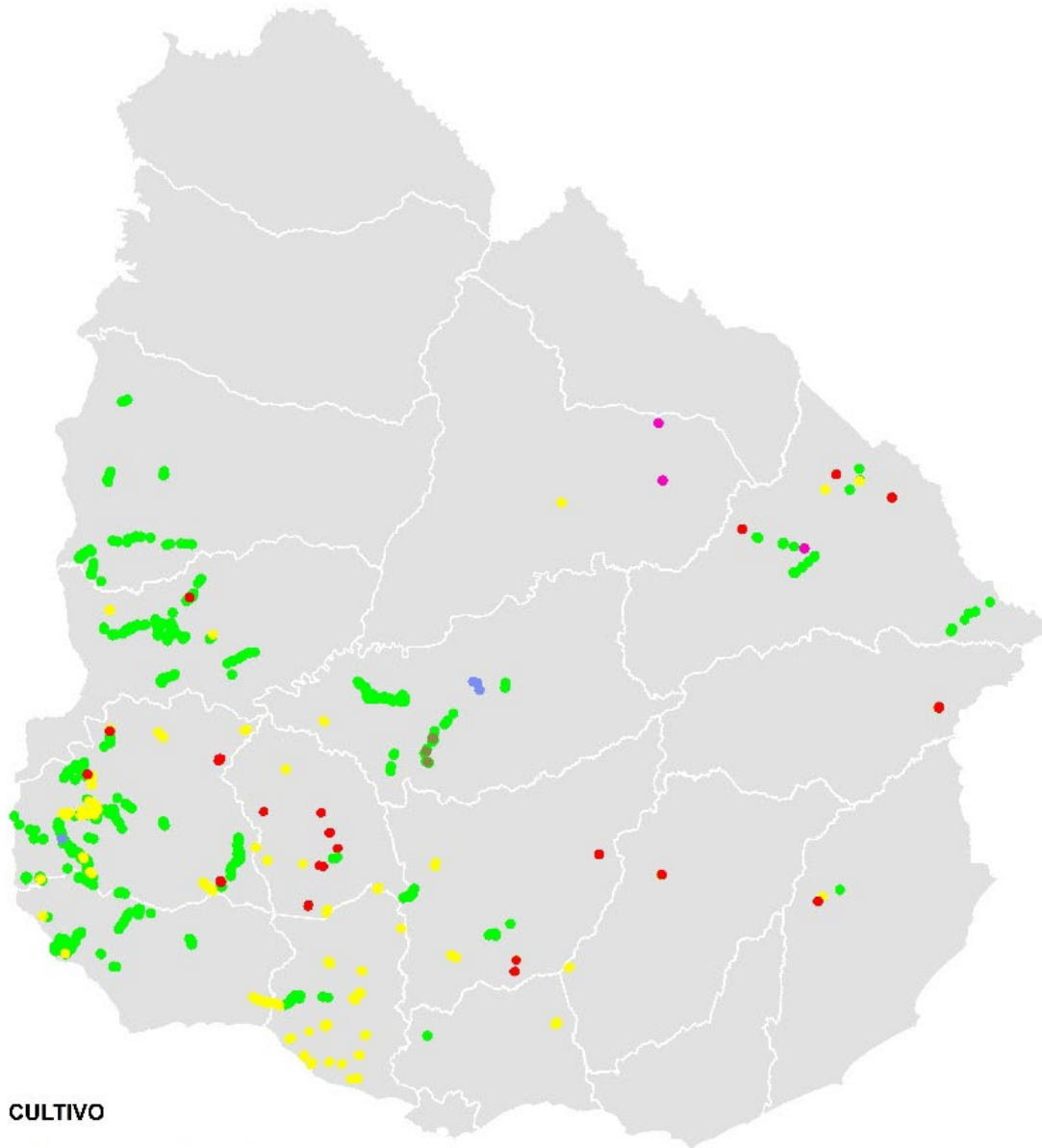
Mosaicos de Imágenes Sentinel utilizados. Período diciembre 2023 - abril 2024.

Mediante clasificaciones (supervisadas y no supervisadas), segmentación e interpretación visual, se digitalizaron en una primera instancia todas aquellas chacras con presencia de cultivo de verano. Luego, mediante la aplicación de nuevos algoritmos y control visual sobre las zonas previamente identificadas, se diferenciaron las chacras de soja de aquellas que no eran soja. Este proceso se realizó en reiteradas oportunidades durante todo el período febrero – abril, debido a la heterogeneidad de fechas de siembra, manejo del cultivo y condiciones ambientales.

## Entrenamiento visual

Para el entrenamiento visual y del sistema de clasificación, se utilizaron puntos de control GPS en todo el país proporcionados por URUPOV a través de sus técnicos de campo. Dichos puntos incluyeron chacras de soja y chacras de otros cultivos como maíz, sorgo, arroz, etc., que dependiendo del momento que se esté analizando, pueden confundirse fácilmente con chacras de soja. Los puntos de control se dividieron aleatoriamente en 2 grupos: uno como apoyo para la realización del trabajo, y otro para calcular la precisión y los errores de omisión (chacras de soja que no fueron clasificadas como tal) y comisión (chacras que no eran soja y fueron clasificadas como tal).

## Puntos para el entrenamiento visual y de clasificación



### CULTIVO

- CAMPO NATURAL
- FORRAJE
- SORGO
- MAIZ
- ARROZ
- SOJA

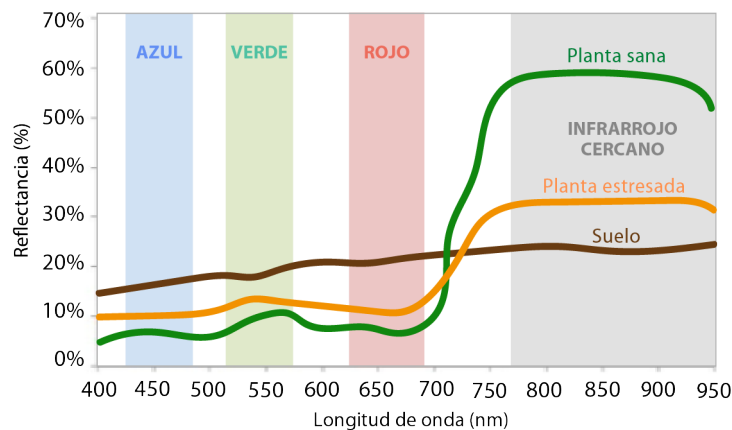
Una vez finalizada la identificación de las chacras de soja, se aplicaron procesos de corrección topológicos y suavizado de bordes. Luego se procesó la base de datos resultante para la realización de cálculos, como superficie por departamento y área total del cultivo en Uruguay, entre otros.

Con respecto a la visualización de la cartografía generada, los estándares internacionales especifican la siguiente regla:  $\text{Escala} = \text{Píxel} * 96 / 0,0254$ . La escala aproximada recomendada para este trabajo sería entonces 1:50.000 (10 metros\*96/0,0254).

**Anexo 2**  
**Comportamiento**  
**del NDVI y su**  
**relación con la**  
**precipitación**  
**acumulada**

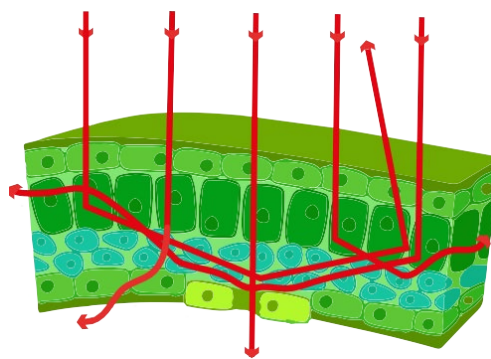
## Comportamiento del NDVI y su relación con la precipitación acumulada

Mediante las imágenes satelitales obtenidas por los sensores remotos puede analizarse la respuesta espectral de un cultivo en crecimiento. Una hoja sana se caracteriza por absorber a través de la clorofila determinados niveles en la zona del rojo, y reflejar determinados niveles en la zona del infrarrojo, como consecuencia de la estructura interna de sus tejidos.



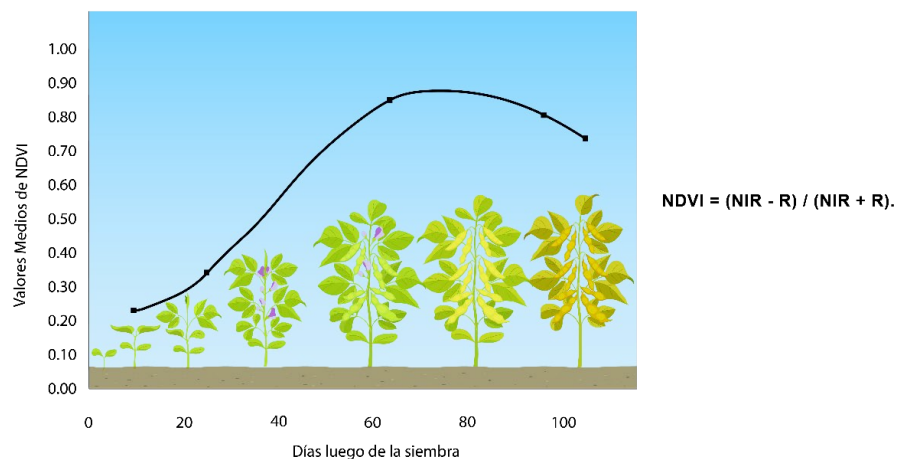
En verde se visualiza la reflectancia en las distintas longitudes de onda de una hoja sana en desarrollo.

Una vez que la luz llega a la planta, el tejido mesodérmico inferior de las hojas sanas refleja la radiación infrarroja debido a la diferencia de índices de refracción entre el aire y las paredes de las células hidratadas.



Comportamiento de la luz en el tejido mesodérmico de una hoja.

El NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) permite estimar el estado y desarrollo de la vegetación, en base a la medición de la intensidad de la radiación que la misma emite o refleja. Este índice utiliza los canales del espectro visible VIS y del infrarrojo cercano NIR (infrarrojo). Normalmente la vegetación viva tiene reflectancia baja en el espectro VIS (rojo) y alta en el espectro NIR. Cuando una cobertura vegetal se encuentra en situación de estrés, tiende a absorber menos radiación solar en el VIS, aumentando su reflectancia, y a absorber más en el NIR. De esta manera la diferencia entre reflectancias de los canales NIR y VIS tiende a decrecer cuando la cobertura vegetal está afectada por algún factor de estrés (deficiencia de agua, enfermedades, plagas, etc.). La curva esperada de NDVI del cultivo de soja es la que se aprecia en la siguiente imagen:

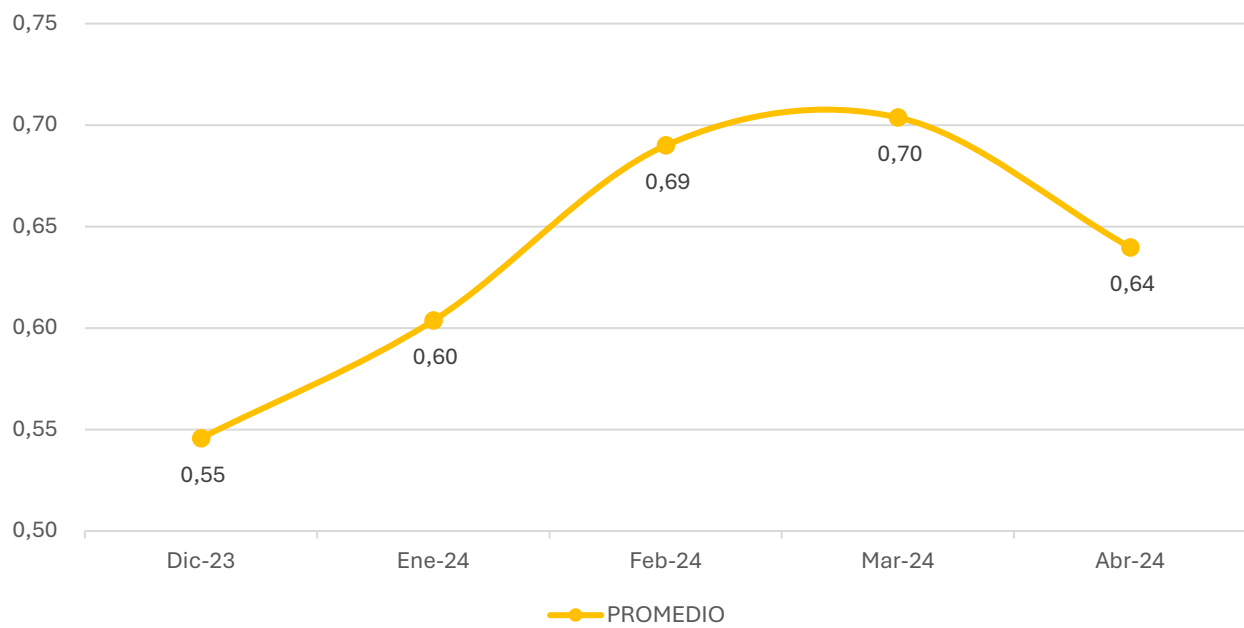


Comportamiento esperado del NDVI para el cultivo de soja.

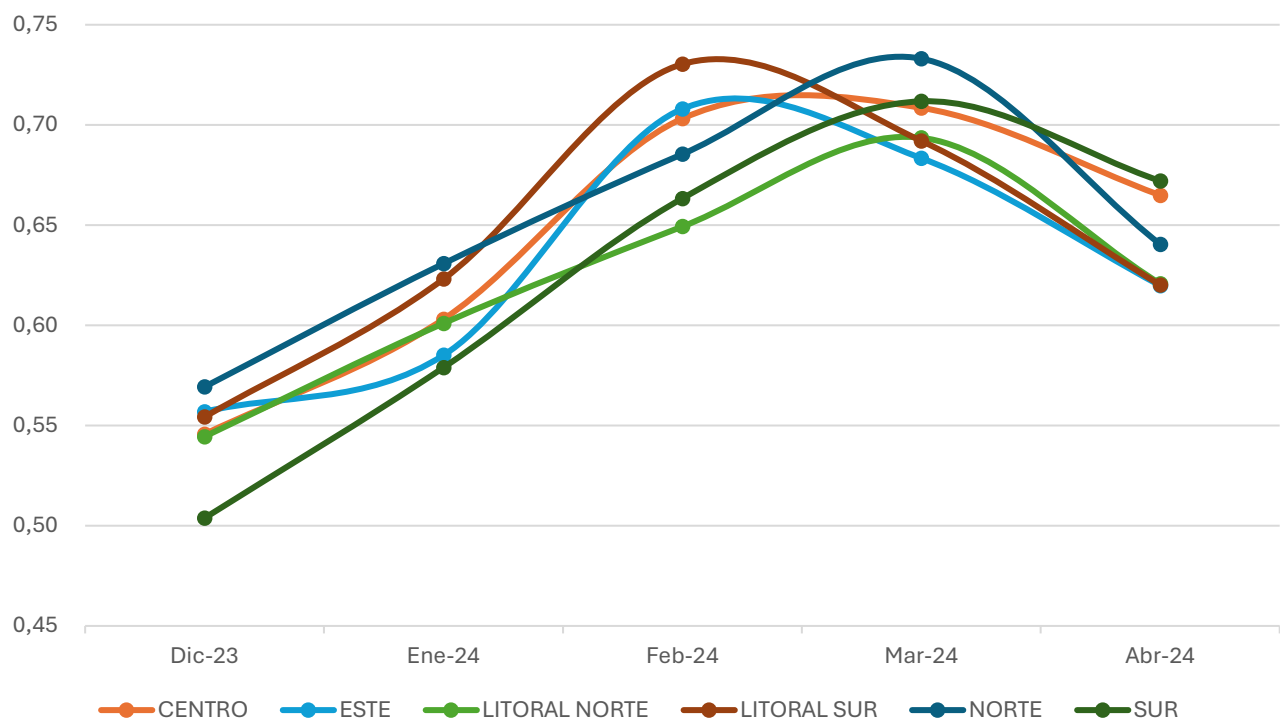
Los valores promedio a nivel nacional siguieron la tendencia esperada, sin embargo, la curva muestra una leve meseta entre los valores de febrero y marzo. Al observar las curvas separadas por zonas podemos ver claramente que en algunas regiones el pico pre-antesis se dio en febrero y en otras en marzo, probablemente debido a las fechas de siembra y variedades elegidas.



### Valores promedio de NDVI en Uruguay en soja - período 2023-2024



### Valores promedio de NDVI para cada zona



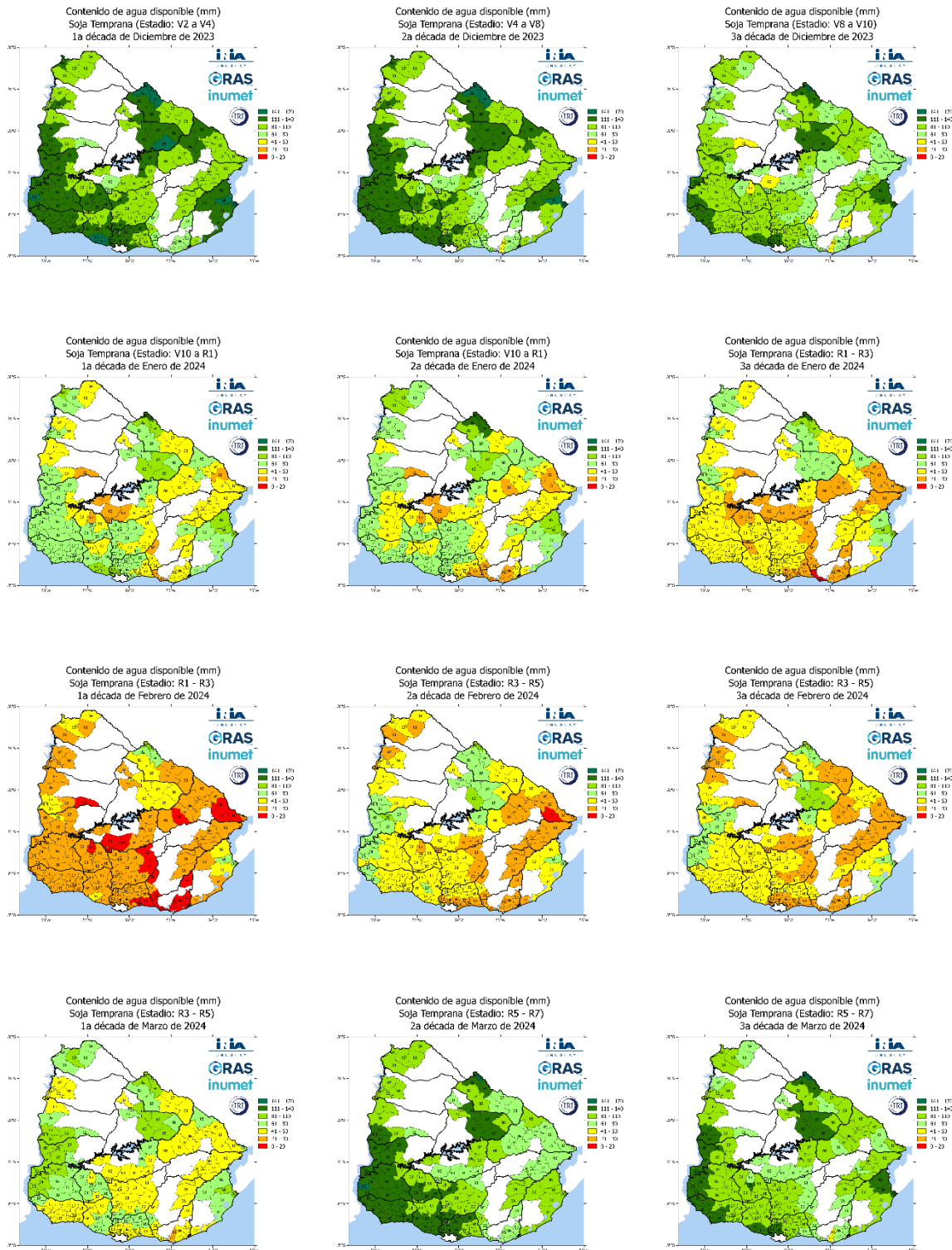
Curvas de NDVI por zona productiva.

Información obtenida a través de Imágenes brindadas por la Unidad Gras INIA

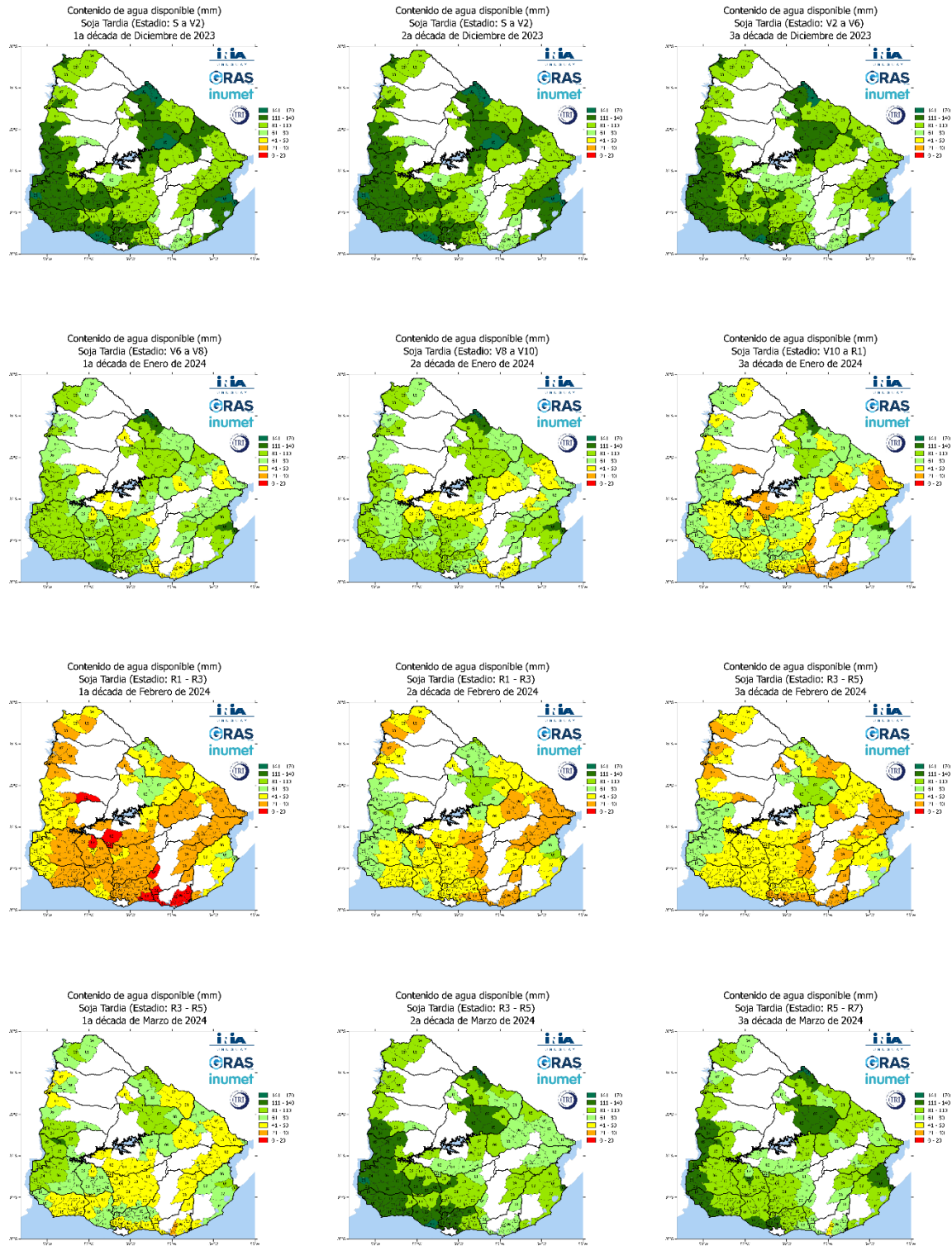
El NDVI es una de las variables utilizadas para el cálculo de rendimiento del cultivo de soja con sensores remotos. Valores bajos del índice son indicadores de posibles disminuciones en los rindes al momento de la cosecha. Existen chacras cuyos valores máximos de NDVI son significativamente mayores al promedio nacional. Dichos valores están vinculados a los suelos y manejos agronómicos, y son indicadores de muy buenos rendimientos.

# Información de precipitación

## Soja de primera



# Soja de segunda

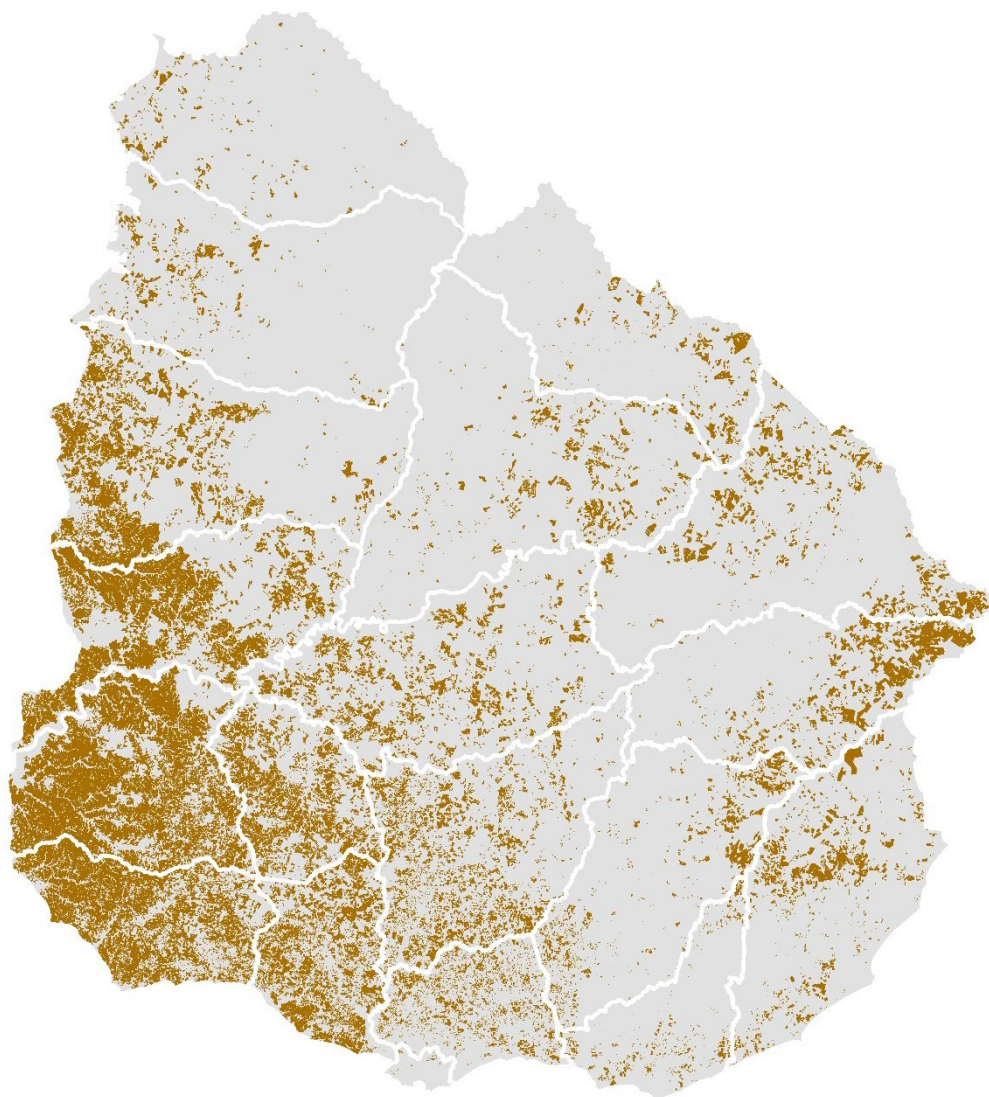


**Anexo 3**  
**Suelos utilizados**  
**para la producción**  
**de soja en Uruguay**

## Suelos utilizados para la producción de soja en Uruguay (período 2017 – 2024)

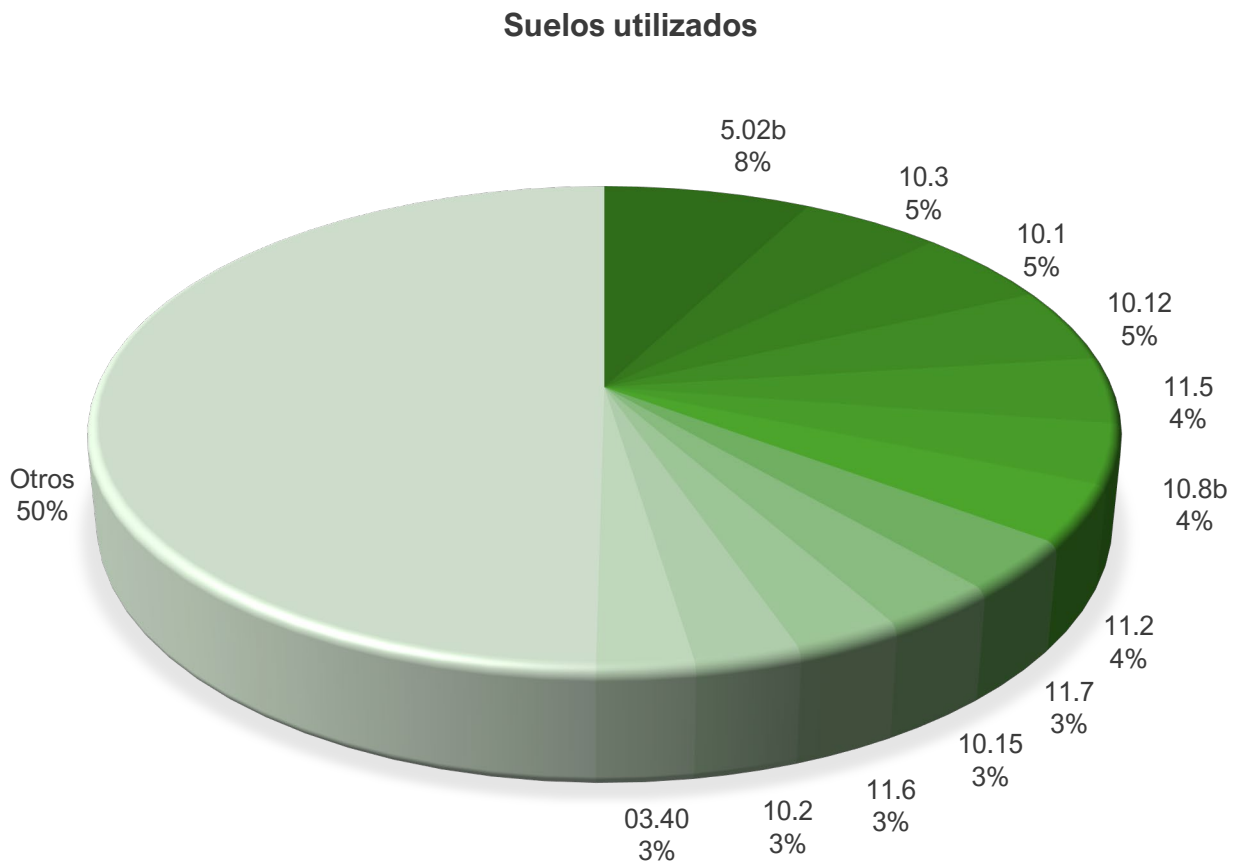
En el siguiente mapa se pueden ver todas las chacras que fueron destinadas, al menos una vez, para el cultivo de soja durante el período 2017 - 2024. La superficie total de chacras utilizadas es de 3.046.000 hectáreas, un 5% más que el año anterior.

### Suelo destinado a la producción de soja – período 2017 - 2024



■ CHACRAS DE SOJA AL MENOS UNA VEZ DESDE EL 2017

En el siguiente gráfico se pueden apreciar los suelos que han sido utilizados para la producción de soja durante la zafra 2023/24. Se utilizaron 174 grupos Coneat diferentes, pero la mitad de las chacras se concentraron en solamente 12 tipos de suelos.



## Características de los suelos utilizados según zona productiva

### Centro

Los 5 suelos más utilizados son: 10.12, 5.02b, 10.3, 10.16 y 10.2. Su Índice de Productividad promedio es de 159. Son Brunosoles y Vertisoles de alta fertilidad y drenaje moderado. Su espesor promedio es de 67 cm y su textura es F, FAc o FAr.

### Este

Los 5 suelos más utilizados son: 3.52, 10.7, 4.1, 3.51 y 2.21. Su Índice de Productividad promedio es de 87. En su mayoría son Planosoles y Argisoles, de fertilidad media y drenaje lento a moderado. Su espesor promedio es de 65 cm y su textura es F, L, L-F o F-L.

### Litoral norte

Los 5 suelos más utilizados son: 11.5, 10.1, 11.3, 11.4 y 10.2. Su Índice de Productividad promedio es de 195. En su mayoría son Brunosoles y Vertisoles de fertilidad alta y muy alta, y drenaje moderado. Su espesor promedio es de 67 cm y su textura es FAc, AcL, FAr o FAcL.

### Litoral sur

Los 5 suelos más utilizados son: 5.02b, 11.7, 10.1, 10.3 y 10.12. Su Índice de Productividad promedio es de 167. Son Brunosoles y Vertisoles de fertilidad media, alta y muy alta (según GC), y drenaje moderado. Su espesor promedio es de 66 cm y su textura es F, FAcAr o AcL.



## Norte

Los 5 suelos más utilizados son: 13.4, 6.3, 13.1, 6.8 y 13.2. Su Índice de Productividad promedio es de 130. Son Brunosoles y Vertisoles de fertilidad media, alta y muy alta (según GC), y drenaje moderado. Su espesor promedio es de 63 cm y su textura es FAcL/Ac, FAc/FAcL, FAcL, F o AcL.

## Sur

Los 5 suelos más utilizados son: 10.8b, 10.8a, 5.02b, 10.3 y 03.51. Su Índice de Productividad promedio es de 138. Son Brunosoles y Vertisoles de fertilidad alta y drenaje moderado. Su espesor promedio es de 66 cm y su textura es FAcL, F o FL.

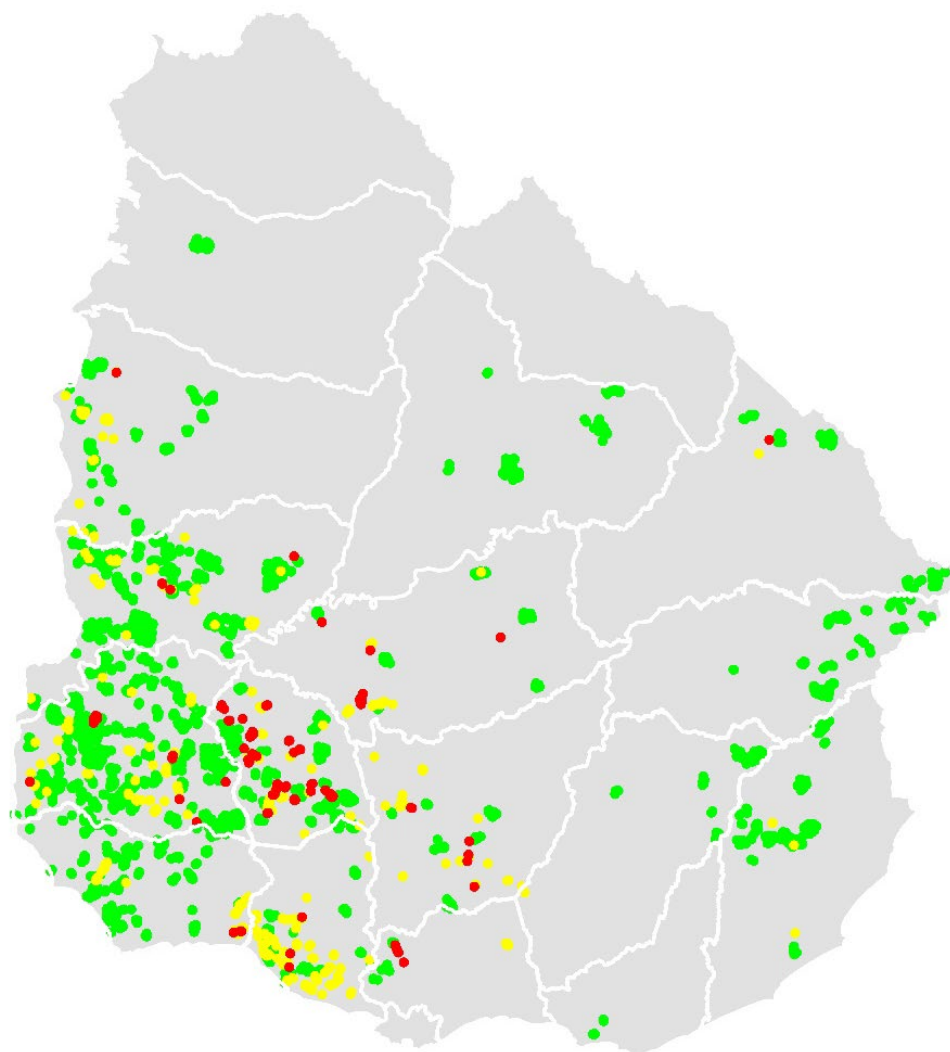
# **Anexo 4**

## **Cálculo de precisión y error**

## Cálculo de precisión y error

La estimación de la precisión del trabajo de teledetección del cultivo de soja se realizó mediante puntos GPS de varios cultivos, y polígonos de chacras de soja proporcionados por los técnicos y socios de URUPOV. Para poder estimar la precisión por área y por puntos, se transformaron todas las chacras que estaban en formato de punto a polígono (mediante la digitalización manual) y viceversa.

### Puntos de control



- CULTIVO**
- SORGO
  - MAIZ
  - SOJA

La precisión se calcula como la sumatoria de los aciertos dividida por la cantidad total de puntos o área de muestreo.

## Cálculo por puntos

		Teledetección			
		Puntos	Soja	No Soja	Total
Control	Soja		<b>3.010</b>	120	3.130
	No Soja		9	<b>488</b>	497
	Total				<b>3.627</b>
	Precisión				<b>96,4%</b>

$$\text{Precisión por puntos} = (3.010 + 488) / 3.627 * 100 = 96,4\%$$

## Cálculo por área (ha.)

		Teledetección			
		Área (ha)	Soja	No Soja	Total
Control	Soja		<b>175.854</b>	6.581	182.435
	No Soja		200	<b>20.779</b>	20.979
	Total				<b>203.413</b>
	Precisión				<b>96,7%</b>

$$\text{Precisión por área} = (175.854 + 120.779) / 203.413 * 100 = 96,7\%$$

## Análisis

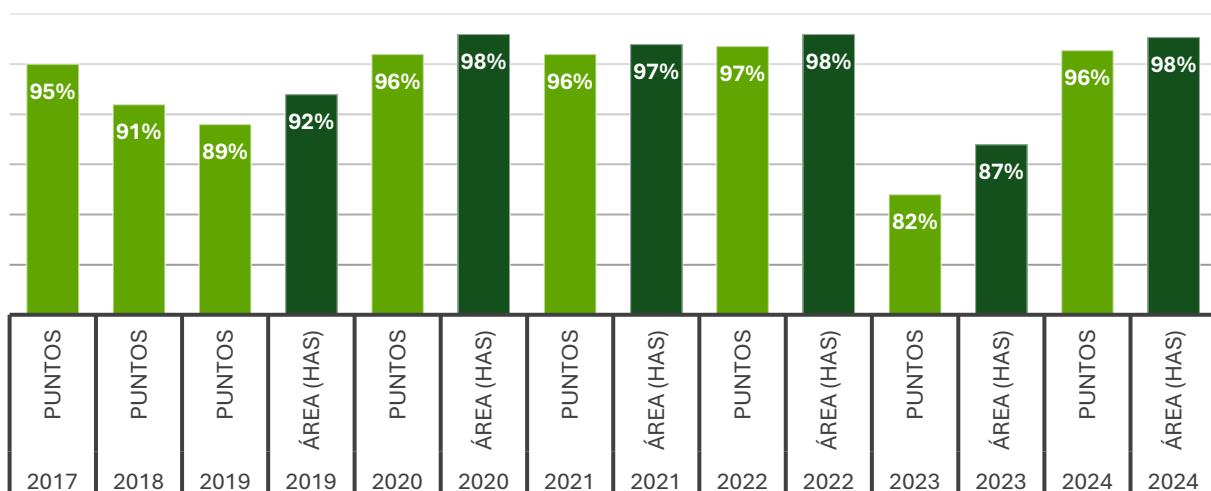
Debido a la heterogeneidad de tamaños de chacras de control, al igual que las zafras anteriores, se decidió utilizar la estimación por área para calcular la precisión del trabajo ya que es más representativa. Esto evita, por ejemplo, que una chacra de 10 hectáreas tenga el mismo peso en el cálculo que una de 100 hectáreas.

El área total utilizada para el control fue de 203.413 hectáreas distribuidas en todo el país. Del total del área controlada, el 96,7% estuvo bien clasificada. Es importante destacar que las hectáreas faltantes de soja que fueron identificadas durante la fase de control, así como también las chacras que correspondieron a otros cultivos, ya fueron corregidas. Esto significa que el error sobre el área presentada es menor a 3,3%.

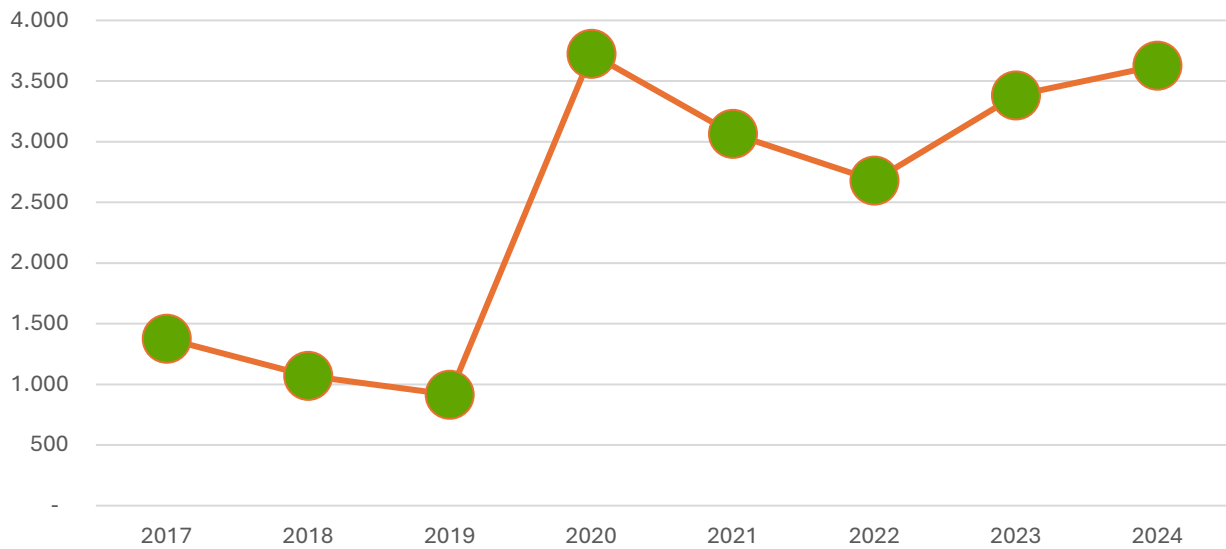
El 79% del error es de omisión (chacras de soja no teledetectadas como soja), y el restante 21% correspondió al error de comisión (chacras correspondientes a otros cultivos y que fueron clasificadas como soja).

Es importante destacar el trabajo por parte de los técnicos de URUPOV para proveer puntos y polígonos de control. Esto contribuye a expresar con mayor certeza la confiabilidad del trabajo. En los siguientes gráficos puede apreciarse la evolución de la cantidad de puntos y polígonos de control brindados para realizar el control del proyecto.

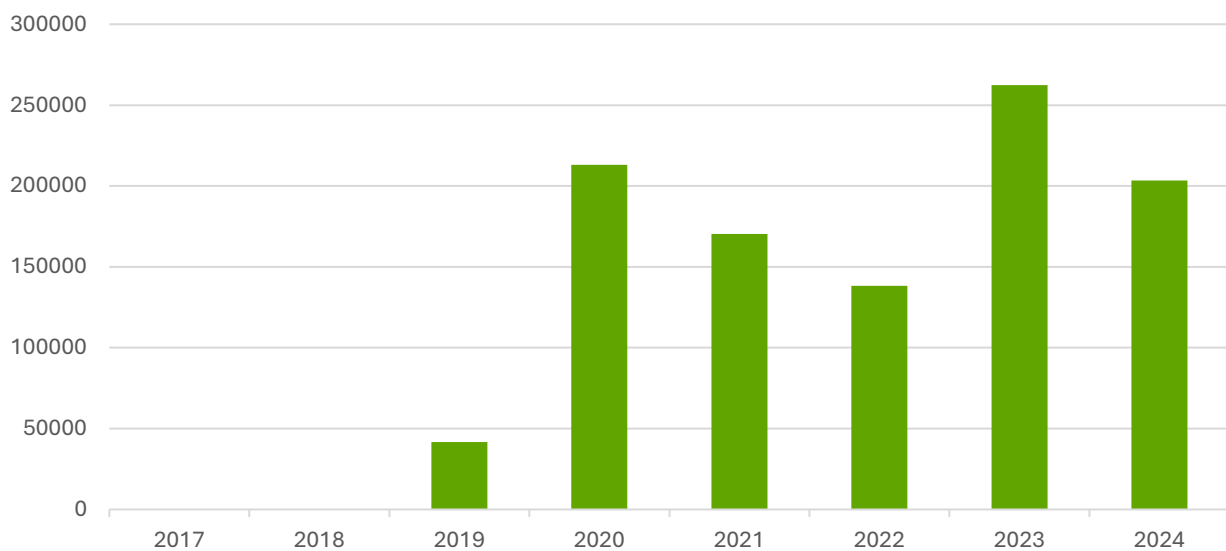
**% de precisión por año de acuerdo a criterios de evaluación (puntos y hectáreas)**



### Nº de puntos de control utilizados para el cálculo de precisión



### Superficie de control utilizada para el cálculo de precisión



# **Anexo 5**

# **Infografía del**

# **informe**

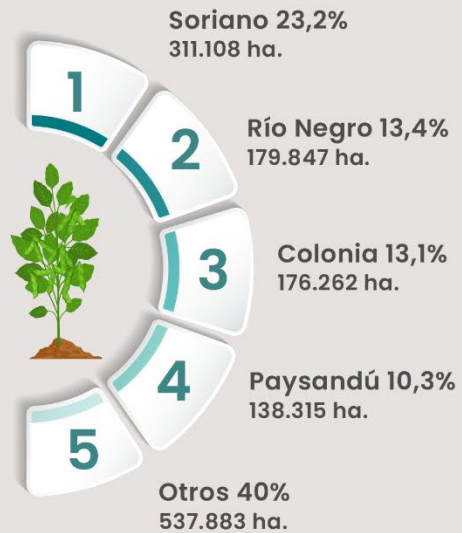
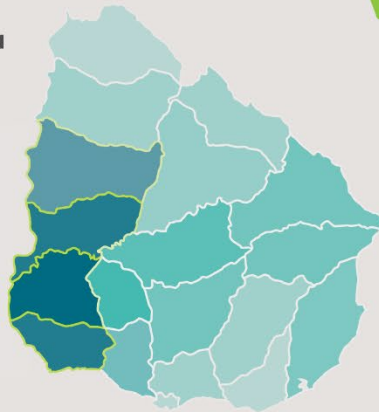
# SOJA en números

Zafra 2024



Área total sembrada: **1.340.000 ha.**

Distribución del área sembrada de soja por departamento



96,7% de precisión del trabajo de teledetección

2024



## Cifras de interés



Acceda al informe aquí



# **Anexo 6**

# **Sobre URUPOV**

## Quiénes somos

URUPOV es una asociación sin fines de lucro conformada por las principales empresas e instituciones dedicadas a la investigación, desarrollo, producción y comercialización de nuevas variedades vegetales.

Desde 1994 aboga por los derechos de los obtentores vegetales, fomentando la investigación de nuevas variedades y contribuyendo al desarrollo del sector a través de una agricultura innovadora, competitiva y sostenible.

Actualmente sus socios representan más del 90% del sector semillerista en Uruguay, e incluyen a institutos de investigación, empresas nacionales y multinacionales.

## Misión

Representar y velar por los intereses de los obtentores vegetales, productores y comerciantes de semillas, contribuyendo al desarrollo de nuevas variedades y al desarrollo sostenible del sector agropecuario.

## Visión

Ser una organización referente del sector semillerista, manteniendo un fuerte compromiso con la innovación, productividad y sostenibilidad.

## Nuestro equipo



DIRECTOR EJECUTIVO  
**Diego Riso**  
drisso@urupov.org.uy  
Cel: 099 617 139



GERENTE OPERATIVO  
**Victoria Stewart**  
victoria@urupov.org.uy  
Cel: 099 362 617



TÉCNICO DE CAMPO  
**Gonzalo Larrauri**  
gonzalo@urupov.org.uy  
Cel: 098 557 755



TÉCNICO DE CAMPO  
**Facundo Sorrenti**  
facundo@urupov.org.uy  
Cel: 098 355 455



TÉCNICO DE CAMPO  
**Guillermo Kessler**  
guillermo@urupov.org.uy  
Cel: 091 300 444



TÉCNICO DE CAMPO  
**Lucas Ferrés**  
lucas@urupov.org.uy  
Cel: 098 334 334



SECRETARIA  
**María Noel González**  
secretaria@urupov.org.uy  
Cel: 098 355 655



RESP. DE COMUNICACIÓN  
**Virginia Tastás**  
virginia@urupov.org.uy  
Cel: 099 924 011



CONSULTORA EN  
TELEDETECCIÓN Y SIG  
**Rossina Aunchayna**  
[info@urupov.org.uy](mailto:info@urupov.org.uy)



Sede de URUPOV

## Nuestros socios

