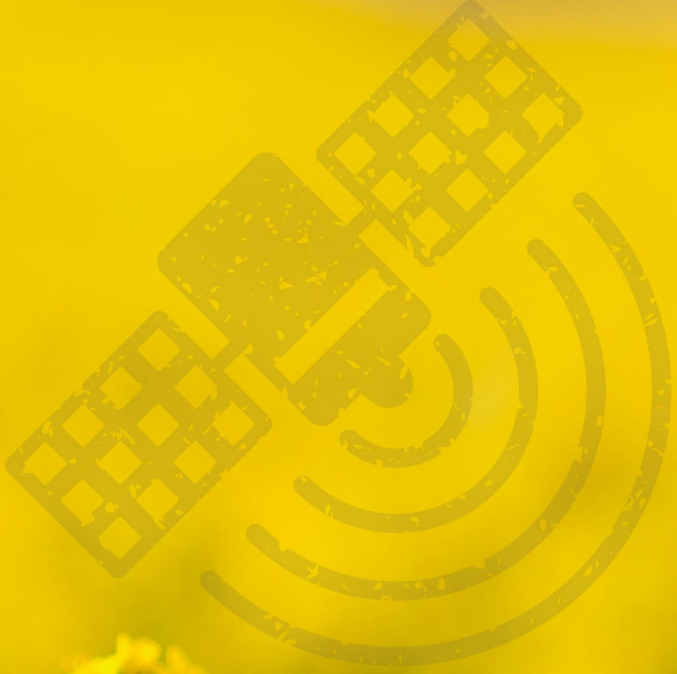




Teledetección del Cultivo de **Colza**

Zafra 2023



TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA.....	3
OBJETIVO	4
INSUMOS	4
METODOLOGÍA.....	4
ESCALA.....	6
CAPÍTULO 2: ESTIMACIÓN DE PRECISIÓN	7
CÁLCULO DE PRECISIÓN Y ERROR	8
CÁLCULO POR PUNTOS.....	9
CÁLCULO POR ÁREA (HA)	9
ANÁLISIS	10
CAPÍTULO 3: RESULTADOS.....	11
DISTRIBUCIÓN DEL CULTIVO	12
INFORMACIÓN DE SUPERFICIE	13
DISTRIBUCIÓN DE LAS CHACRAS POR ZONA	17
COMPORTAMIENTO DEL NDVI EN EL CULTIVO DE COLZA ZAFRA 2023.....	23
DISTRIBUCIÓN DE LAS CHACRAS DE COLZA ZAFRA 2022 VS 2023	26
ROTACIÓN DE SOJA CON COLZA ZAFRAS 2022-2023	32
SUELOS CONEAT DESTINADOS A LA PRODUCCIÓN DE COLZA DURANTE LA ZAFRA 2023	35
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES.....	38
RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CIFRAS.....	40



Introducción y Metodología

OBJETIVO

El presente informe tiene como objetivo describir los resultados obtenidos en el trabajo de teledetección de colza en Uruguay, en la campaña correspondiente al invierno 2023. Asimismo, se detallarán la metodología, los insumos utilizados y la precisión de los resultados.

INSUMOS

- Google Earth Engine Code Editor.
- Imágenes de libre distribución: sensores Sentinel.
- Puntos de control GPS de colza, trigo, cebada, avena, pasturas y otros cultivos.
- Software manejador de sistemas de información geográfica.
- Google Earth Pro.

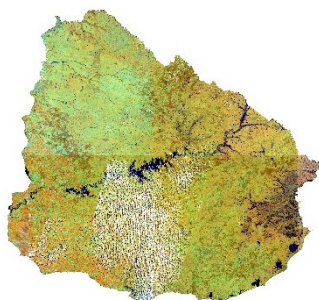
METODOLOGÍA

Las imágenes utilizadas fueron obtenidas a través de la plataforma 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 agosto, setiembre y octubre. Estos son los momentos del año más relevantes para identificar las chacras de colza en Uruguay mediante teledetección.

AGOSTO



SEPTIEMBRE



OCTUBRE

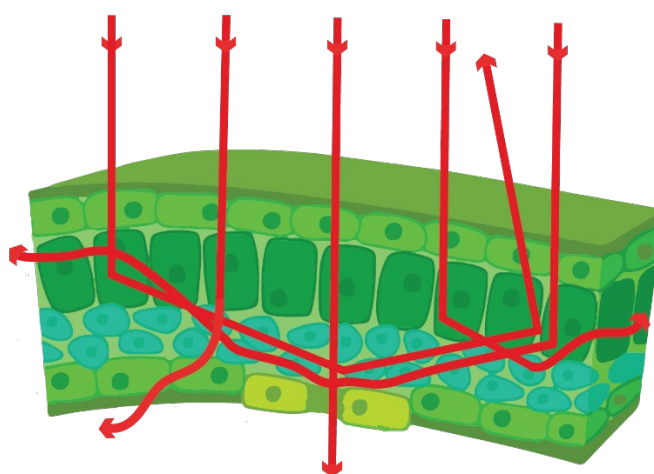


Mosaicos de Imágenes Sentinel utilizados. Período agosto – octubre 2023.

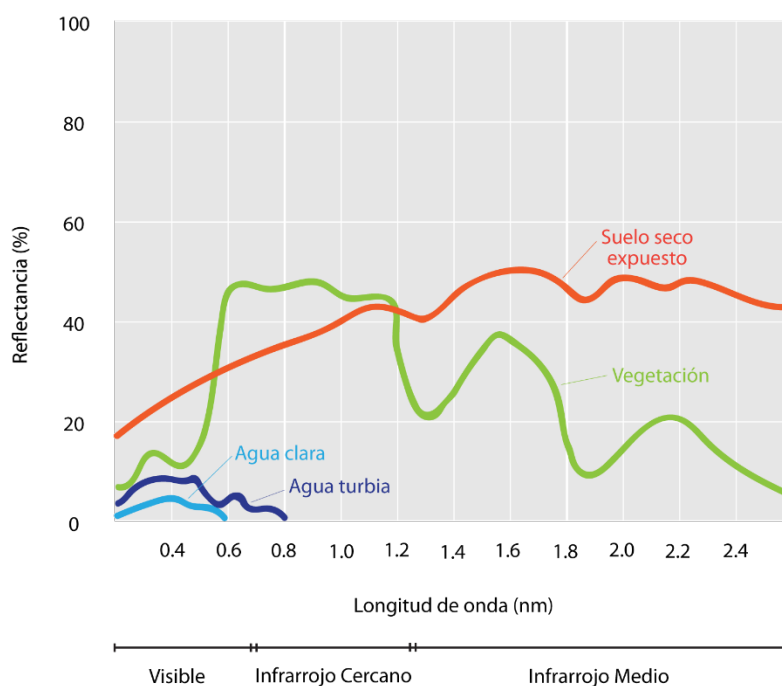
La identificación de las chacras de un cultivo mediante imágenes satelitales se logra aplicando varias técnicas y algoritmos proporcionados por programas informáticos. En una primera instancia, se realizan clasificaciones no supervisadas con el fin de identificar la agricultura en general. Luego, sobre las chacras obtenidas, y con el apoyo de puntos de muestreo de URUPOV, se realizan clasificaciones supervisadas para identificar el cultivo objetivo. Finalmente, se aplican reglas topológicas, algoritmos de segmentación y suavizado de bordes.

Los resultados obtenidos son corregidos manualmente mediante interpretación visual recorriendo minuciosamente todo el país a una escala de 1:30.000. De esta forma, se eliminan chacras que pudieran haber quedado mal clasificadas, y se agregan aquellas faltantes. También se corrigen bordes y límites. Una vez finalizado el proceso de teledetección, los polígonos finales y la base de datos asociada son utilizados para la generación de los diferentes análisis vectoriales y espectrales.

La metodología anteriormente descrita puede aplicarse gracias a la firma espectral de cada cultivo, y a la respuesta espectral de las distintas superficies captadas en las imágenes satelitales. El agua, por ejemplo, tiene una muy baja reflectancia, mientras que las hojas sanas de los cultivos tienen un comportamiento espectral muy diferente. Las mismas se caracterizan 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. 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.



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

Para el entrenamiento visual y del sistema de clasificación, se utilizan puntos de control GPS proporcionados por URUPOV. Dichos puntos incluyen chacras del cultivo objetivo y chacras de otros cultivos que dependiendo del momento que se esté analizando pueden confundirse fácilmente. Los puntos de control se dividen aleatoriamente en dos grupos: uno como apoyo para la realización del trabajo, y otro para calcular la precisión y los errores de omisión (chacras del cultivo objetivo que no fueron clasificadas como tal) y comisión (chacras que no debieron estar incluidas por corresponder a otros cultivos).

ESCALA

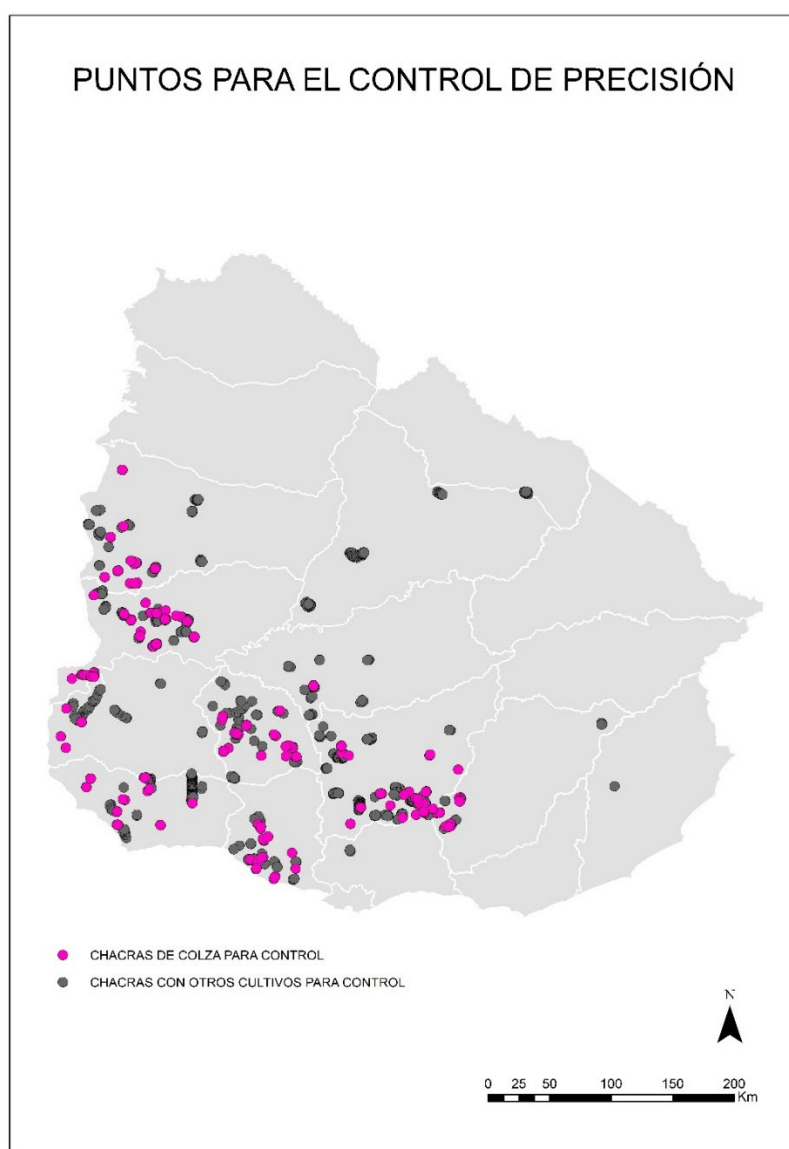
Con respecto a la **visualización** de la cartografía generada, los estándares internacionales especifican la siguiente regla: $\text{Escala} = \text{Píxel} * 96 / 0,0254$. La escala aproximada recomendada para visualizar este trabajo sería entonces **1:50.000** (10 metros*96/0,0254).



Estimación de Precisión

CÁLCULO DE PRECISIÓN Y ERROR

Con el objetivo de estimar la precisión del trabajo de teledetección del cultivo de colza, URUPOV reunió puntos GPS de varios cultivos. Para poder estimar la precisión por área y por puntos se transformaron todas las chacras de control que estaban en formato de punto a polígono (mediante la digitalización manual) y viceversa.



Puntos URUPOV utilizados para la estimación de precisión.

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		
Control	Puntos	Colza	No Colza	Total
	Colza	363	8	371
	No Colza	1	719	720
	Total			1.091
	Precisión			99,2%

PRECISIÓN POR PUNTOS = $(363 + 719) / 1.091 * 100 = 99,2\%$

CÁLCULO POR ÁREA (HA)

		Teledetección		
Control	Área (Ha.)	Colza	No Colza	Total
	Colza	9.205	265	9.470
	No Colza	27	21.895	21.922
	Total			31.392
	Precisión			99.1%

PRECISIÓN POR ÁREA = $(9.205 + 21.895) / 31.392 * 100 = 99,1\%$

ANÁLISIS

Debido a la heterogeneidad de tamaños de las chacras de control, se recomienda utilizar la estimación tanto por puntos como por área para calcular la precisión del trabajo. Esto evita, por ejemplo, que una chacra de 10 hectáreas tenga el mismo peso en el cálculo que una de 100 hectáreas.

El área utilizada para el control fue de 31.392 hectáreas. Del total del área controlada, el 99% estuvo bien clasificada. El 0,8% del área de control (265 ha) correspondió al error de omisión (chacras de colza no teledetectadas como tal). Al igual que el año anterior prácticamente no se registraron errores de comisión (chacras correspondientes a otros cultivos clasificadas como colza).

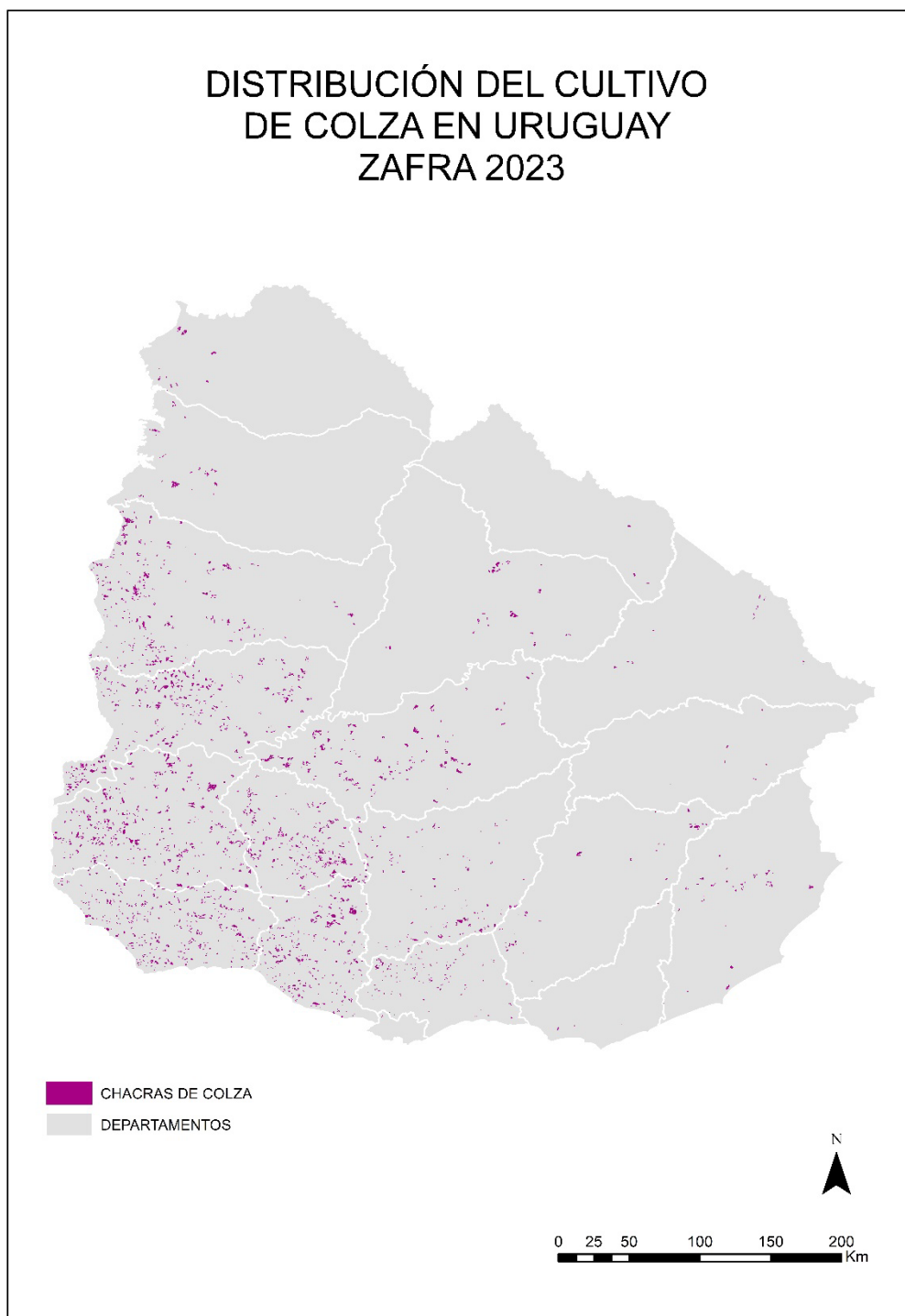
La precisión general del trabajo es de 99% y su error es de 1%.

Es importante destacar el trabajo por parte de los técnicos de URUPOV para proveer puntos y polígonos de control, así como el apoyo de nuestros socios en brindar datos de valor. Todo esto en su conjunto contribuye a expresar con mayor certeza la confiabilidad del trabajo.



Resultados

DISTRIBUCIÓN DEL CULTIVO



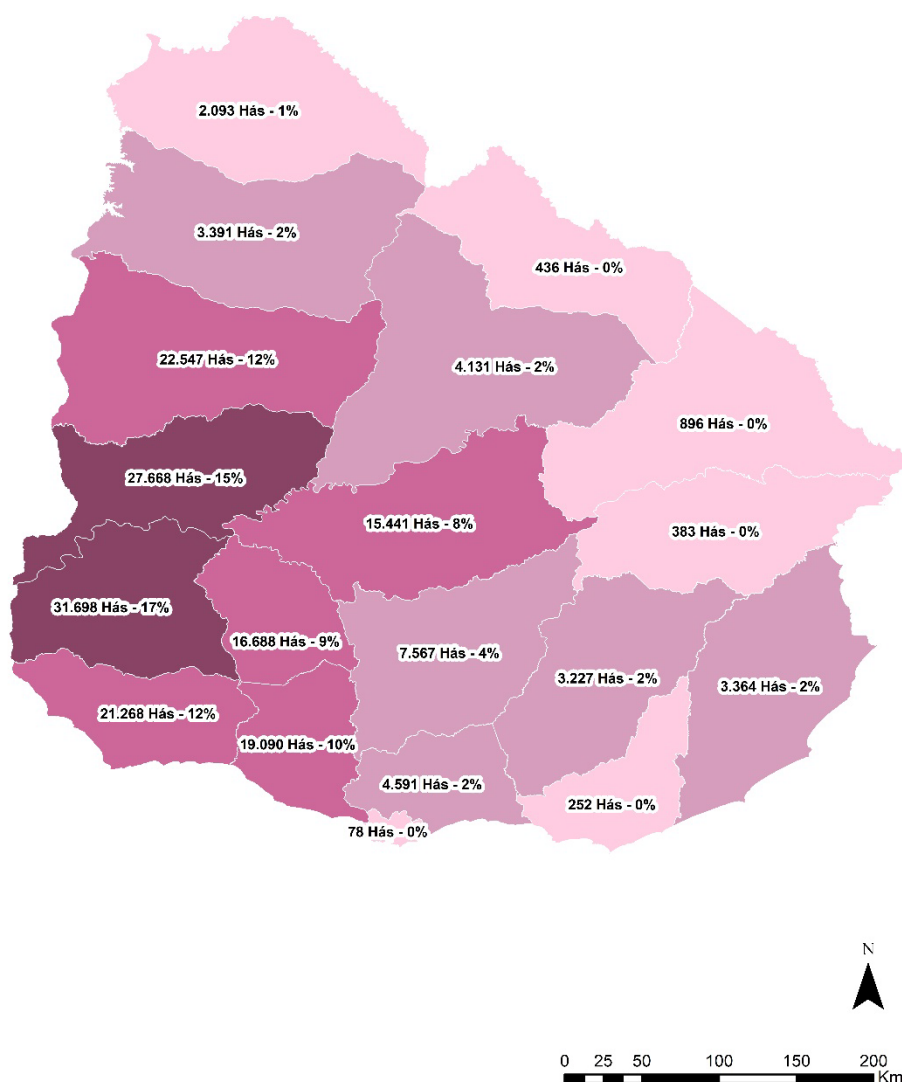
Ubicación de las chacras de colza teledetectadas.

INFORMACIÓN DE SUPERFICIE

Departamento	Área (ha)	% del total
Montevideo	78	0,0%
Maldonado	252	0,1%
Treinta y Tres	383	0,2%
Rivera	436	0,2%
Cerro Largo	896	0,5%
Artigas	2.093	1,1%
Lavalleja	3.227	1,7%
Rocha	3.364	1,8%
Salto	3.391	1,8%
Tacuarembó	4.131	2,2%
Canelones	4.591	2,5%
Florida	7.567	4,1%
Durazno	15.441	8,4%
Flores	16.688	9,0%
San José	19.090	10,3%
Colonia	21.268	11,5%
Paysandú	22.547	12,2%
Río Negro	27.668	15,0%
Soriano	31.698	17,2%
Total	184.810	100%

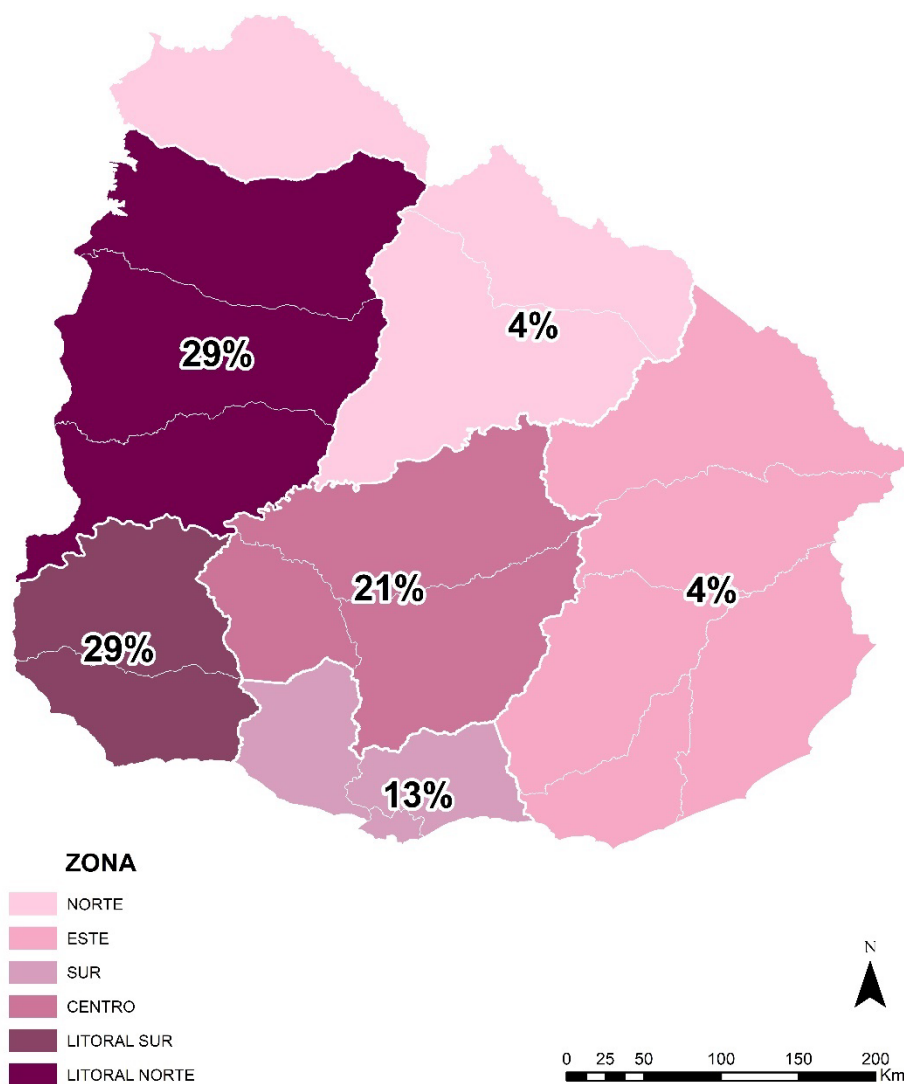
El área total de chacras teledetectadas fue de **184.810 hectáreas**. El 44% del área total se ubica en los departamentos de Soriano, Río Negro y Paysandú, quedando Colonia en cuarto lugar.

SUPERFICIE DE COLZA POR DEPARTAMENTO ZAFRA 2023

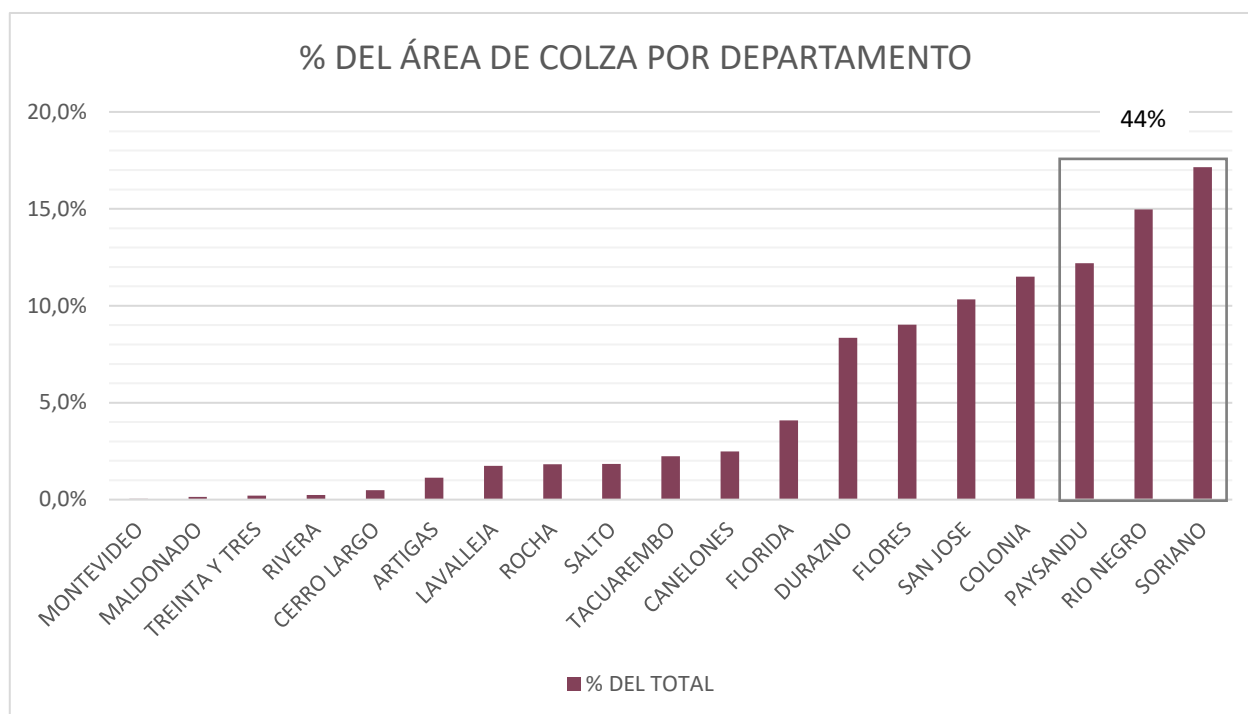


Distribución del área por departamento.

% DEL ÁREA TOTAL DE COLZA POR ZONA ZAFRA 2023

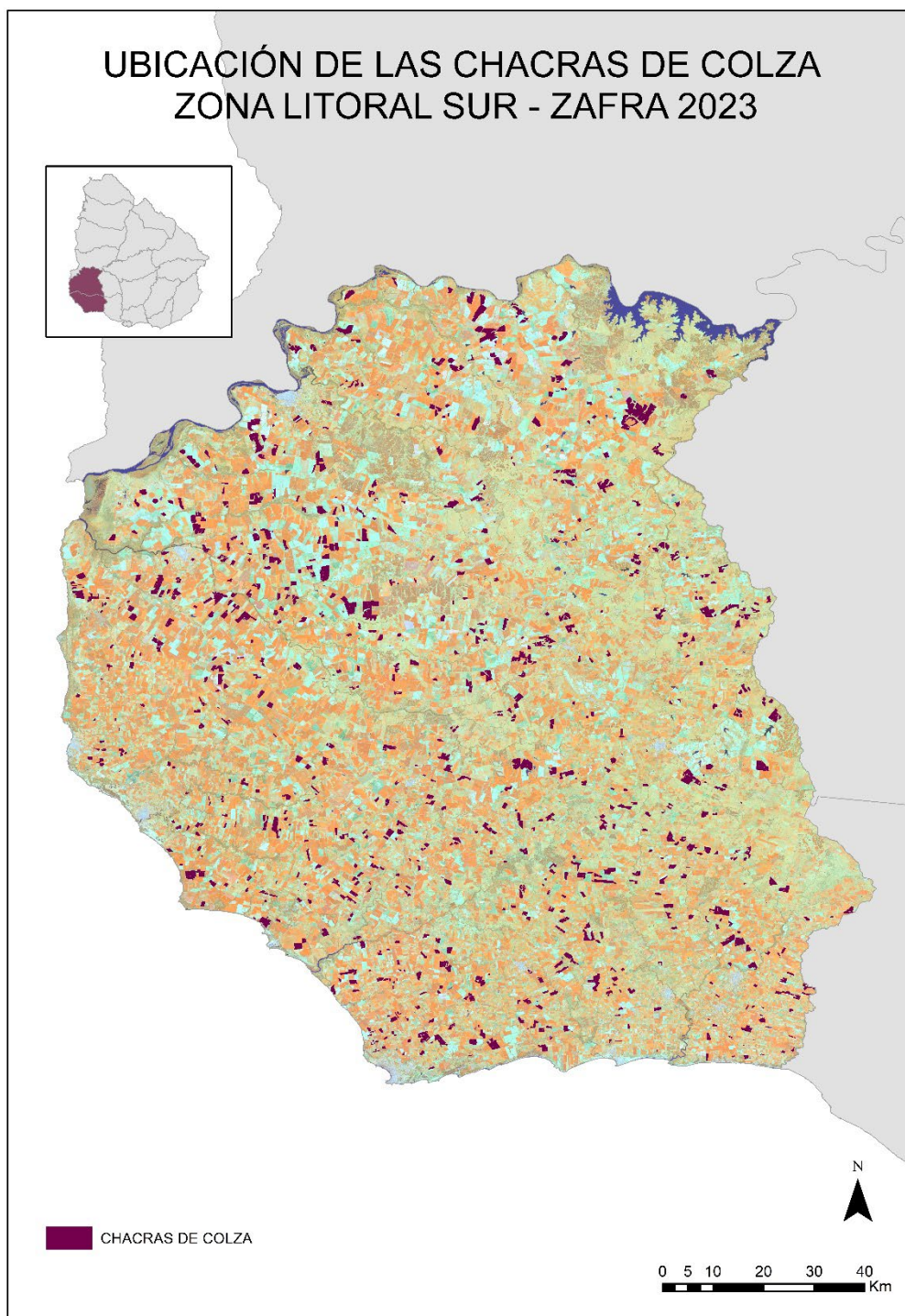


Distribución del área por zona.

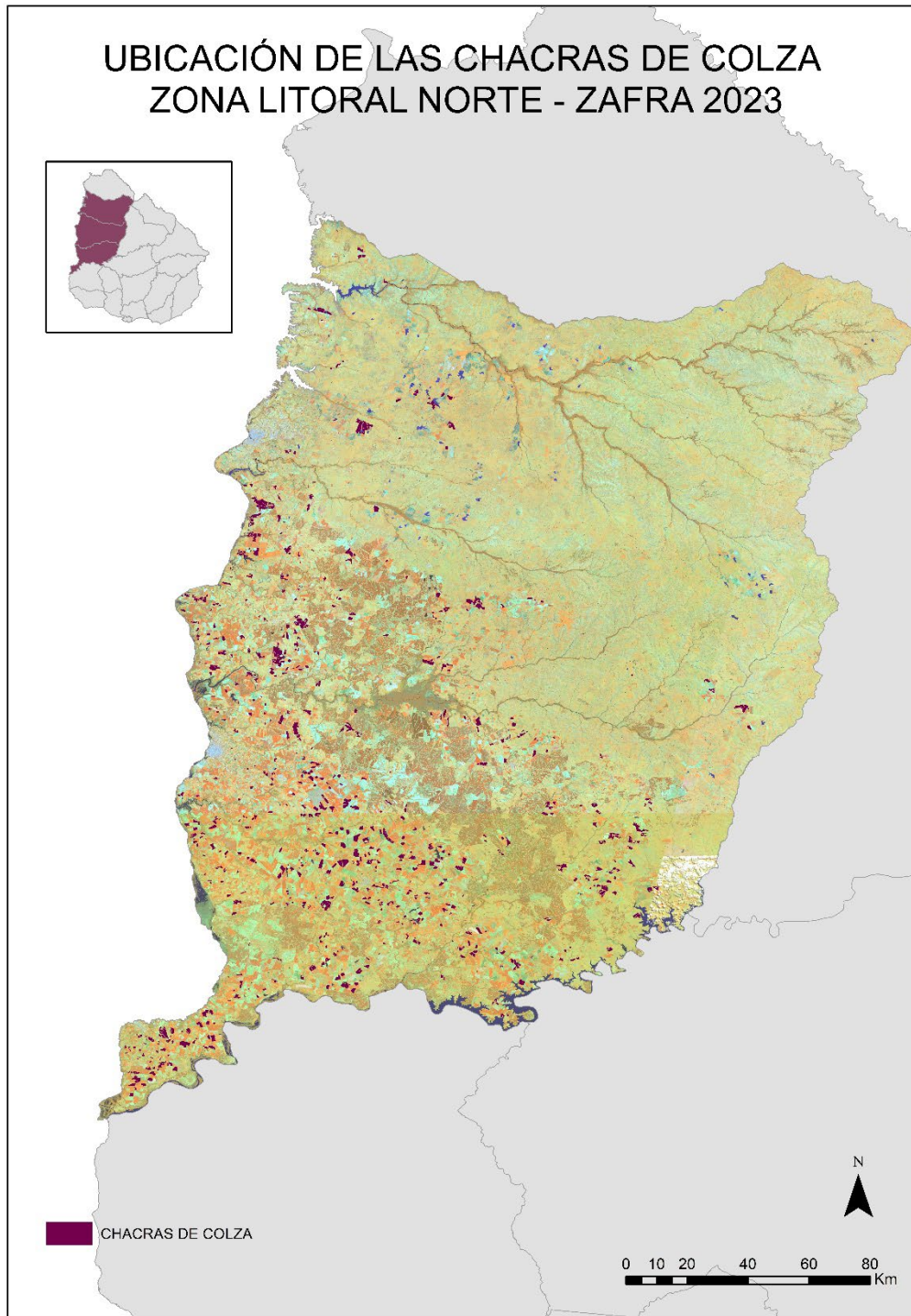


Si bien la zona del litoral abarca un 8% menos de la superficie total que el año anterior, continúa siendo la región con mayor área sembrada de colza del país: 58% del área total.

DISTRIBUCIÓN DE LAS CHACRAS POR ZONA

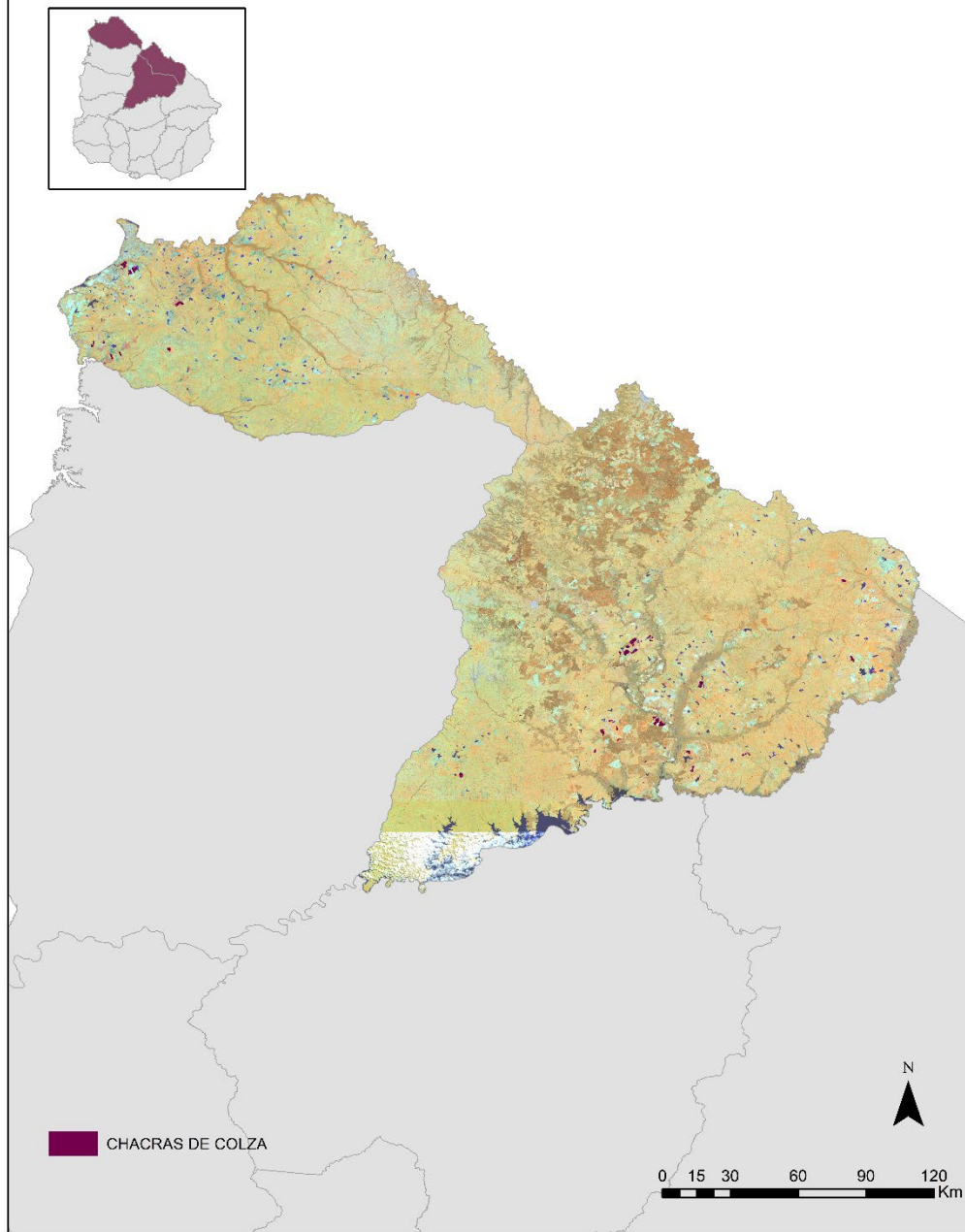


Chacras de la zona Litoral Sur.

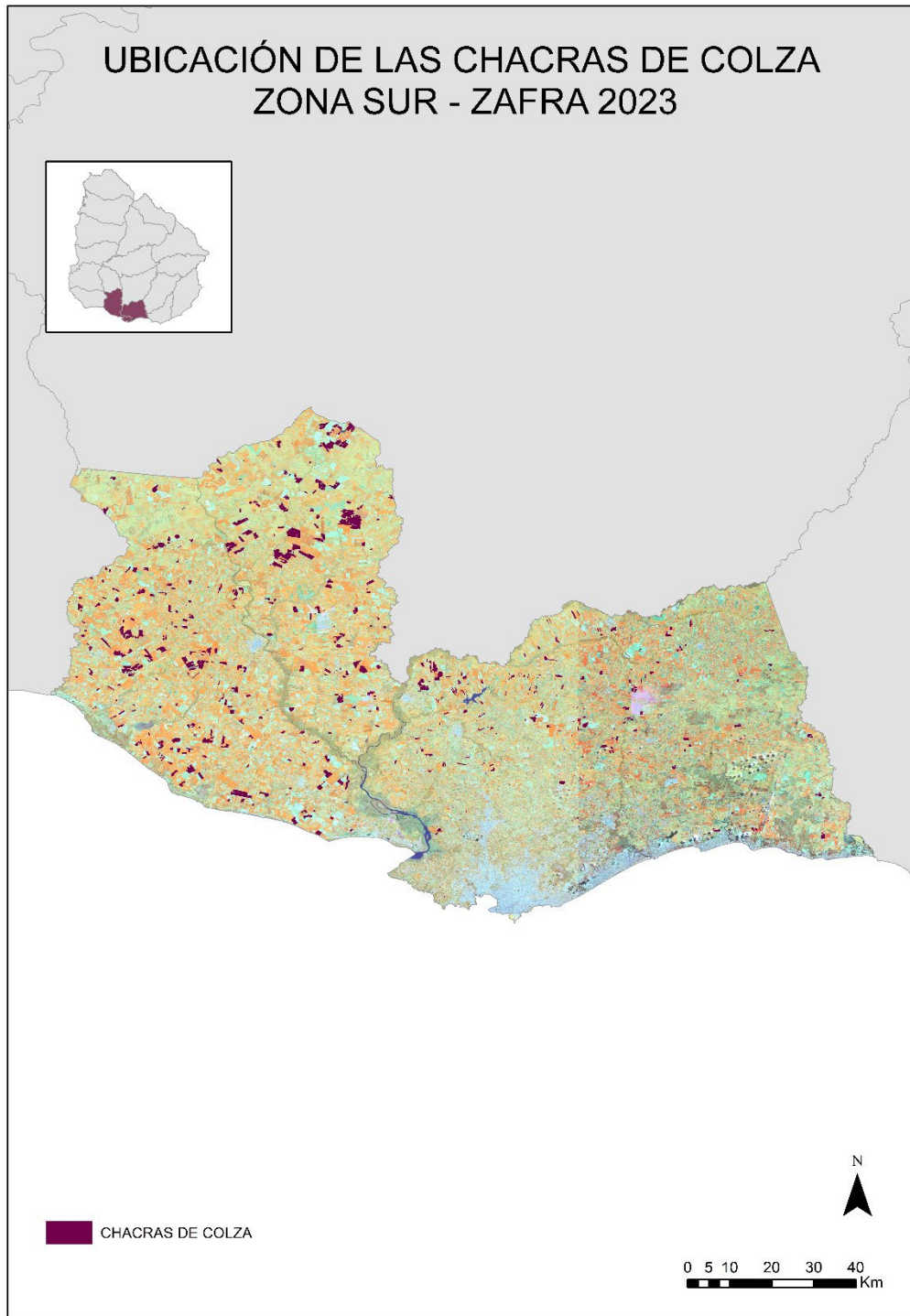


Chacras de la zona Litoral Norte.

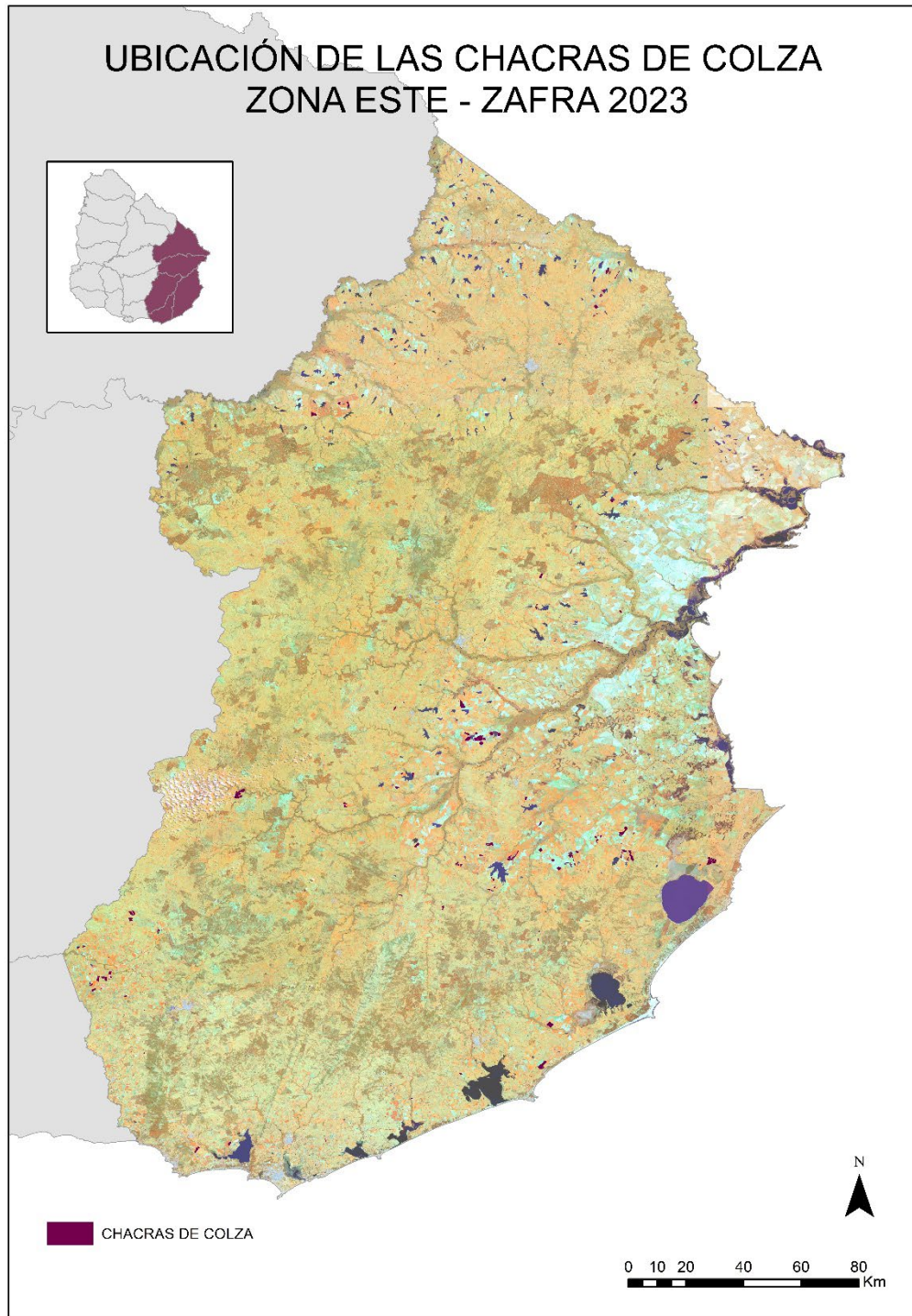
UBICACIÓN DE LAS CHACRAS DE COLZA ZONA NORTE - ZAFRA 2023



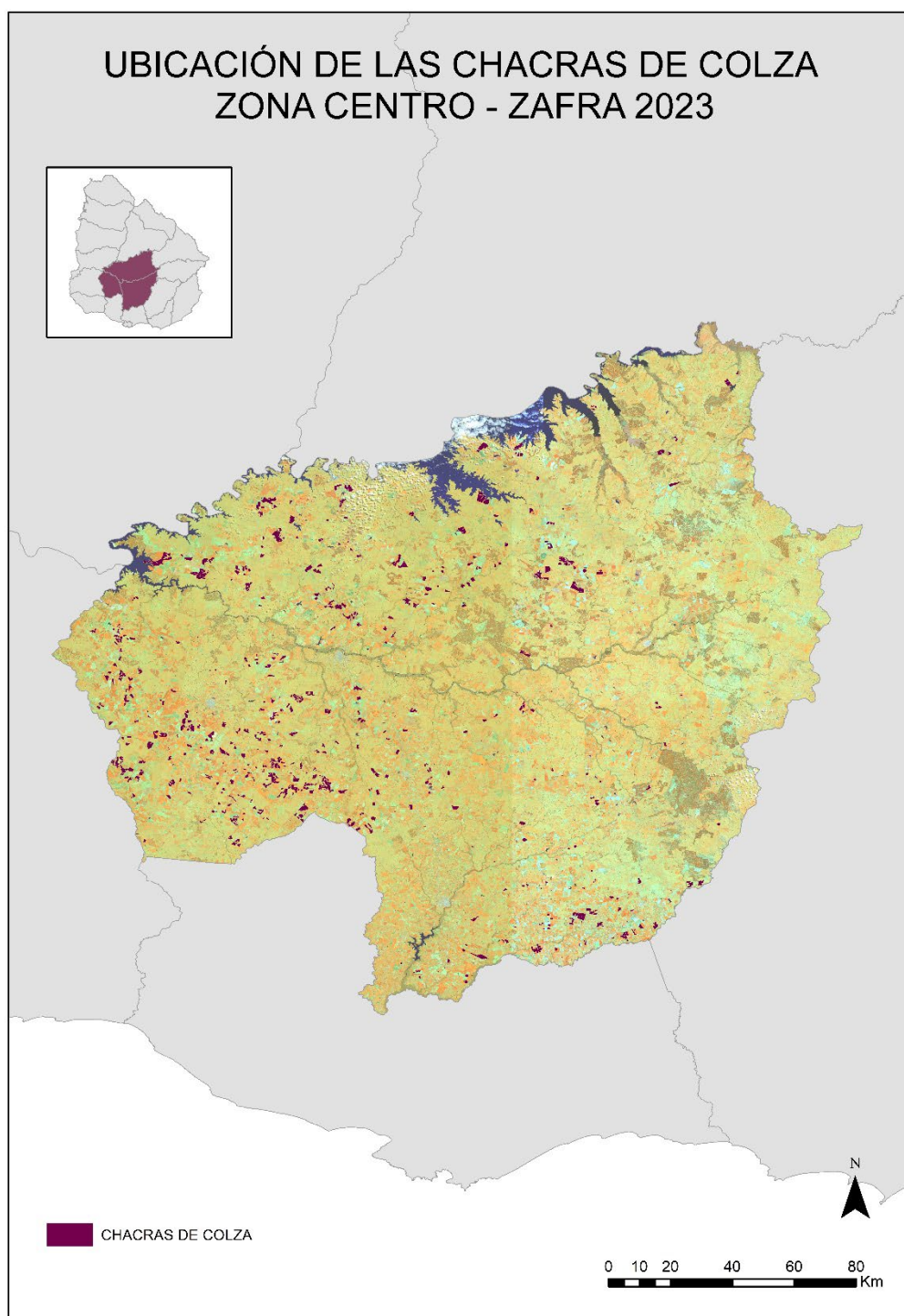
Chacras de la zona Norte.



Chacras de la zona Sur.



Chacras de la zona Este.

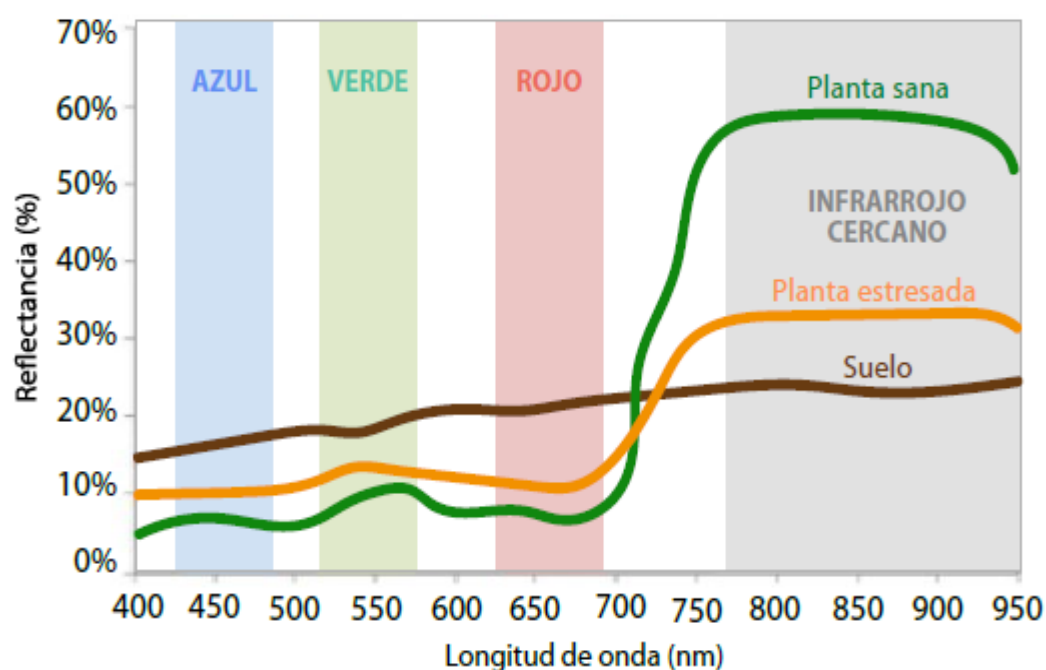


Chacras de la zona Centro.

COMPORTAMIENTO DEL NDVI EN EL CULTIVO DE COLZA ZAFRA 2023

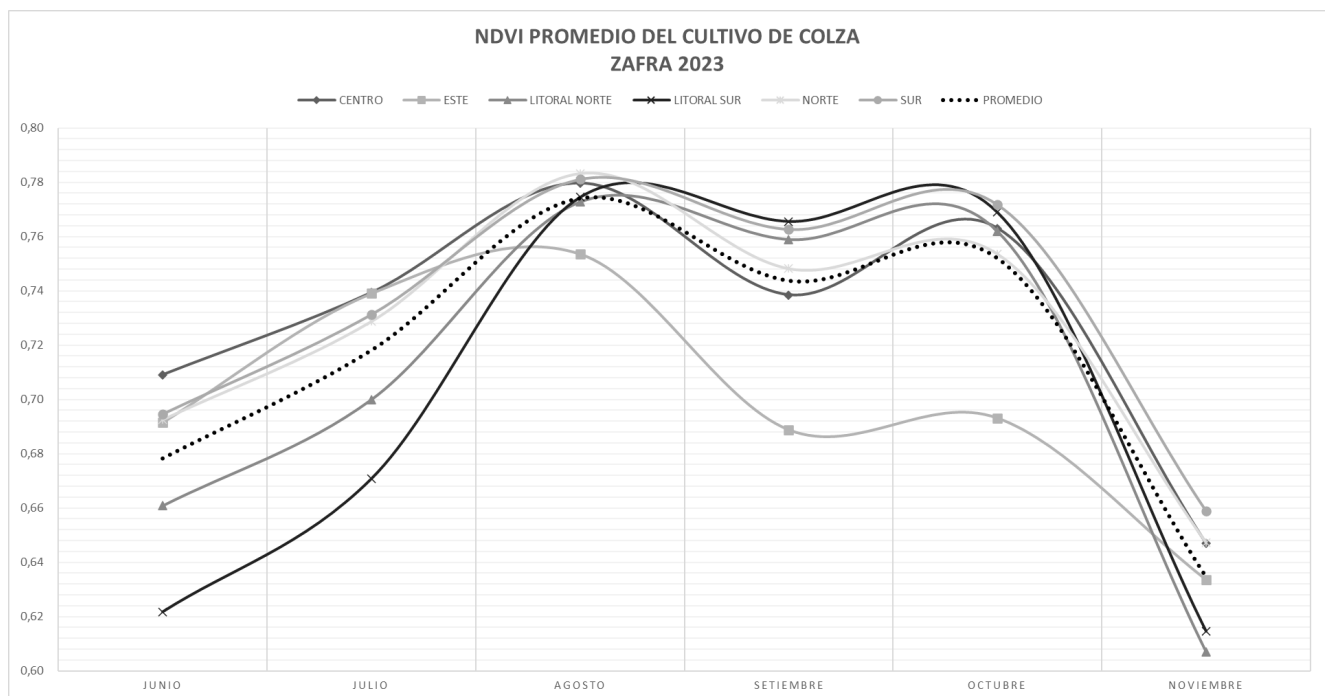
El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) permite estimar el estado y desarrollo de una vegetación, en base a la medición con sensores remotos de la intensidad de la radiación que la misma emite o refleja. Este índice, utiliza los canales del espectro visible VIS y del infrarrojo cercano NIR. 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.).

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



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

El análisis de los valores de NDVI promedio durante todo el periodo del cultivo, para cada zona, se muestra en el siguiente gráfico.



Comportamiento del NDVI durante la zafra 2023. Se consideraron los valores promedio en cada zona para cada fecha de análisis. Información obtenida a través de imágenes brindadas por la Unidad Gras INIA.

Las curvas siguieron la tendencia esperada para el cultivo. Los valores de NDVI cercanos a la siembra son bajos, ya que en este período las plantas tienen baja altura y reducido número de hojas. La exposición del suelo entre las hileras también genera una disminución del índice (Figura A). Cuando las plantas comienzan a crecer y se incrementa la biomasa, los valores de NDVI aumentan hasta alcanzar su máximo antes del período de floración (Figura B). Durante el período de floración, a partir de agosto, las curvas de colza muestran una disminución notoria. Según Thomas (2003), esto ocurre porque en el pico de floración, la colza produce una capa de flores de color amarillo intenso, con un espesor de alrededor de 30 cm, aumentando la reflectancia de la radiación visible. Además, las flores son capaces de reflejar alrededor del 60% de la radiación solar que ingresa al dosel y que podría ser utilizada por las estructuras fotosintéticamente activas de la planta.

Cuando comienza el período de llenado de grano, los valores de NDVI aumentan nuevamente, acercándose a los valores anteriores. Esto se debe a la caída de las flores, que reflejaron parte de la radiación visible, así como a la interceptación y absorción de la radiación solar por parte de las estructuras reproductivas, las silicuas, reduciendo la reflectancia en el visible (Figura C). Según Nied (2013), la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa por parte de estas estructuras reproductivas en el dosel de colza puede alcanzar el 80% de la interceptación total del dosel. Al final del ciclo los valores de NDVI disminuyen debido a la senescencia de las plantas.



Cultivo de colza en diferentes etapas fenológicas: A) Roseta y Elongación, B) Florecimiento; y C) Maduración.

El NDVI es una de las variables utilizadas para el cálculo de rendimiento de los cultivos con sensores remotos. Valores anómalos del índice antes y durante la floración son indicadores de posibles disminuciones en los rindes al momento de cosecha.

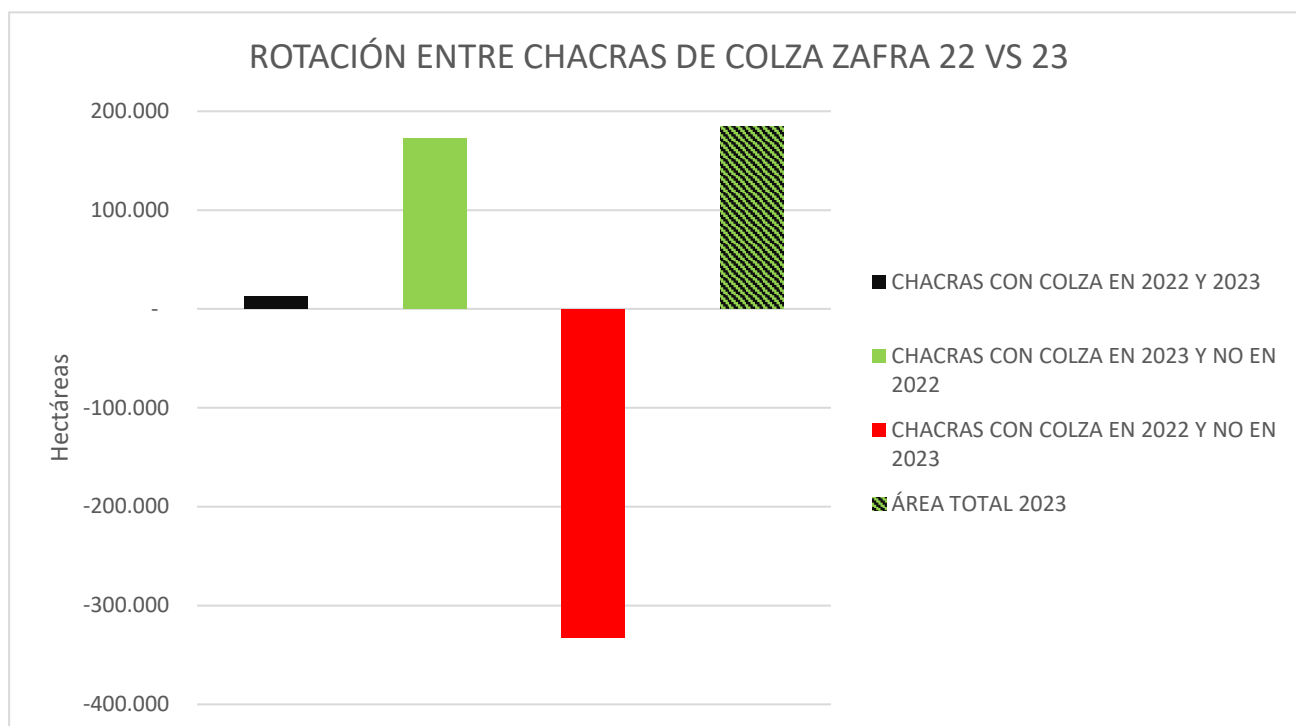
DISTRIBUCIÓN DE LAS CHACRAS DE COLZA

ZAFRA 2022 VS 2023

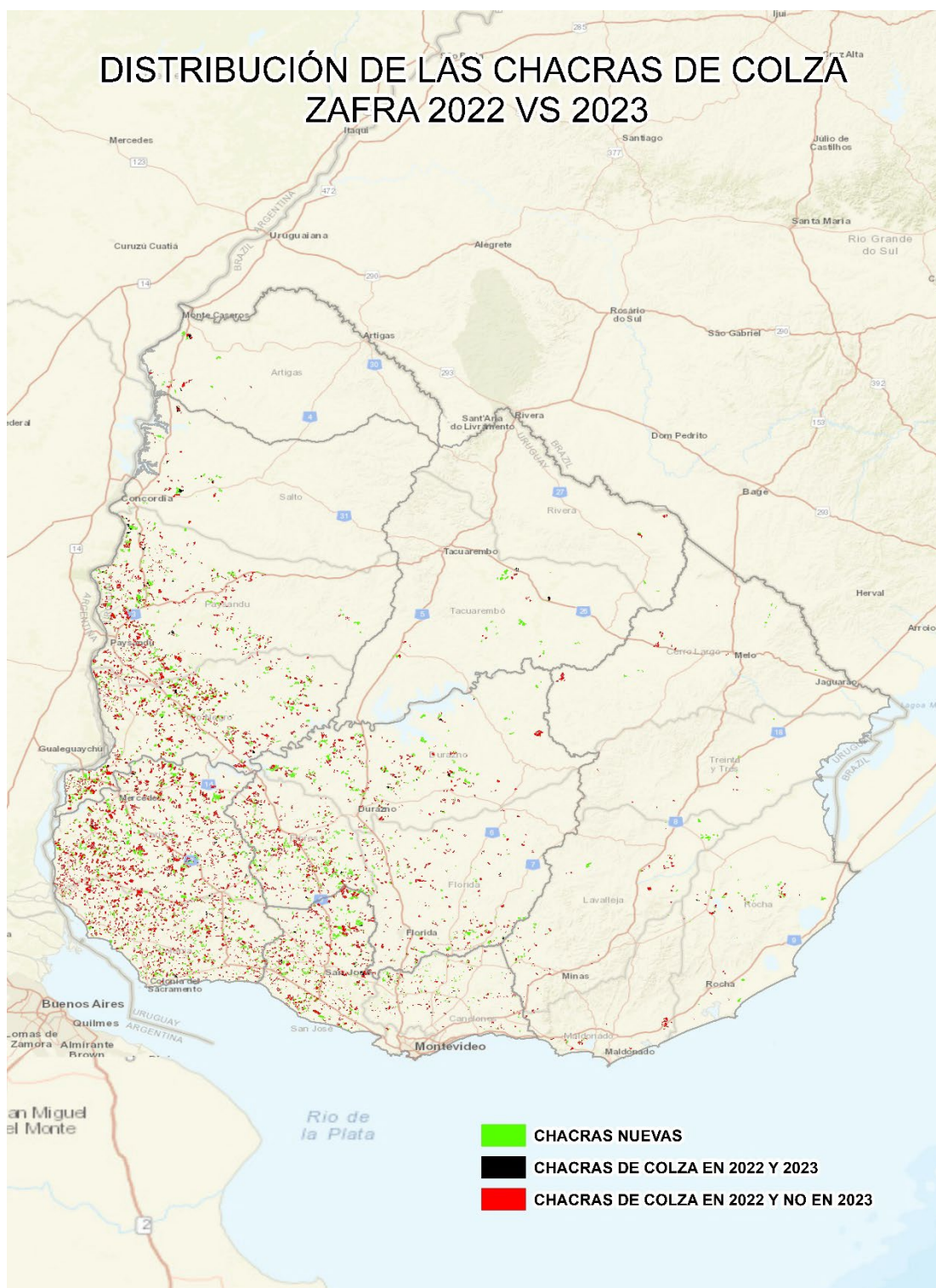
El área de colza en Uruguay tuvo una diferencia con respecto al año anterior de aproximadamente 160.000 hectáreas, es decir un 46% menos. Por otro lado, el 93% del área corresponde a chacras nuevas, es decir, que no tuvieron colza durante la zafra anterior.

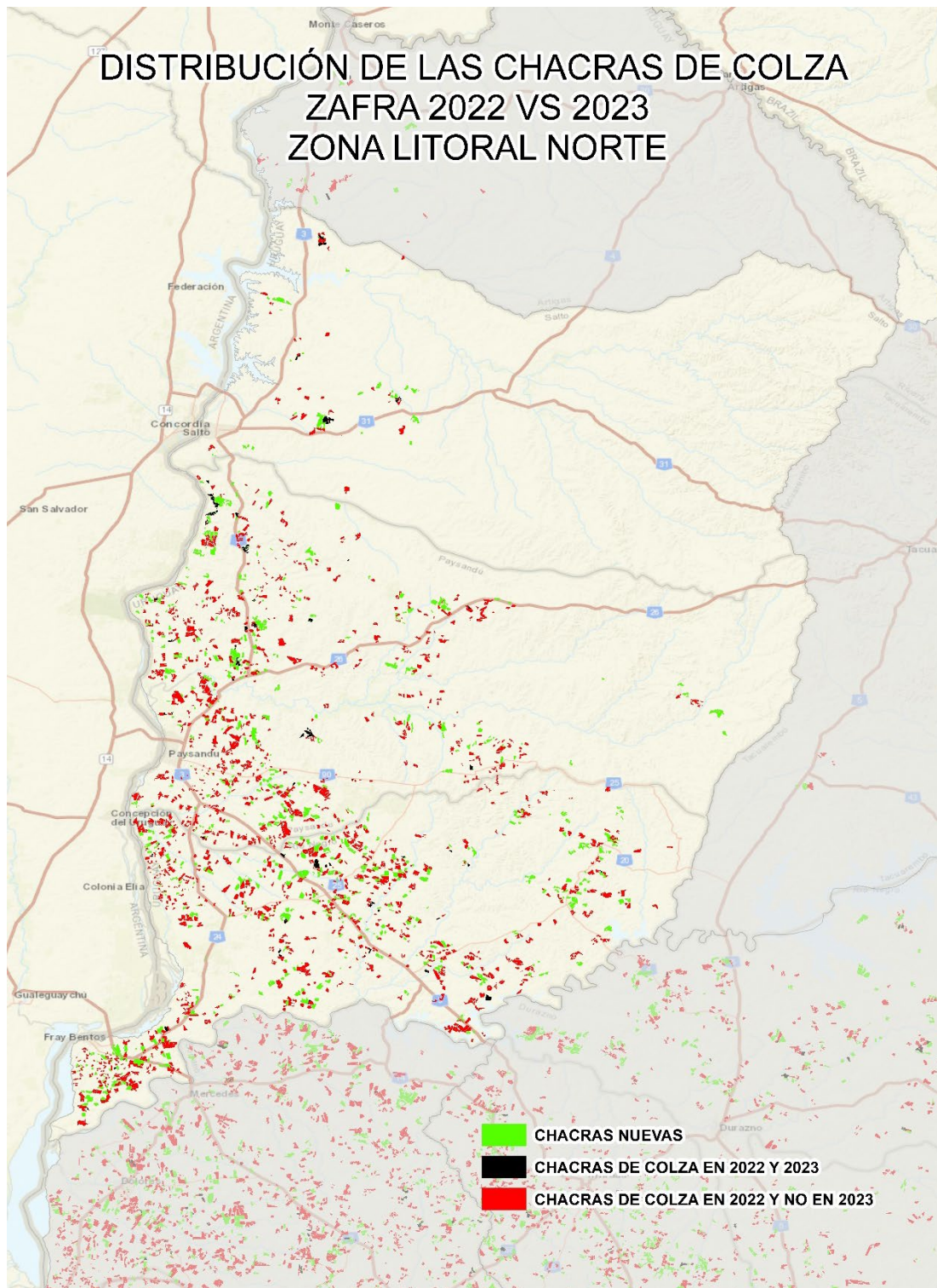
Departamento	Área (ha) 2022	Área (ha) 2023	Diferencia
Artigas	2.480	2.093	- 387
Canelones	6.539	4.591	- 1.948
Cerro Largo	2.166	896	- 1.270
Colonia	49.282	21.268	- 28.013
Durazno	19.653	15.441	- 4.212
Flores	26.469	16.688	- 9.781
Florida	15.245	7.567	- 7.678
Lavalleja	3.636	3.227	- 410
Maldonado	2.357	252	- 2.104
Montevideo	142	78	- 64
Paysandú	44.373	22.547	- 21.826
Río Negro	50.501	27.668	- 22.832
Rivera	680	436	- 244
Rocha	2.530	3.364	834
Salto	3.646	3.391	- 255
San José	33.225	19.090	- 14.134
Soriano	79.618	31.698	- 47.920
Tacuarembó	1.866	4.131	2.266
Treinta y Tres	535	383	- 152
Total	344.942	184.810	- 160.132
Precisión (%)	97,6	99,1	

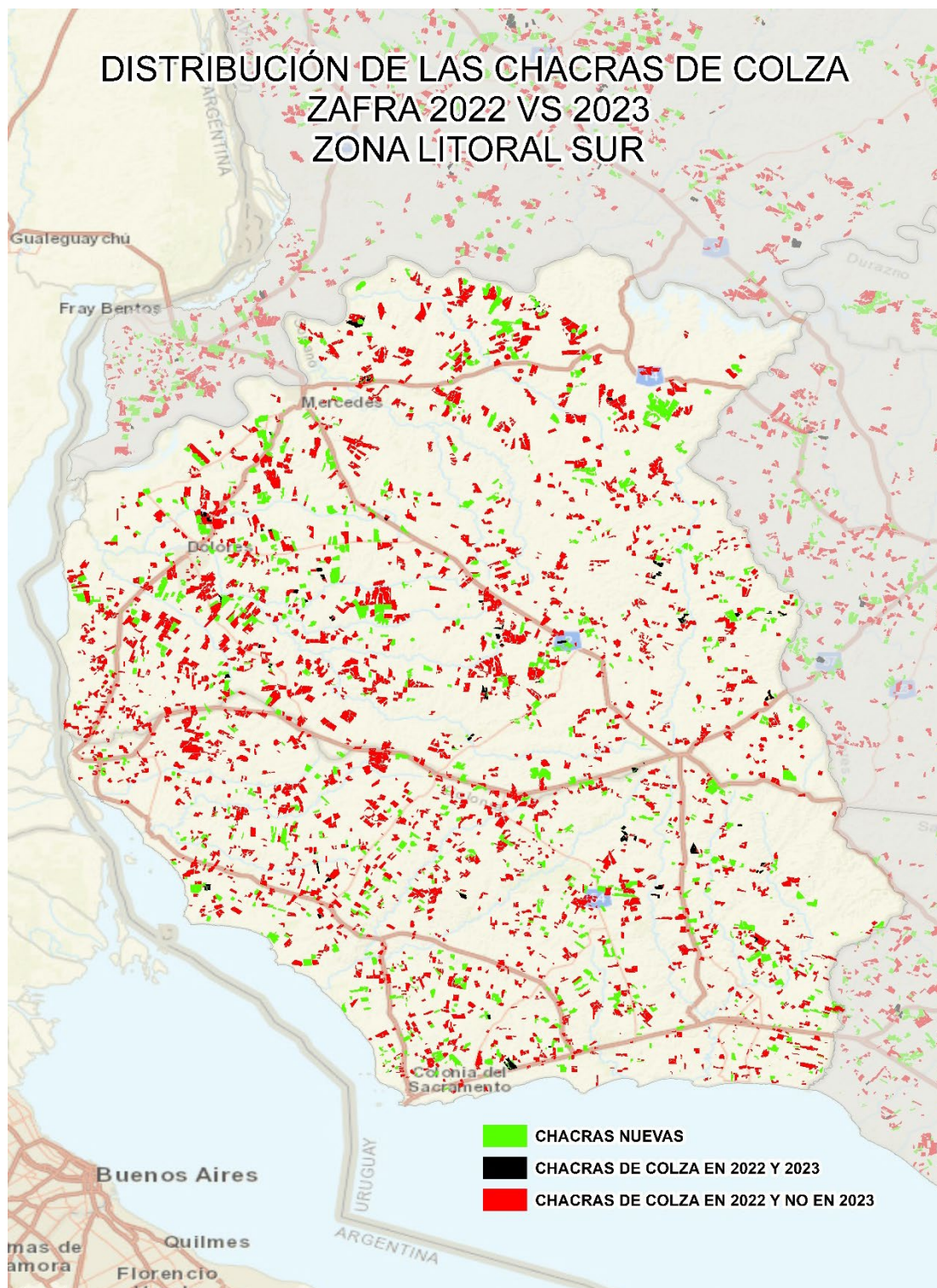
	Área (ha)	% del área total 2023
Chacras con colza en 2022 y 2023	12.744	7%
Chacras con colza en 2023 y no en 2022	172.065	93%
Chacras con colza en 2022 y no en 2023	332.198	-

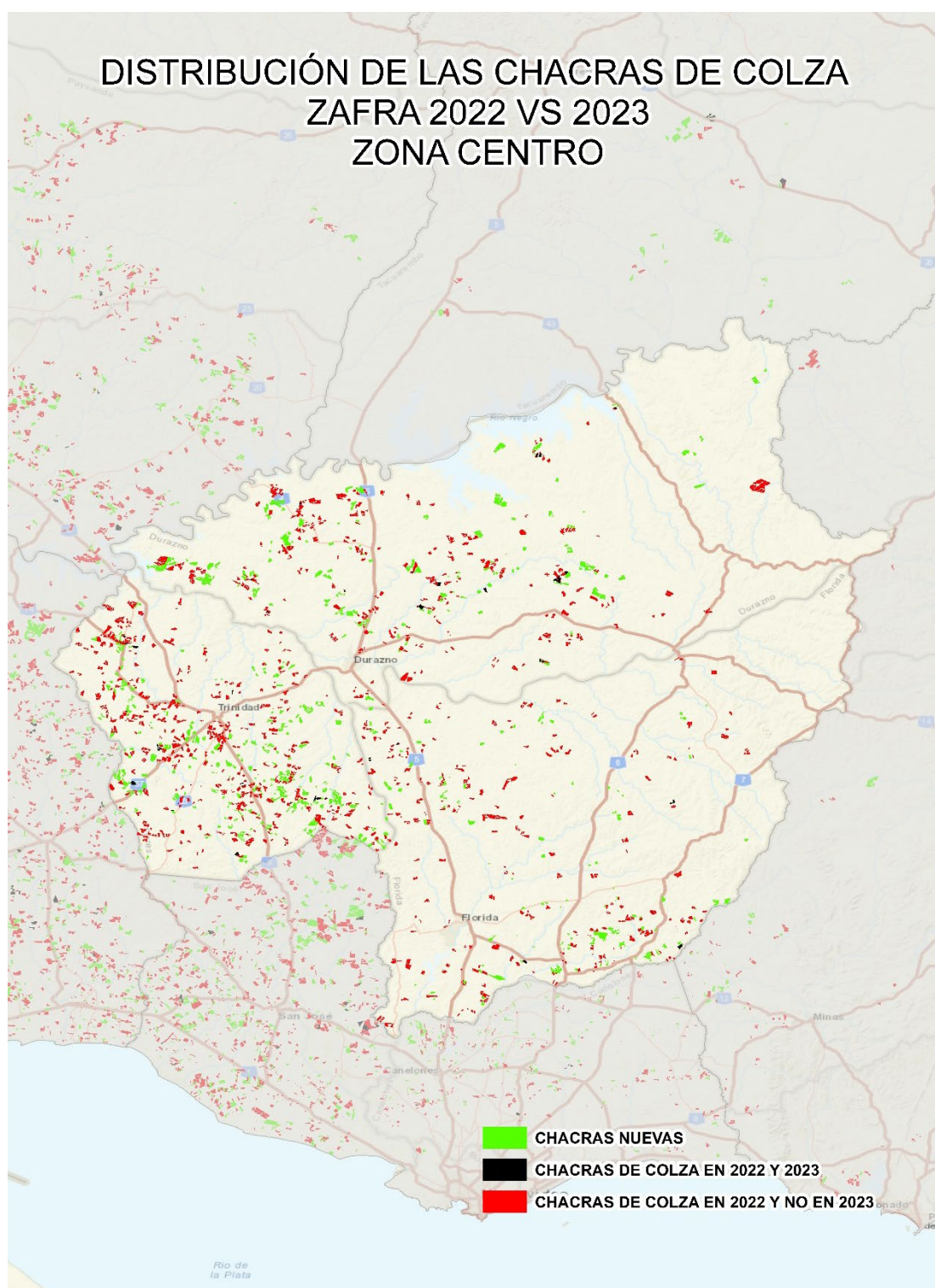


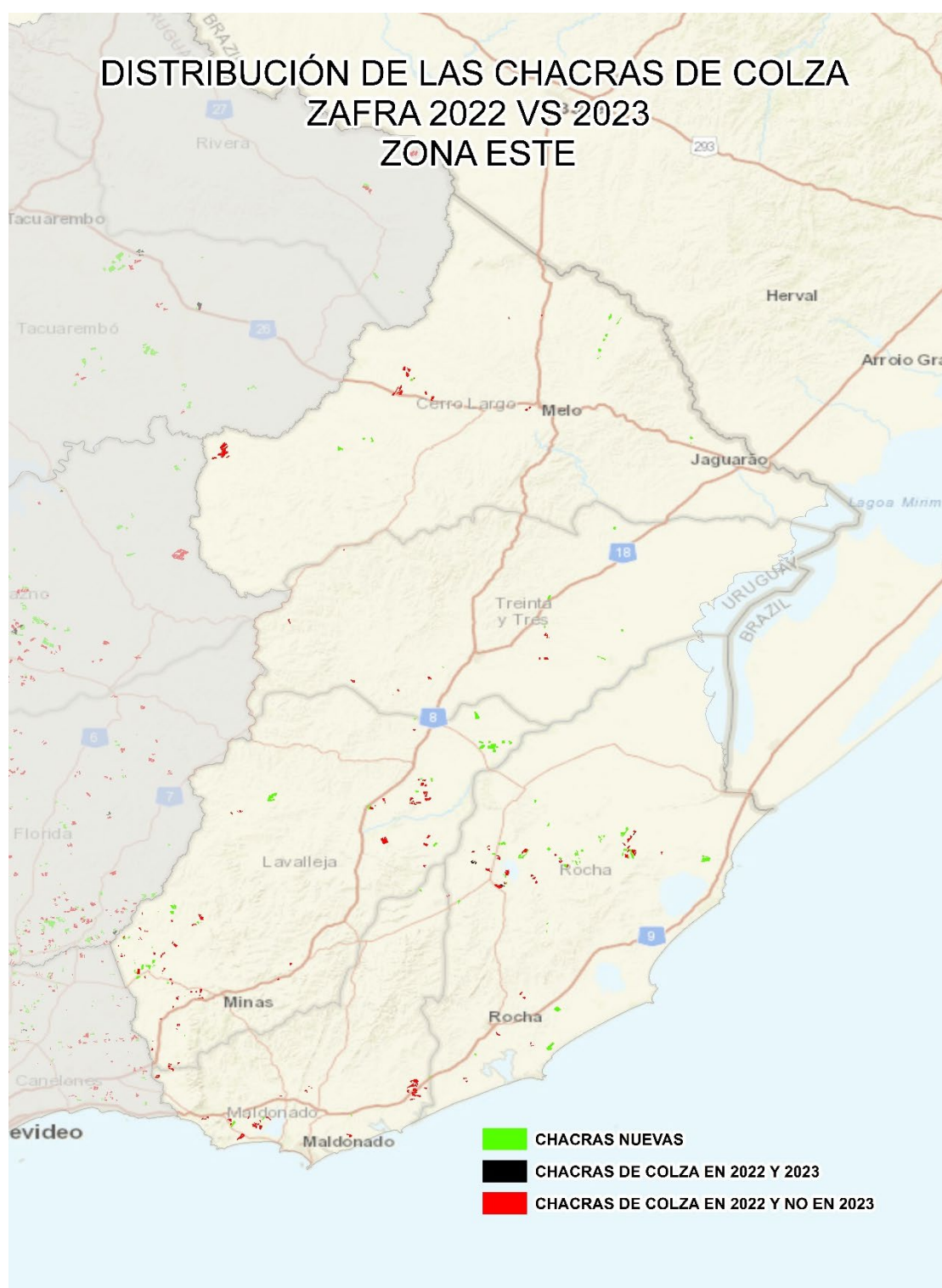
En los siguientes mapas se aprecian todas las chacras que fueron colza los 2 años (en negro), las que fueron colza en 2022 y no en 2023 (en rojo), y las chacras nuevas, que no vienen de cultivo de colza el año anterior (en verde).

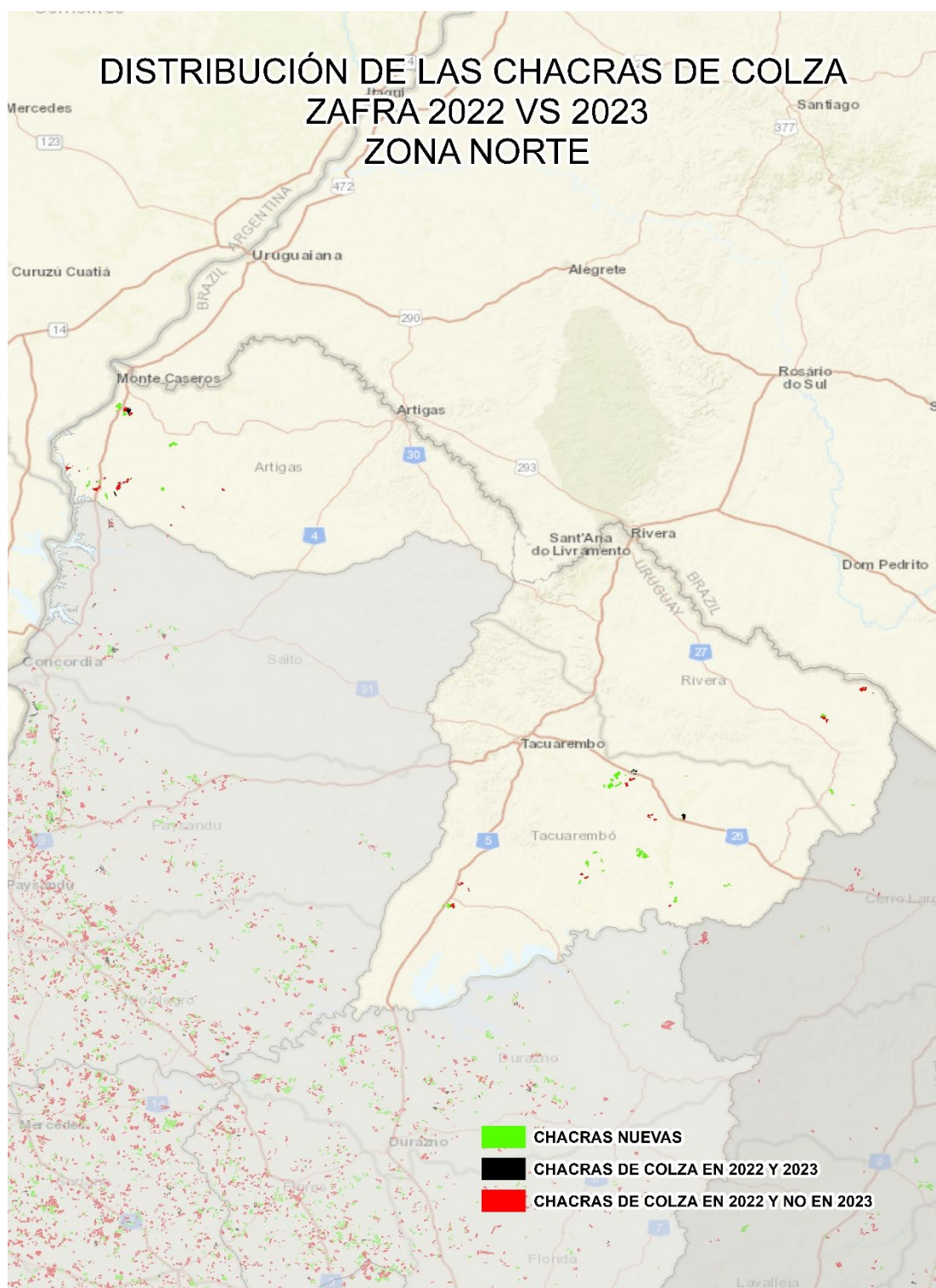


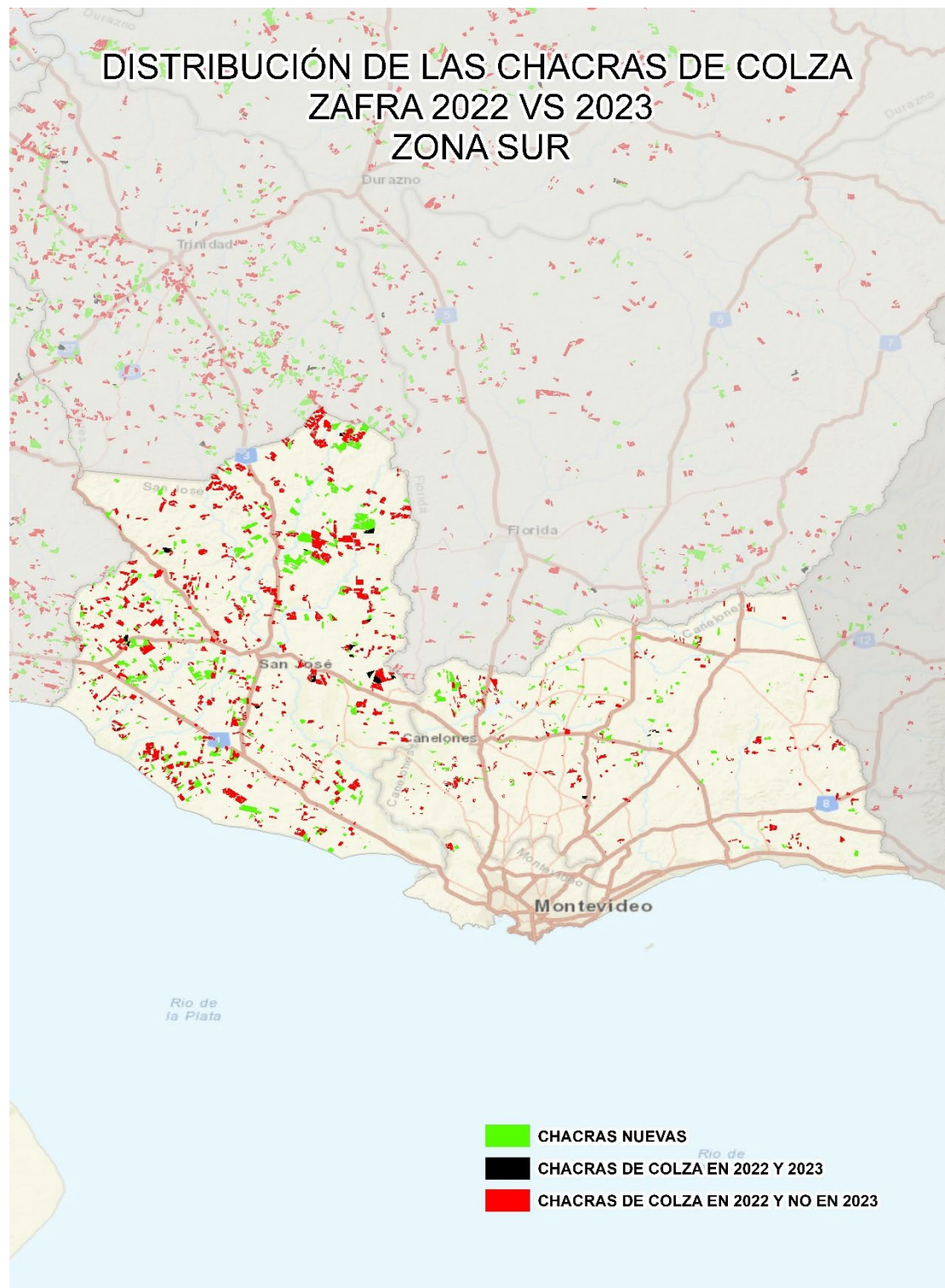












ROTACIÓN DE SOJA CON COLZA ZAFRAS 2022-2023

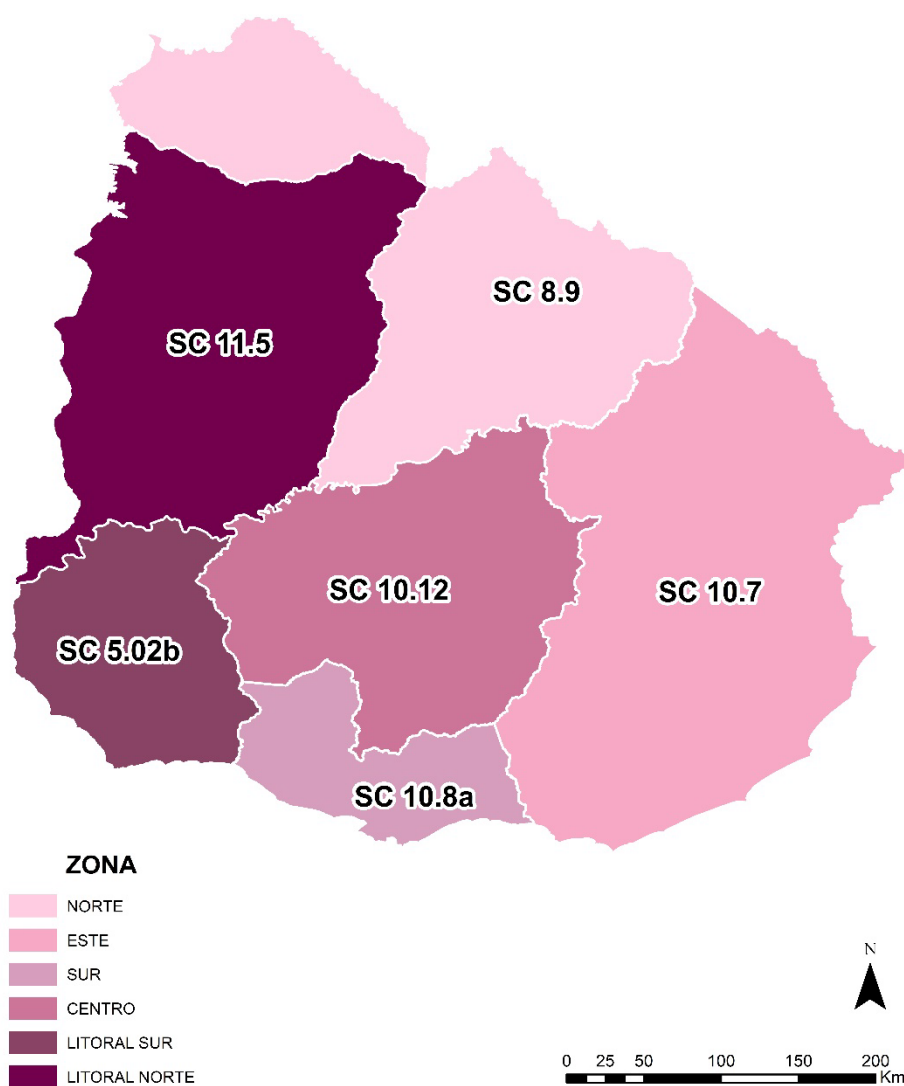
En el siguiente cuadro puede apreciarse que el 50% de las chacras de colza 2023 vienen de chacras con soja durante el verano 2023. Por otro lado, el 23% no tuvo ni soja ni colza desde el verano 2022, y el 3% viene de una rotación soja - colza - soja - colza en ese mismo período.

Verano 2022	Invierno 2022	Verano 2023	Invierno 2023	Área (ha)	% del Total
No Soja	Colza	Soja	Colza	1.717	1%
No Soja	Colza	No Soja	Colza	2.049	1%
Soja	Colza	No Soja	Colza	3.756	2%
Soja	Colza	Soja	Colza	5.251	3%
Soja	No Colza	No Soja	Colza	36.936	20%
No Soja	No Colza	No Soja	Colza	42.790	23%
No Soja	No Colza	Soja	Colza	43.146	23%
Soja	No Colza	Soja	Colza	49.165	27%
Total				184.810	100%

SUELOS CONEAT DESTINADOS A LA PRODUCCIÓN DE COLZA DURANTE LA ZAFRA 2023

Al igual que la zafra anterior, la producción de colza en Uruguay se sembró en aproximadamente 130 Suelos CONEAT, y el 50% del área se concentró en sólo 10 de esos suelos.

SUELOS CONEAT MÁS UTILIZADOS POR ZONA PARA LA PRODUCCIÓN DE COLZA ZAFRA 2023



Suelos CONEAT más utilizados por zona.



Conclusiones

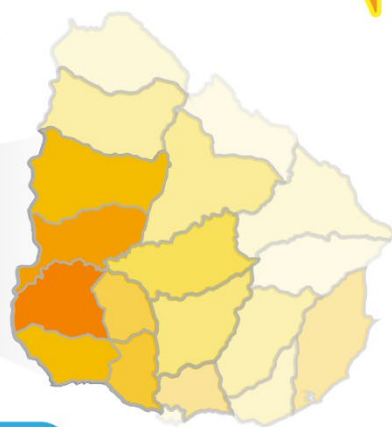
- Del análisis realizado a través del uso de imágenes satelitales provenientes del sensor Sentinel, se concluye que el área estimada de siembra de colza para la zafra 2023 es de **184.500 hectáreas aproximadamente**.
- **La precisión general del trabajo fue de 99%**. Prácticamente no se registraron errores de comisión, por lo que el error estaría explicado por la omisión de chacras.
- Se identificaron chacras de colza en todos los departamentos, pero **el 58% del área se encuentra en el litoral. La mitad de ese porcentaje se concentró en el litoral sur y la otra mitad en el litoral norte**.
- El área de colza en Uruguay tuvo una diferencia con respecto al año anterior de aproximadamente 160.000 hectáreas (**46% menor**). Por otro lado, el **93% del área corresponde a chacras nuevas**, es decir, que no tuvieron colza durante la zafra anterior.
- **El 50% de las chacras de colza 2023 se sembraron sobre chacras de soja** durante el verano 2023.
- El 23% de la colza sembrada en el 2023, no tuvo ni soja ni colza desde el verano 2022, y el 3% viene de una rotación soja - colza - soja - colza en ese mismo período.
- **Los valores de NDVI registrados en Uruguay siguieron la tendencia con forma de “M” esperada**. La zona del Este alcanzo valores de NDVI menores a los esperados durante todas las fases del cultivo.
- La producción de colza se desarrolló sobre aproximadamente 130 suelos CONEAT, sin embargo, al igual que el año anterior, **el 50% del área se encontró sobre 10 suelos**.

RESUMEN DE LAS PRINCIPALES CIFRAS

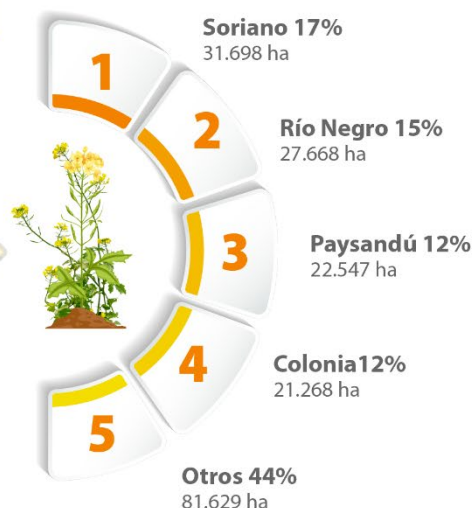
Área total: **184.500 ha**

Distribución del área
sembrada de colza
por departamento

56%
del total
concentrada en 4
departamentos



99% de precisión en el
trabajo de teledetección



2023



Semilla
etiquetada



Semilla de uso
propio dentro
del SVT*



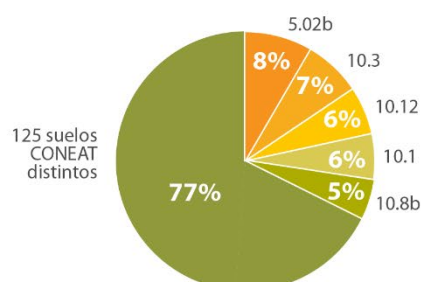
Semilla de
uso propio
variedades públicas



Legalidad en el origen de
semilla sembrada

*Sistema de Valor Tecnológico de URUPOV

Suelos más utilizados
para la producción de
colza en Uruguay



Rotación entre chacras de colza
zafra 22 vs. 23

	Área (ha)	% del área total 2023
Colza en 2022 y 2023	12.744	7%
Colza en 2023 y no en 2022	172.065	93%
Colza en 2022 y no en 2023	332.198	-