

Teledetección
del Cultivo de
Colza
Zafra 2022



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 (HAS).....	9
ANÁLISIS	10
CAPÍTULO 3: RESULTADOS	11
DISTRIBUCIÓN DEL CULTIVO	12
INFORMACIÓN DE SUPERFICIE	13
DISTRIBUCIÓN DE LAS CHACRAS POR ZONA	16
COMPORTAMIENTO DEL NDVI EN EL CULTIVO DE COLZA ZAFRA 2022.....	22
SUELOS CONEAT DESTINADOS A LA PRODUCCIÓN DE COLZA DURANTE LA ZAFRA 2022	24
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES.....	26



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 2022. Asimismo, se detallarán la metodología, los insumos utilizados y la precisión de los resultados.

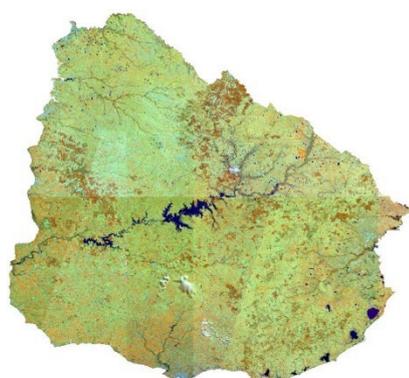
INSUMOS

- 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.

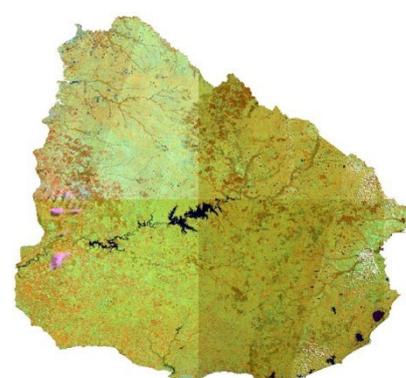
AGOSTO



SEPTIEMBRE



OCTUBRE

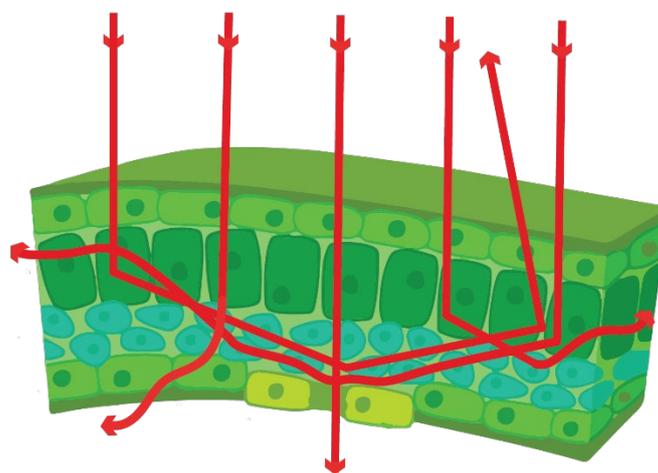


Mosaicos de Imágenes Sentinel utilizados. Período agosto – octubre 2022.

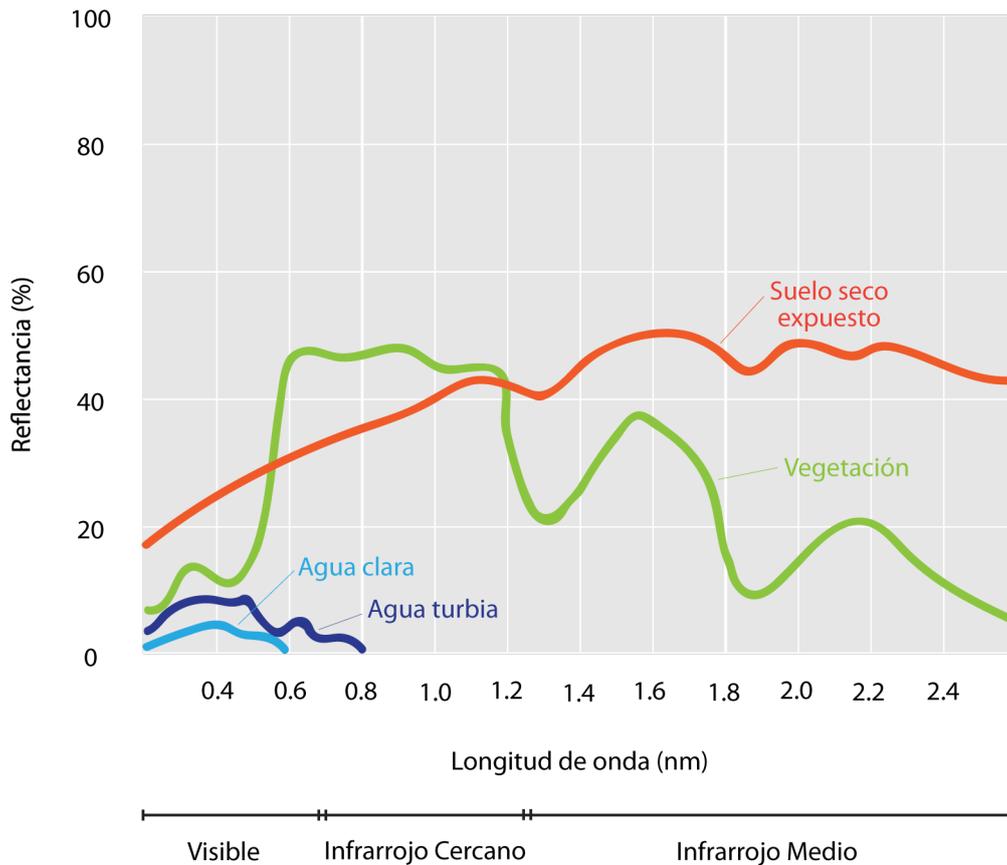
La identificación de las chacras de un cultivo mediante imágenes satelitales se logra aplicando varias técnicas y algoritmos proporcionados por programas informáticos. En una primera instancia se realizan clasificaciones no supervisadas con el fin de identificar la agricultura en general. Luego, sobre 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 2 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

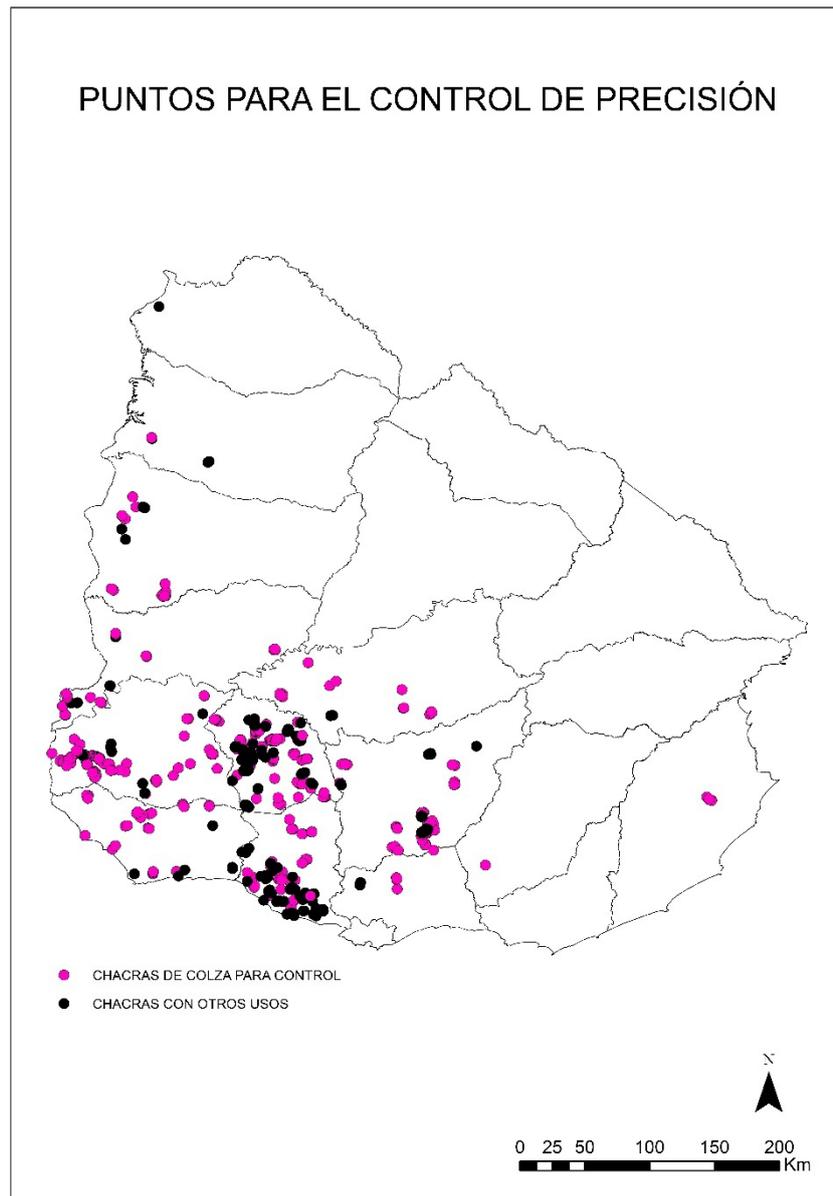
Con respecto a la **visualización** de la cartografía generada, los estándares internacionales especifican la siguiente regla: $\text{Escala} = \text{Píxel} * 96 / 0,0254$. La escala aproximada recomendada para visualizar este trabajo sería entonces **1:50.000** (10 metros*96/0,0254).



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 y polígonos 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	418	19	437
	No Colza	1	226	227
	Total			664
	Precisión			97%

$$\text{PRECISIÓN POR PUNTOS} = (418 + 226) / 664 * 100 = 97\%$$

CÁLCULO POR ÁREA (HAS)

		Teledetección		
Control	Área (Hás)	Colza	No Colza	Total
	Colza	14.183,9	440,6	14.524,5
	No Colza	43,5	5.881,3	5.924,8
	Total			20.449,3
	Precisión			97,6%

$$\text{PRECISIÓN POR ÁREA} = (14.183,9 + 5.881,3) / 20.449,3 * 100 = 97,6\%$$

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 20.449 hectáreas. Del total del área controlada, el 97,6% estuvo correctamente clasificada. El 2,1% del área de control (440 has) correspondió al error de omisión (chacras de colza no teledetectadas como tal). Prácticamente no se registraron errores de comisión (chacras correspondientes a otros cultivos clasificadas como colza).

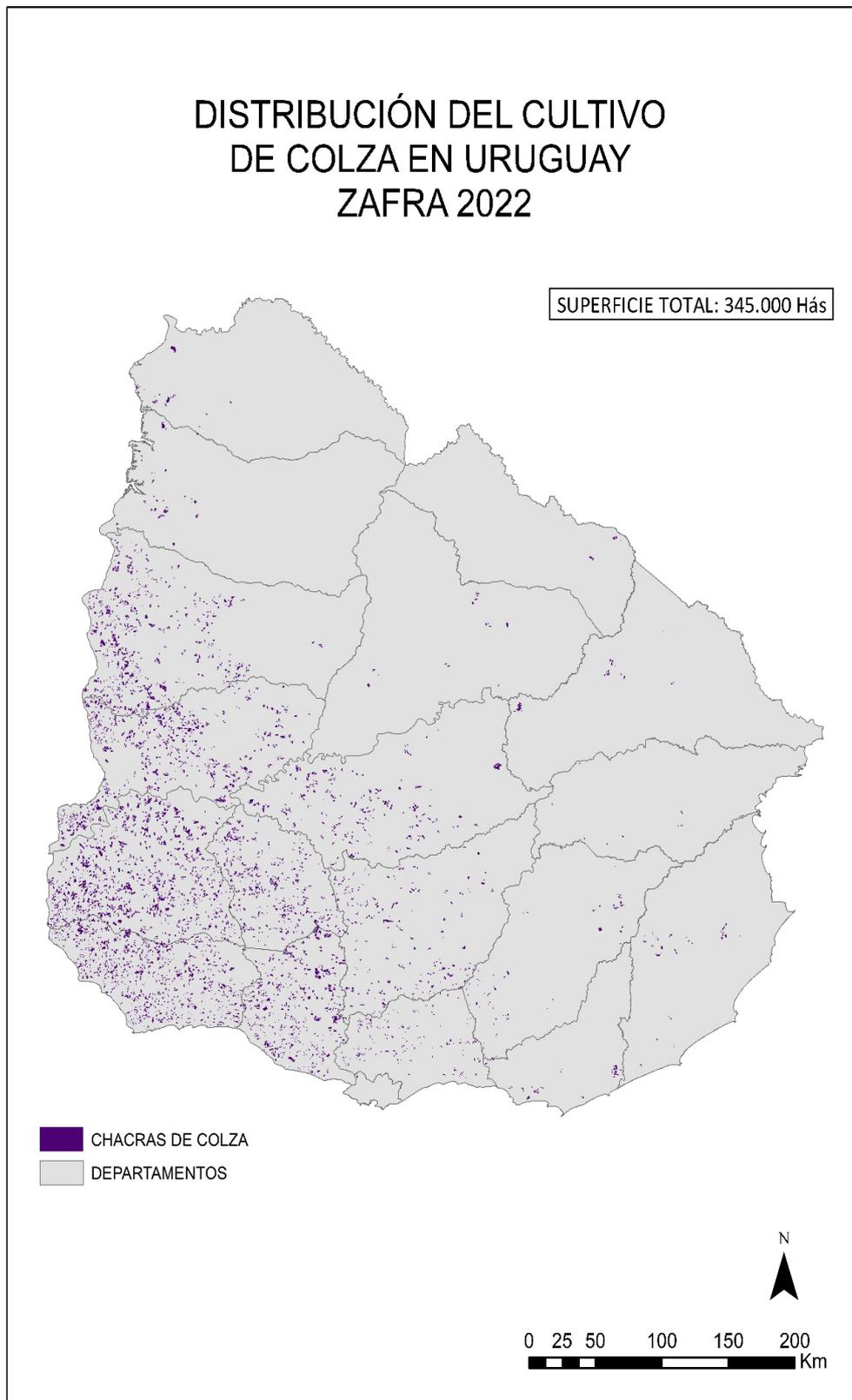
La precisión general del trabajo es de 97,6% y su error es de 2,4%.

Es importante destacar el trabajo por parte de los técnicos de URUPOV, así como el de sus socios para proveer puntos y polígonos de control. Esto contribuye a expresar con mayor certeza la confiabilidad del trabajo.



Resultados

DISTRIBUCIÓN DEL CULTIVO



Ubicación de las chacras de colza teledetectadas.

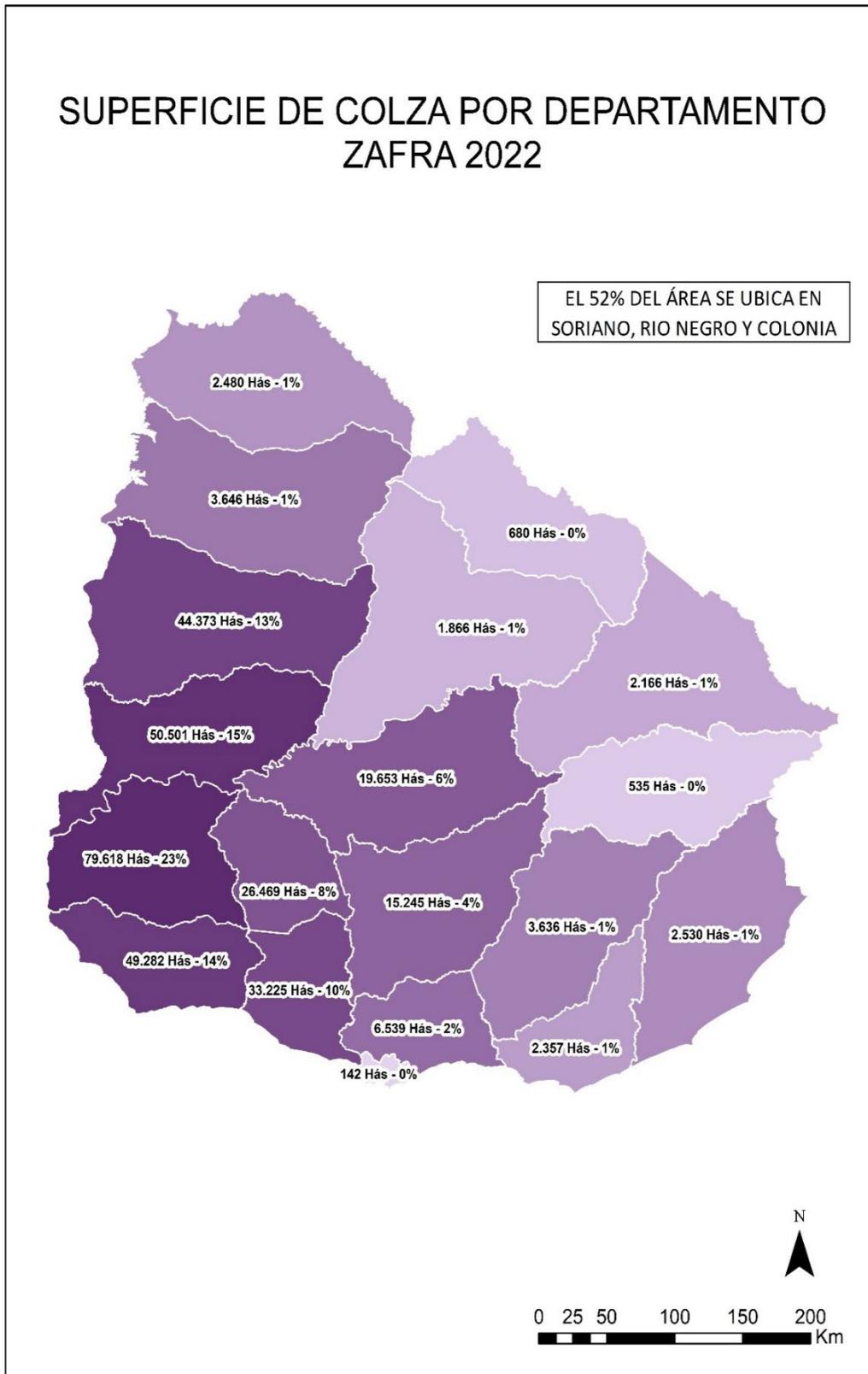
INFORMACIÓN DE SUPERFICIE

Departamento	Área (hás)	% del total
Montevideo	142	0,0%
Treinta y Tres	535	0,2%
Rivera	680	0,2%
Tacuarembó	1.866	0,5%
Cerro Largo	2.166	0,6%
Maldonado	2.357	0,7%
Artigas	2.480	0,7%
Rocha	2.530	0,7%
Lavalleja	3.636	1,1%
Salto	3.646	1,1%
Canelones	6.539	1,9%
Florida	15.245	4,4%
Durazno	19.653	5,7%
Flores	26.469	7,7%
San José	33.225	9,6%
Paysandú	44.373	12,9%
Colonia	49.282	14,3%
Río Negro	50.501	14,6%
Soriano	79.618	23,1%
Total	344.943	100%

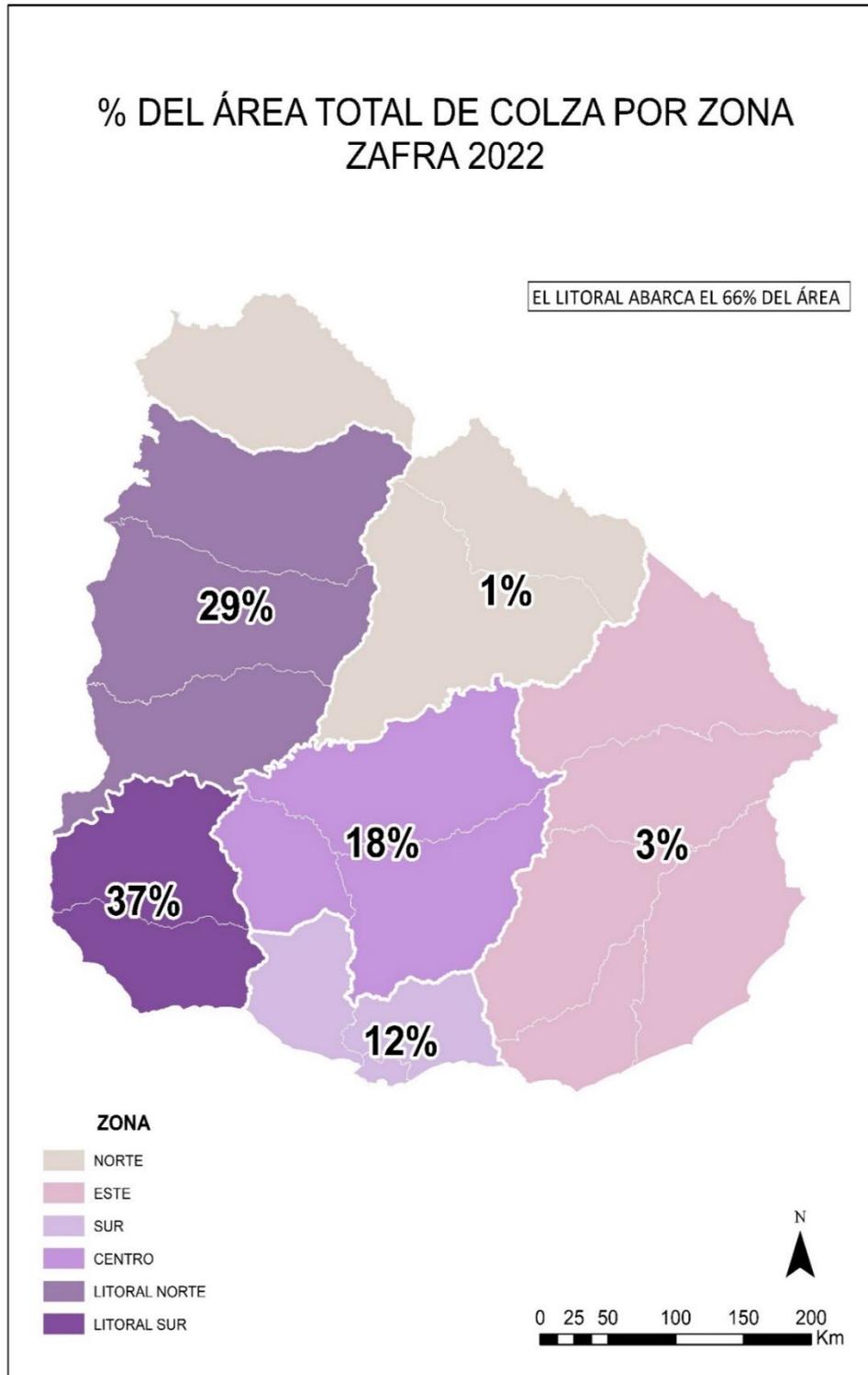
El área total de chacras teledetectadas fue de **344.943 hectáreas**.

La mitad del área total se ubica en los departamentos de Soriano, Río Negro y Colonia.

SUPERFICIE DE COLZA POR DEPARTAMENTO ZAFRA 2022



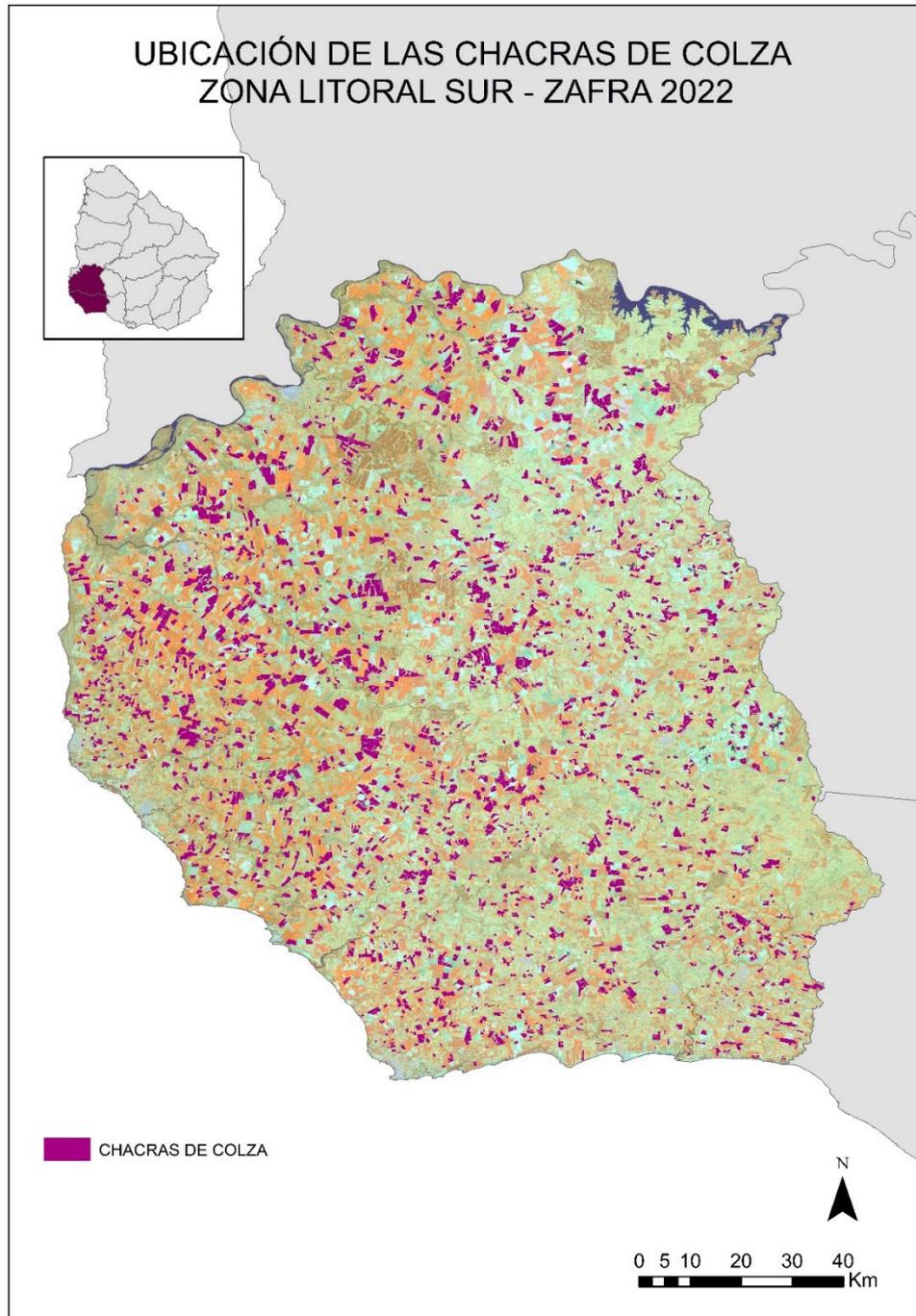
Distribución del área por departamento.



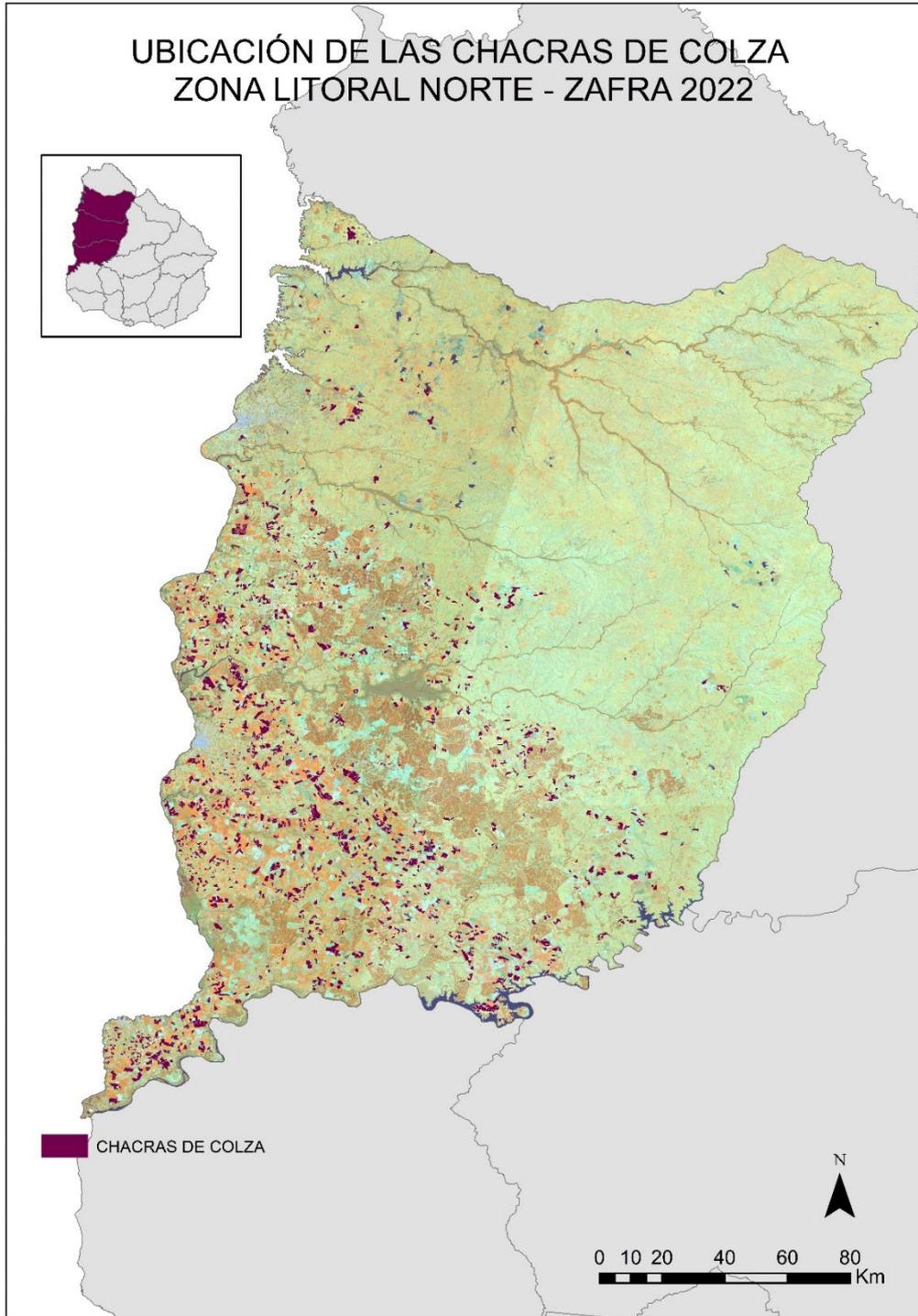
Distribución del área por zona.

En los mapas anteriores puede observarse que **la región con mayor superficie de colza sembrada es la zona del Litoral, con el 66% de la superficie total.**

DISTRIBUCIÓN DE LAS CHACRAS POR ZONA

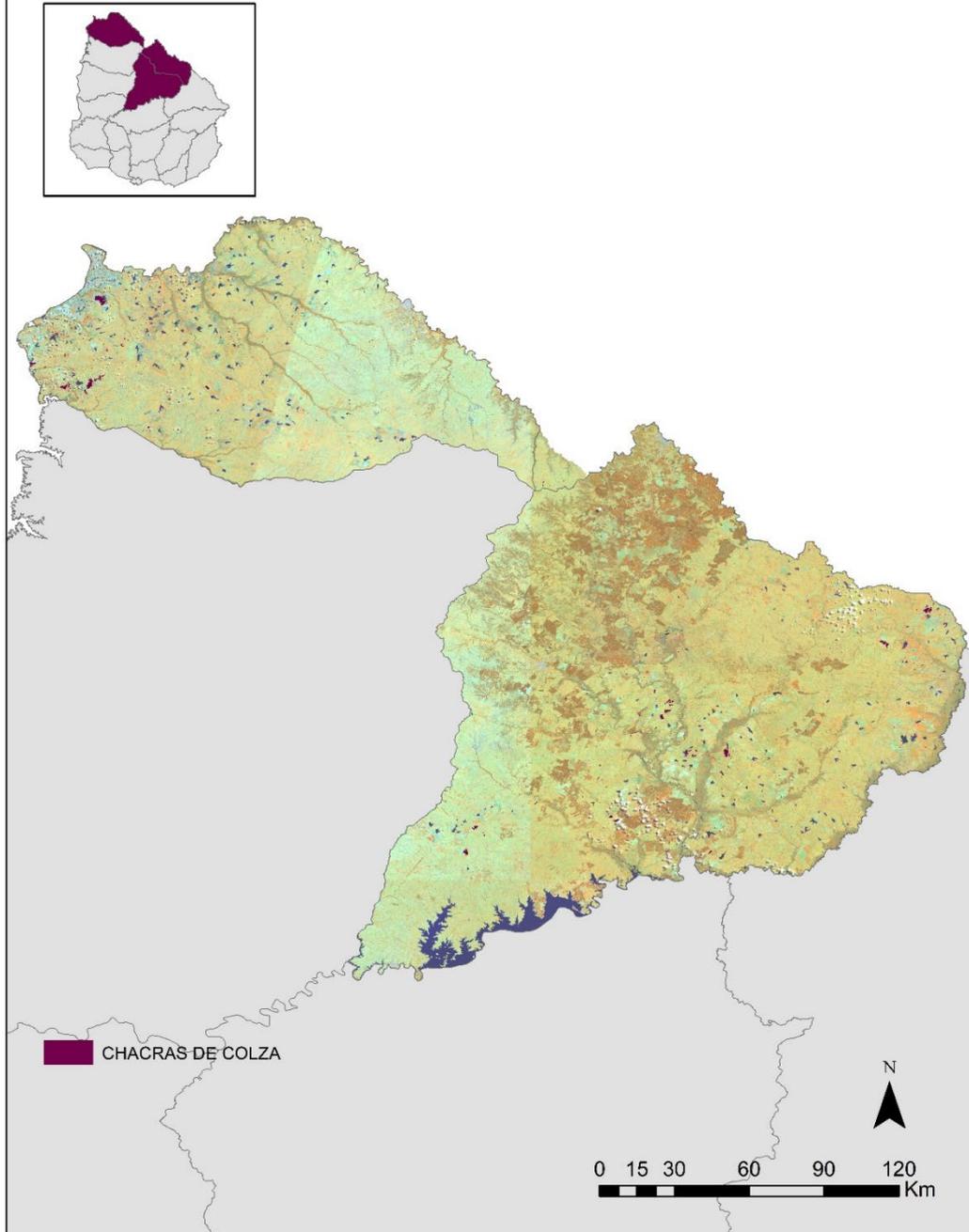


Chacras de la zona Litoral Sur.

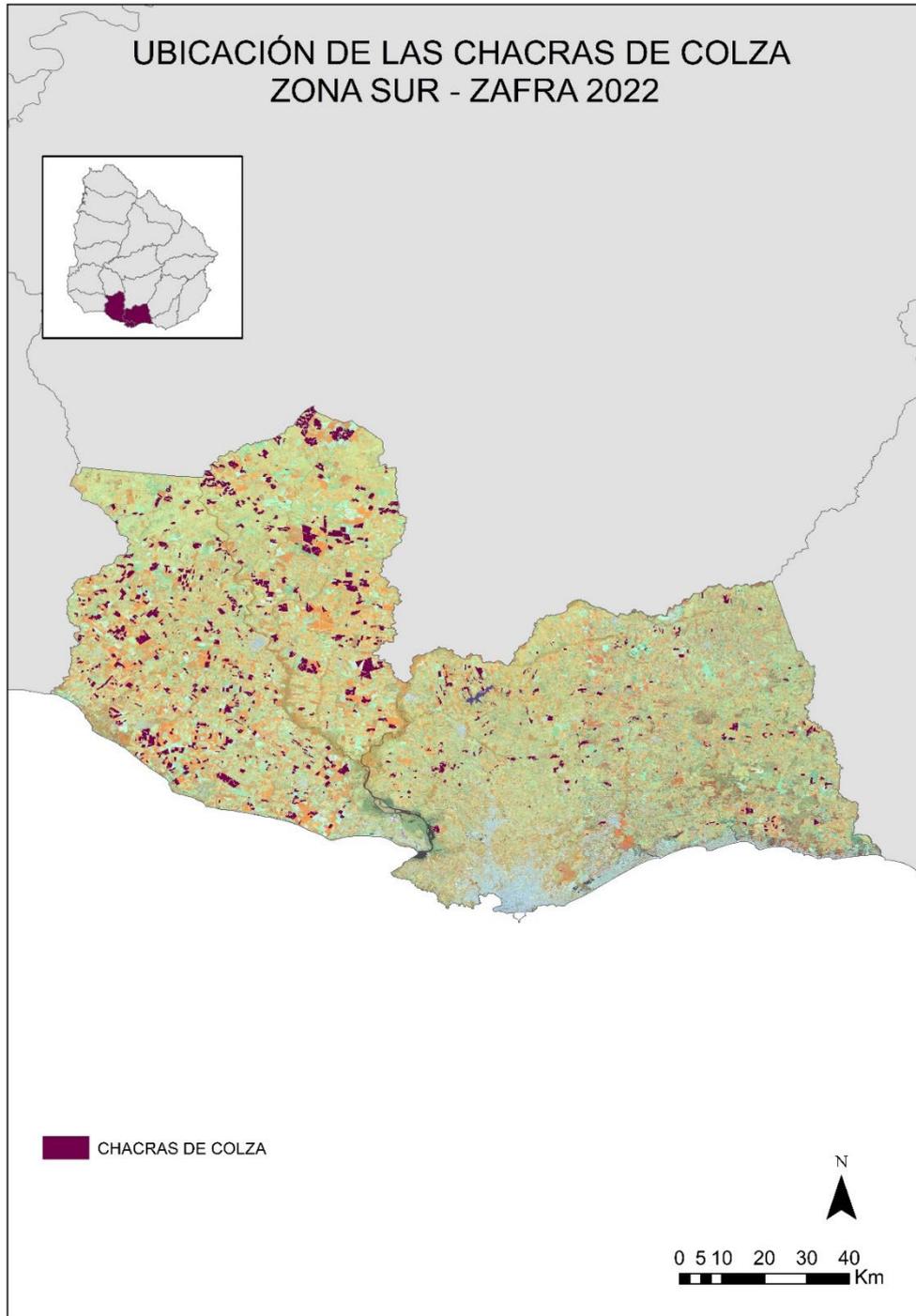


Chacras de la zona Litoral Norte.

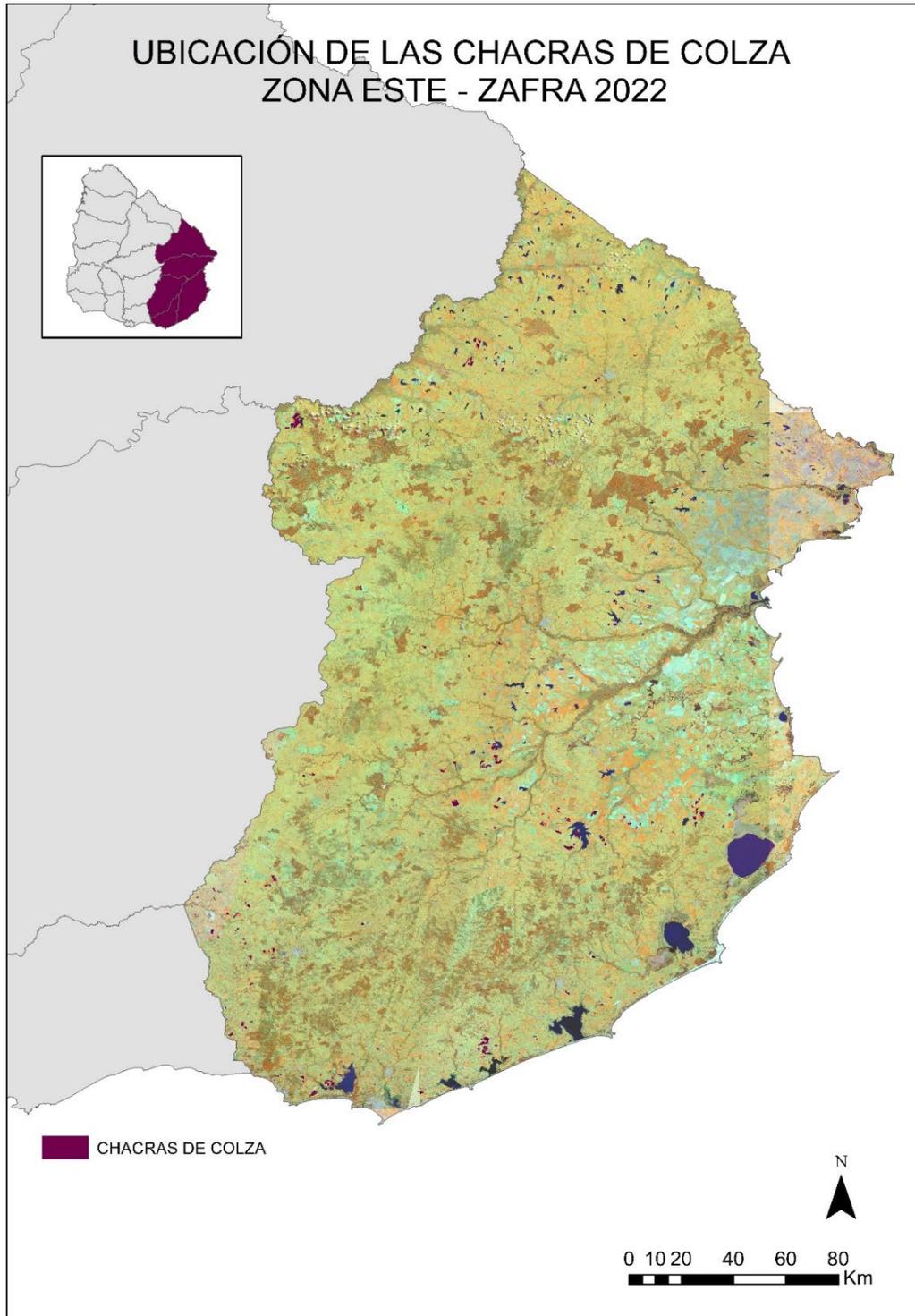
UBICACIÓN DE LAS CHACRAS DE COLZA ZONA NORTE - ZAFRA 2022



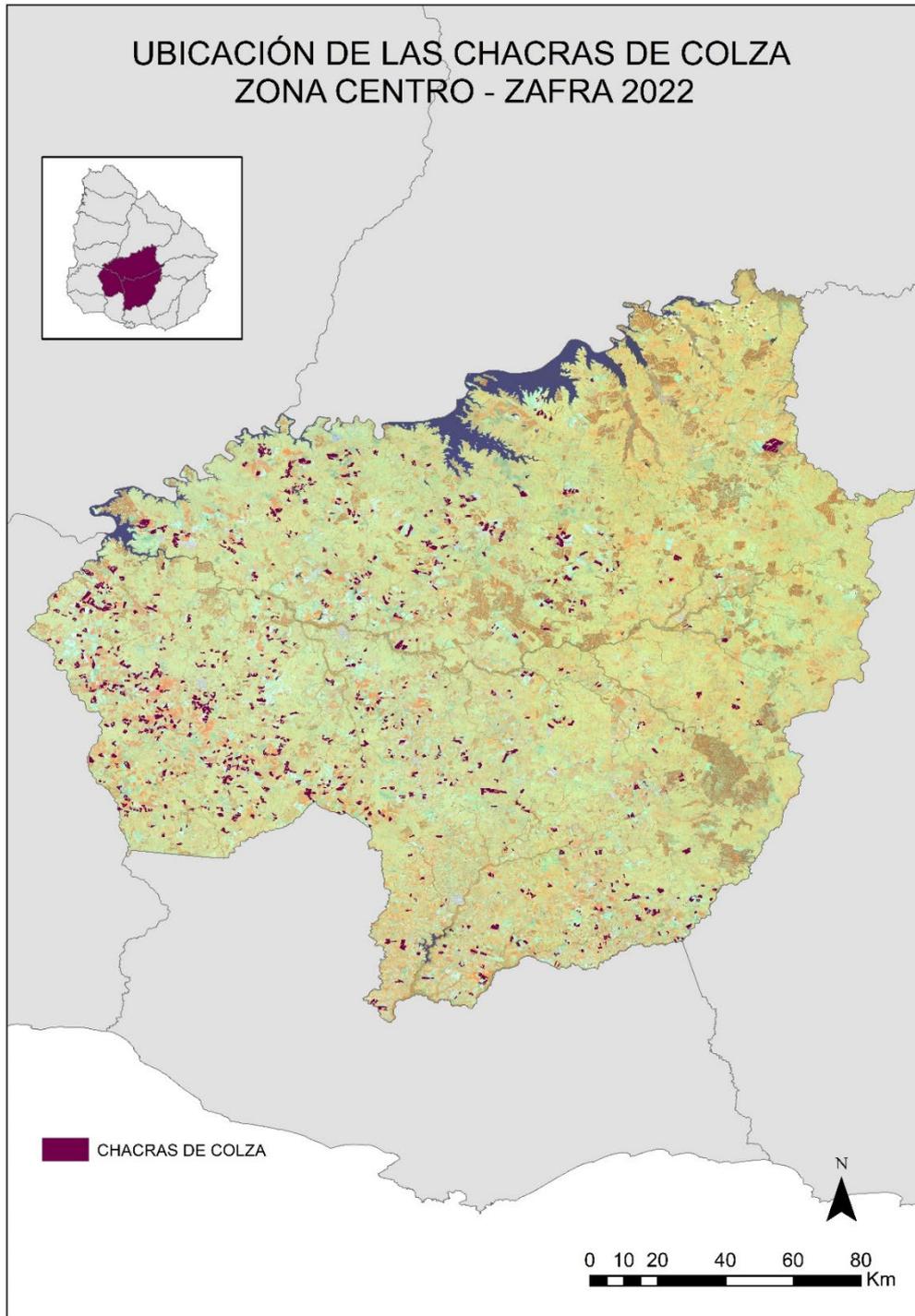
Chacras de la zona Norte.



Chacras de la zona Sur.



Chacras de la zona Este.

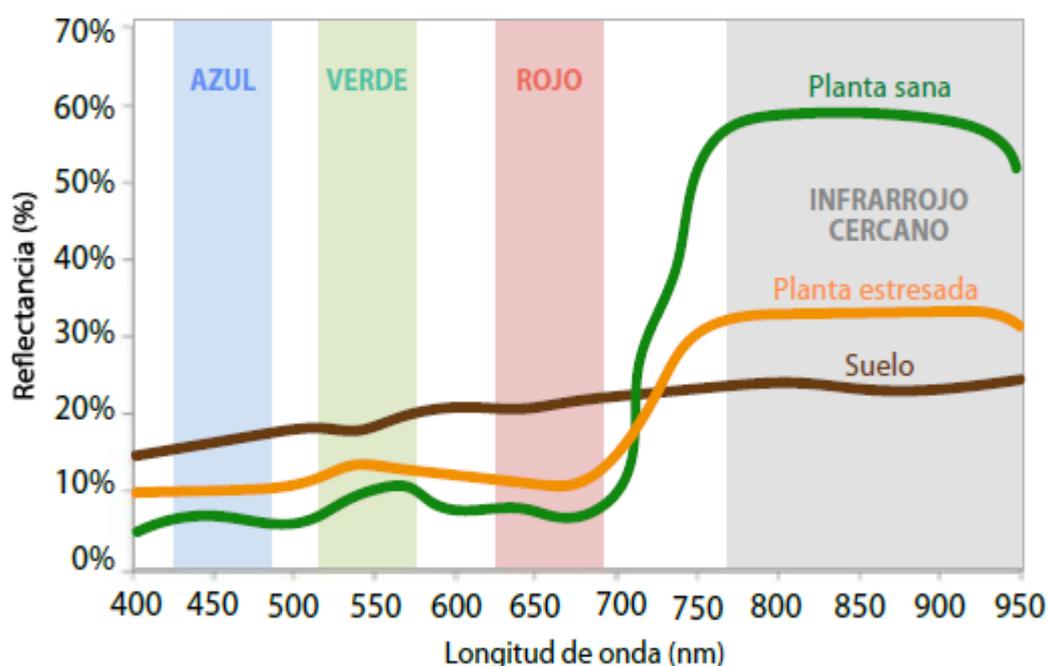


Chacras de la zona Centro.

COMPORTAMIENTO DEL NDVI EN EL CULTIVO DE COLZA ZAFRA 2022

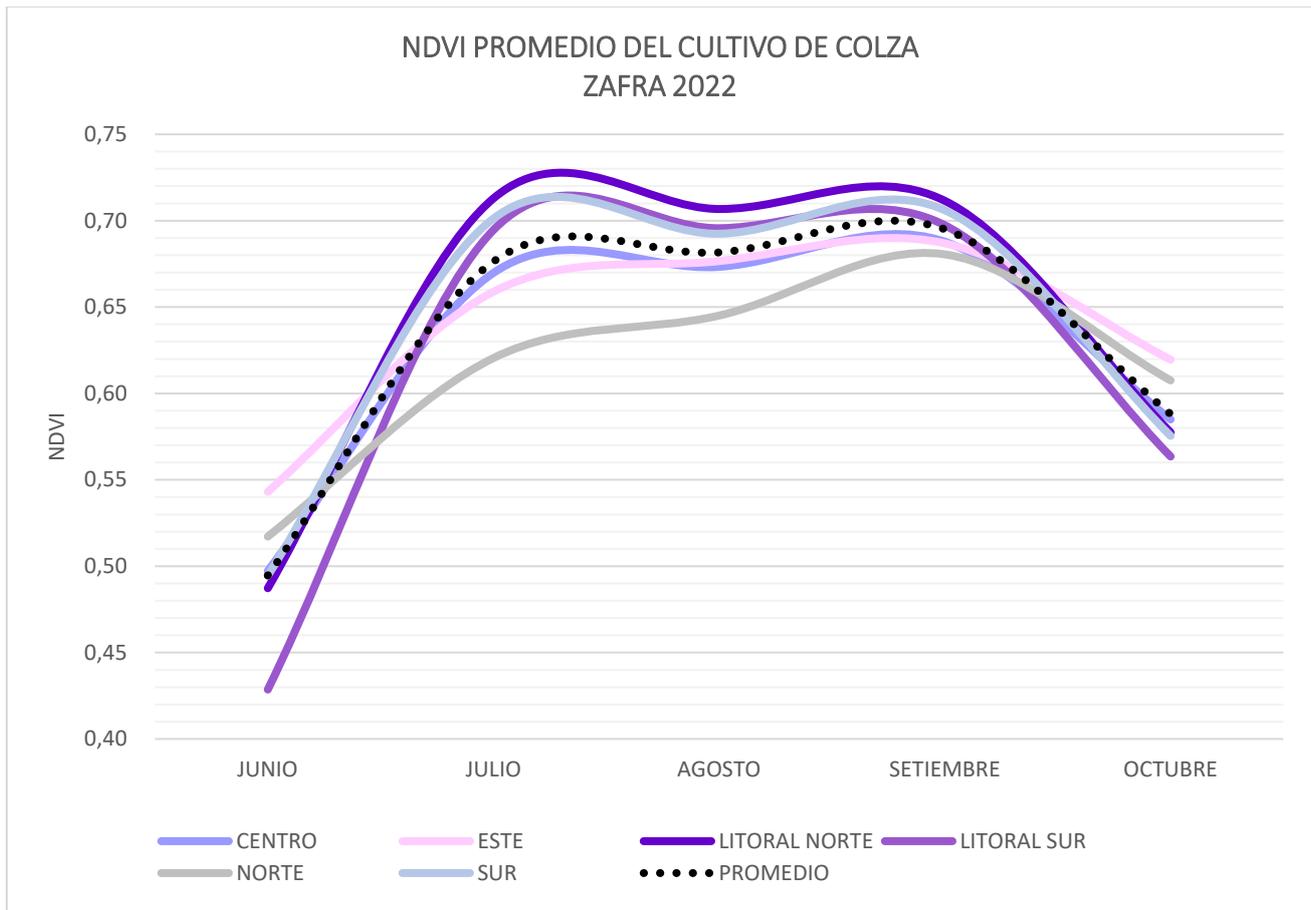
El NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) permite estimar el estado y desarrollo de una vegetación, en base a la medición con sensores remotos de la intensidad de la radiación que la misma emite o refleja. Este índice utiliza los canales del espectro visible VIS y del infrarrojo cercano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

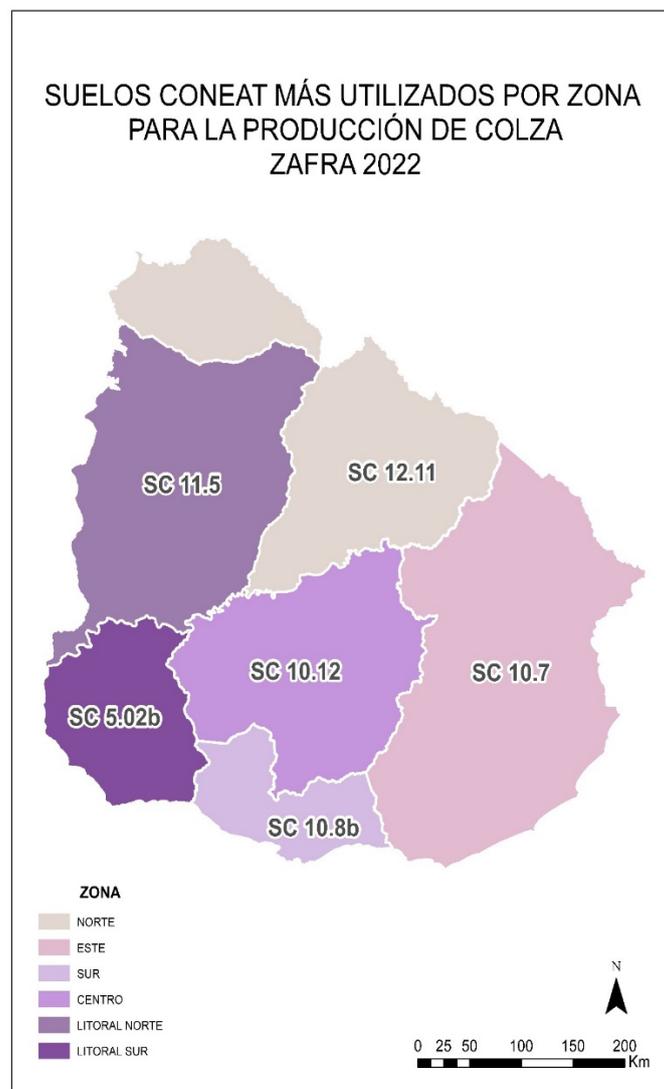


Comportamiento del NDVI durante la zafra 2022. Se consideraron los valores promedio en cada zona para cada fecha de análisis.

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 canola 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 canola 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.

Unidad Coneat	Área (hás)	% del total
5.02b	28.175	8%
10.3	21.181	6%
10.12	20.422	6%
10.8b	18.078	5%
10.1	17.374	5%
11.5	15.460	4%
11.2	14.243	4%
10.2	12.382	4%
10.15	12.101	4%
11.7	11.900	3%
Total	171.316	50%

Los 10 suelos Coneat más utilizados, y superficie abarcada por los mismos.



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 2022 es de **345.000 hectáreas**.
- **La precisión general del trabajo fue de 97,6%**. Prácticamente no se registraron errores de comisión, por lo que el error estaría explicado por la omisión de chacras.
- De acuerdo a información que surge de fuentes propias y externas, el 75% del área cultivada se sembró con semilla comprada por los productores (“semilla etiquetada”), un 15% se sembró con semilla de uso propio dentro del Sistema de Valor Tecnológico (SVT) que lleva adelante URUPOV, 5% con semilla de uso propio de variedades públicas, mientras que el 5% restante, sería semilla de origen desconocido.
- Se identificaron chacras de colza en todos los departamentos, pero **el 66% del área se concentra en el litoral**.
- **La región con mayor superficie de colza sembrada fue la del Litoral Sur, con el 37% de la superficie total**.
- **Los valores de NDVI registrados en Uruguay siguen la tendencia con forma de “M” hallada en otros países de la región**. Las zonas del Norte y Este alcanzaron valores de NDVI menores a los esperados durante las fases de roseta y elongación.
- La producción de colza se desarrolló sobre 134 suelos coneat, sin embargo, **el 50% del área se encontró sobre 10 suelos, y el 25% sobre 4: 5.02b, 10.3, 10.12 y 10.8b**.