

URUPÓN
SEMILLA LEGAL



Teledetección del Cultivo de Arroz

Zafra 21/22

Ing. Agr. Rossina Aunchayna

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA.....	3
OBJETIVO.....	4
INSUMOS.....	4
METODOLOGÍA	4
ESCALA	6
CAPÍTULO 2: RESULTADOS.....	7
DISTRIBUCIÓN DEL CULTIVO	8
INFORMACIÓN DE SUPERFICIE	9
DISTRIBUCIÓN DE LAS CHACRAS POR ZONA.....	15
CAPÍTULO 3: ESTIMACIÓN DE PRECISIÓN.....	18
CÁLCULO DE PRECISIÓN Y ERROR.....	19
CÁLCULO POR PUNTOS	20
CÁLCULO POR ÁREA (HAS)	20
ANÁLISIS.....	21
CAPÍTULO 4: BENEFICIOS DEL USO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	22
COMPORTAMIENTO DEL NDVI EN EL CULTIVO DE ARROZ ZAFRA 2021 - 2022	23
SUELOS CONEAT DESTINADOS A LA PRODUCCIÓN DE ARROZ DURANTE LA ÚLTIMA ZAFRA.....	26
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES.....	27



Introducción y metodología

OBJETIVO

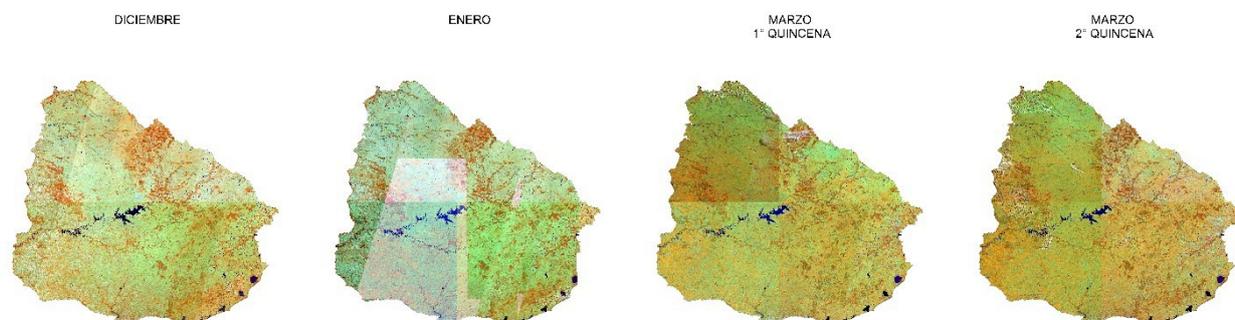
El presente informe tiene como objetivo describir los resultados obtenidos en el trabajo de teledetección de arroz en Uruguay, en la campaña correspondiente al verano 2021 – 2022.

INSUMOS

- Google Earth Engine Code Editor.
- Imágenes de libre distribución: sensores Sentinel.
- Puntos de control GPS de arroz, soja, maíz, sorgo y otros cultivos.
- Software manejador de sistemas de información geográfica.
- Google Earth Pro.

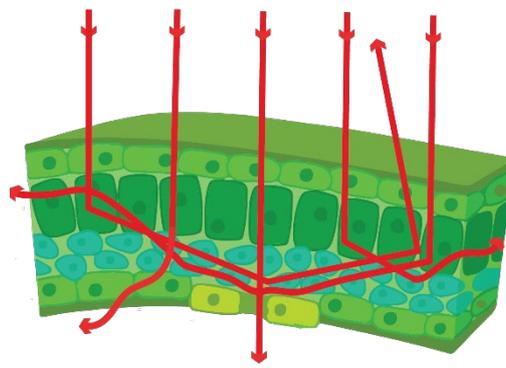
METODOLOGÍA

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 diciembre, enero y marzo. Estos son los momentos del año más relevantes para identificar las chacras de arroz en Uruguay mediante teledetección. Debido a las diferentes fechas de maduración del cultivo, en marzo se utilizó un mosaico para la primera quincena y otro para la segunda quincena.

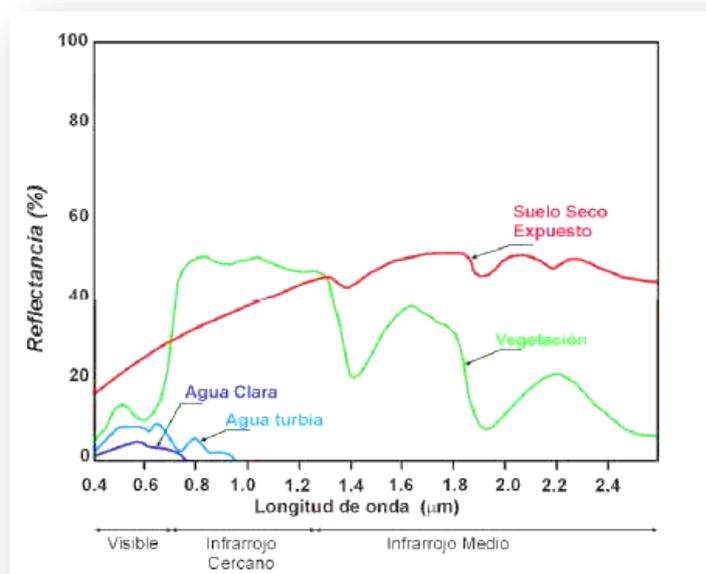


Mosaicos de Imágenes Sentinel utilizados. Período diciembre 2021 – marzo 2022.

Mediante la aplicación de clasificaciones (supervisadas y no supervisadas) se identificaron en una primera instancia las chacras inundadas. Luego, mediante la aplicación de nuevas clasificaciones, segmentación e interpretación visual, se obtuvieron y digitalizaron los límites de las chacras que efectivamente fueron arroz (a escala 1:20.000). Esta metodología puede aplicarse gracias 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.



Reflectancia de distintas superficies según la longitud de onda.

Para el entrenamiento visual y del sistema de clasificación, se utilizan puntos de control GPS proporcionados por URUPOV. Dichos puntos incluyen chacras de arroz y chacras de otros cultivos como soja, maíz, sorgo, alfalfa, girasol, praderas, etc., que dependiendo del momento que se esté analizando, pueden confundirse fácilmente con chacras de arroz. 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 de arroz que no fueron clasificadas como tal) y comisión (chacras que no eran arroz y fueron clasificadas como arroz).

Una vez finalizada la identificación de las chacras de arroz, se aplicaron procesos de corrección topográfica 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.

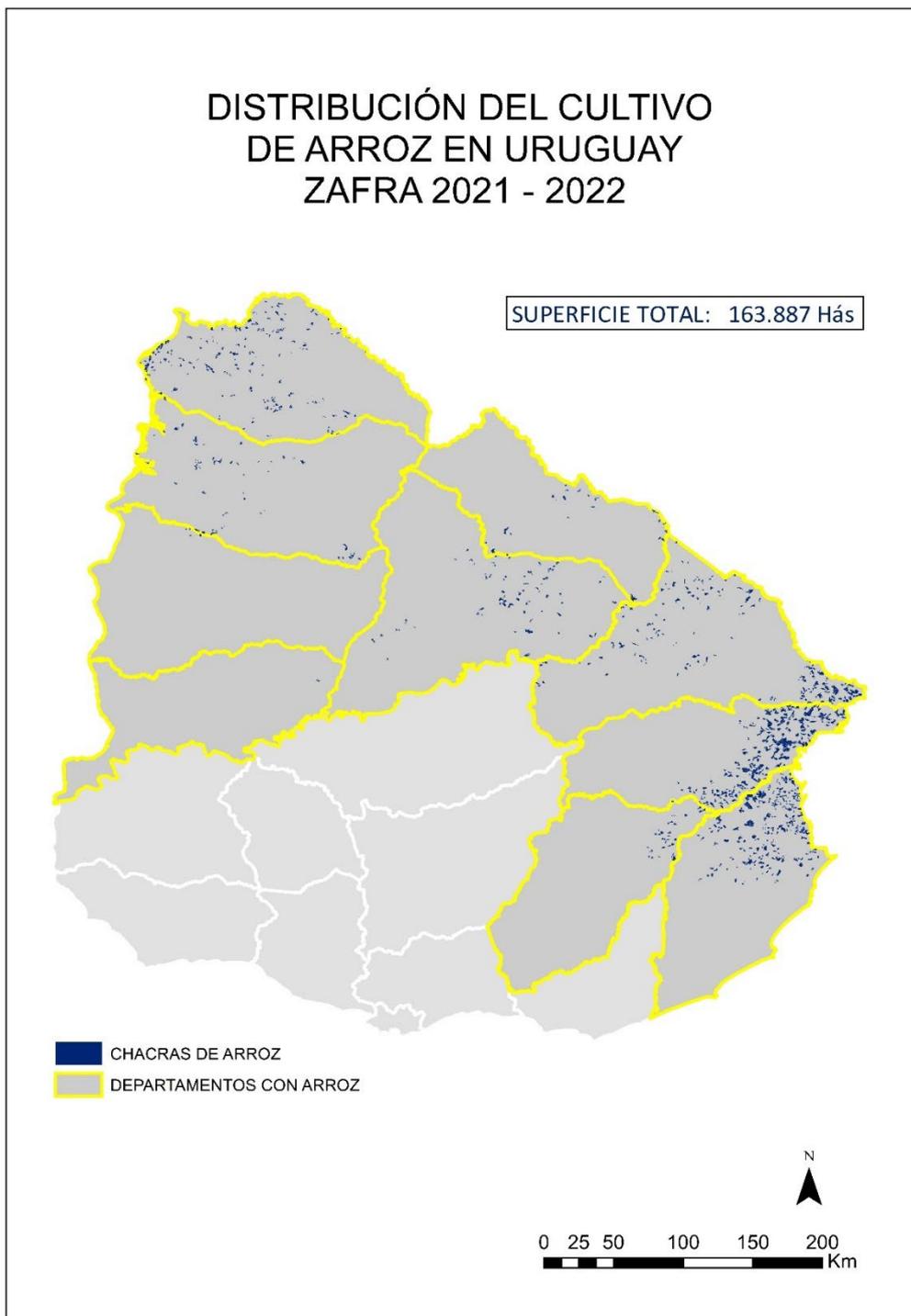
ESCALA

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 este trabajo sería entonces **1:40.000** ($10 \text{ metros} * 96 / 0,0254$).



Resultados

DISTRIBUCIÓN DEL CULTIVO



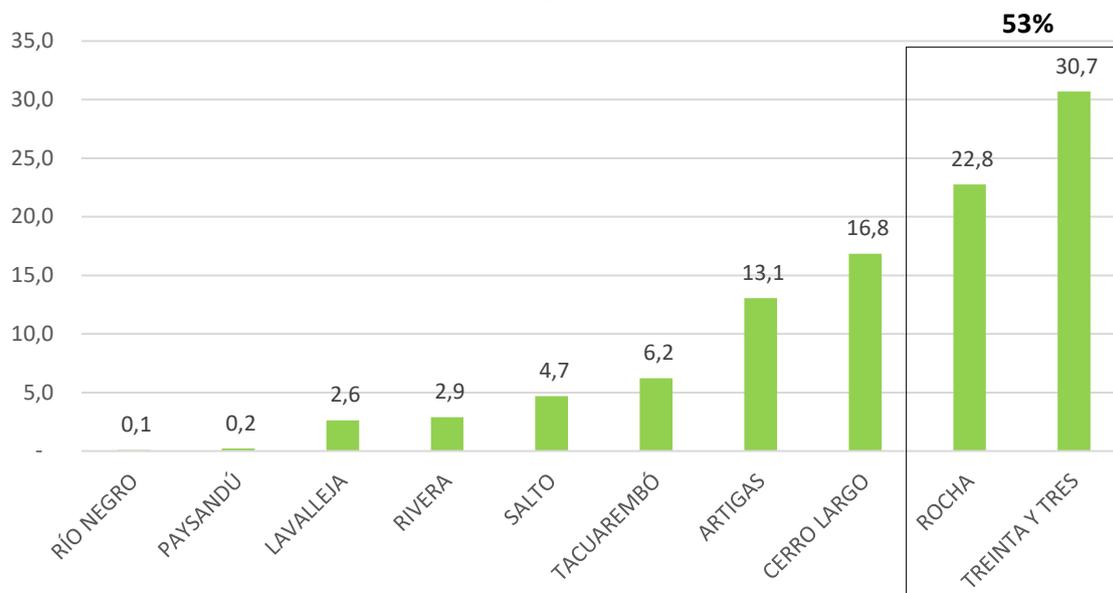
Ubicación de las chacras de arroz teledetectadas.

INFORMACIÓN DE SUPERFICIE

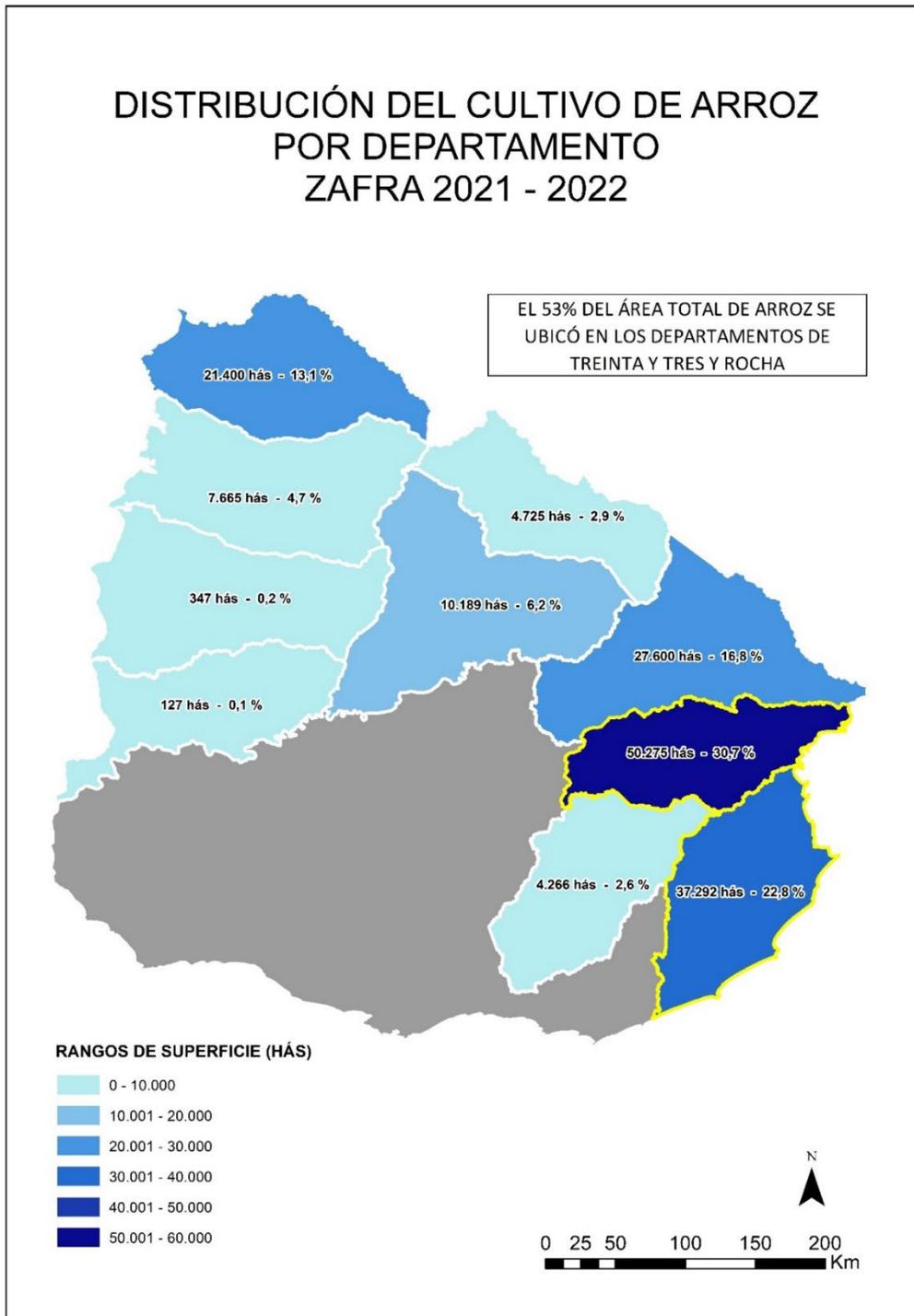
Departamento	Área (hás)	% del Total
Treinta y Tres	50.274,9	30,7
Rocha	37.292,4	22,8
Cerro Largo	27.599,7	16,8
Artigas	21.400,1	13,1
Tacuarembó	10.189,2	6,2
Salto	7.664,9	4,7
Rivera	4.724,9	2,9
Lavalleja	4.266,5	2,6
Paysandú	347,3	0,2
Río Negro	127,1	0,1
TOTAL	163.887	100

El área total de chacras teledetectadas fue de **163.887 hectáreas**. La mitad del área total se ubica en los departamentos de Treinta y Tres y Rocha.

% DEL ÁREA DE ARROZ POR DEPARTAMENTO

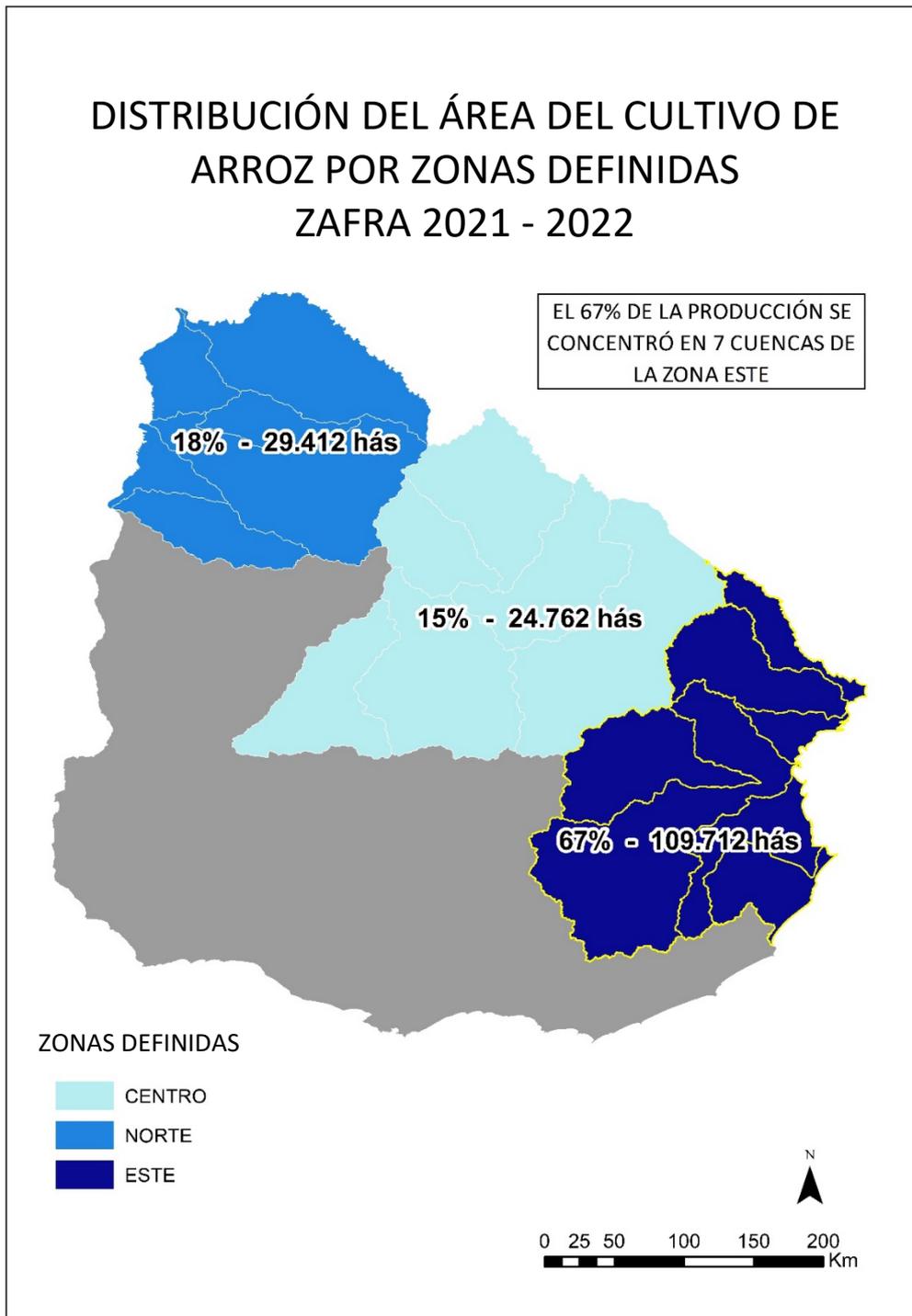


DISTRIBUCIÓN DEL CULTIVO DE ARROZ POR DEPARTAMENTO ZAFRA 2021 - 2022



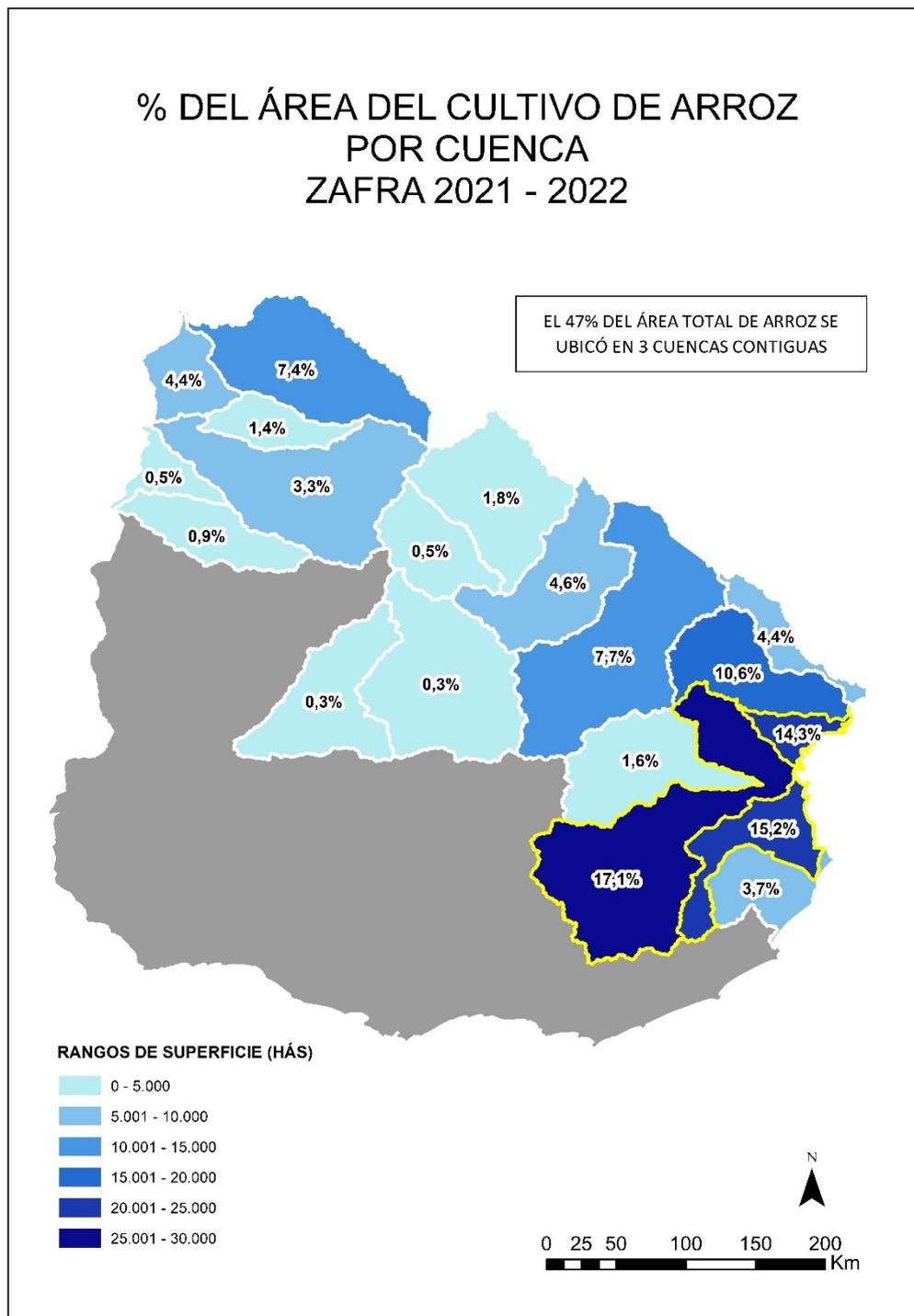
Distribución del área por departamento.

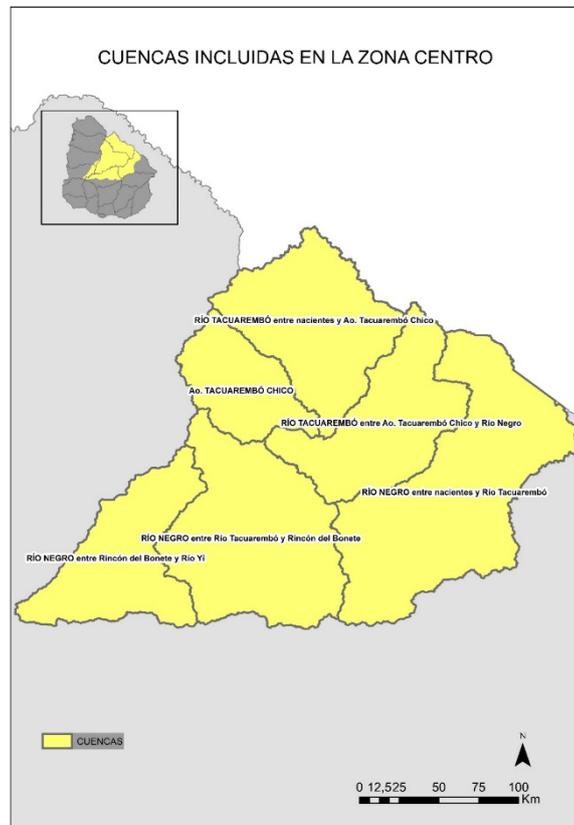
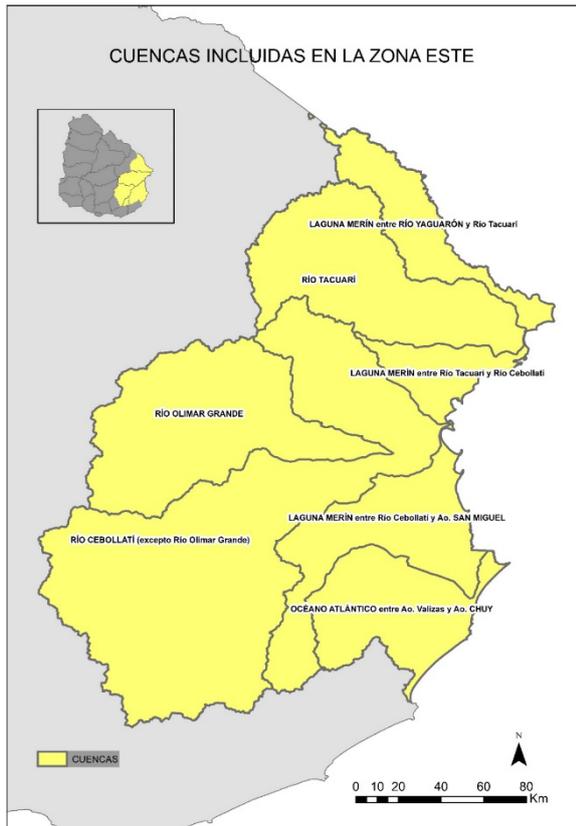
A continuación, se presentan análisis determinados por zonas previamente definidas entre URUPOV y la Asociación de Cultivadores de Arroz (ACA) y que buscan representar las áreas definidas como “Este, Centro y Norte”.



Participación de cada zona definida sobre el área total del cultivo.

En los mapas anteriores puede observarse que la **región con mayor superficie de arroz sembrada es la zona del Este, con el 67% de la superficie total**. Además, en dicha zona **3 cuencas contiguas abarcan el 47% del área total**.

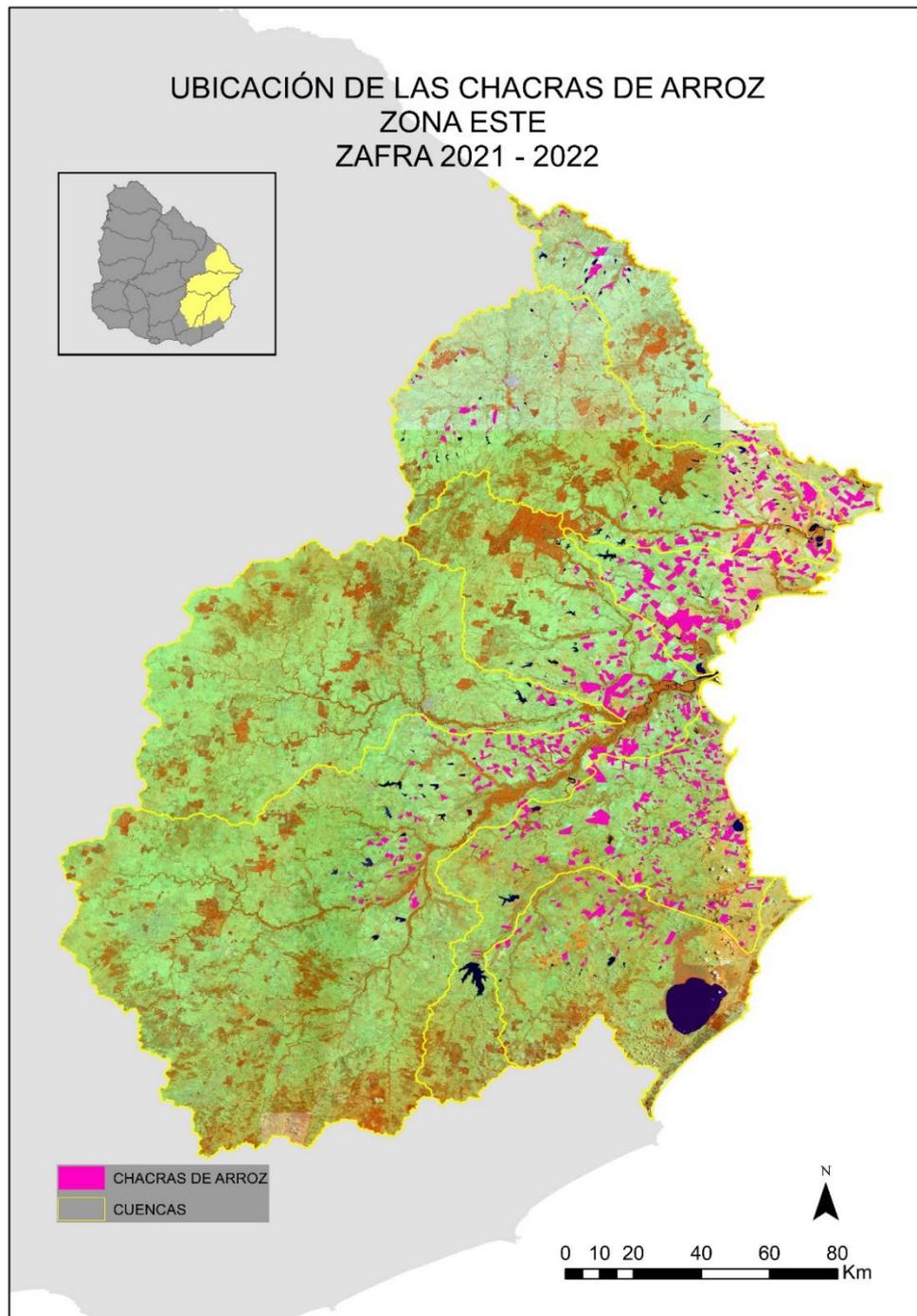




Cuenca	Área (hás)	% del Total
Río Negro entre Río Tacuarembó y Rincón del Bonete	470,6	0,3
Río Negro entre Rincón del Bonete y Río Yí	473,5	0,3
Río Uruguay entre Río Arapey Grande y Río Daymán	788,5	0,5
Ao. Tacuarembó Chico	803,3	0,5
Río Daymán	1.469,9	0,9
Río Arapey Chico	2.351,4	1,4
Río Olimar Grande	2.607,8	1,6
Río Tacuarembó entre Nacientes y Ao. Tacuarembó Chico	2.928,4	1,8
Río Arapey Grande (excepto Río Arapey Chico)	5.438,9	3,3
Océano Atlántico entre Ao. Valizas y Ao. Chuy	6.130,4	3,7
Laguna Merín entre Río Yaguarón y Río Tacuarí	7.214,5	4,4
Río Uruguay entre Río Cuareim y Río Arapey Grande	7.239,0	4,4
Río Tacuarembó entre Ao. Tacuarembó Chico y Río Negro	7.466,3	4,6
Río Cuareim	12.124,5	7,4
Río Negro entre Nacientes y Río Tacuarembó	12.620,4	7,7
Río Tacuarí	17.382,4	10,6
Laguna Merín entre Río Tacuarí y Río Cebollatí	23.360,9	14,3
Laguna Merín entre Río Cebollatí y Ao. San Miguel	24.957,4	15,2
Río Cebollatí (excepto Río Olimar Grande)	28.058,9	17,1
TOTAL	163.887	100

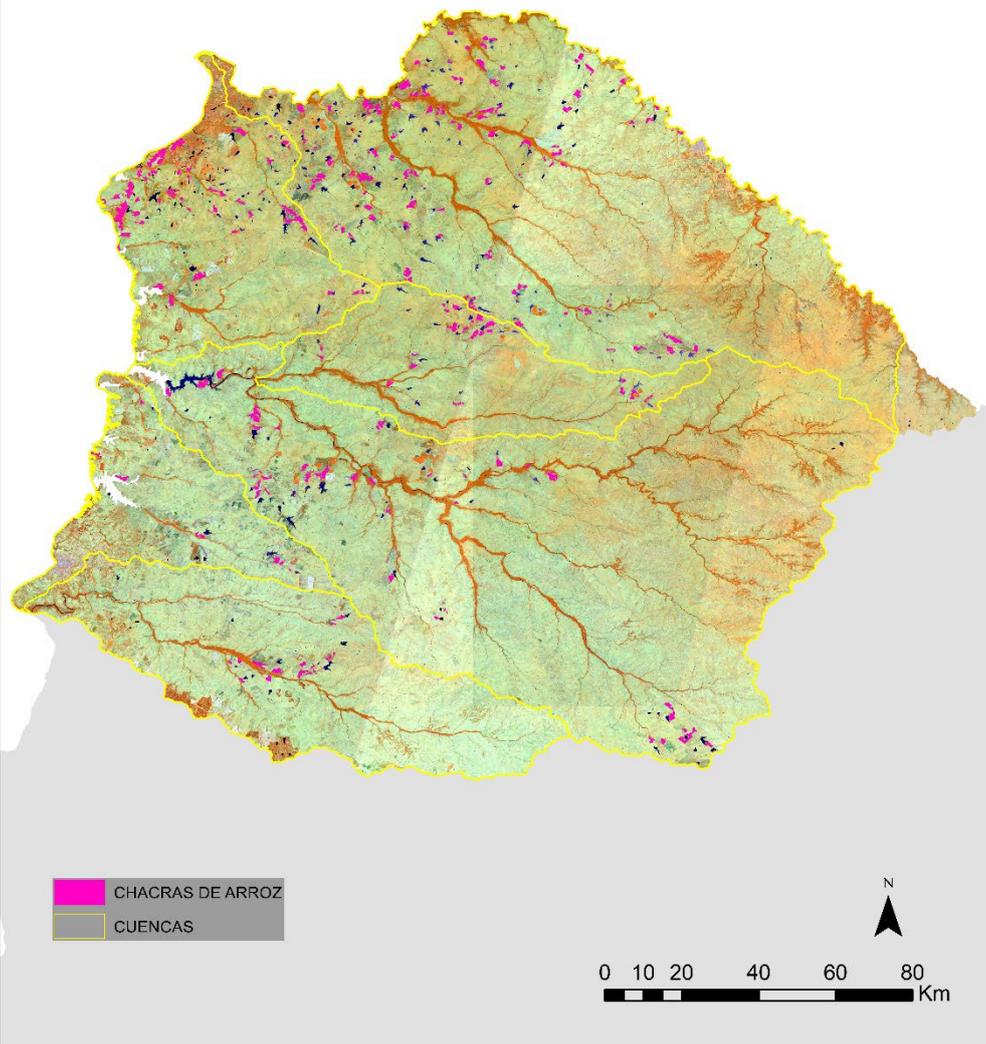
DISTRIBUCIÓN DE LAS CHACRAS POR ZONA

En los siguientes mapas se observan todas las chacras de arroz teledetectadas por zona predefinida.

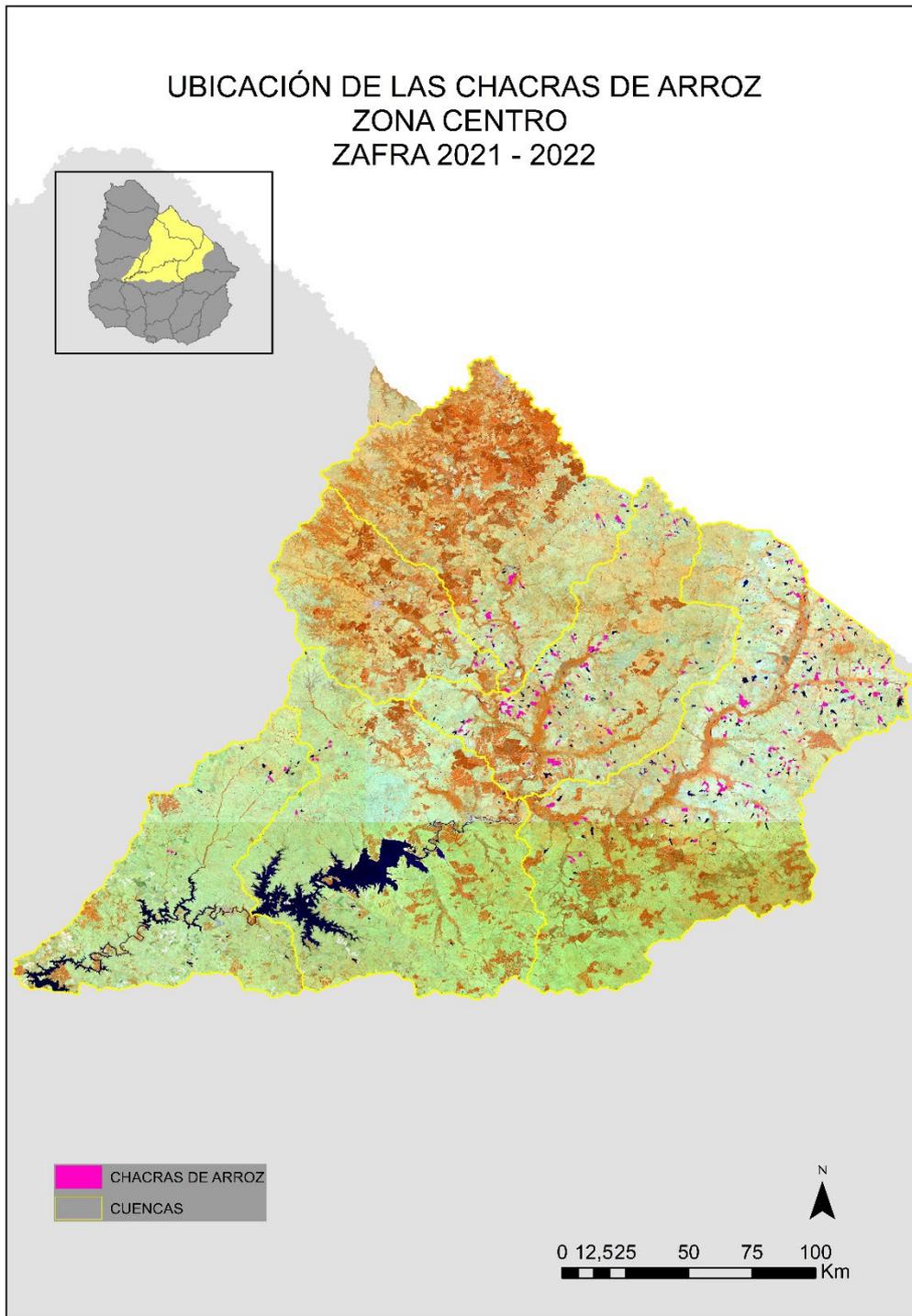


Chacras de la zona Este.

UBICACIÓN DE LAS CHACRAS DE ARROZ
ZONA NORTE
ZAFRA 2021 - 2022



Chacras de la zona Norte.



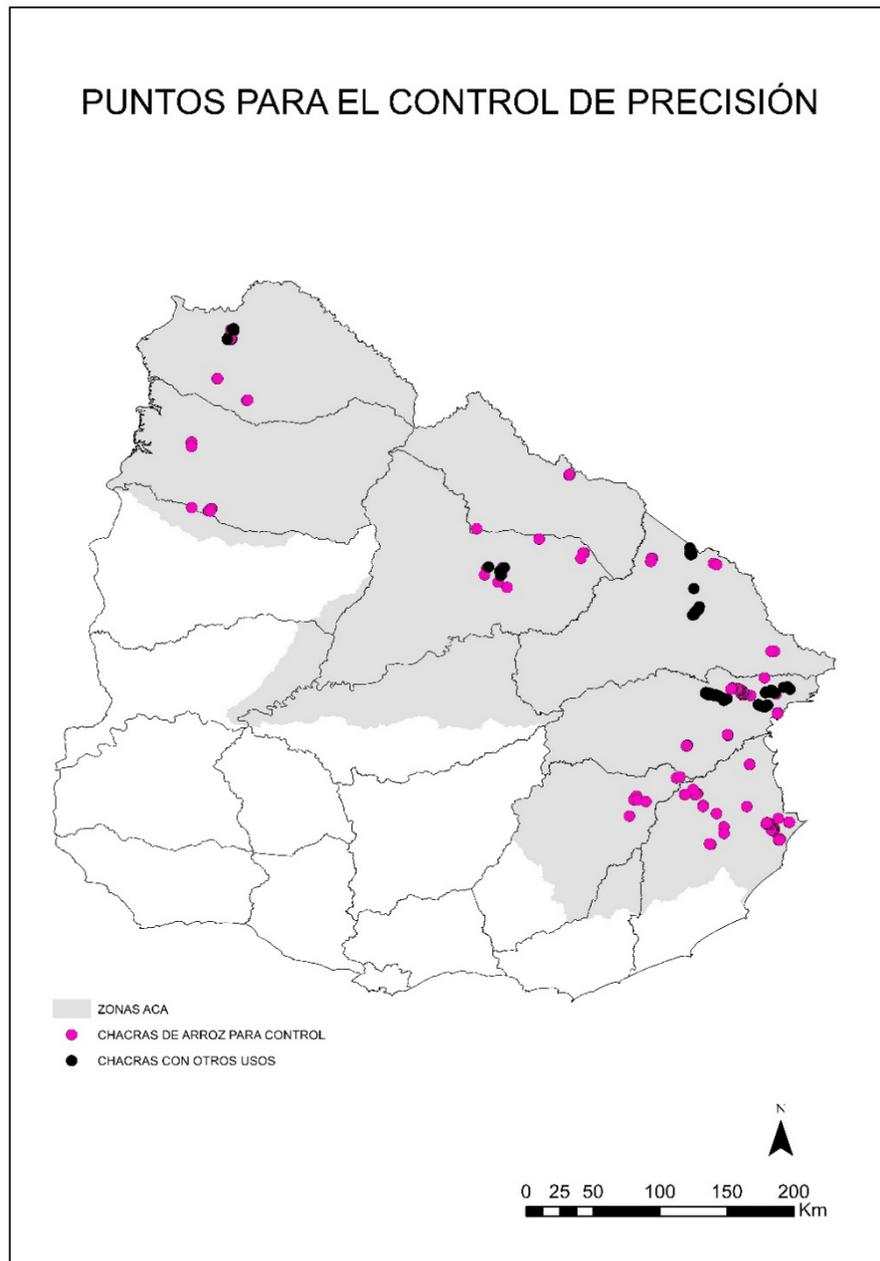
Chacras de la zona Centro.



Estimación de Precisión

CÁLCULO DE PRECISIÓN Y ERROR

Con el objetivo de estimar la precisión del trabajo de teledetección del cultivo de arroz, URUPOV reunió puntos GPS de varios cultivos. 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 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			
		Puntos	Arroz	No Arroz	Total
Control	Arroz		163	4	167
	No Arroz		0	75	75
	Total				242
	Precisión				98,3%

$$\text{PRECISIÓN POR PUNTOS} = (163 + 75) / 242 * 100 = 98,3\%$$

CÁLCULO POR ÁREA (HAS)

		Teledetección			
		Área (hás)	Arroz	No Arroz	Total
Control	Arroz		5.665,4	266,1	5.931,5
	No Arroz		0	5.545,6	5.545,6
	Total				11.477,1
	Precisión				97,7%

$$\text{PRECISIÓN POR ÁREA} = (5.665,4 + 5.545,6) / 11.477,1 * 100 = 97,7\%$$

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 11.477,1 hectáreas. Del total del área controlada, el 97,7% estuvo bien clasificada. El 2,3% del área de control de arroz (266,1 has) correspondió al error de omisión (chacras de arroz no teledetectadas como arroz). No se registraron errores de comisión (chacras correspondientes a otros cultivos clasificadas como arroz). **La precisión general del trabajo es de 98% y su error es de 2%.**

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.



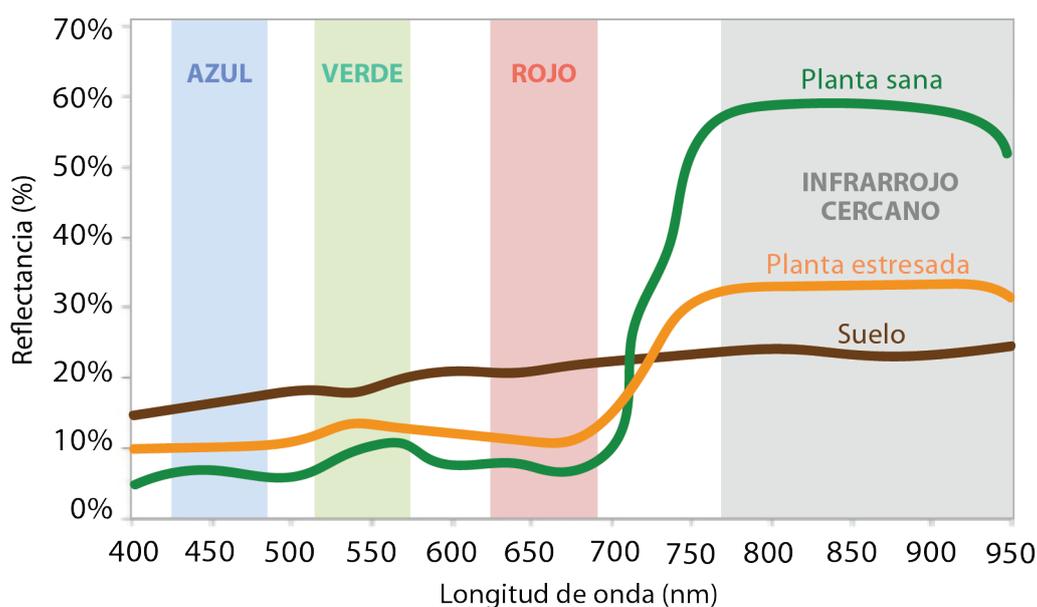
Beneficios del uso de la información geográfica

Un par de ejemplos...

COMPORTAMIENTO DEL NDVI EN EL CULTIVO DE ARROZ ZAFRA 2021 - 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.).

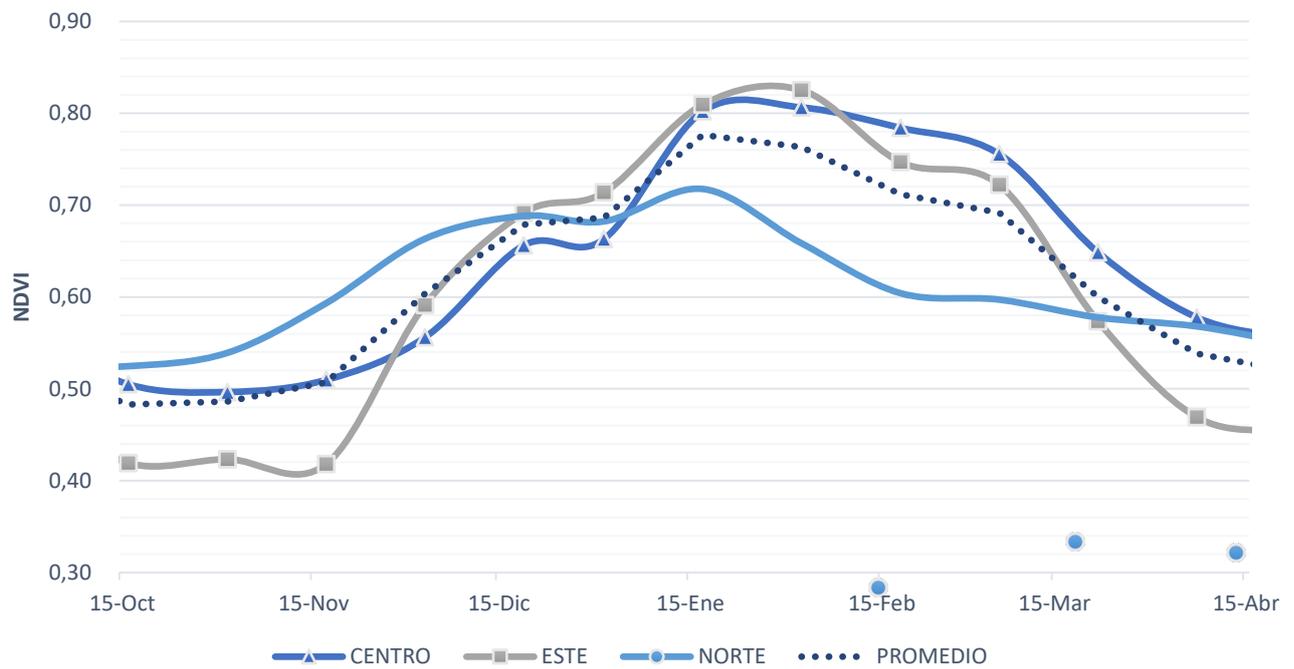
$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$



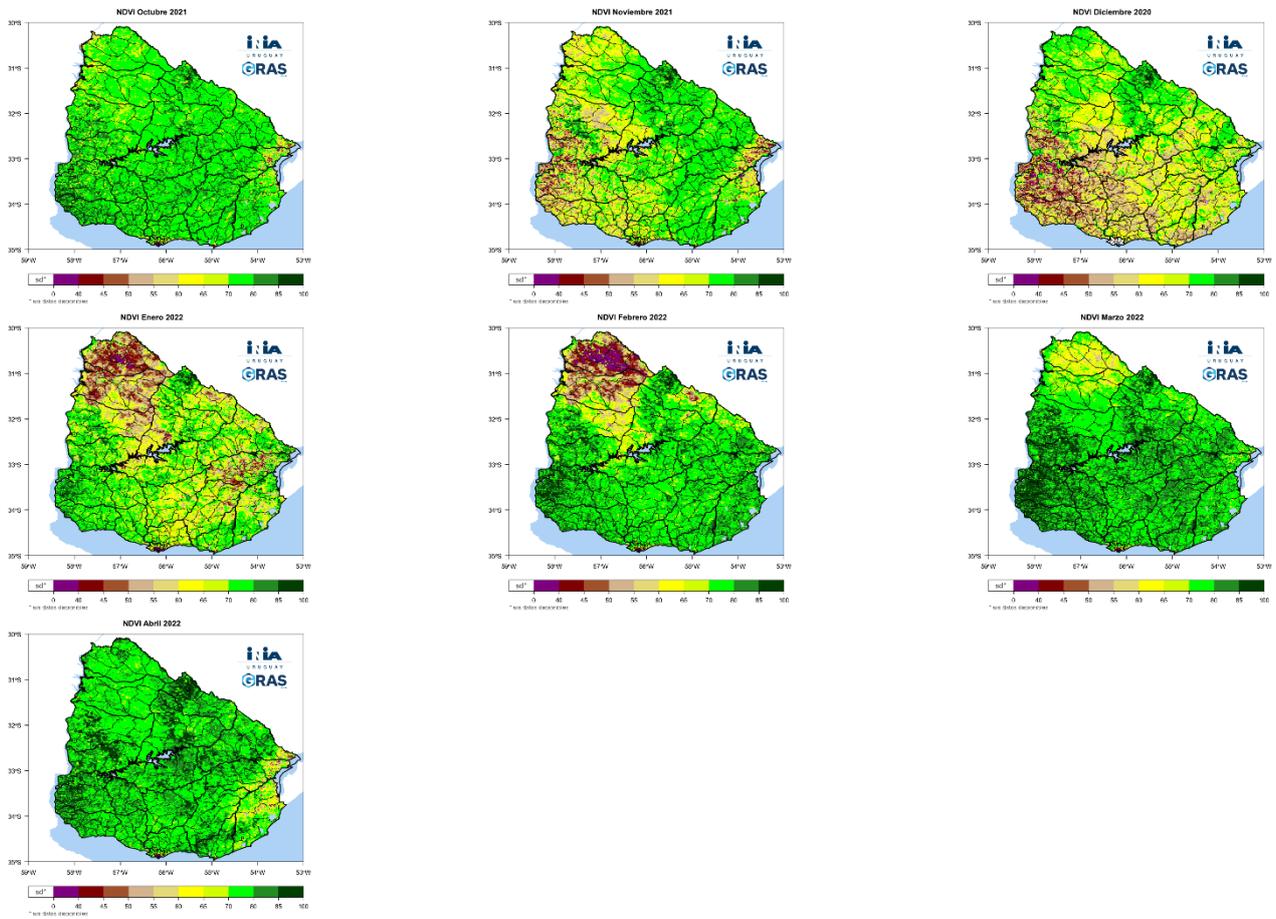
En verde se visualiza la reflectancia en las distintas longitudes de onda de una hoja sana en desarrollo.

El análisis de los valores de NDVI promedio durante todo el periodo del cultivo, para cada zona definida se muestra en el siguiente gráfico. A partir del mes de enero se observa una notoria disminución del índice en la zona norte con respecto a las demás zonas. Esto puede explicarse por el déficit hídrico que afectó la región durante el verano.

**NDVI PROMEDIO DEL CULTIVO DE ARROZ
ZAFRA 2021 - 2022**



Comportamiento del NDVI durante la zafra 2021 - 2022. Se consideraron los valores promedio en cada zona para cada fecha de análisis.



Evolución geográfica del NDVI durante la zafra 2021 - 2022.

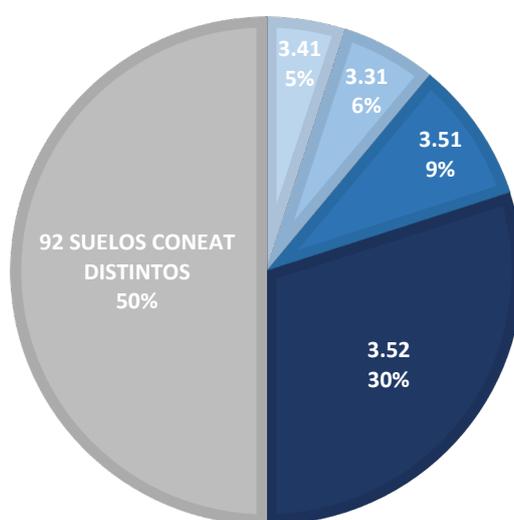
El NDVI es una de las variables utilizadas para el cálculo de rendimiento de los cultivos con sensores remotos. Valores bajos del índice son indicadores de posibles disminuciones en los rindes al momento de cosecha.

SUELOS CONEAT DESTINADOS A LA PRODUCCIÓN DE ARROZ DURANTE LA ÚLTIMA ZAFRA

Si bien los suelos coneat utilizados para la producción de arroz en Uruguay son muy variados (96 grupos), el más utilizado es el 3.52 (30% del área). La mitad del área total que se destinó al cultivo durante la última zafra se distribuyó en 4 suelos, y una cuarta parte en 7 suelos más. Es decir, el 75% del área se sembró en 11 suelos coneat diferentes.

SUELOS MÁS UTILIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN URUGUAY

■ 3.41 ■ 3.31 ■ 3.51 ■ 3.52 ■ 92 SUELOS CONEAT DISTINTOS



SC	Área (hás)	% del Total
12.22	4.494	2,7
3.40	4.658	2,8
3.53	4.897	3,0
G03.11	5.083	3,1
12.11	5.364	3,3
3.54	6.493	4,0
G03.21	6.752	4,1
G03.22	6.781	4,1
3.41	8.111	5,0
3.31	9.559	5,8
3.51	13.540	8,3
3.52	49.073	30,0
TOTAL	124.804	76%

Suelos coneat utilizados en el 76% del área.



Conclusiones

- Del análisis realizado a través del uso de imágenes satelitales provenientes del sensor Sentinel, se concluye que el área estimada de siembra de arroz para la zafra 2021/22 es de **163.887 hectáreas**.
- **La precisión general del trabajo fue de 98%**. El 2% restante corresponde únicamente al error de omisión (chacras que fueron arroz y que no fueron detectadas como tal).
- Se identificaron chacras de arroz en 10 departamentos, y el **53% del área se ubicó en Treinta y Tres y Rocha**.
- De las 3 zonas operativas de la ACA, **la región con mayor superficie de arroz sembrada fue la zona Este, con el 67% de la superficie total**.
- La región arrocerá abarcó 19 cuencas hidrográficas, pero el **47% del área se concentró en 3 cuencas contiguas de la zona Este**.
- **Los valores de NDVI de las zonas Este y Centro** siguieron la misma tendencia durante todo el período de desarrollo del cultivo. Sin embargo, la zona Norte **mostró valores inferiores especialmente durante los meses de verano en los que allí se instaló una fuerte sequía**.
- La producción de arroz se desarrolló sobre 96 suelos coneat, sin embargo, **el 50% del área se encontró sobre 4 suelos: 3.52 (30%), 3.51 (9%), 3.31 (6%) y 3.41 (5%)**.