



Aspectos agronómicos y herramientas de zonificación en agricultura de precisión .

Jose María Terrón López

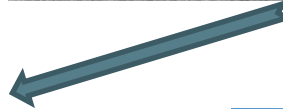




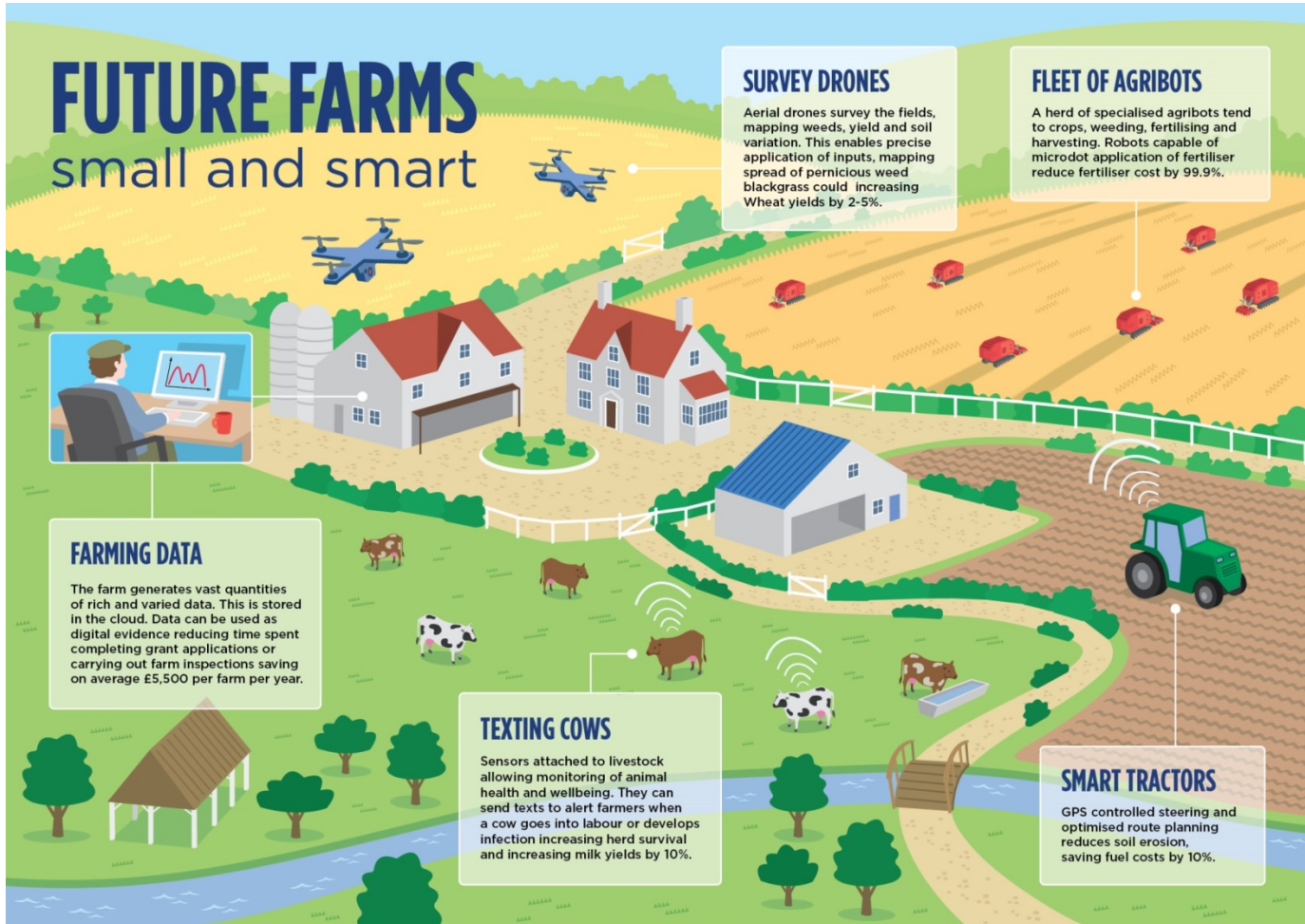
AGRICULTURA DE PRECISIÓN

OBJETIVO:

Gestionar los cultivos teniendo en cuenta la variabilidad espacial de los suelos y del estado de las plantas.

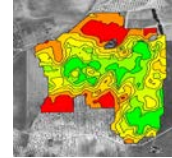


**EL CONCEPTO DE AGRICULTURA INTELIGENTE (SMART FARMING)
 COMBINA EL BIG DATA Y LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN.**

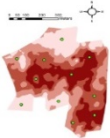


PROCESOS E INTERACCIONES EN LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN

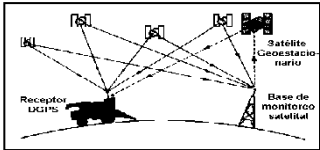
Sensores de CEa y pH



Muestreo de suelos



GPS



Mapas zonales

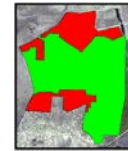


Mapas de suelos

Agricultura de Precisión



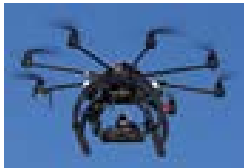
Abonado variable



Internet



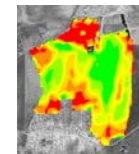
Control de cultivos con sensores de NDVI



S.I.G.



Mapas de producción



Otras aplicaciones: Fitosanitarios, trazabilidad, rentabilidad, etc



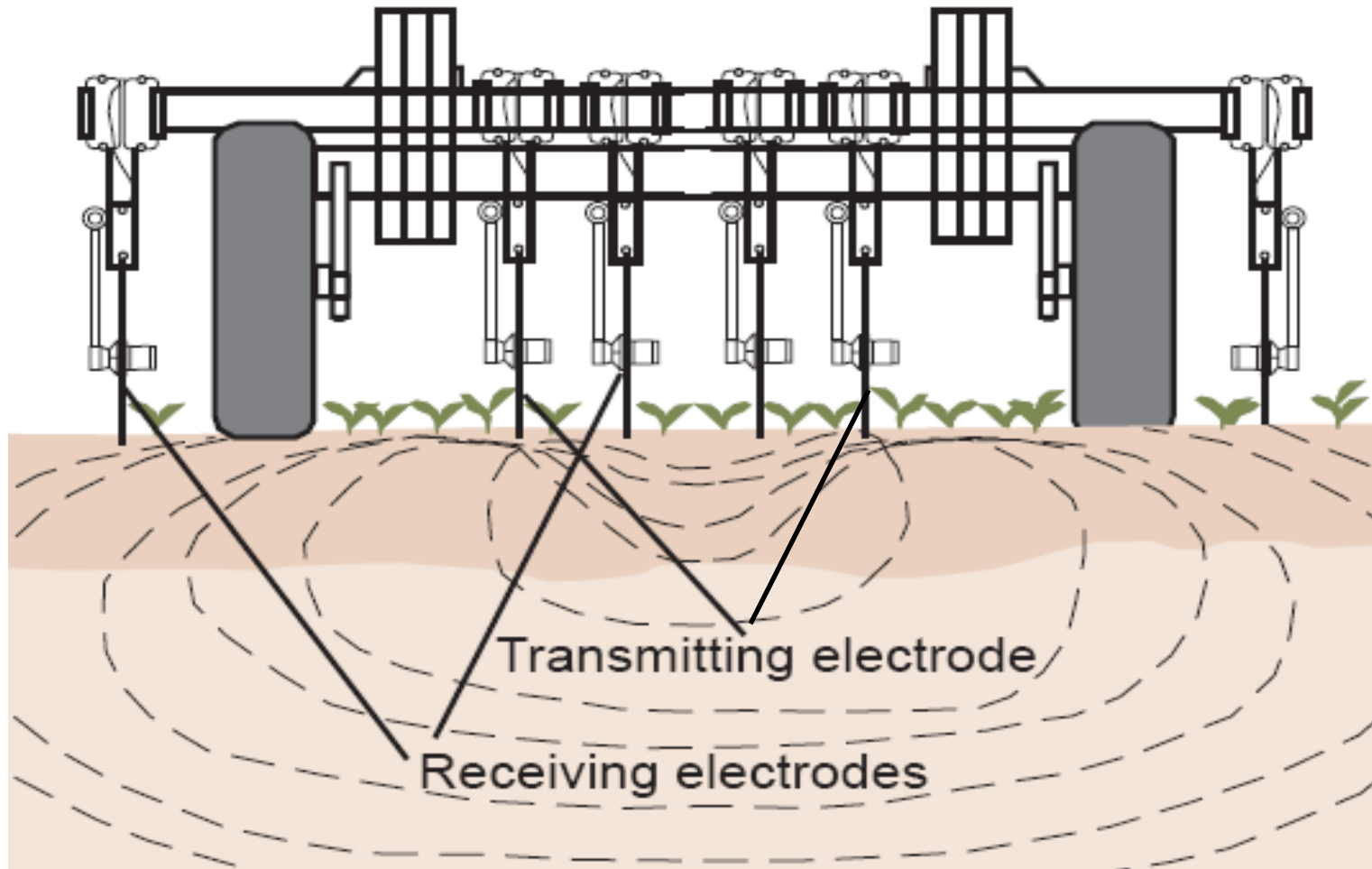


Sensores de Conductividad Eléctrica Aparente del suelo



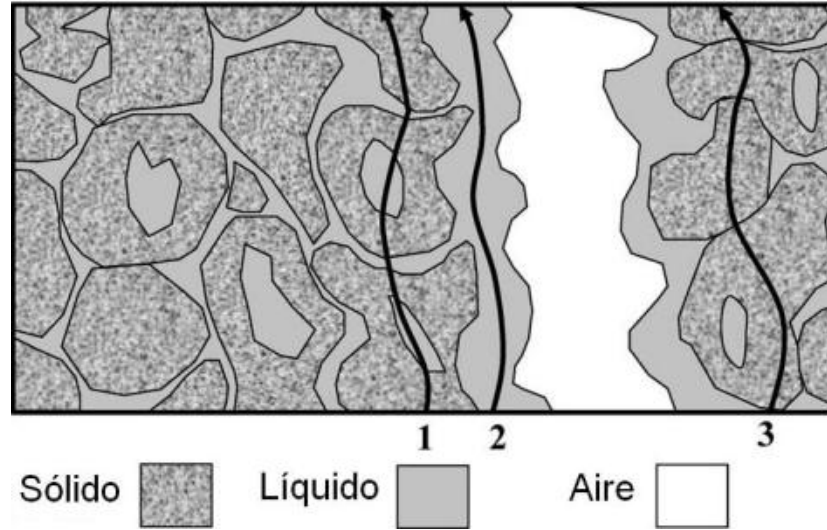


Esquema de distribución de electrodos





Conductividad eléctrica aparente

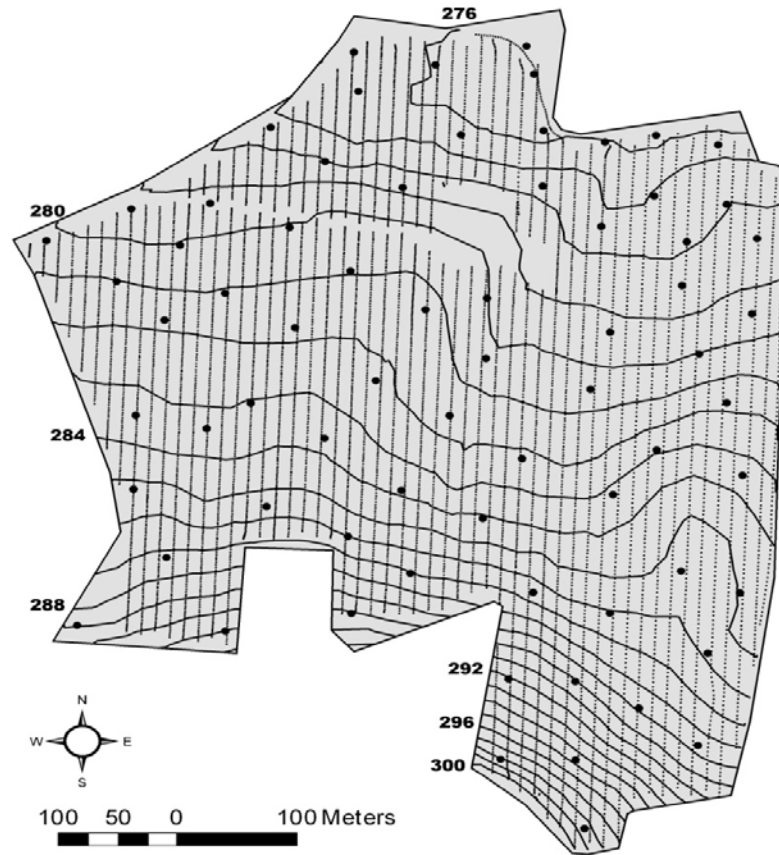


- Textura, especialmente con % arcilla
- Humedad del suelo
- CIC
- Salinidad
- Densidad



Zonificación de suelos

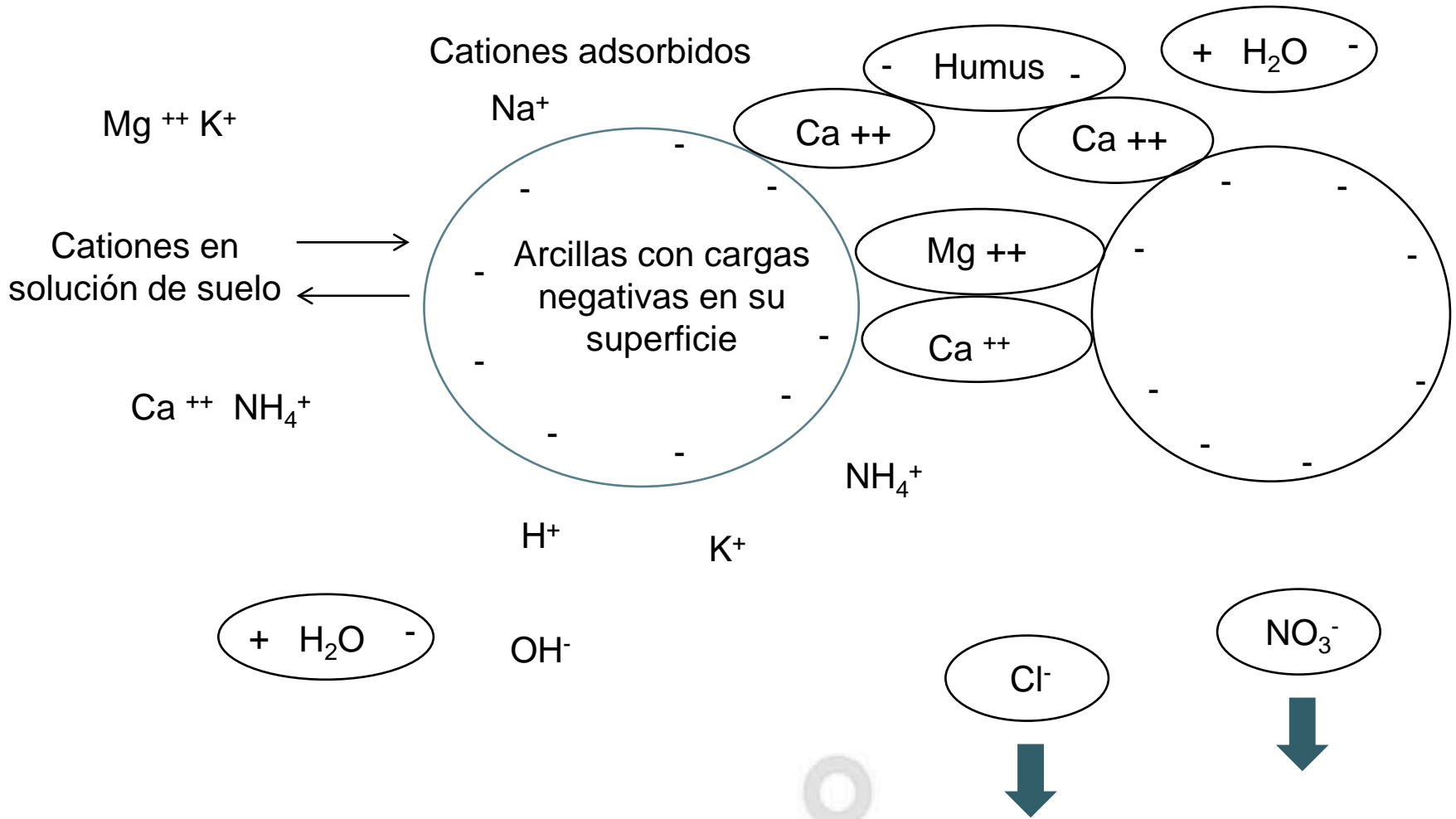
Muestreo de suelos



Matriz de correlación de las propiedades fisico-químicas del suelo

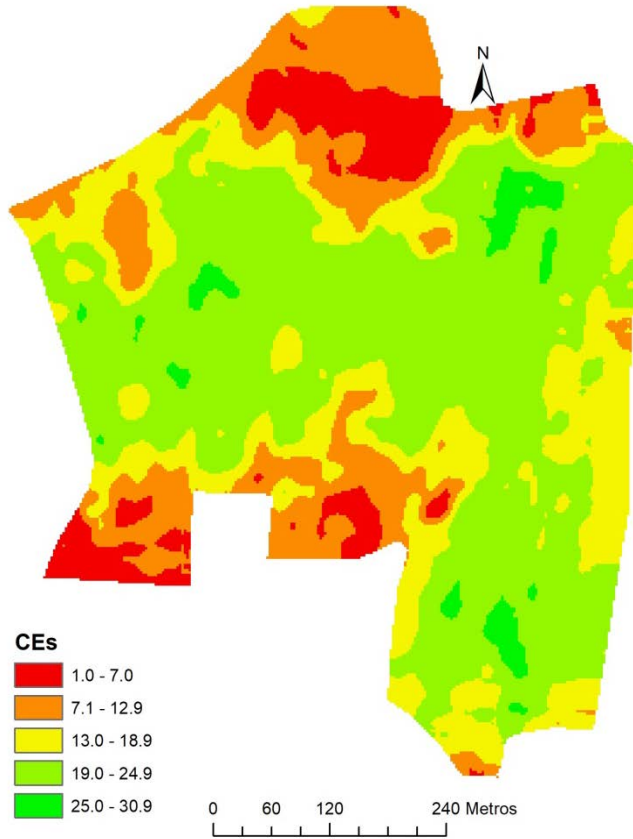
Matriz de correlación entre las propiedades del suelo en el área de estudio

	Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	pH	CIC	MO	CEe	CEs	CEp	NT
Arena gruesa	1										
Arena fina	0.968	1									
Limo	-0.312	-0.287	1								
Arcilla	-0.857	-0.869	-0.195	1							
pH	-0.617	-0.612	-0.052	0.660	1						
CIC	-0.732	-0.742	-0.312	0.843	0.838	1					
MO	-0.041	-0.065	0.034	0.038	-0.023	0.013	1				
CEe	-0.294	-0.276	-0.077	0.322	0.300	0.435	0.102	1			
CEs	-0.671	-0.686	-0.141	0.768	0.734	0.879	0.076	0.357	1		
CEp	-0.610	-0.628	-0.078	0.674	0.648	0.781	0.104	0.280	0.954	1	
NT	-0.479	-0.528	0.079	0.482	0.431	-0.256	0.293	0.219	0.483	0.461	1

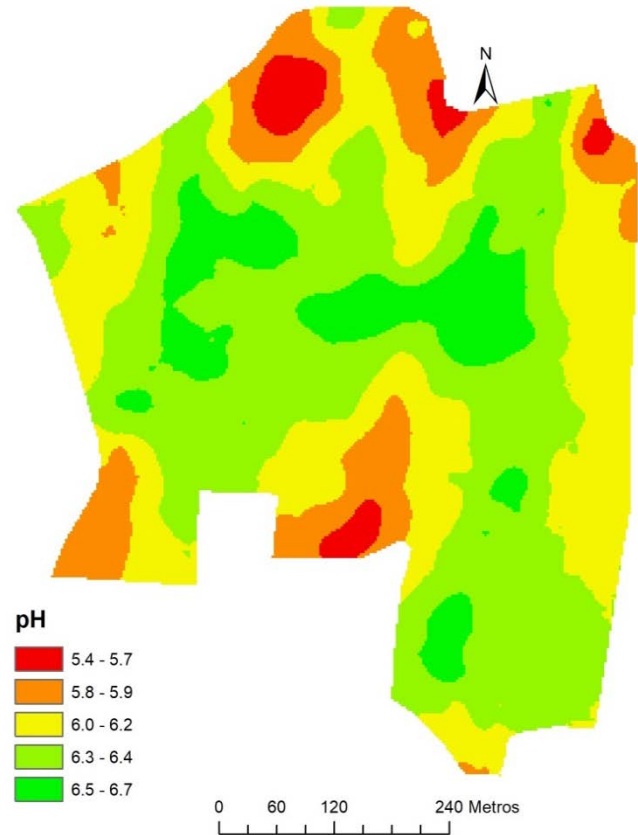


Zonificación de suelos

Mapa de Conductividad Eléctrica Aparente



pH



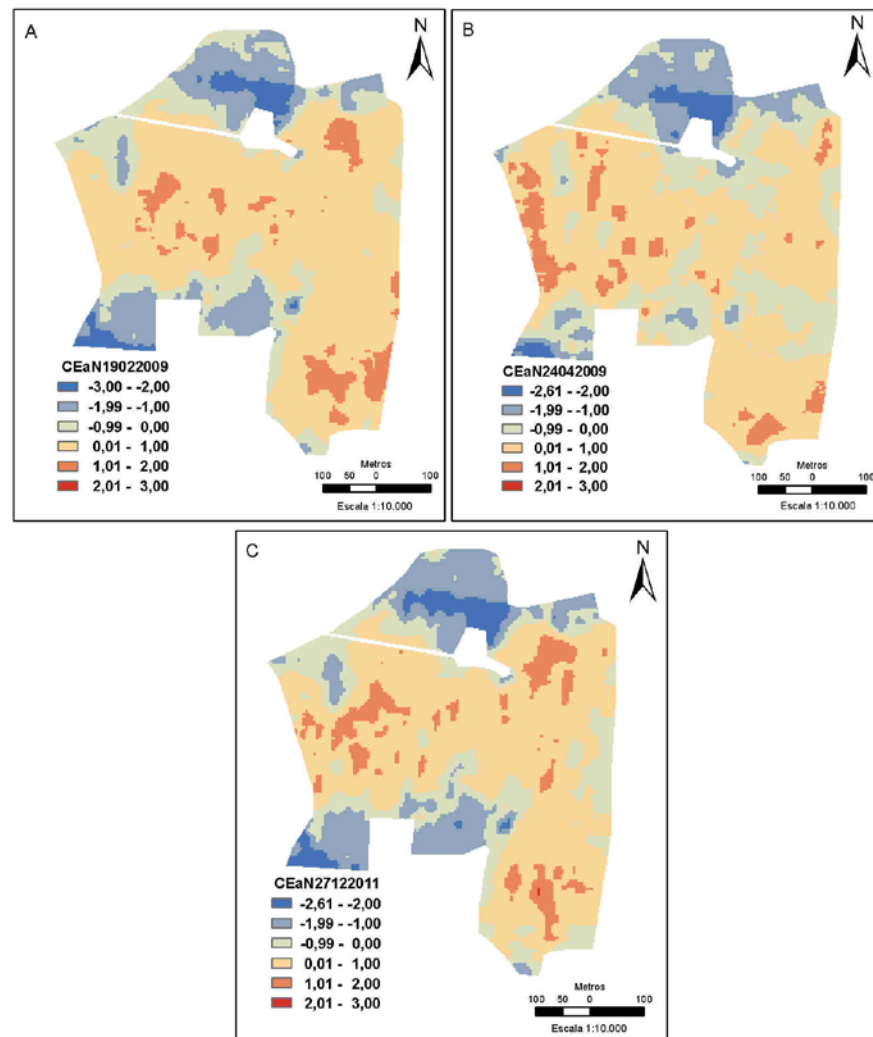
Variabilidad temporal de la conductividad eléctrica aparente superficial, CEs.

Datos de muestreos

Fecha de muestreo	19/02/2009	24/04/2009	27/01/2011
Mínimo (mS/m)	0,50	1,20	0,50
Máximo (mS/m)	26,30	20,90	33,50
Media (mS/m)	16,14	10,63	17,56
Desviación típica (mS/m)	5,84	3,59	6,22
Mediana (mS/m)	18,50	10,90	19,50
Coefficiente de sesgo	-0,79	-0,22	-0,76
Curtosis	2,45	2,99	2,64
Primer Cuartil (mS/m)	11,70	8,57	13,40
Tercer Cuartil (mS/m)	20,80	13,00	22,20

Datos normalizados

Fecha de muestreo	19/02/2009	24/04/2009	27/01/2011
Mínimo	-2,68	-2,63	-2,74
Máximo	1,74	2,86	2,56
Mediana	0,40	0,07	0,31
Coefficiente de sesgo	-0,79	-0,22	-0,76
Curtosis	2,45	2,96	2,64
1 Cuartil	-0,76	-0,57	0,67
3 Cuartil	0,80	0,66	0,75



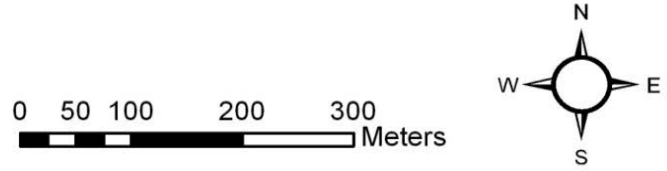
Mapas de los muestreos de CEsN.

- A) 19/02/2009.
- B) 24/04/2009.
- C) 27/01/2011.

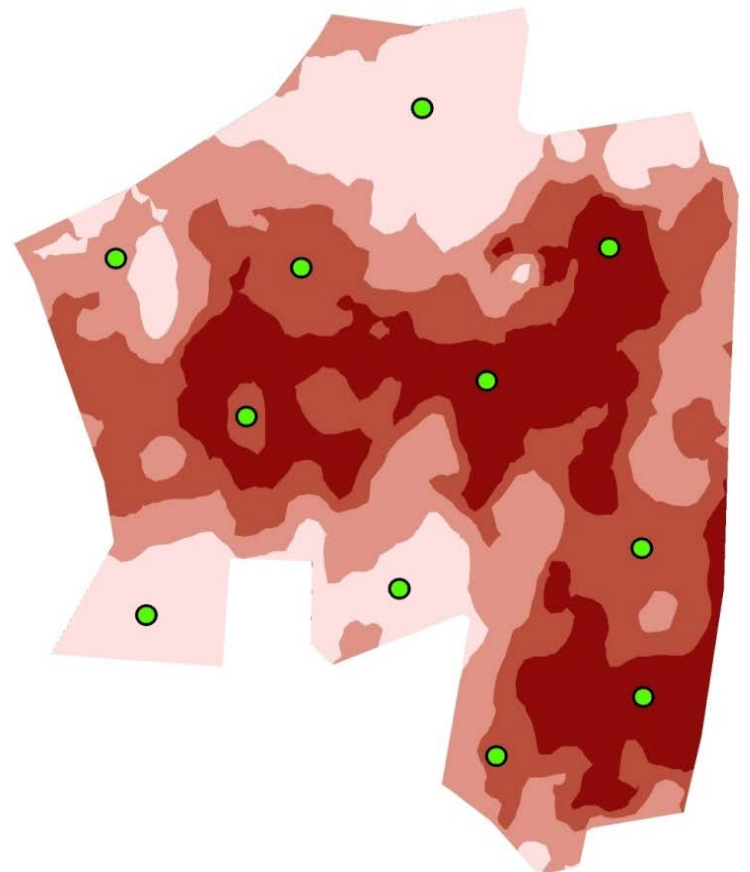


Sensor de Materia Orgánica del suelo



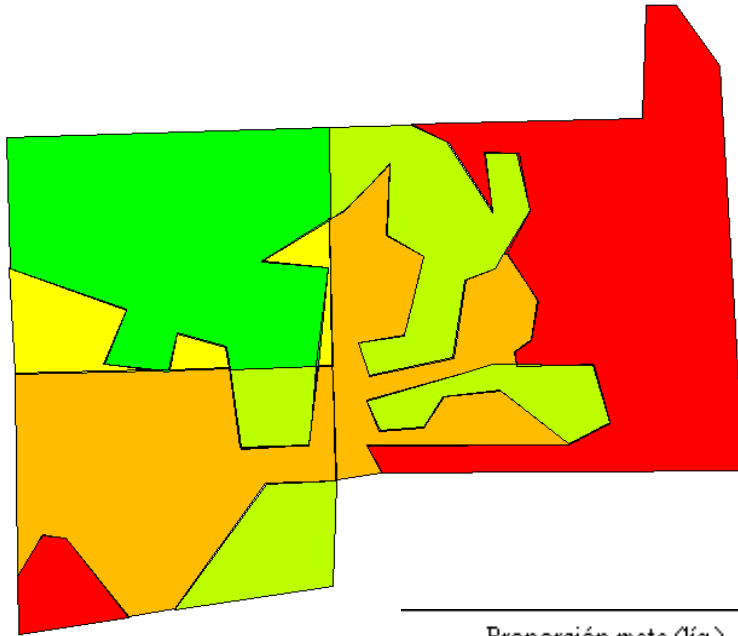


Muestreo dirigido de suelos



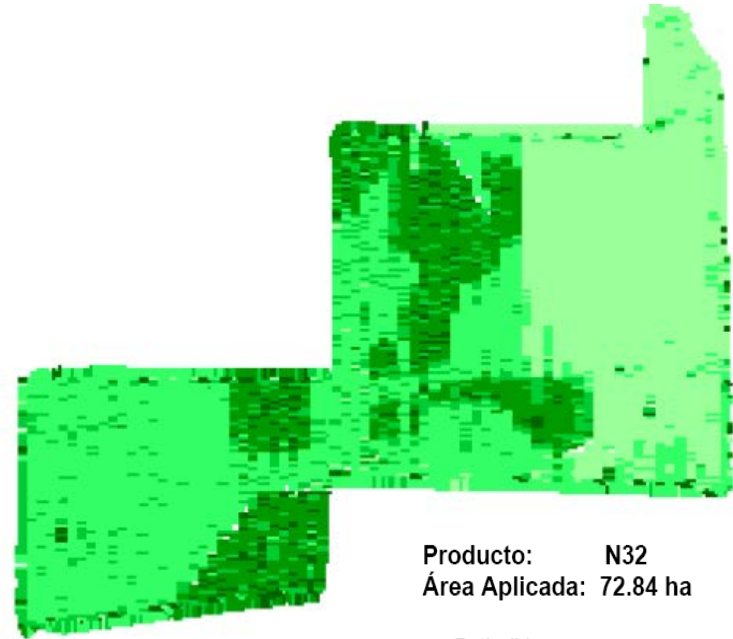


Mapa de prescripción de abonado líquido



Proporción meta (líq.) (L/ha)	
■	250.0 (20.24 ha)
■	210.0 (16.93 ha)
■	170.0 (4.15 ha)
■	140.0 (25.95 ha)
■	70.0 (28.58 ha)

Mapa de aplicación de abonado líquido



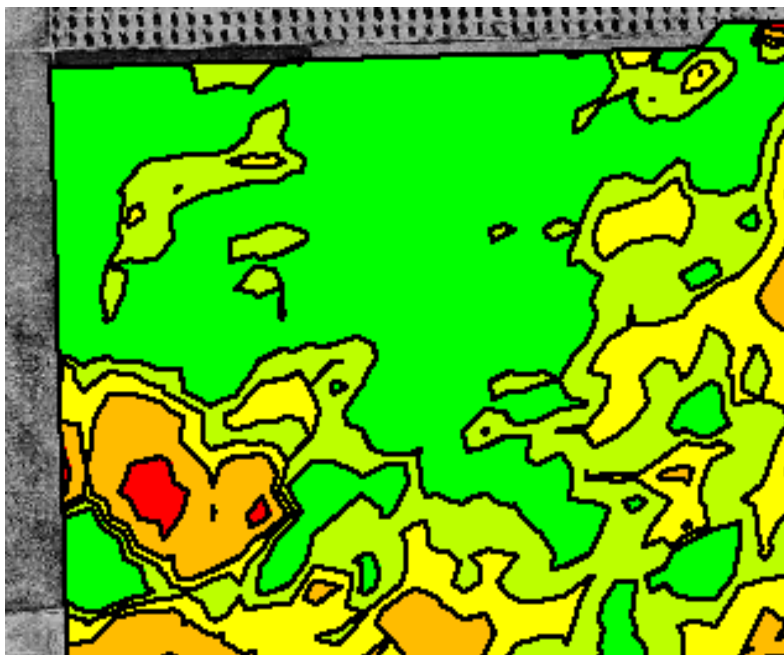
Producto: N32
Área Aplicada: 72.84 ha






Ratio (L):	
■	250
■	210
■	170
■	140
■	70.0



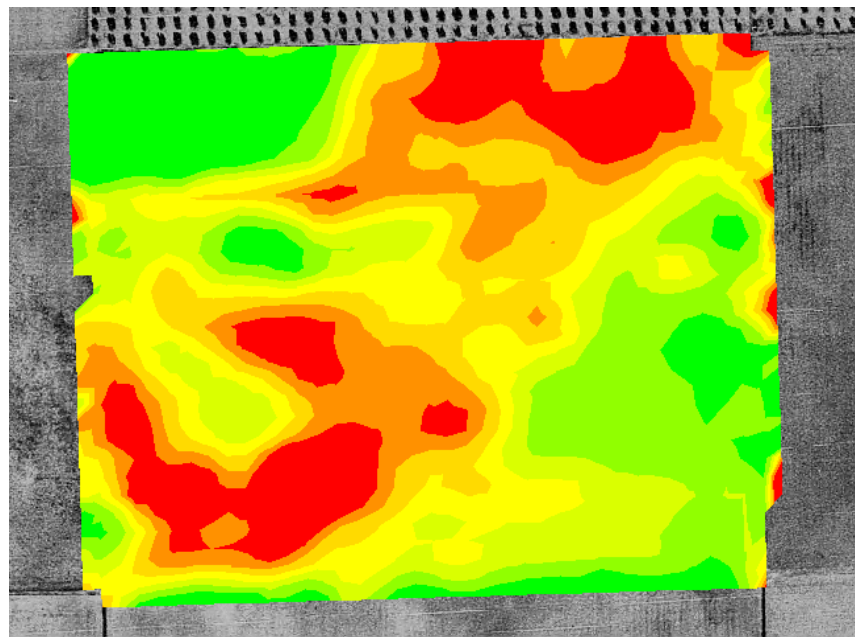


CEa del suelo de 0 a 30 cm (mS/m)










	76.16 - 260.51
	64.61 - 76.16
	53.20 - 64.61
	34.50 - 53.20
	3.00 - 34.50

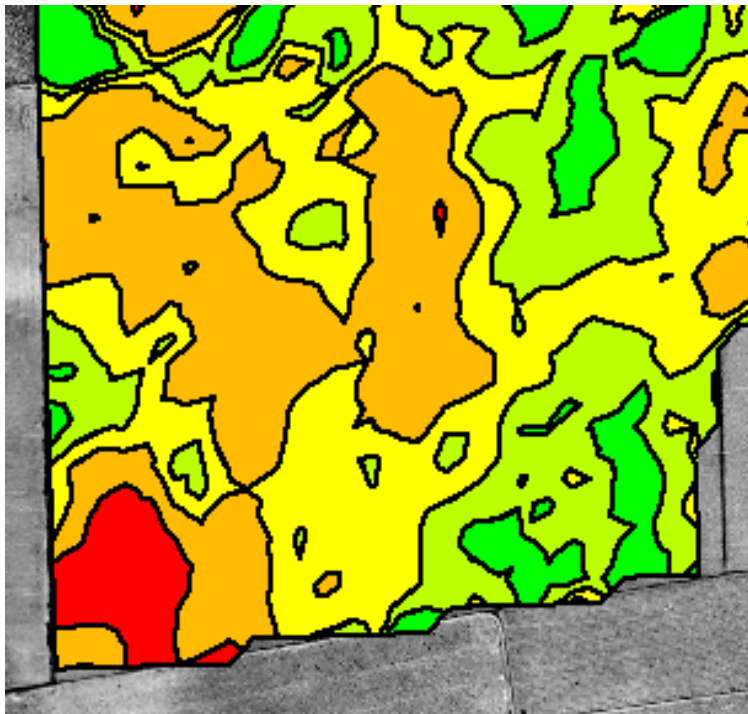
Mapa de rendimiento de triticale



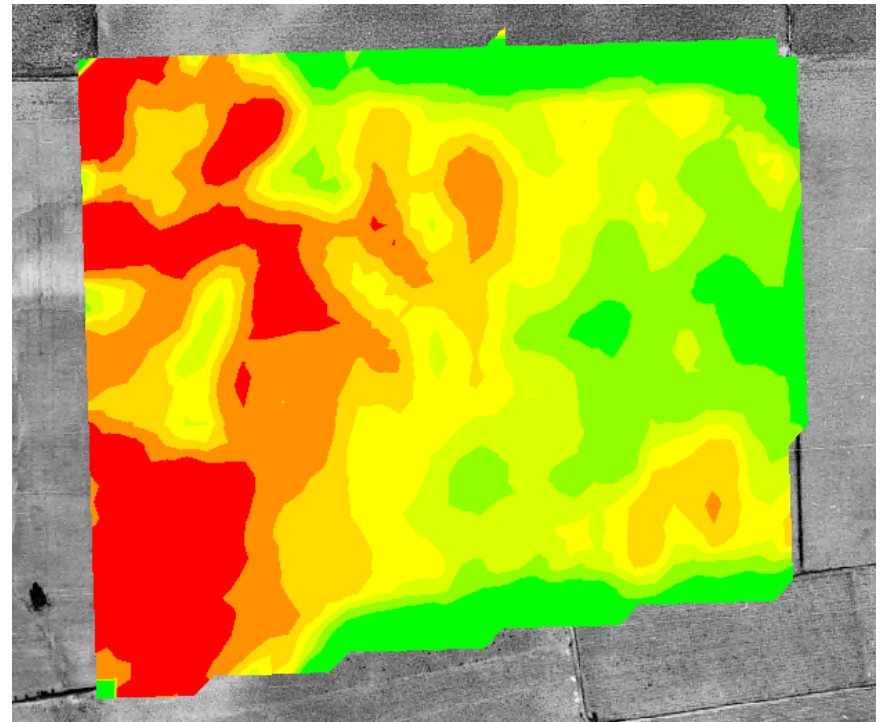
Masa de rend. (seco)
(tonne/ha)

	3.37 - 4.96	(3.309 ha)
	3.01 - 3.37	(3.963 ha)
	2.73 - 3.01	(3.899 ha)
	2.48 - 2.73	(3.794 ha)
	2.23 - 2.48	(4.024 ha)
	2.00 - 2.23	(3.929 ha)
	0.95 - 2.00	(3.444 ha)








CEa del suelo de 0 a 30 cm (mS/m)



Mapa de rendimiento de trigo



Masa de rend. (seco)
(tonne/ha)

	3.37 - 4.96	(3.309 ha)
	3.01 - 3.37	(3.963 ha)
	2.73 - 3.01	(3.899 ha)
	2.48 - 2.73	(3.794 ha)
	2.23 - 2.48	(4.024 ha)
	2.00 - 2.23	(3.929 ha)
	0.95 - 2.00	(3.444 ha)

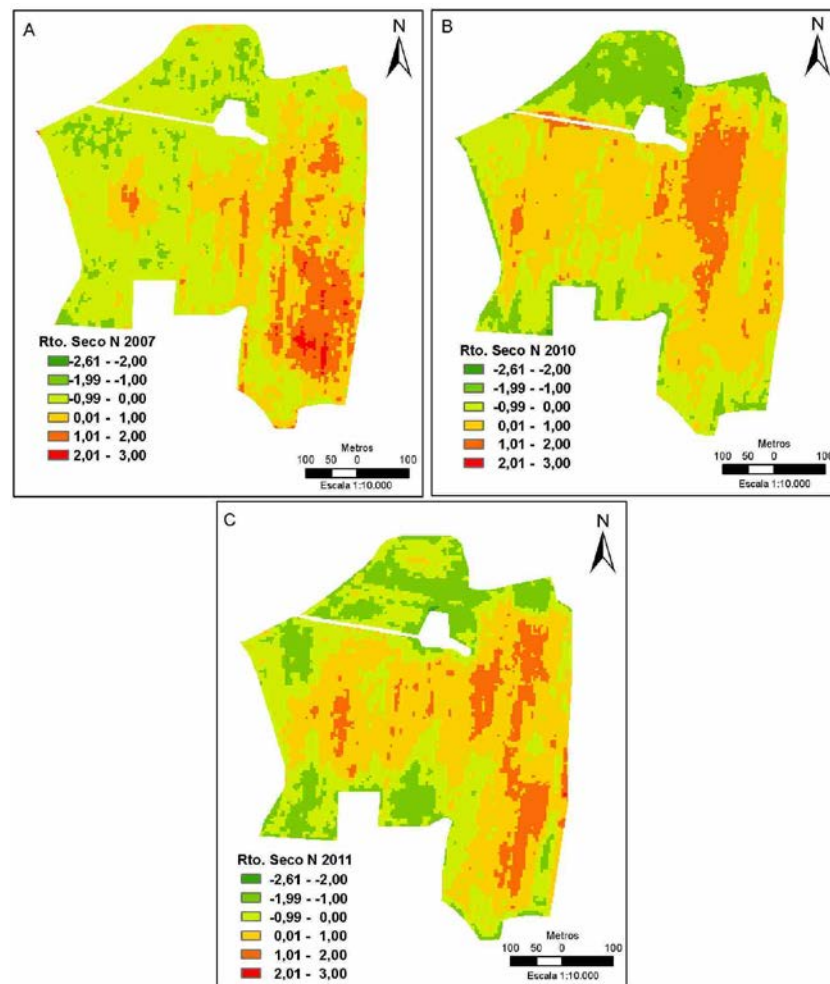
Mapas de producción de girasol

Producciones reales

Campaña	2007	2010	2011
Mínimo (Tm/ha)	0,12	0,10	0,47
Máximo (Tm/ha)	1,70	1,80	2,98
Media (Tm/ha)	0,53	0,87	1,67
Desviación típica (Tm/ha)	0,24	0,33	0,47
Mediana (Tm/ha)	0,49	0,89	1,69
Coefficiente de sesgo	0,93	-0,13	-0,02
Curtosis	4,14	2,55	2,12
Primer Cuartil (Tm/ha)	0,34	0,64	1,27
Tercer Cuartil (Tm/ha)	0,67	1,10	2,04

Producciones normalizadas

Campaña	2007	2010	2011
Mínimo	-1,74	-2,36	-2,57
Máximo	4,80	2,86	2,81
Mediana	-0,16	0,07	0,04
Coefficiente de sesgo	0,93	-0,13	-0,02
Curtosis	4,14	2,55	2,12
Primer Cuartil	-0,76	-0,69	-0,85
Tercer Cuartil	0,60	0,70	0,81



Mapas del RSN.

A) 2007.

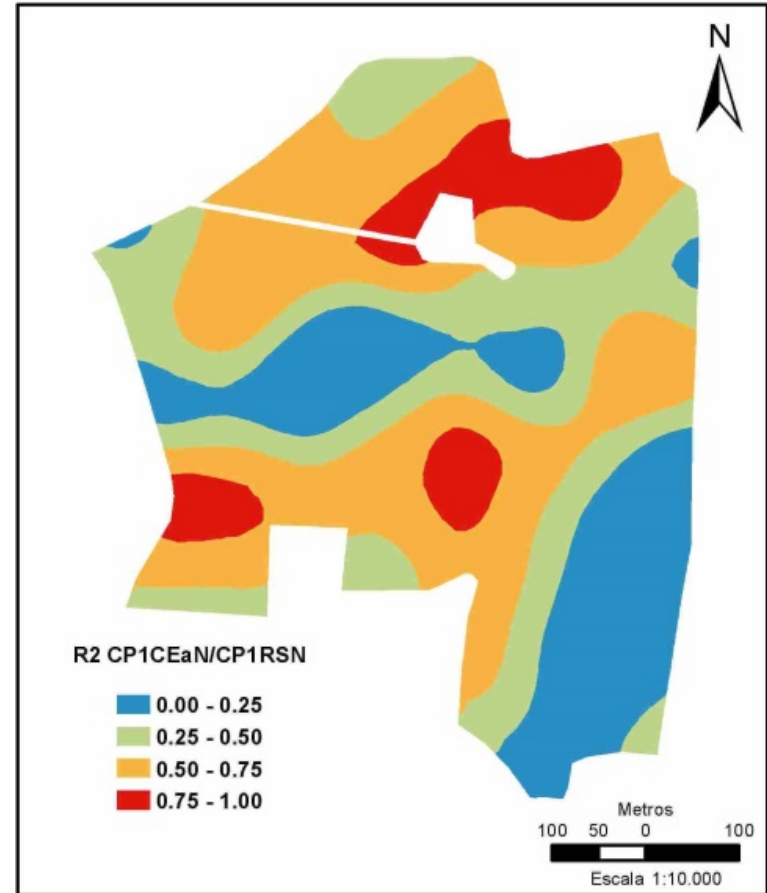
B) 2010.

C) 2011.

Comparación entre CEs y las producciones de girasol

Superficies y porcentajes de ocupación

R2 local	Superficie (ha)	Ocupación
0,00 – 0,25	7,51	23,46 %
0,25 – 0,50	9,18	28,66 %
0,50 – 0,75	12,22	38,16 %
0,75 – 1,00	3,11	9,72 %

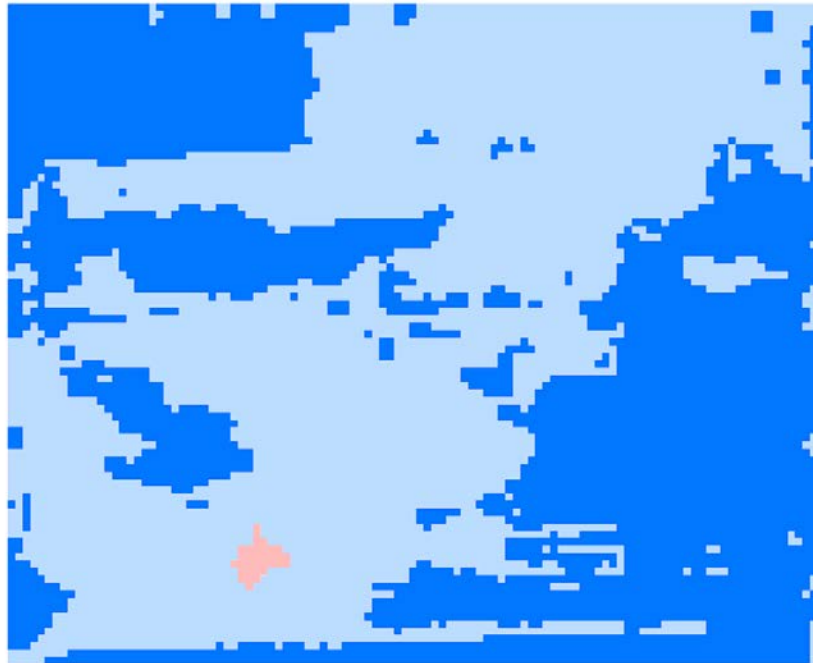


Mapa de coeficiente de determinación R2 entre la CEs, y la producción de girasol.



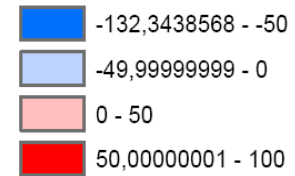


Balance de nitrógeno en triticale



N_triticale.tif

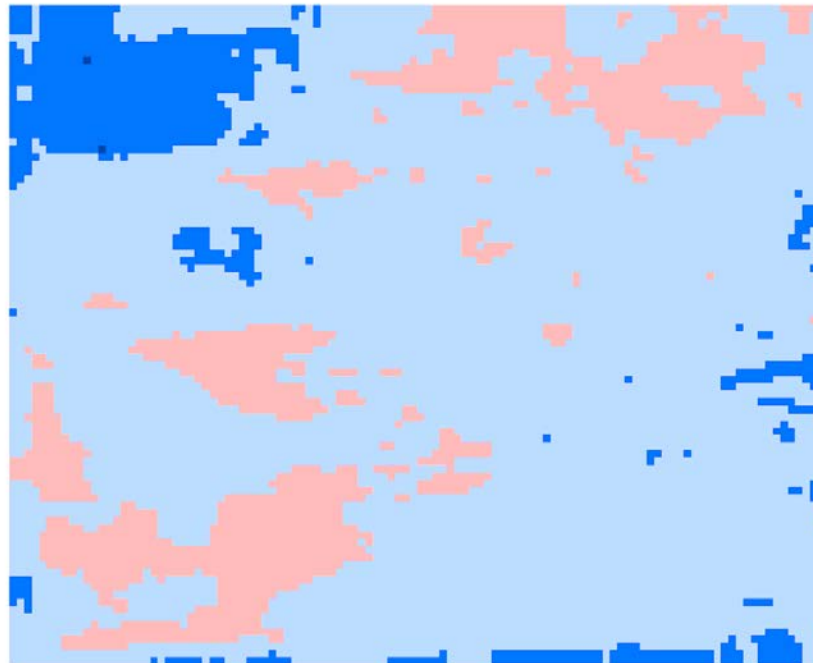
<VALUE>



	U.F.N	Has
Déficit	-1.223,88	24,39
Superávit	0,32	0,08
TOTAL		24,47

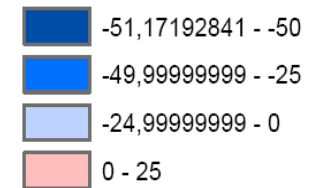


Balance de fósforo en triticale



P_triticale.tif

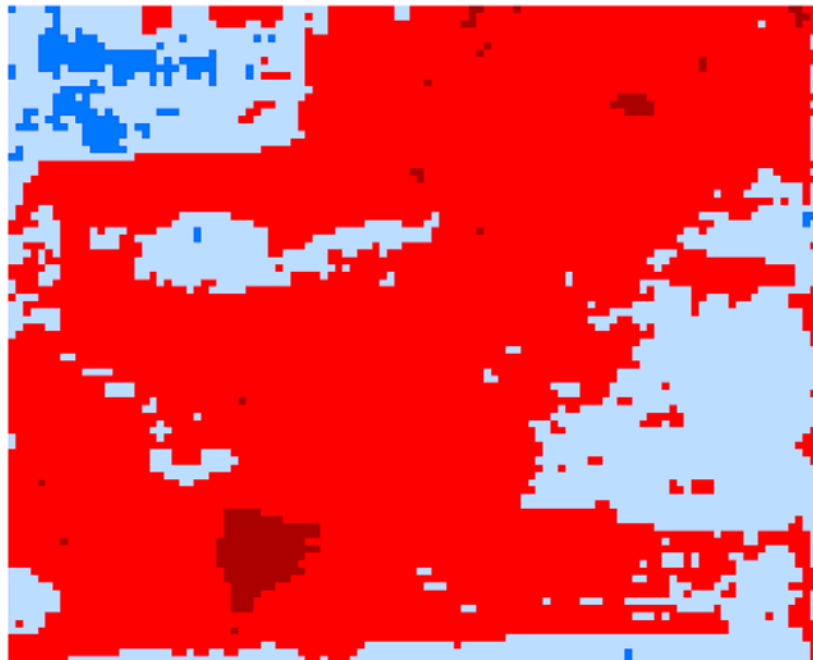
<VALUE>



	U.F.P ₂ O ₅	Has
Déficit	-258,99	20,40
Superávit	14,15	4,07
TOTAL		24,47

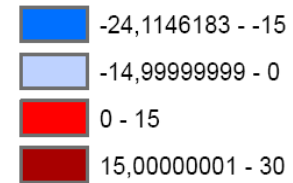


Balance de potasio en triticale



K_triticale.tif

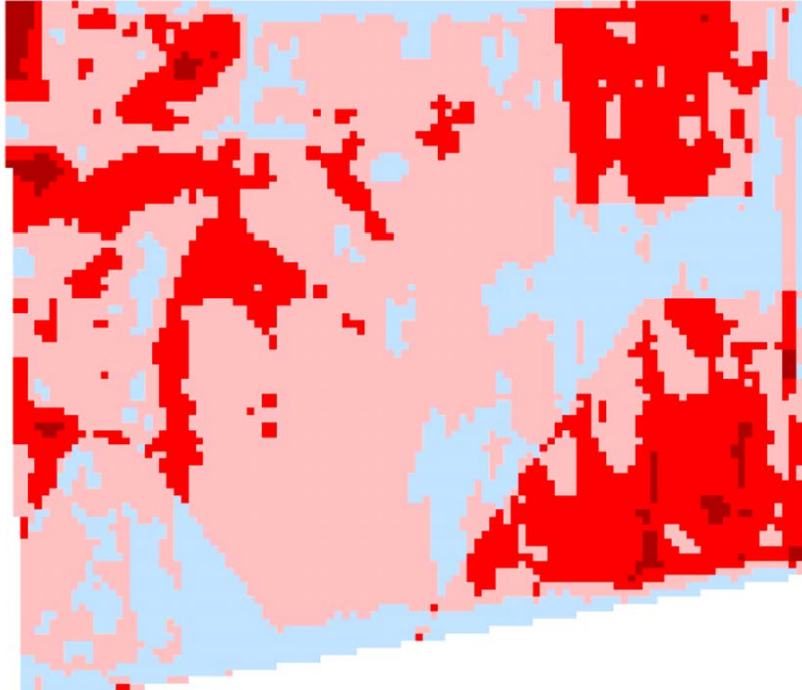
<VALUE>



	U.F.K ₂ O	Has
Déficit	-38,80	7,09
Superávit	120,22	17,38
TOTAL		24,47

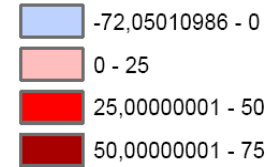


Balance de nitrógeno en trigo



N_trigo.tif

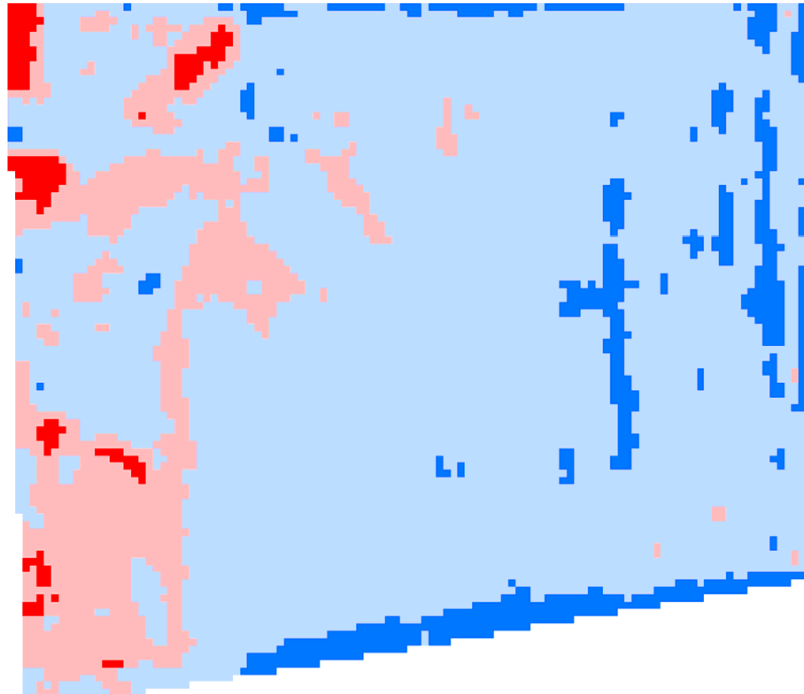
<VALUE>



	U.F.N	Has
Déficit	-52,02	4,9
Superávit	377,61	19,10
TOTAL		24,00





Balance de fósforo en trigo




P_trigo_Clip

<VALUE>

 -37,06848907 - -18,077425

 -18,07742499 - 0

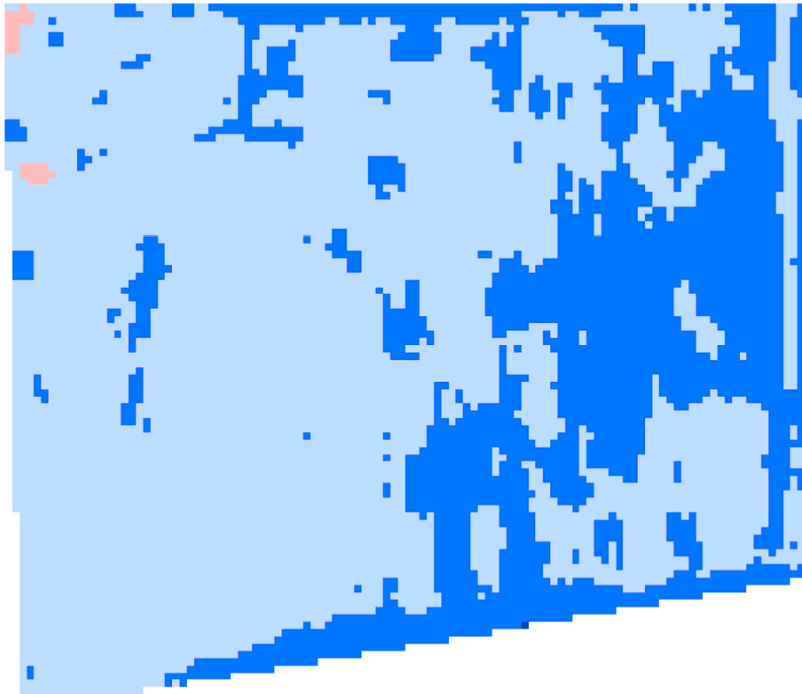
 0 - 9

 9,000000001 - 19,68778992

	U.F.P ₂ O ₅	Has
Déficit	-206,46	20,18
Superávit	16,16	3,82
TOTAL		24,00

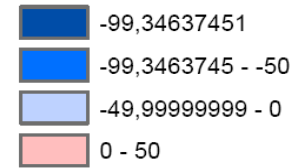


Balance de potasio en trigo



K_trigo_Clip

<VALUE>



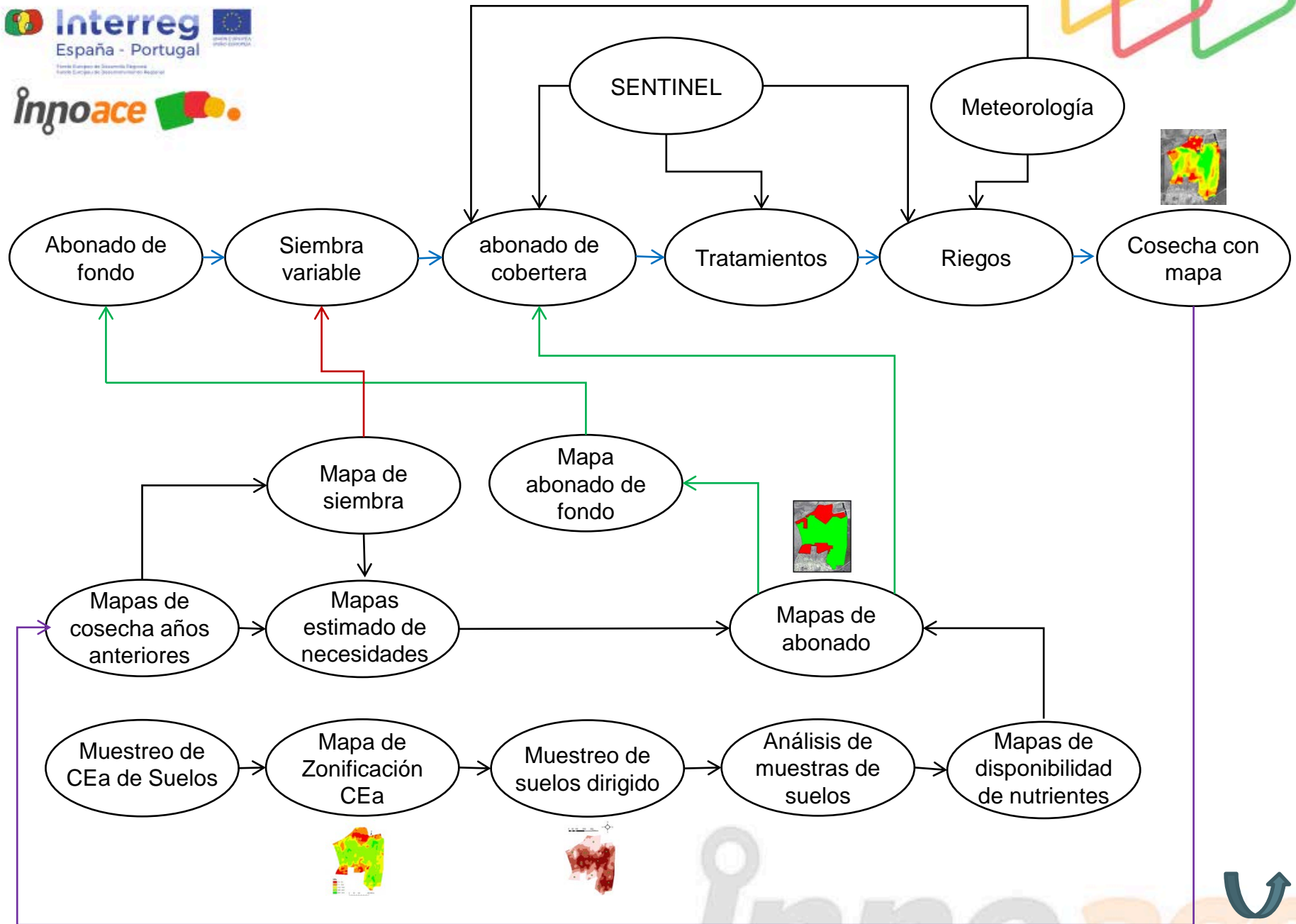
	U.F.K ₂ O	Has
Déficit	-1035,39	23,93
Superávit	0,29	0,07
TOTAL		24,00



Tabla Resumen del Balance de Nutrientes

	N		P2O5		K2O	
	Déficit	Superavit	Déficit	Superavit	Déficit	Superavit
Triticale	-1.223,88	0,32	-258,99	14,15	-38,80	120,22
Trigo	-52,02	377,61	-206,46	16,16	-1.035,39	0,29
TOTALES	-1.275,91	377,93	-465,45	30,30	-1.074,19	120,51
TOTALES	-897,98		-435,15		-953,68	







**Muchas
gracias!**