

Informe de propiedades fisicoquímicas, mineralógicas, y biológicas de suelos en viñedos

Bodega: Bodegas Luis Pérez

Autores: Raúl Ochoa Hueso, Macarena González Ortega

Fecha de presentación del informe: 19/04/2024

1. Introducción

La intensificación de la viticultura y el uso excesivo del arado, los fertilizantes, y los pesticidas han resultado en viñedos altamente erosionados, biológicamente empobrecidos, y mucho más susceptibles a los patógenos y plagas. Esto ha derivado en una demanda creciente de agroquímicos, con consecuencias negativas para los productores y la calidad de sus productos. Por tanto, es necesario repensar los sistemas de producción actuales, incluyendo la viticultura, para asegurar su sostenibilidad ambiental y económica a corto, medio, y largo plazo, y recuperar el papel de los viñedos como reservorios y generadores de riqueza ecológica, económica, y social.

De cara a adaptarse a una agricultura sostenible, los agricultores deberán reducir el uso de químicos y evitar la degradación del suelo. De hecho, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) reconoce que mejorar la sostenibilidad de la agricultura y la recuperación de los paisajes mosaico funcionalmente integrados requerirá una transformación del suelo y su biota asociada. Los microorganismos del suelo juegan un papel clave en cómo los nutrientes del suelo se transfieren a las plantas a través de su actividad (por ejemplo, liberación de enzimas), así como en la supresión de patógenos y plagas.

En este informe se resume la caracterización de propiedades fisicoquímicas, mineralógicas, y biológicas relevantes para la salud de la vid en 237 muestras de suelo recogidas en dos viñedos de la Bodega Luis Pérez, en Jerez de la Frontera (Cádiz).

2. Material y Métodos

Los muestreos se llevaron a cabo durante el mes de enero de 2024. Las muestras se tomaron a dos profundidades, 0-20 cm y 20-40 cm. Los análisis se han llevado a cabo entre los meses de enero a abril de 2024 en la Universidad de Cádiz, para lo cual se han empleado metodologías estándar. En la Tabla 1 se describen las variables analizadas.

Para analizar los datos, se han obtenido los principales estadísticos descriptivos a nivel de localidad y profundidad. Además, se han evaluado las diferencias entre localidades y profundidades, para lo cual se han utilizado modelos lineales. Las diferencias estadísticas se han determinado al nivel $\alpha = 0.05$. Estos datos se han empleado, además, para llevar a cabo una modelización espacial de las variables basadas en análisis geoestadísticos (kriging).

Posteriormente, se han llevado a cabo correlaciones de Pearson entre las variables analizadas. Finalmente, se han llevado a cabo análisis multivariantes (análisis de componentes principales) para reducir la variabilidad asociada a tres grupos de variables: (i) textura, (ii) composición mineralógica, y (iii) actividad enzimática.

Tabla 1. Variables analizadas.

Tipo variable	Variable	Código variable	Unidades	Notas
Descriptor	Identificador único de la muestra	ID		Identificador único de la muestra
Descriptor	Nombre de la Finca	Finca	Corregidor Viejo; San Cayetano	
Descriptor	Código único de la muestra	Código		CV = Corregidor Viejo; SC = San Cayetano
Descriptor	Profundidad de muestreo	Profundidad	cm	20 = 0-20 cm; 40 = 20-40 cm
Descriptor	Latitud	Lat	Grados decimales	Latitud
Descriptor	Longitud	Lon	Grados decimales	Longitud
Fisicoquímica	pH	pH	Sin unidades	Suelo:agua 1:2.5
Fisicoquímica	Potencial redox	ORP	mV	Suelo:agua 1:2.5
Fisicoquímica	Conductividad eléctrica	EC	uS/cm	Suelo:agua 1:2.5
Fisicoquímica	Salinidad	Salinidad	%	Suelo:agua 1:2.5
Fisicoquímica	Contenido de agua gravimétrica	SWC	%	Contenido de agua gravimétrica
Fisicoquímica	Agregados estables	Agregados estables	%	% agregados estables >0.250mm sobre el total
Fisicoquímica	Grava	Grava	%	% >2mm sobre el total
Fisicoquímica	Arena gruesa	Arena.Gruesa	%	% >0.250mm sobre el total
Fisicoquímica	Arena fina	Arena.Fina	%	% >0.053mm sobre el total
Fisicoquímica	Limo	Limo	%	% <0.053mm (decantado) sobre el total
Fisicoquímica	Arcilla	Arcilla	%	% <0.053mm (sobrenadante) sobre el total
Fisicoquímica	Arena	arena.100	%	% sobre 100% arena+limo+arcilla
Fisicoquímica	Limo	limo.100	%	% sobre 100% arena+limo+arcilla
Fisicoquímica	Arcilla	arcilla.100	%	% sobre 100% arena+limo+arcilla
Fertilidad	Materia orgánica	MO.LOI	%	% de materia orgánica por combustión
Fertilidad	Carbono orgánico	C.LOI	%	% de carbono orgánico por combustión
Fertilidad	Nitrógeno orgánico	N.NIR	%	% de nitrógeno orgánico por combustión
Mineralogía	Magnesio	Mg	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Aluminio	Al	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Silicio	Si	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Fósforo	P	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Azufre	S	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Potasio	K	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Calcio	Ca	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Titanio	Ti	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Vanadio	V	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Cromo	Cr	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Manganeso	Mn	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Hierro	Fe	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Cobalto	Co	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Niquel	Ni	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Cobre	Cu	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Zinc	Zn	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Arsénico	As	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Selenio	Se	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Rubidio	Rb	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Estroncio	Sr	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Zirconio	Zr	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Plata	Ag	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Cadmio	Cd	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Estaño	Sn	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Antimonio	Sb	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Bario	Ba	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Mercurio	Hg	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Talio	Tl	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Mineralogía	Plomo	Pb	mg kg soil ⁻¹	Contenido total. Rayos X
Biología	Beta-glucosidasa	BG	nmol actividad g suelo ⁻¹ h ⁻¹	Actividad enzimática ciclo del carbono
Biología	Celobiohidrolasa	CB	nmol actividad g suelo ⁻¹ h ⁻¹	Actividad enzimática ciclo del carbono

Biología	N-acetil-glucosaminidasa	NAG	nmol actividad g suelo ⁻¹ h ⁻¹	Actividad enzimática ciclo del nitrógeno
Biología	Fosfatasa	PHOS	nmol actividad g suelo ⁻¹ h ⁻¹	Actividad enzimática ciclo del fósforo
Biología	Xylosidasa	XYL	nmol actividad g suelo ⁻¹ h ⁻¹	Actividad enzimática ciclo del carbono
Biología	Alpha-glucosidasa	AG	nmol actividad g suelo ⁻¹ h ⁻¹	Actividad enzimática ciclo del carbono
Biología	Leucina-aminopeptidasa	LAP	nmol actividad g suelo ⁻¹ h ⁻¹	Actividad enzimática ciclo del nitrógeno
Biología	Aril-sulfatasa	AS	nmol actividad g suelo ⁻¹ h ⁻¹	Actividad enzimática ciclo del azufre
Relaciones	C:N	CN.ratio	Sin unidades	
Relaciones	Ca:Mg	CaMg.ratio	Sin unidades	
Relaciones	Clay:C	ClayC.ratio	Sin unidades	

3. Resultados

En la Tabla 2 se muestran los principales estadísticos descriptivos para cada localidad y por profundidad de muestreo. Aspectos especialmente destacables incluyen el pH básico de los suelos (> de 8 en ambos viñedos), así como el bajo contenido de materia orgánica (< 1.5% de C orgánico en ambos viñedos). Dada la baja concentración de carbono orgánico, la concentración del resto de los elementos refleja la composición mineralógica de las muestras. La textura de los suelos varía entre arcillosa-limosa (Corregidor Viejo) y franco-arcillosa (San Cayetano). En cuanto a la composición mineral, destaca el contenido relativamente elevado de calcio. Las proporciones de Ca:Mg y arcilla:carbono son elevadas.

Variación entre localidades

En la Tabla 3 se muestran las diferencias entre localidades y por profundidad para las variables analizadas. En términos generales, se observa que Corregidor Viejo tiene suelos con una mayor conductividad eléctrica, mayor contenido de agua, mayor proporción de partículas finas (limo y arcilla), y mayor contenido de materia orgánica. Además, Corregidor Viejo se caracteriza por suelos con mayor contenido de silicio, titanio, vanadio, hierro, cobre, zirconio, y plomo. Por su parte, San Cayetano tiene suelos con mayor proporción de partículas gruesas (grava y arena), mayor concentración de magnesio, aluminio, fósforo, azufre, calcio, manganeso, y bario. Además, San Cayetano presenta valores mayores de actividad del suelo, en concreto para las enzimas BG, CB, PHOS, AG, LAP, y AS.

Profundidad

La proporción de limo y el contenido de carbono disminuyen con la profundidad, mientras que la proporción de arcilla aumenta. Las concentraciones de aluminio, fósforo, titanio, hierro, y bario disminuyen con la profundidad. La actividad enzimática disminuye de forma consistente con la profundidad.

Variación espacial

Las Figuras 1-12 muestran la variabilidad espacial de las principales variables del suelo medidas a 0-20 cm para cada una de las localidades muestreadas. Además, la Figura 13 muestra las relaciones existentes entre las diferentes variables medidas. En el caso del Corregidor Viejo, destacan por presentar un patrón espacial marcado las siguientes variables: pH, SWC, textura, materia orgánica, contenidos de P, S y Ca, y las actividades AG, XYL, y LAP. En el caso de San Cayetano, destacan por presentar un patrón espacial marcado las siguientes variables: pH, SWC, porcentaje de agregados estables, limo, materia orgánica, y las concentraciones de la mayoría de

los minerales. En el caso de las enzimas, NAG, LAP, y AS presentan el patrón espacial más marcado.

Las variables analizadas estuvieron fuertemente correlacionadas entre sí (Figuras 13 y 14). Destacan las relaciones que se establecen entre la textura del suelo, el contenido de agua, y la materia orgánica. En este sentido, los suelos con mayor contenido de materia orgánica se asocian con texturas más finas y con una mayor capacidad de retención de agua. Además, se observaron relaciones entre estas variables y la concentración de ciertos minerales. En concreto, una mayor concentración de materia orgánica y de agua se relacionan de forma positiva con la proporción de silicio y negativamente con la proporción de calcio. Por su parte, las actividades enzimáticas estuvieron fuertemente relacionadas entre sí, y con el contenido de carbono. En concreto, las actividades ligadas al ciclo del carbono se relacionaron de forma positiva con el carbono orgánico, mientras que la fosfatasa y la sulfatasa, lo hicieron de forma negativa.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos por finca y profundidad. N = número de observaciones. SD = desviación estándar.

	Variable	Finca	Profundidad	N	Media	SD	Mediana	Mínimo	Máximo
1	pH	Corregidor	20.00	75.00	8.14	0.18	8.17	7.66	8.53
2	pH	Corregidor	40.00	40.00	8.22	0.20	8.26	7.80	8.50
3	pH	San Cayetano	20.00	90.00	8.14	0.19	8.17	7.56	8.46
4	pH	San Cayetano	40.00	32.00	8.15	0.18	8.19	7.56	8.41
5	ORP	Corregidor	20.00	75.00	-69.32	9.69	-70.80	-90.30	-43.40
6	ORP	Corregidor	40.00	40.00	-73.52	10.68	-75.85	-89.50	-50.40
7	ORP	San Cayetano	20.00	90.00	-72.79	9.70	-74.55	-90.50	-42.60
8	ORP	San Cayetano	40.00	32.00	-73.59	10.45	-77.05	-86.00	-38.10
9	EC	Corregidor	20.00	75.00	162.30	77.91	133.10	86.29	522.40
10	EC	Corregidor	40.00	40.00	176.05	68.04	151.35	116.00	515.80
11	EC	San Cayetano	20.00	90.00	128.42	45.89	112.60	71.71	306.50
12	EC	San Cayetano	40.00	32.00	128.53	37.98	116.00	75.25	240.00
13	Salinidad	Corregidor	20.00	75.00	0.31	0.16	0.30	0.20	1.00
14	Salinidad	Corregidor	40.00	40.00	0.35	0.13	0.30	0.20	1.00
15	Salinidad	San Cayetano	20.00	90.00	0.26	0.09	0.20	0.10	0.60
16	Salinidad	San Cayetano	40.00	32.00	0.25	0.09	0.20	0.10	0.50
17	%SWC	Corregidor	20.00	75.00	29.80	5.03	29.32	20.33	45.44
18	%SWC	Corregidor	40.00	40.00	30.53	5.90	29.85	19.15	46.49
19	%SWC	San Cayetano	20.00	90.00	24.67	2.00	24.51	20.76	30.79
20	%SWC	San Cayetano	40.00	32.00	24.10	2.21	23.63	19.92	28.25
21	%Agregados.estables	Corregidor	20.00	42.00	18.97	14.72	13.40	3.56	64.97
22	%Agregados.estables	Corregidor	40.00	40.00	26.16	19.81	18.15	4.02	74.75
23	%Agregados.estables	San Cayetano	20.00	32.00	16.42	6.18	15.91	6.58	26.50
24	%Agregados.estables	San Cayetano	40.00	32.00	16.84	6.75	16.67	5.58	31.89
25	%Grava	Corregidor	20.00	42.00	0.21	0.43	0.00	0.00	1.63
26	%Grava	Corregidor	40.00	40.00	0.28	0.86	0.00	0.00	4.39
27	%Grava	San Cayetano	20.00	32.00	0.64	1.27	0.00	0.00	6.17
28	%Grava	San Cayetano	40.00	32.00	0.75	1.48	0.00	0.00	7.61
29	%Arena.Gruesa	Corregidor	20.00	42.00	4.21	2.65	3.68	0.60	13.12
30	%Arena.Gruesa	Corregidor	40.00	40.00	4.42	2.61	3.47	0.92	12.41
31	%Arena.Gruesa	San Cayetano	20.00	32.00	9.52	3.61	9.64	2.92	16.65
32	%Arena.Gruesa	San Cayetano	40.00	32.00	11.86	7.38	10.28	2.33	32.82
33	%Arena.Fina	Corregidor	20.00	42.00	6.62	2.03	6.60	4.12	15.19
34	%Arena.Fina	Corregidor	40.00	40.00	6.04	2.18	5.77	2.53	14.88
35	%Arena.Fina	San Cayetano	20.00	32.00	10.87	2.97	10.17	7.28	19.80
36	%Arena.Fina	San Cayetano	40.00	32.00	10.72	3.10	9.67	6.85	17.36
37	%Limo	Corregidor	20.00	42.00	42.54	5.46	42.56	31.48	53.52
38	%Limo	Corregidor	40.00	40.00	39.00	5.90	37.94	25.55	50.69

39	%Limo	San Cayetano	20.00	32.00	45.29	3.92	46.18	36.28	52.77
40	%Limo	San Cayetano	40.00	32.00	41.23	5.26	40.77	31.08	52.73
41	%Arcilla	Corregidor	20.00	42.00	46.42	7.20	47.49	33.68	61.34
42	%Arcilla	Corregidor	40.00	40.00	50.26	7.15	51.24	36.04	65.98
43	%Arcilla	San Cayetano	20.00	32.00	33.67	5.76	32.91	22.55	46.73
44	%Arcilla	San Cayetano	40.00	32.00	35.44	8.12	34.91	19.41	54.13
45	%arena.100	Corregidor	20.00	42.00	10.85	3.96	10.56	5.84	22.76
46	%arena.100	Corregidor	40.00	40.00	10.51	4.05	10.39	3.79	20.16
47	%arena.100	San Cayetano	20.00	32.00	20.53	5.63	20.41	10.20	32.63
48	%arena.100	San Cayetano	40.00	32.00	22.73	9.66	20.19	9.18	48.08
49	%limo.100	Corregidor	20.00	42.00	42.64	5.51	42.56	31.48	53.52
50	%limo.100	Corregidor	40.00	40.00	39.09	5.83	38.10	26.30	50.69
51	%limo.100	San Cayetano	20.00	32.00	45.59	3.96	46.69	36.28	52.77
52	%limo.100	San Cayetano	40.00	32.00	41.56	5.45	41.07	31.13	52.73
53	%arcilla.100	Corregidor	20.00	42.00	46.51	7.15	47.49	33.68	61.34
54	%arcilla.100	Corregidor	40.00	40.00	50.40	7.12	51.24	36.04	65.98
55	%arcilla.100	San Cayetano	20.00	32.00	33.88	5.72	32.91	22.83	46.73
56	%arcilla.100	San Cayetano	40.00	32.00	35.71	8.10	34.93	19.41	54.13
57	%MO.LOI	Corregidor	20.00	42.00	2.54	0.36	2.54	1.74	3.30
58	%MO.LOI	Corregidor	40.00	40.00	2.41	0.37	2.42	1.42	3.23
59	%MO.LOI	San Cayetano	20.00	32.00	1.90	0.34	1.88	1.14	2.78
60	%MO.LOI	San Cayetano	40.00	32.00	1.77	0.29	1.76	1.21	2.42
61	%C.LOI	Corregidor	20.00	42.00	1.47	0.21	1.47	1.01	1.92
62	%C.LOI	Corregidor	40.00	40.00	1.40	0.22	1.40	0.83	1.87
63	%C.LOI	San Cayetano	20.00	32.00	1.10	0.19	1.09	0.66	1.62
64	%C.LOI	San Cayetano	40.00	32.00	1.02	0.17	1.02	0.70	1.40
65	%N.NIR	Corregidor	20.00	75.00	0.20	0.03	0.18	0.14	0.28
66	%N.NIR	Corregidor	40.00	40.00	0.21	0.04	0.20	0.16	0.31
67	%N.NIR	San Cayetano	20.00	90.00	0.17	0.01	0.17	0.14	0.22
68	%N.NIR	San Cayetano	40.00	32.00	0.18	0.01	0.17	0.16	0.21
69	Mg	Corregidor	20.00	75.00	20192.15	2944.31	20028.00	14230.00	27976.00
70	Mg	Corregidor	40.00	40.00	20634.68	3049.08	20622.00	15412.00	28209.00
71	Mg	San Cayetano	20.00	90.00	21432.89	2834.31	21114.50	16145.00	29156.00
72	Mg	San Cayetano	40.00	32.00	21229.97	2525.74	20785.00	16907.00	26470.00
73	Al	Corregidor	20.00	75.00	57208.51	3664.08	57275.00	50475.00	66273.00
74	Al	Corregidor	40.00	40.00	54889.50	3680.48	54535.00	48508.00	64839.00
75	Al	San Cayetano	20.00	90.00	59973.44	4010.24	59784.00	51327.00	69125.00
76	Al	San Cayetano	40.00	32.00	58448.44	3470.23	57454.00	52388.00	67819.00
77	Si	Corregidor	20.00	75.00	172170.17	18269.76	168939.00	134975.00	214662.00
78	Si	Corregidor	40.00	40.00	169212.20	19049.07	167060.50	131492.00	206992.00
79	Si	San Cayetano	20.00	90.00	158943.36	16883.98	160200.50	96412.00	192131.00
80	Si	San Cayetano	40.00	32.00	156438.28	15739.80	157797.00	102644.00	196483.00
81	P	Corregidor	20.00	75.00	1058.87	148.11	1042.00	770.00	1570.00
82	P	Corregidor	40.00	40.00	1027.63	183.99	975.50	770.00	1556.00
83	P	San Cayetano	20.00	90.00	1236.14	165.68	1217.00	945.00	1877.00
84	P	San Cayetano	40.00	32.00	1173.84	171.27	1138.00	942.00	1756.00
85	S	Corregidor	20.00	75.00	214.43	157.12	206.00	0.10	1077.00
86	S	Corregidor	40.00	40.00	222.52	216.47	191.00	0.10	1059.00
87	S	San Cayetano	20.00	90.00	339.35	215.43	290.00	0.10	1128.00
88	S	San Cayetano	40.00	32.00	322.11	340.96	251.50	0.10	1891.00
89	K	Corregidor	20.00	75.00	8038.15	705.22	7953.00	6317.00	9542.00
90	K	Corregidor	40.00	40.00	7870.88	722.37	7989.00	6525.00	9258.00
91	K	San Cayetano	20.00	90.00	8192.49	1096.48	8471.77	5279.00	9982.00
92	K	San Cayetano	40.00	32.00	8062.21	1262.84	8108.00	5182.00	10167.85
93	Ca	Corregidor	20.00	75.00	144947.60	20342.42	142540.00	107720.00	191668.00
94	Ca	Corregidor	40.00	40.00	140129.95	20529.14	135947.50	108641.00	200402.00
95	Ca	San Cayetano	20.00	90.00	173643.74	27385.96	168265.00	131374.00	274927.00
96	Ca	San Cayetano	40.00	32.00	169922.50	26839.68	167603.00	123667.00	263346.00
97	Ti	Corregidor	20.00	75.00	2589.55	278.28	2617.00	1734.00	3100.00
98	Ti	Corregidor	40.00	40.00	2426.83	322.85	2467.50	1687.00	3014.00

99	Ti	San Cayetano	20.00	90.00	2458.13	354.13	2491.00	1550.00	3328.00
100	Ti	San Cayetano	40.00	32.00	2362.00	287.11	2420.50	1842.00	3004.00
101	V	Corregidor	20.00	75.00	131.23	13.53	133.00	87.00	163.00
102	V	Corregidor	40.00	40.00	125.38	10.89	127.00	106.00	146.00
103	V	San Cayetano	20.00	90.00	123.88	16.32	125.00	83.00	159.00
104	V	San Cayetano	40.00	32.00	125.44	12.40	125.50	100.00	145.00
105	Cr	Corregidor	20.00	75.00	0.87	4.69	0.10	0.10	30.00
106	Cr	Corregidor	40.00	40.00	0.47	2.36	0.10	0.10	15.00
107	Cr	San Cayetano	20.00	90.00	1.05	7.46	0.10	0.10	69.00
108	Cr	San Cayetano	40.00	32.00	0.63	2.99	0.10	0.10	17.00
109	Mn	Corregidor	20.00	75.00	194.75	44.04	191.00	92.00	319.00
110	Mn	Corregidor	40.00	40.00	189.58	44.77	188.00	110.00	281.00
111	Mn	San Cayetano	20.00	90.00	345.06	163.24	326.00	117.00	828.00
112	Mn	San Cayetano	40.00	32.00	315.19	148.42	316.00	94.00	634.00
113	Fe	Corregidor	20.00	75.00	27337.77	2613.05	27470.00	21282.00	33610.00
114	Fe	Corregidor	40.00	40.00	26184.33	2499.79	26190.00	19908.00	31871.00
115	Fe	San Cayetano	20.00	90.00	25650.89	3076.57	25916.00	18151.00	31070.00
116	Fe	San Cayetano	40.00	32.00	24936.50	2838.45	24590.50	20621.00	30135.00
117	Co	Corregidor	20.00	75.00	1.47	5.82	0.30	0.30	32.00
118	Co	Corregidor	40.00	40.00	2.35	7.39	0.30	0.30	32.00
119	Co	San Cayetano	20.00	90.00	1.15	4.61	0.30	0.30	29.00
120	Co	San Cayetano	40.00	32.00	2.03	6.83	0.30	0.30	30.00
121	Ni	Corregidor	20.00	75.00	27.73	5.11	28.00	14.00	39.00
122	Ni	Corregidor	40.00	40.00	27.38	6.15	28.50	12.00	43.00
123	Ni	San Cayetano	20.00	90.00	28.52	15.63	27.00	14.00	166.00
124	Ni	San Cayetano	40.00	32.00	29.81	21.74	26.00	14.00	144.00
125	Cu	Corregidor	20.00	75.00	93.03	31.43	91.00	34.00	171.00
126	Cu	Corregidor	40.00	40.00	90.38	31.06	82.00	49.00	184.00
127	Cu	San Cayetano	20.00	90.00	73.14	15.54	73.50	36.00	120.00
128	Cu	San Cayetano	40.00	32.00	65.50	21.26	62.00	35.00	116.00
129	Zn	Corregidor	20.00	75.00	92.73	10.92	94.00	62.00	115.00
130	Zn	Corregidor	40.00	40.00	88.88	19.24	85.00	61.00	179.00
131	Zn	San Cayetano	20.00	90.00	93.24	18.14	91.00	57.00	173.00
132	Zn	San Cayetano	40.00	32.00	90.78	35.61	81.50	62.00	247.00
133	As	Corregidor	20.00	75.00	5.47	4.56	6.00	0.30	26.00
134	As	Corregidor	40.00	40.00	6.23	4.25	7.00	0.30	14.00
135	As	San Cayetano	20.00	90.00	4.84	3.83	6.00	0.30	14.00
136	As	San Cayetano	40.00	32.00	5.03	3.86	5.00	0.30	13.00
137	Se	Corregidor	20.00	75.00	0.35	0.43	0.30	0.30	4.00
138	Se	Corregidor	40.00	40.00	0.30	0.00	0.30	0.30	0.30
139	Se	San Cayetano	20.00	90.00	0.42	0.67	0.30	0.30	4.00
140	Se	San Cayetano	40.00	32.00	0.42	0.65	0.30	0.30	4.00
141	Rb	Corregidor	20.00	75.00	71.29	9.27	71.00	49.00	94.00
142	Rb	Corregidor	40.00	40.00	69.25	6.84	69.50	56.00	88.00
143	Rb	San Cayetano	20.00	90.00	70.70	12.13	71.00	43.00	99.00
144	Rb	San Cayetano	40.00	32.00	71.09	13.23	72.00	44.00	104.00
145	Sr	Corregidor	20.00	75.00	432.53	48.94	430.00	335.00	549.00
146	Sr	Corregidor	40.00	40.00	425.63	56.57	417.50	323.00	537.00
147	Sr	San Cayetano	20.00	90.00	438.98	79.11	442.00	221.00	601.00
148	Sr	San Cayetano	40.00	32.00	433.59	74.00	434.00	249.00	539.00
149	Zr	Corregidor	20.00	75.00	90.49	8.05	90.00	73.00	107.00
150	Zr	Corregidor	40.00	40.00	87.30	8.81	89.50	66.00	105.00
151	Zr	San Cayetano	20.00	90.00	84.11	10.81	84.50	56.00	116.00
152	Zr	San Cayetano	40.00	32.00	83.09	11.83	84.00	62.00	119.00
153	Ag	Corregidor	20.00	75.00	0.60	0.00	0.60	0.60	0.60
154	Ag	Corregidor	40.00	40.00	0.60	0.00	0.60	0.60	0.60
155	Ag	San Cayetano	20.00	90.00	0.60	0.00	0.60	0.60	0.60
156	Ag	San Cayetano	40.00	32.00	1.24	3.61	0.60	0.60	21.00
157	Cd	Corregidor	20.00	75.00	1.40	0.00	1.40	1.40	1.40
158	Cd	Corregidor	40.00	40.00	1.40	0.00	1.40	1.40	1.40

159	Cd	San Cayetano	20.00	90.00	1.62	2.07	1.40	1.40	21.00
160	Cd	San Cayetano	40.00	32.00	1.95	3.11	1.40	1.40	19.00
161	Sn	Corregidor	20.00	75.00	1.74	3.29	1.20	1.20	22.00
162	Sn	Corregidor	40.00	40.00	2.01	2.94	1.20	1.20	15.00
163	Sn	San Cayetano	20.00	90.00	1.42	1.45	1.20	1.20	11.00
164	Sn	San Cayetano	40.00	32.00	2.87	5.65	1.20	1.20	27.00
165	Sb	Corregidor	20.00	75.00	2.18	8.83	0.40	0.40	50.00
166	Sb	Corregidor	40.00	40.00	0.40	0.00	0.40	0.40	0.40
167	Sb	San Cayetano	20.00	90.00	0.98	5.54	0.40	0.40	53.00
168	Sb	San Cayetano	40.00	32.00	0.40	0.00	0.40	0.40	0.40
169	Ba	Corregidor	20.00	75.00	134.72	106.79	162.00	11.00	413.00
170	Ba	Corregidor	40.00	40.00	123.00	107.89	151.50	11.00	292.00
171	Ba	San Cayetano	20.00	90.00	204.73	123.43	212.00	11.00	452.00
172	Ba	San Cayetano	40.00	32.00	131.38	121.39	153.00	11.00	422.00
173	Hg	Corregidor	20.00	75.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
174	Hg	Corregidor	40.00	40.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
175	Hg	San Cayetano	20.00	90.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
176	Hg	San Cayetano	40.00	32.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
177	Tl	Corregidor	20.00	75.00	0.50	0.00	0.50	0.50	0.50
178	Tl	Corregidor	40.00	40.00	0.50	0.00	0.50	0.50	0.50
179	Tl	San Cayetano	20.00	90.00	0.61	1.00	0.50	0.50	10.00
180	Tl	San Cayetano	40.00	32.00	0.50	0.00	0.50	0.50	0.50
181	Pb	Corregidor	20.00	75.00	18.99	36.84	1.00	1.00	222.00
182	Pb	Corregidor	40.00	40.00	64.35	257.36	1.00	1.00	1636.00
183	Pb	San Cayetano	20.00	90.00	5.34	8.95	1.00	1.00	31.00
184	Pb	San Cayetano	40.00	32.00	5.41	14.24	1.00	1.00	74.00
185	BG	Corregidor	20.00	75.00	33.12	17.25	28.83	9.00	77.91
186	BG	Corregidor	40.00	40.00	29.47	20.07	22.40	6.86	89.90
187	BG	San Cayetano	20.00	90.00	43.79	22.78	36.96	16.17	162.99
188	BG	San Cayetano	40.00	32.00	27.78	9.50	26.65	13.38	55.60
189	CB	Corregidor	20.00	75.00	7.88	3.99	7.00	2.92	26.31
190	CB	Corregidor	40.00	40.00	5.13	2.21	4.50	2.86	11.43
191	CB	San Cayetano	20.00	90.00	10.25	4.04	8.82	4.83	32.41
192	CB	San Cayetano	40.00	32.00	7.13	1.55	6.93	4.48	11.54
193	NAG	Corregidor	20.00	75.00	13.98	4.90	12.53	7.77	33.74
194	NAG	Corregidor	40.00	40.00	12.33	4.43	11.04	7.31	30.10
195	NAG	San Cayetano	20.00	90.00	14.88	7.45	13.40	0.00	56.28
196	NAG	San Cayetano	40.00	32.00	11.50	3.55	10.38	8.33	24.00
197	PHOS	Corregidor	20.00	75.00	275.10	46.35	267.29	133.41	387.47
198	PHOS	Corregidor	40.00	40.00	266.77	35.86	262.50	209.91	374.36
199	PHOS	San Cayetano	20.00	90.00	385.69	38.39	381.94	316.84	576.17
200	PHOS	San Cayetano	40.00	32.00	352.96	43.07	351.04	292.99	449.00
201	%XYL	Corregidor	20.00	75.00	5.12	3.13	4.49	1.38	16.79
202	%XYL	Corregidor	40.00	40.00	3.70	2.03	3.26	1.33	10.20
203	%XYL	San Cayetano	20.00	90.00	4.97	2.58	4.13	1.32	16.98
204	%XYL	San Cayetano	40.00	32.00	2.77	1.05	2.54	1.40	5.45
205	AG	Corregidor	20.00	75.00	15.61	5.57	15.35	6.52	28.29
206	AG	Corregidor	40.00	40.00	11.98	4.84	10.93	4.00	27.34
207	AG	San Cayetano	20.00	90.00	26.10	5.92	25.25	15.15	43.30
208	AG	San Cayetano	40.00	32.00	19.44	2.95	18.64	13.73	26.61
209	LAP	Corregidor	20.00	75.00	307.30	141.76	276.85	8.34	820.20
210	LAP	Corregidor	40.00	40.00	360.86	156.24	328.40	160.73	832.46
211	LAP	San Cayetano	20.00	90.00	497.46	115.40	468.32	234.95	909.24
212	LAP	San Cayetano	40.00	32.00	442.63	112.20	450.96	233.50	696.00
213	AS	Corregidor	20.00	75.00	20.98	2.34	20.52	15.47	28.84
214	AS	Corregidor	40.00	40.00	20.13	2.01	20.15	15.80	24.20
215	AS	San Cayetano	20.00	90.00	28.06	2.47	28.27	22.82	34.39
216	AS	San Cayetano	40.00	32.00	27.01	3.31	26.81	21.83	34.75
217	CN.ratio	Corregidor	20.00	42.00	7.55	1.43	7.36	5.26	10.65
218	CN.ratio	Corregidor	40.00	40.00	6.88	1.22	6.78	3.63	9.82

219	CN.ratio	San Cayetano	20.00	32.00	6.43	1.23	6.25	3.87	9.71
220	CN.ratio	San Cayetano	40.00	32.00	5.82	1.06	5.68	3.97	8.13
221	CaMg.ratio	Corregidor	20.00	75.00	7.30	1.31	7.06	5.28	10.39
222	CaMg.ratio	Corregidor	40.00	40.00	6.90	1.21	6.92	4.37	9.53
223	CaMg.ratio	San Cayetano	20.00	90.00	8.21	1.46	8.11	5.29	12.19
224	CaMg.ratio	San Cayetano	40.00	32.00	8.09	1.45	8.04	5.66	11.30
225	ClayC.ratio	Corregidor	20.00	42.00	31.85	4.72	31.12	22.31	42.80
226	ClayC.ratio	Corregidor	40.00	40.00	36.44	5.20	35.70	25.68	50.34
227	ClayC.ratio	San Cayetano	20.00	32.00	31.33	5.62	31.85	20.00	42.89
228	ClayC.ratio	San Cayetano	40.00	32.00	35.47	9.14	34.34	21.53	59.97

Tabla 3. Análisis estadísticos que reflejan la variación por finca y profundidad. Valores en negrita indican diferencias significativas al nivel 0.05.

	Df	F value	Pr(>F)
pH.Finca	1	1.22	0.271
pH.Profundidad	1	3.32	0.070
pH.Finca:Profundidad	1	1.40	0.238
ORP.Finca	1	2.95	0.087
ORP.Profundidad	1	3.35	0.069
ORP.Finca:Profundidad	1	1.44	0.231
EC.Finca	1	23.89	0.000
EC.Profundidad	1	0.71	0.400
EC.Finca:Profundidad	1	0.62	0.431
Salinidad.Finca	1	19.65	0.000
Salinidad.Profundidad	1	0.94	0.333
Salinidad.Finca:Profundidad	1	1.12	0.292
%SWC.Finca	1	112.71	0.000
%SWC.Profundidad	1	0.04	0.839
%SWC.Finca:Profundidad	1	1.32	0.252
%Agregados.estables.Finca	1	6.51	0.012
%Agregados.estables.Profundidad	1	3.44	0.066
%Agregados.estables.Finca:Profundidad	1	2.19	0.141
%Grava.Finca	1	6.81	0.010
%Grava.Profundidad	1	0.26	0.608
%Grava.Finca:Profundidad	1	0.01	0.922
%Arena.Gruesa.Finca	1	78.46	0.000
%Arena.Gruesa.Profundidad	1	2.59	0.110
%Arena.Gruesa.Finca:Profundidad	1	2.18	0.142
%Arena.Fina.Finca	1	109.73	0.000
%Arena.Fina.Profundidad	1	0.87	0.352
%Arena.Fina.Finca:Profundidad	1	0.24	0.622
%Limo.Finca	1	7.80	0.006
%Limo.Profundidad	1	18.85	0.000
%Limo.Finca:Profundidad	1	0.09	0.768

%Arcilla.Finca	1	133.91	0.000
%Arcilla.Profundidad	1	6.19	0.014
%Arcilla.Finca:Profundidad	1	0.76	0.386
%arena.100.Finca	1	118.40	0.000
%arena.100.Profundidad	1	0.60	0.440
%arena.100.Finca:Profundidad	1	1.60	0.208
%limo.100.Finca	1	9.15	0.003
%limo.100.Profundidad	1	18.39	0.000
%limo.100.Finca:Profundidad	1	0.07	0.785
%arcilla.100.Finca	1	132.75	0.000
%arcilla.100.Profundidad	1	6.48	0.012
%arcilla.100.Finca:Profundidad	1	0.76	0.385
%MO.LOI.Finca	1	127.14	0.000
%MO.LOI.Profundidad	1	5.16	0.025
%MO.LOI.Finca:Profundidad	1	0.00	0.960
%C.LOI.Finca	1	127.14	0.000
%C.LOI.Profundidad	1	5.16	0.025
%C.LOI.Finca:Profundidad	1	0.00	0.960
%N.NIR.Finca	1	62.61	0.000
%N.NIR.Profundidad	1	5.44	0.021
%N.NIR.Finca:Profundidad	1	0.98	0.323
Mg.Finca	1	7.69	0.006
Mg.Profundidad	1	0.11	0.739
Mg.Finca:Profundidad	1	0.63	0.429
Al.Finca	1	41.71	0.000
Al.Profundidad	1	13.13	0.000
Al.Finca:Profundidad	1	0.55	0.460
Si.Finca	1	31.70	0.000
Si.Profundidad	1	1.21	0.272
Si.Finca:Profundidad	1	0.01	0.928
P.Finca	1	64.67	0.000
P.Profundidad	1	3.89	0.050
P.Finca:Profundidad	1	0.44	0.507
S.Finca	1	16.74	0.000
S.Profundidad	1	0.02	0.900
S.Finca:Profundidad	1	0.16	0.687
K.Finca	1	2.05	0.153
K.Profundidad	1	1.21	0.272
K.Finca:Profundidad	1	0.02	0.892
Ca.Finca	1	87.55	0.000
Ca.Profundidad	1	1.57	0.211

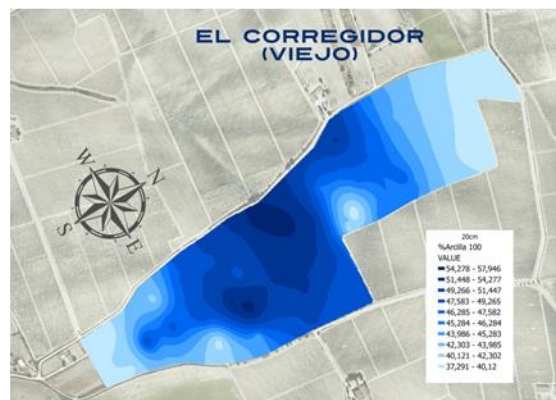
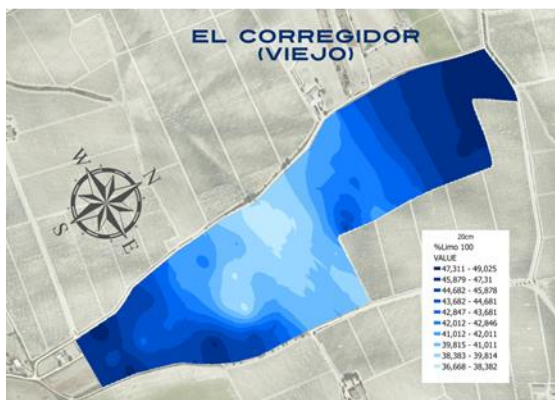
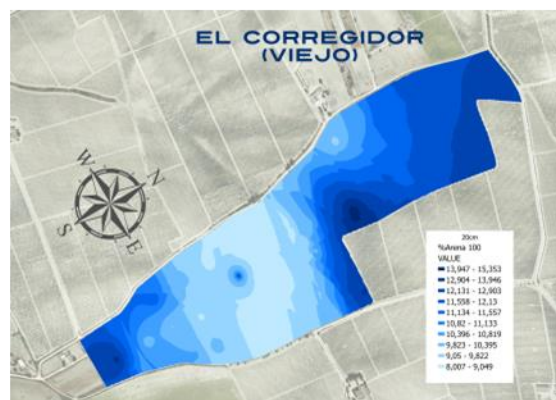
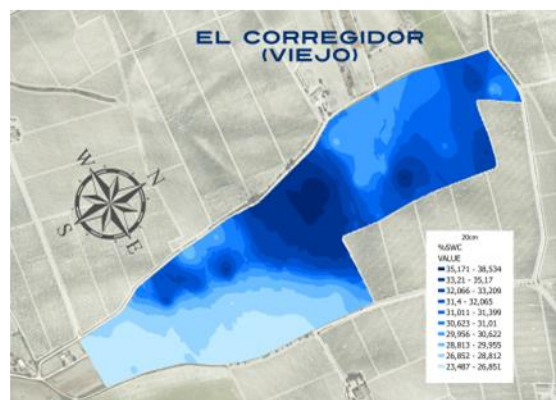
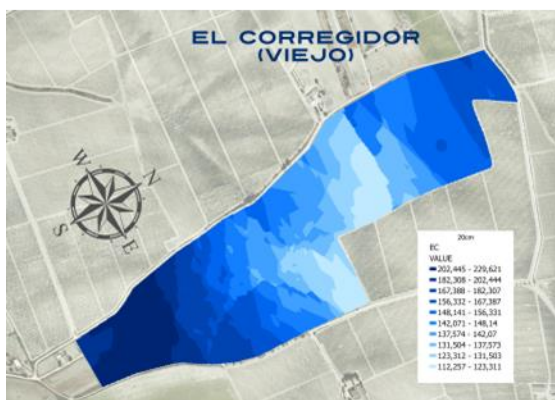
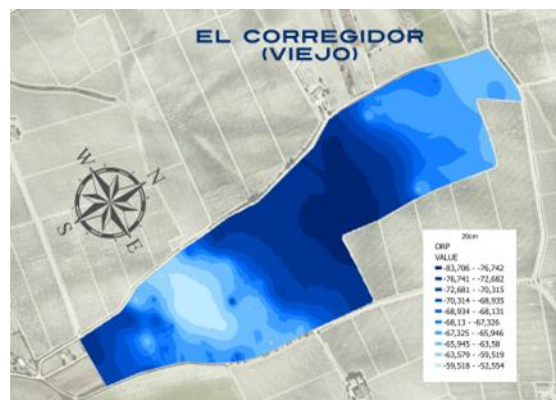
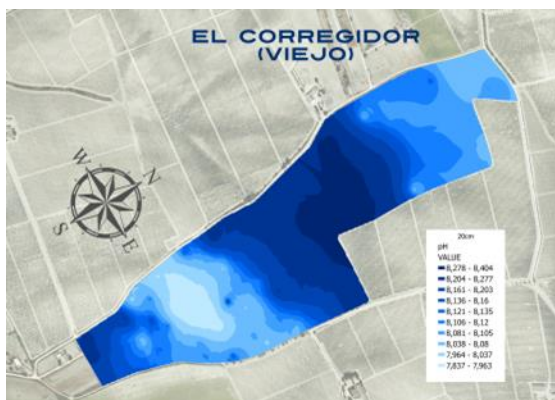
Ca.Finca:Profundidad	1	0.03	0.873
Ti.Finca	1	5.87	0.016
Ti.Profundidad	1	8.46	0.004
Ti.Finca:Profundidad	1	0.54	0.461
V.Finca	1	7.11	0.008
V.Profundidad	1	1.35	0.247
V.Finca:Profundidad	1	3.40	0.066
Cr.Finca	1	0.09	0.770
Cr.Profundidad	1	0.28	0.599
Cr.Finca:Profundidad	1	0.00	0.986
Mn.Finca	1	87.63	0.000
Mn.Profundidad	1	1.01	0.316
Mn.Finca:Profundidad	1	0.54	0.464
Fe.Finca	1	16.26	0.000
Fe.Profundidad	1	5.61	0.019
Fe.Finca:Profundidad	1	0.30	0.583
Co.Finca	1	0.28	0.597
Co.Profundidad	1	1.13	0.289
Co.Finca:Profundidad	1	0.00	0.996
Ni.Finca	1	0.54	0.462
Ni.Profundidad	1	0.05	0.819
Ni.Finca:Profundidad	1	0.20	0.657
Cu.Finca	1	41.46	0.000
Cu.Profundidad	1	2.00	0.159
Cu.Finca:Profundidad	1	0.49	0.484
Zn.Finca	1	0.22	0.640
Zn.Profundidad	1	1.29	0.258
Zn.Finca:Profundidad	1	0.06	0.805
As.Finca	1	2.44	0.120
As.Profundidad	1	0.70	0.402
As.Finca:Profundidad	1	0.24	0.625
Se.Finca	1	1.65	0.200
Se.Profundidad	1	0.15	0.697
Se.Finca:Profundidad	1	0.08	0.784
Rb.Finca	1	0.03	0.874
Rb.Profundidad	1	0.34	0.560
Rb.Finca:Profundidad	1	0.64	0.424
Sr.Finca	1	0.74	0.390
Sr.Profundidad	1	0.43	0.512
Sr.Finca:Profundidad	1	0.01	0.936
Zr.Finca	1	18.75	0.000

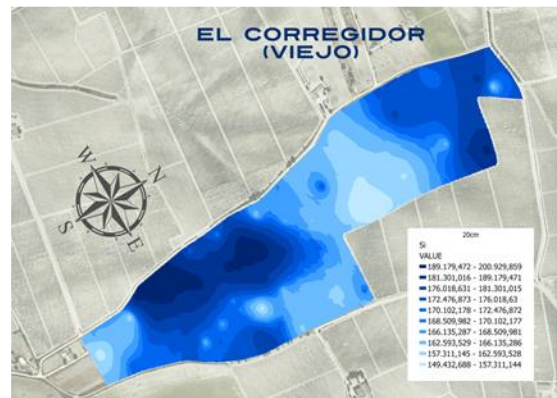
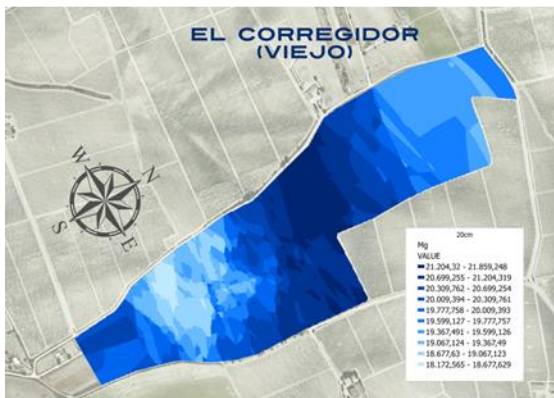
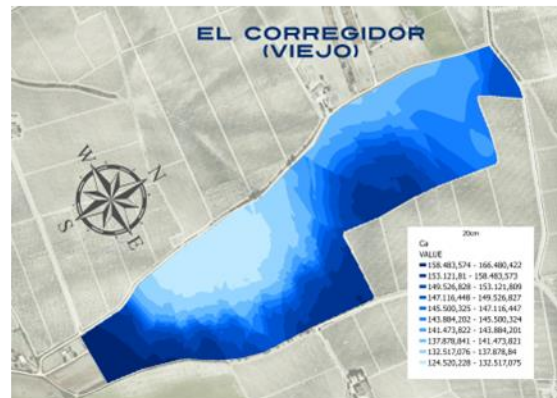
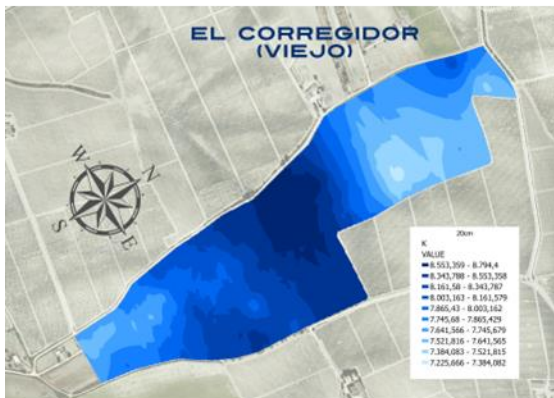
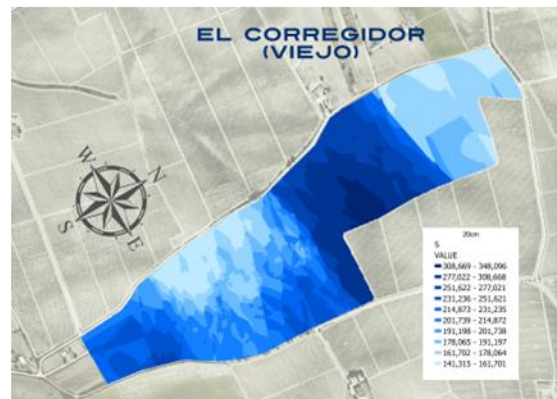
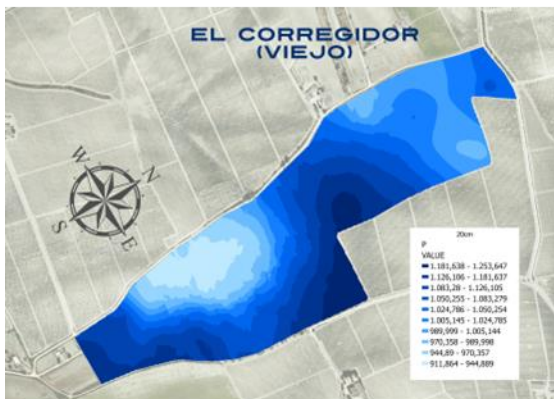
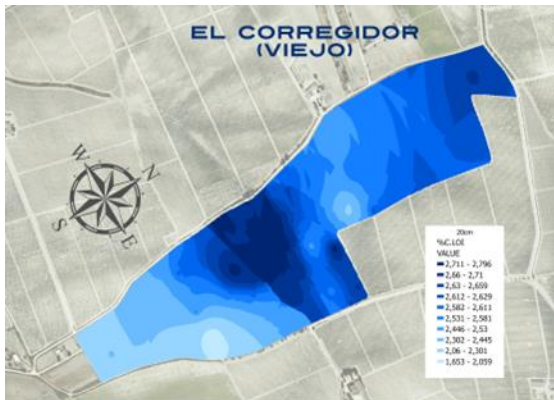
Zr.Profundidad	1	2.39	0.123
Zr.Finca:Profundidad	1	0.61	0.437
Ag.Finca	1	0.96	0.329
Ag.Profundidad	1	2.63	0.106
Ag.Finca:Profundidad	1	2.91	0.089
Cd.Finca	1	1.89	0.171
Cd.Profundidad	1	0.42	0.516
Cd.Finca:Profundidad	1	0.47	0.494
Sn.Finca	1	0.01	0.929
Sn.Profundidad	1	3.44	0.065
Sn.Finca:Profundidad	1	1.74	0.188
Sb.Finca	1	0.87	0.352
Sb.Profundidad	1	2.01	0.158
Sb.Finca:Profundidad	1	0.49	0.485
Ba.Finca	1	13.34	0.000
Ba.Profundidad	1	6.26	0.013
Ba.Finca:Profundidad	1	3.53	0.062
Hg.Finca	1	1.06	0.305
Hg.Profundidad	1	0.57	0.449
Hg.Finca:Profundidad	1	0.52	0.471
Tl.Finca	1	0.94	0.334
Tl.Profundidad	1	0.33	0.568
Tl.Finca:Profundidad	1	0.36	0.549
Pb.Finca	1	4.42	0.037
Pb.Profundidad	1	2.44	0.120
Pb.Finca:Profundidad	1	2.20	0.140
BG.Finca	1	9.53	0.002
BG.Profundidad	1	12.12	0.001
BG.Finca:Profundidad	1	5.09	0.025
CB.Finca	1	30.04	0.000
CB.Profundidad	1	34.26	0.000
CB.Finca:Profundidad	1	0.14	0.707
NAG.Finca	1	0.60	0.440
NAG.Profundidad	1	8.96	0.003
NAG.Finca:Profundidad	1	1.09	0.298
PHOS.Finca	1	381.63	0.000
PHOS.Profundidad	1	11.55	0.001
PHOS.Finca:Profundidad	1	4.32	0.039
XYL.Finca	1	0.51	0.474
XYL.Profundidad	1	24.49	0.000
XYL.Finca:Profundidad	1	1.15	0.284

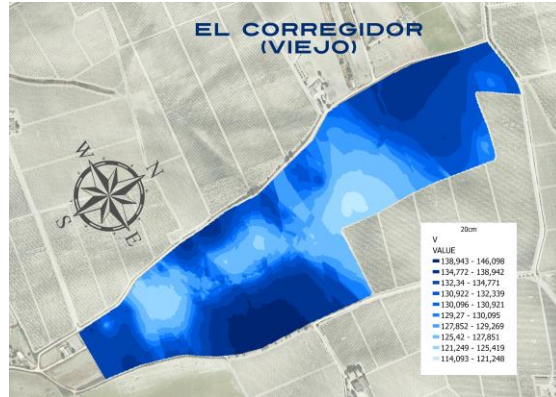
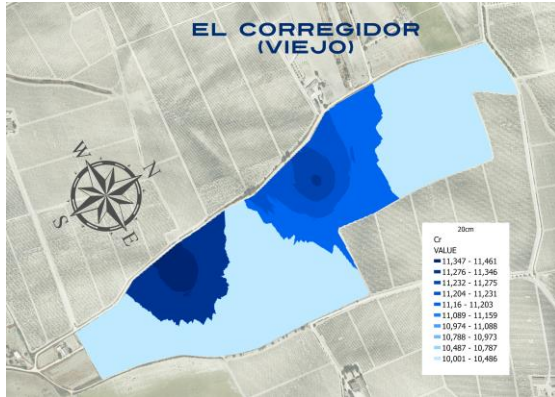
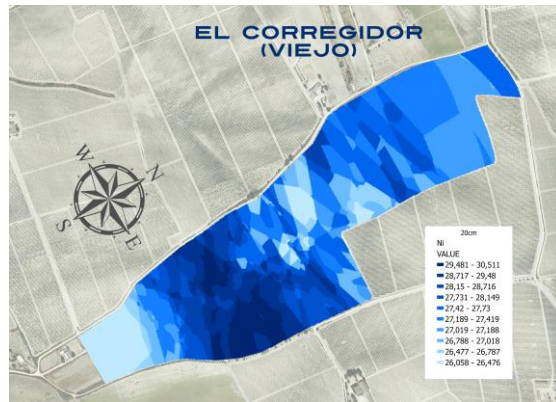
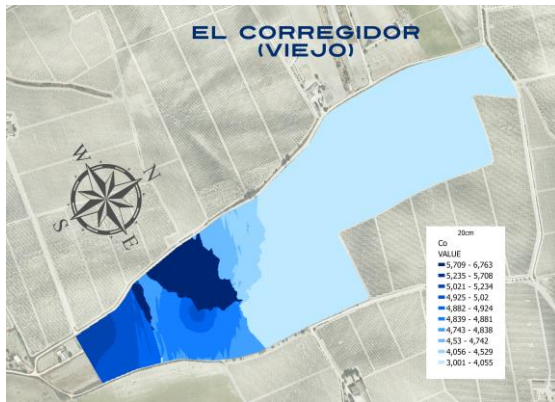
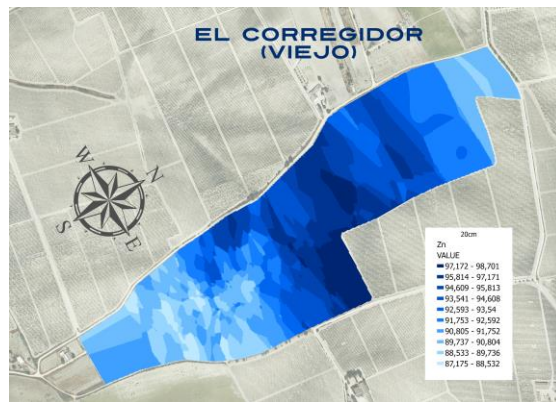
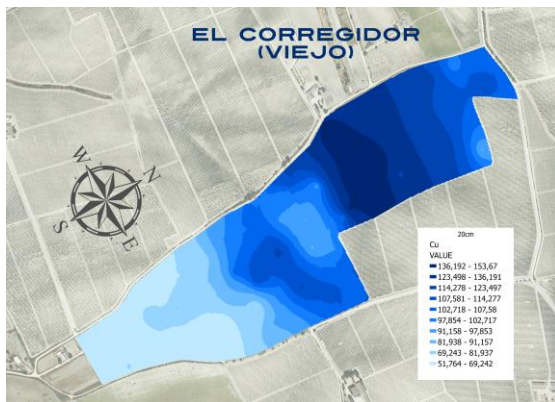
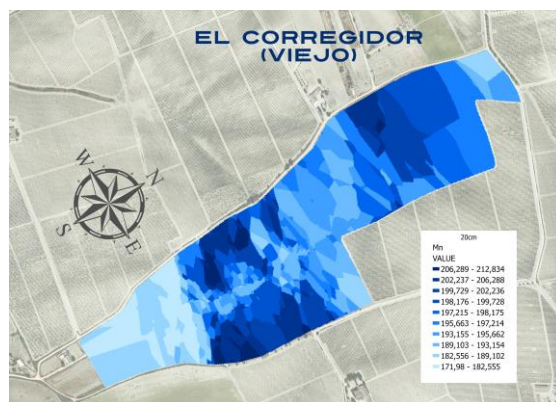
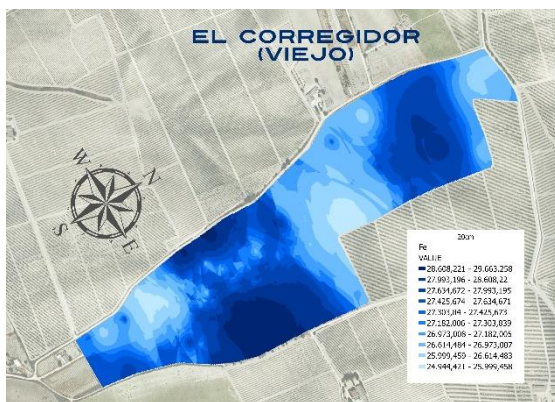
AG.Finca	1	209.20	0.000
AG.Profundidad	1	45.09	0.000
AG.Finca:Profundidad	1	4.04	0.046
LAP.Finca	1	84.84	0.000
LAP.Profundidad	1	0.01	0.912
LAP.Finca:Profundidad	1	8.45	0.004
AS.Finca	1	481.70	0.000
AS.Profundidad	1	7.21	0.008
AS.Finca:Profundidad	1	0.08	0.771
CN.ratio.Finca	1	27.37	0.000
CN.ratio.Profundidad	1	9.57	0.002
CN.ratio.Finca:Profundidad	1	0.02	0.882
CaMg.ratio.Finca	1	32.84	0.000
CaMg.ratio.Profundidad	1	1.82	0.179
CaMg.ratio.Finca:Profundidad	1	0.52	0.472
ClayC.ratio.Finca	1	0.44	0.507
ClayC.ratio.Profundidad	1	18.07	0.000
ClayC.ratio.Finca:Profundidad	1	0.05	0.829

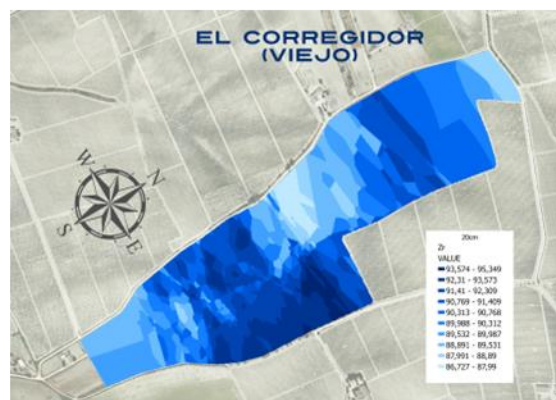
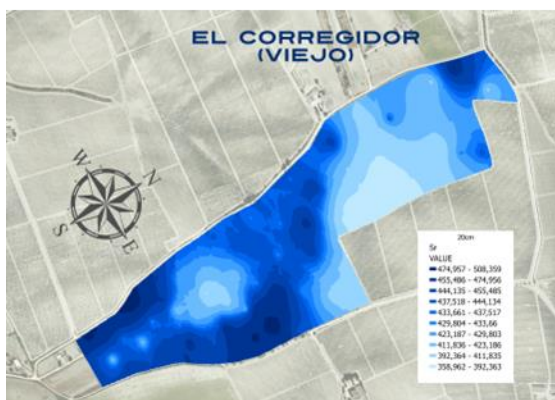
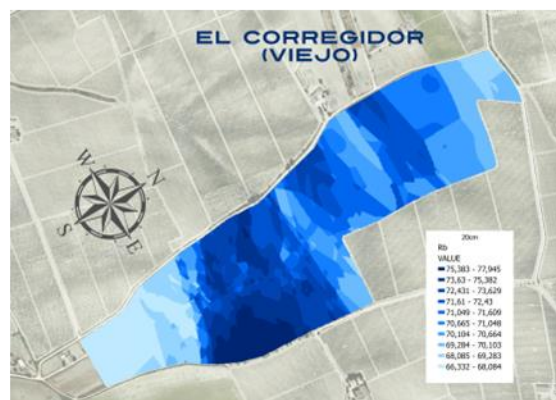
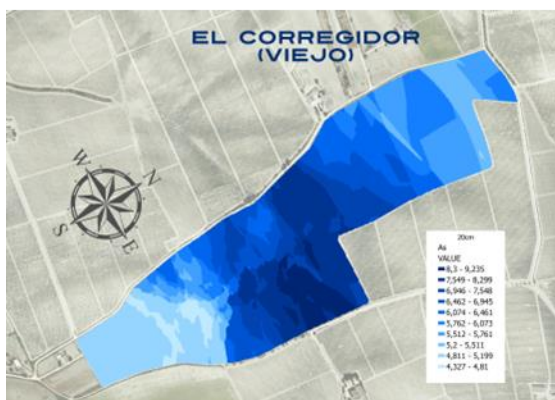
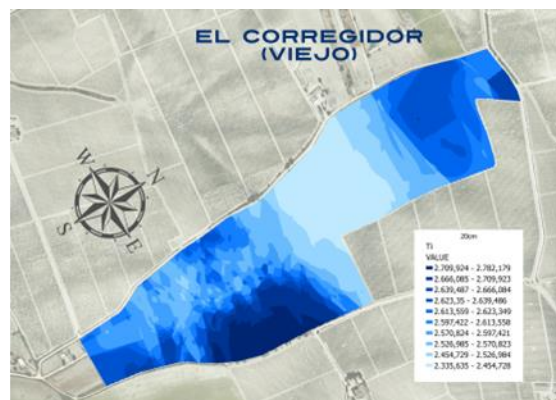
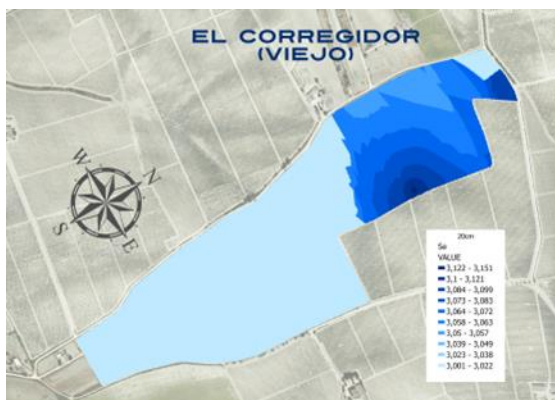
Figuras 1-12. Variación espacial de las principales variables analizadas a 0-20 cm de profundidad en función del viñedo (ver páginas 13-24).

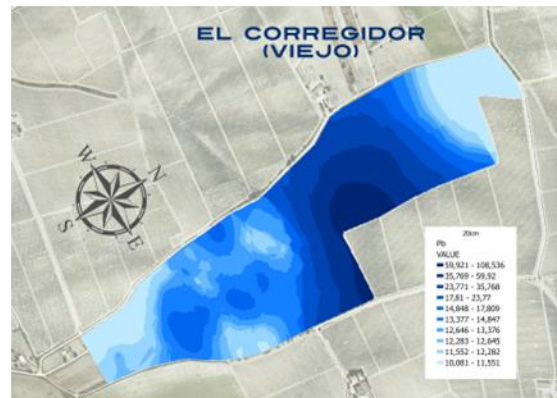
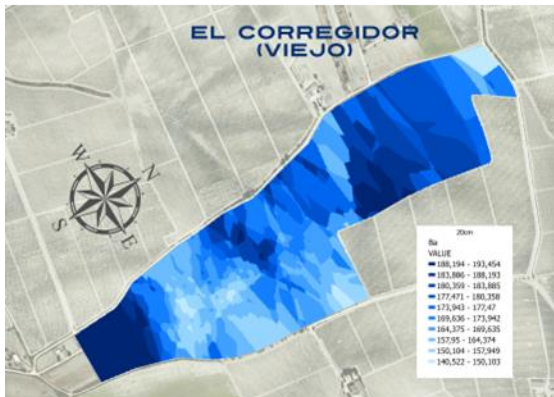
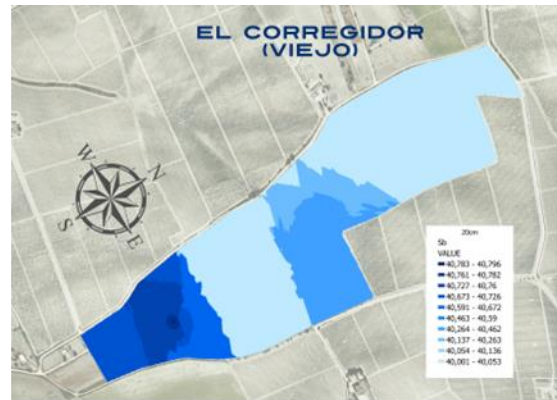
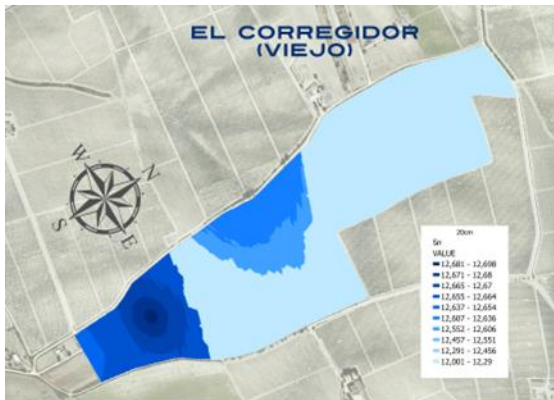
Figuras 13-14. Correlaciones entre las principales variables analizadas a 0-20 cm y 20-40 cm (ver páginas 25 y 26, respectivamente).

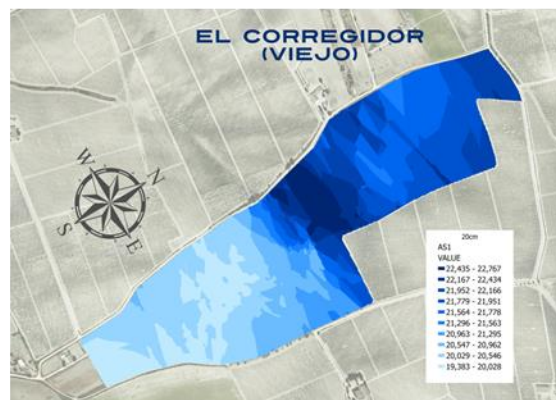
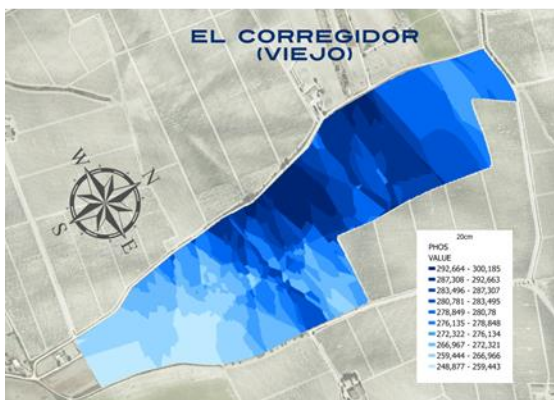
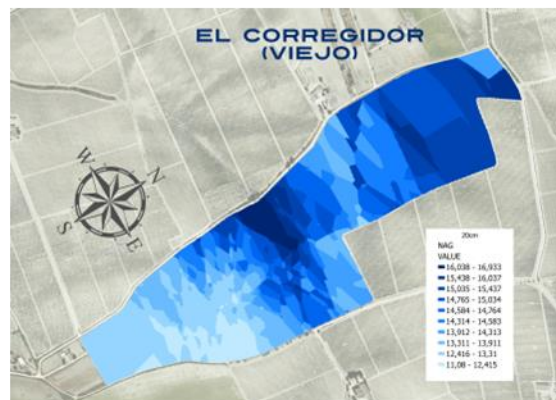
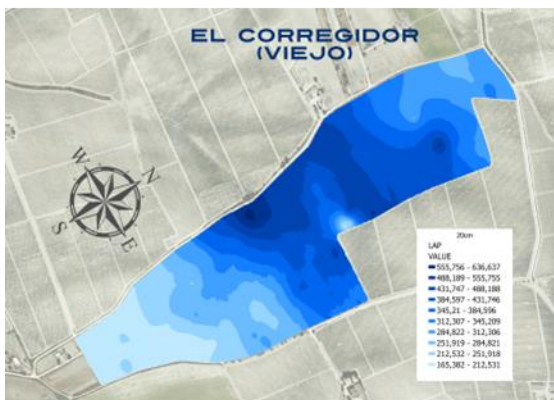
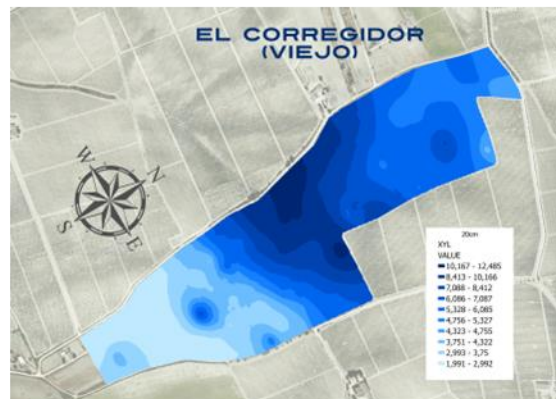
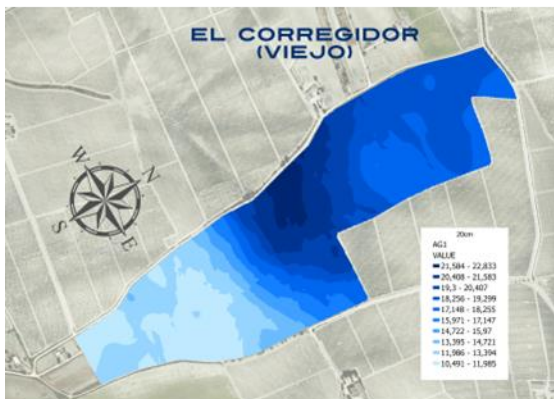
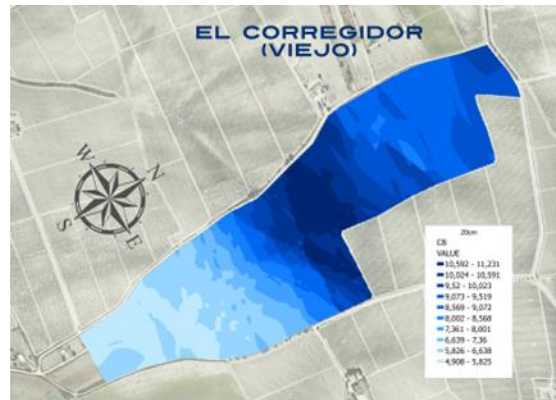
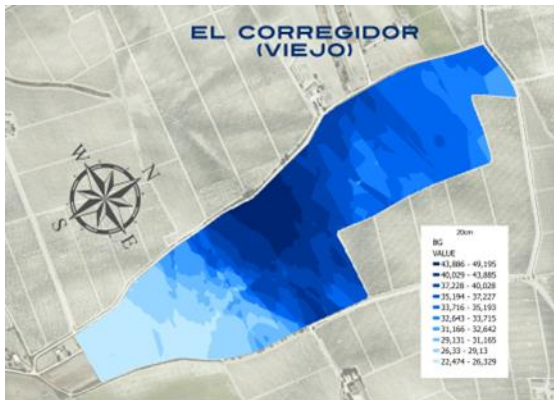


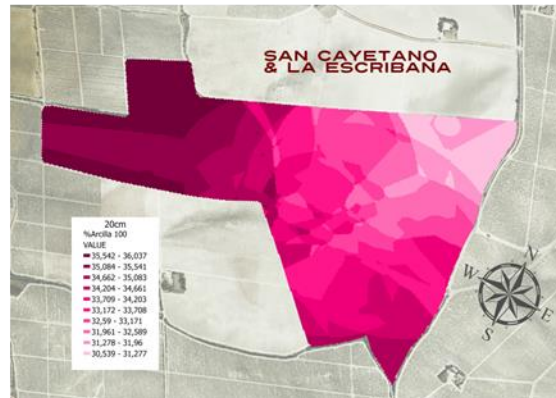
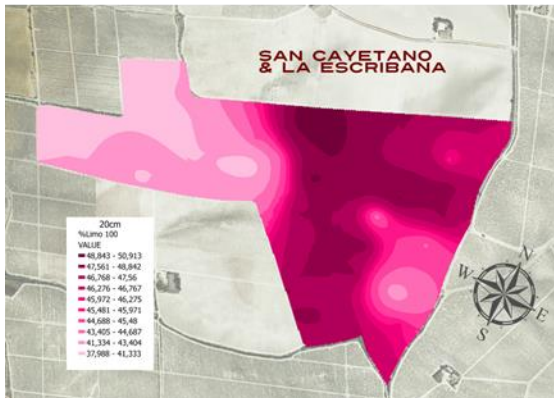
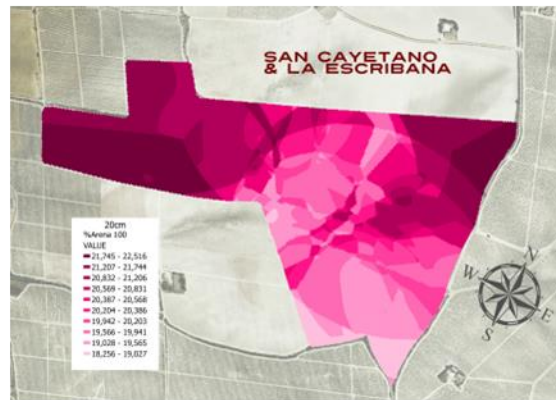
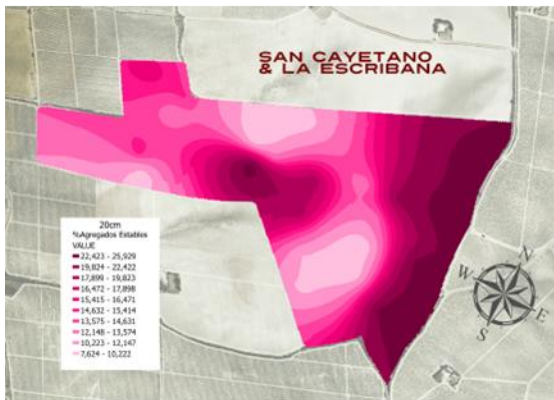
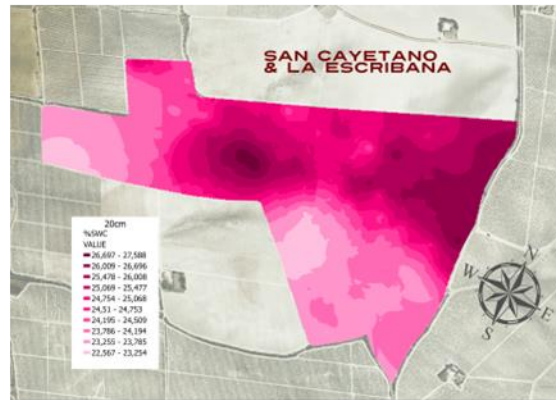
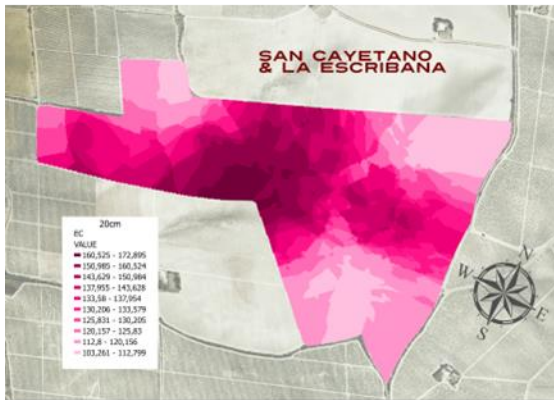
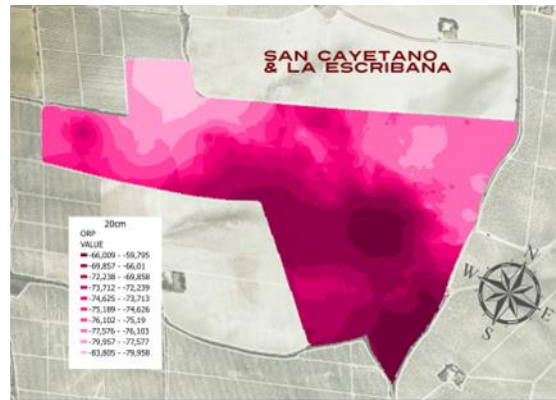
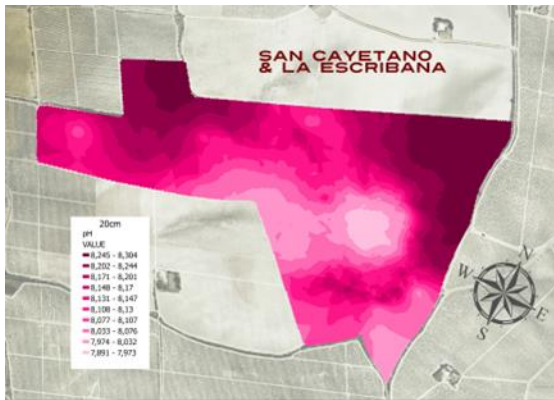


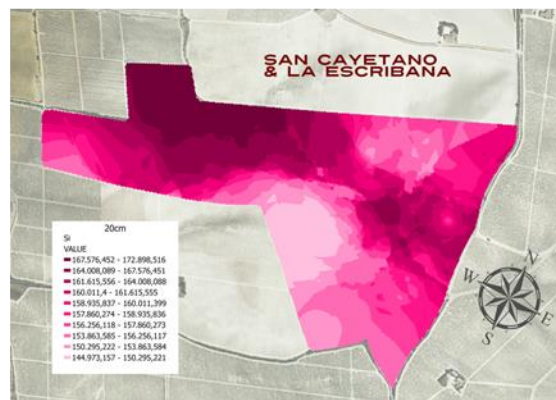
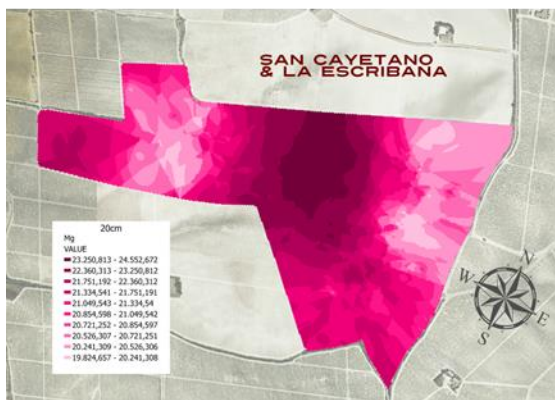
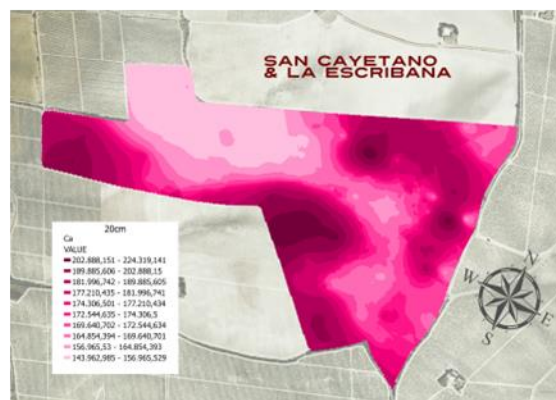
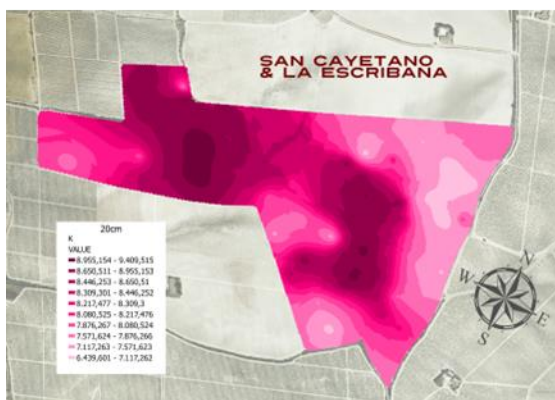
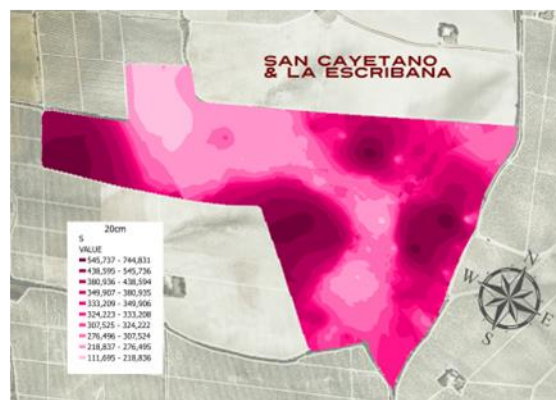
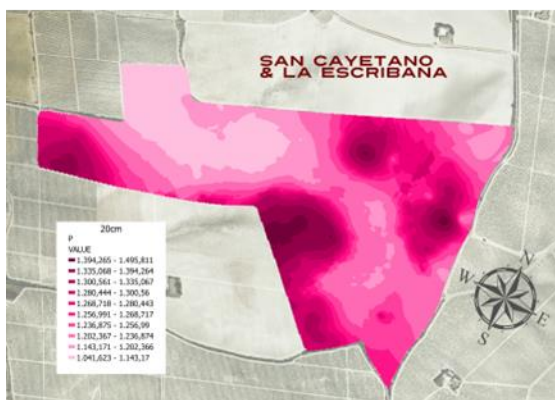
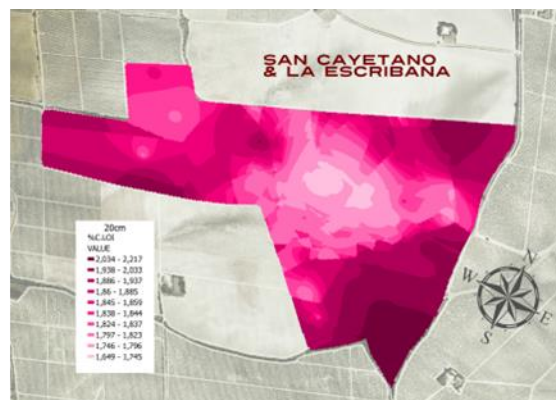
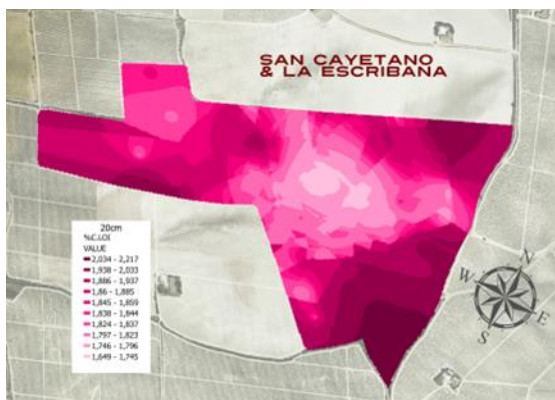


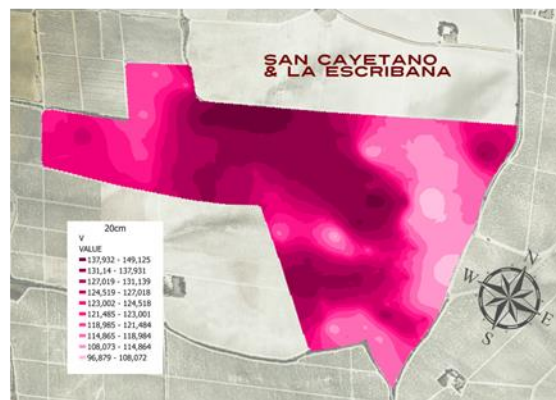
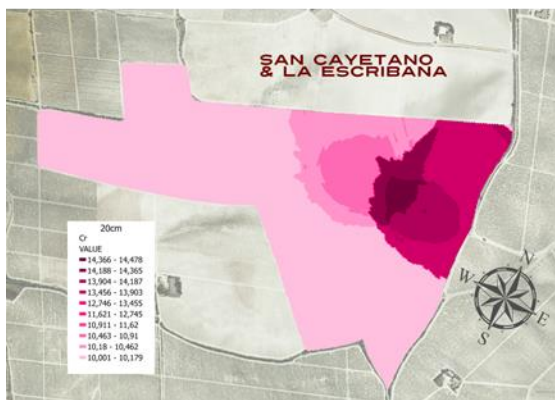
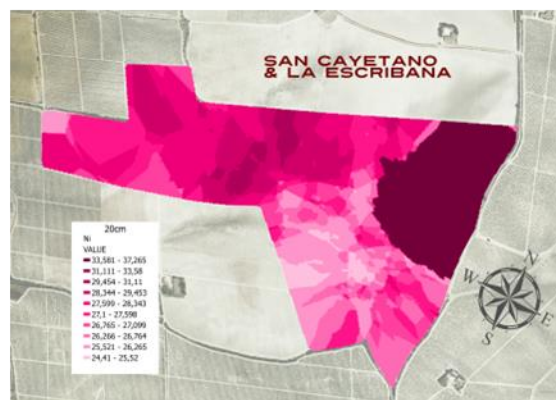
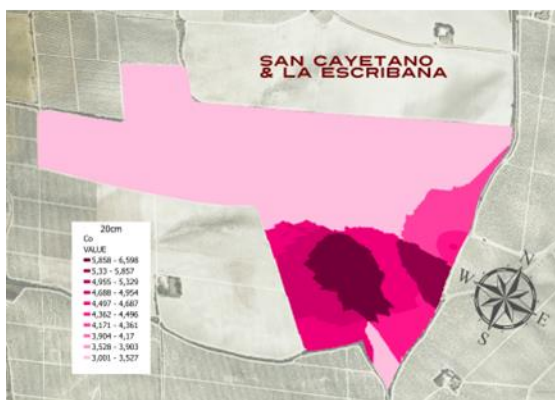
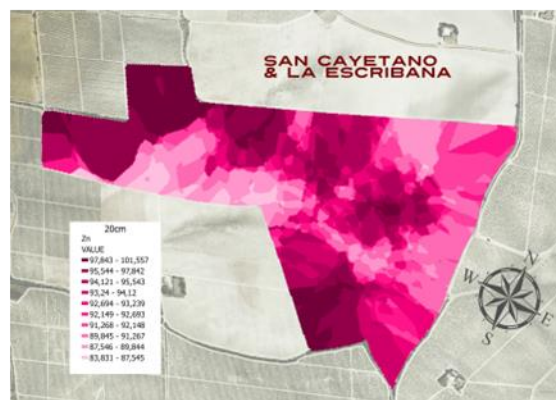
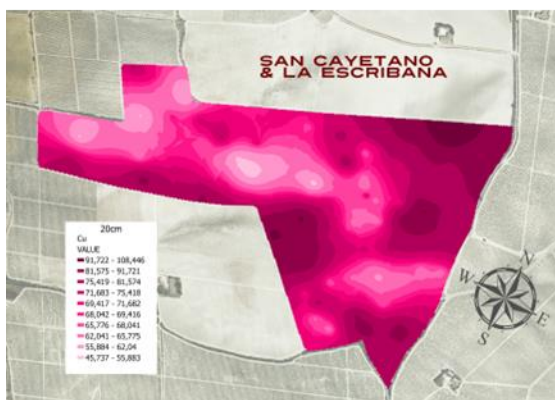
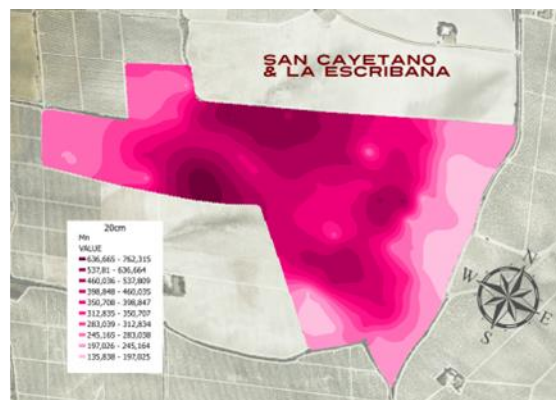
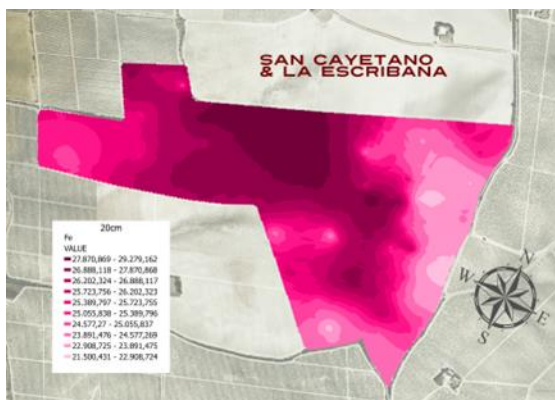


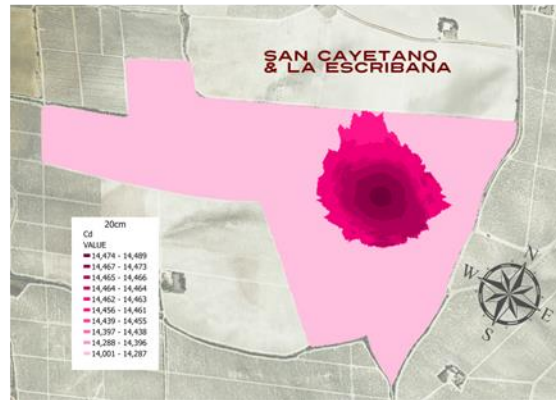
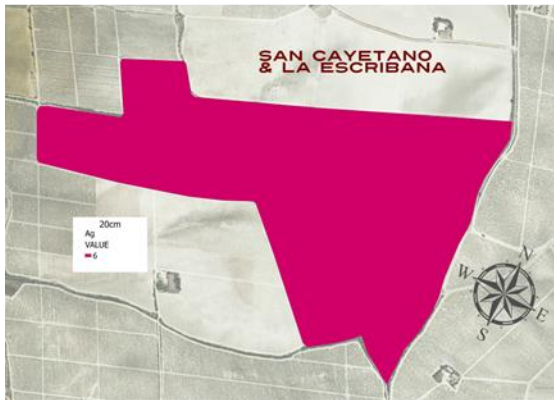
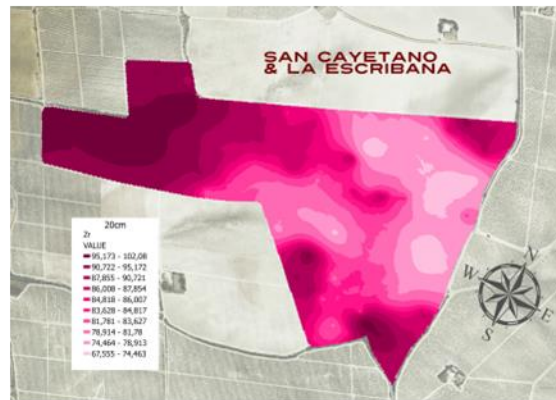
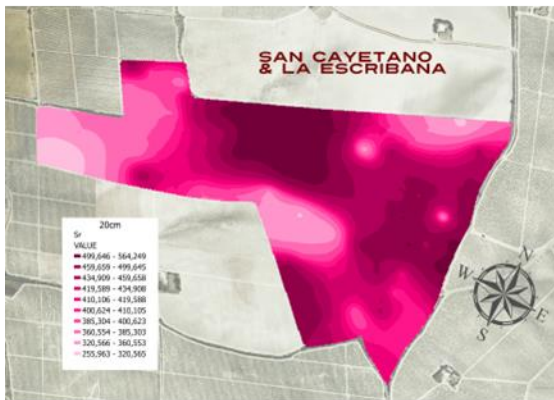
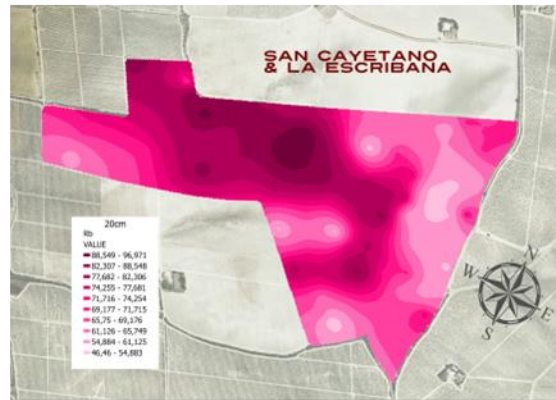
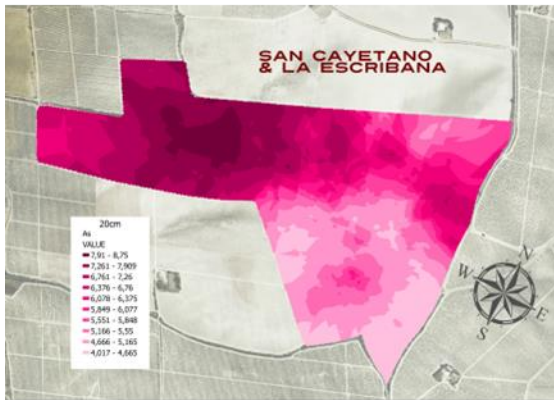
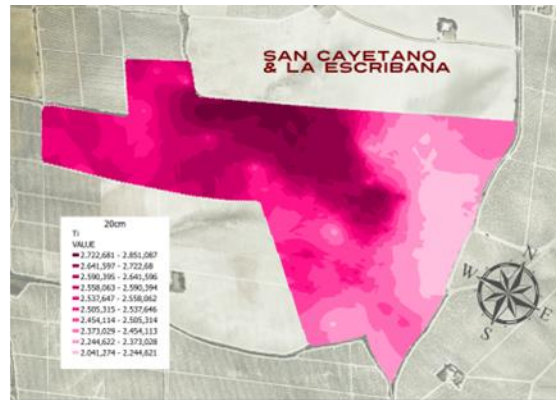
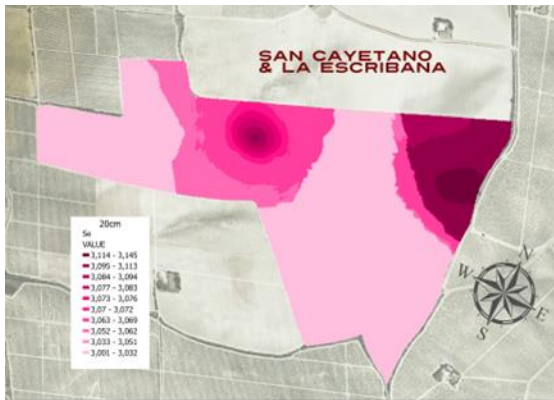


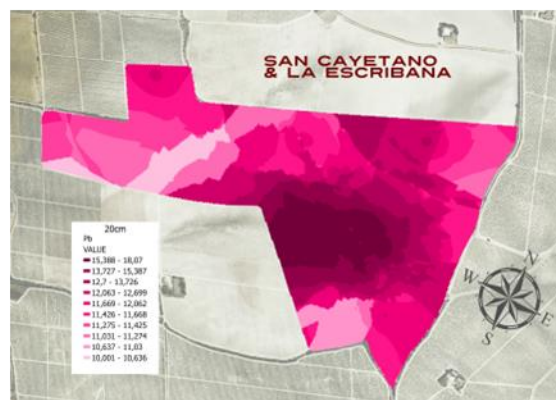
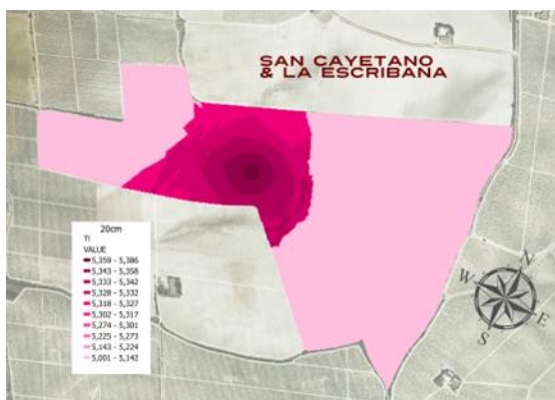
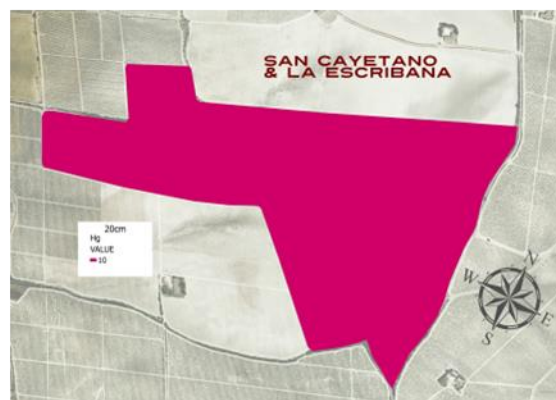
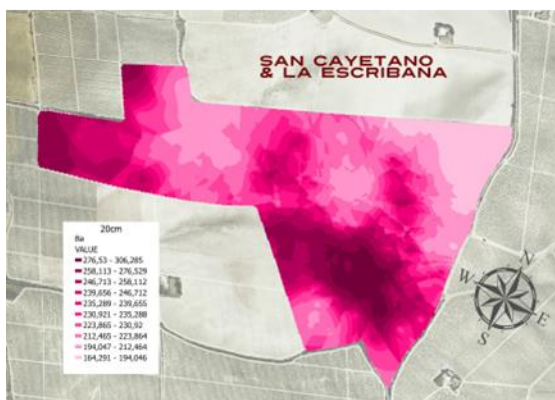
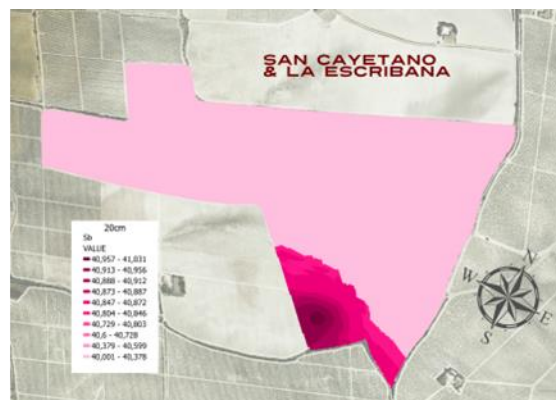
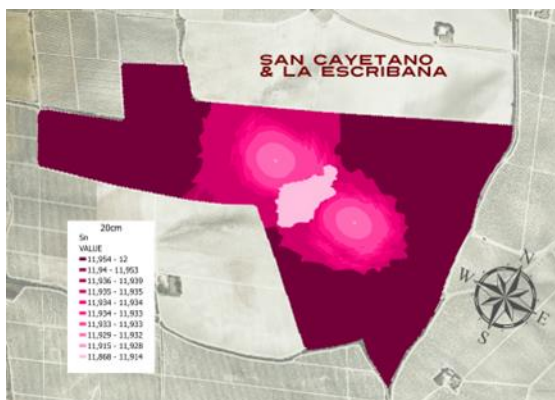


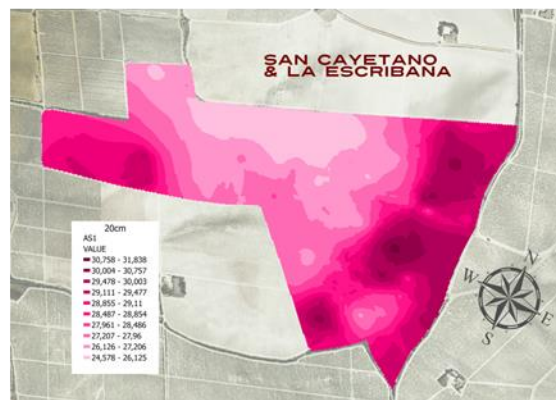
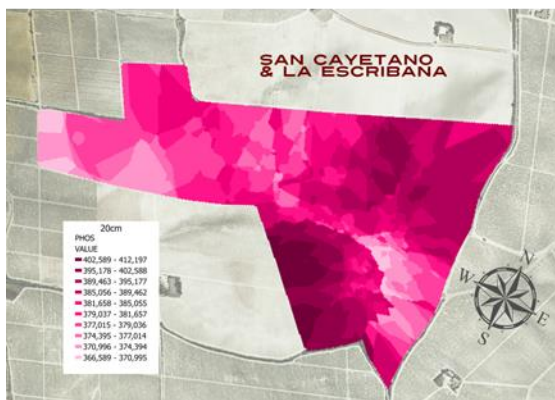
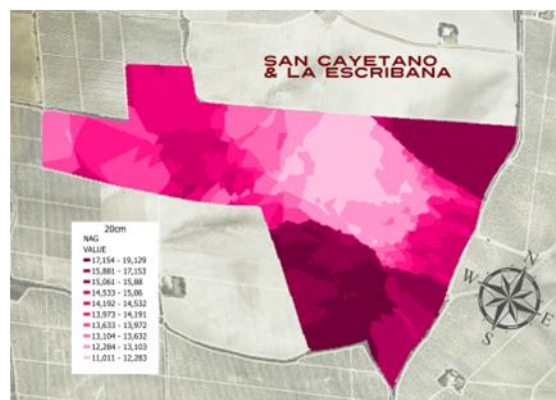
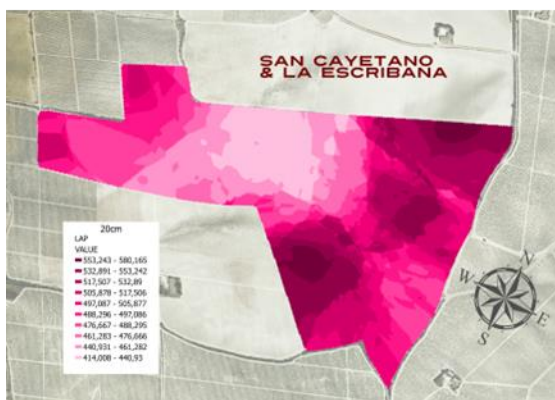
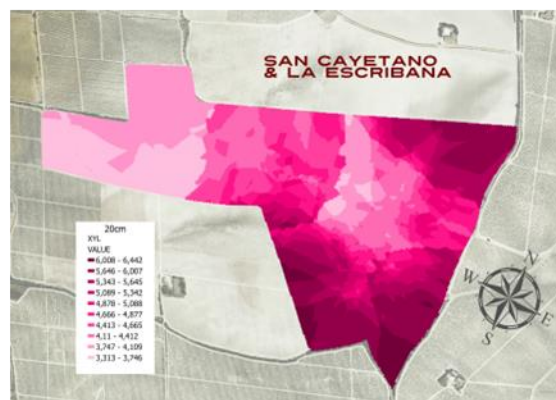
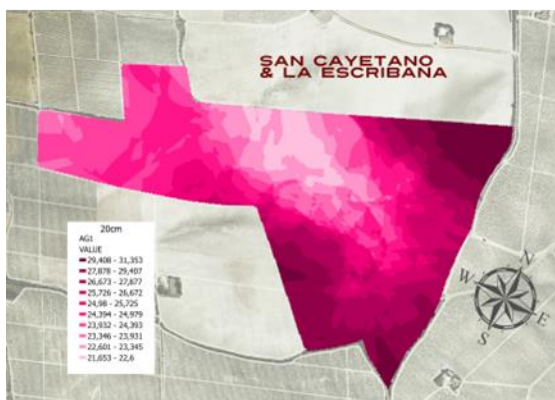
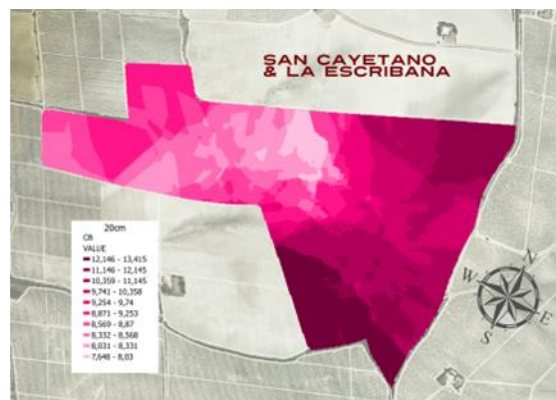
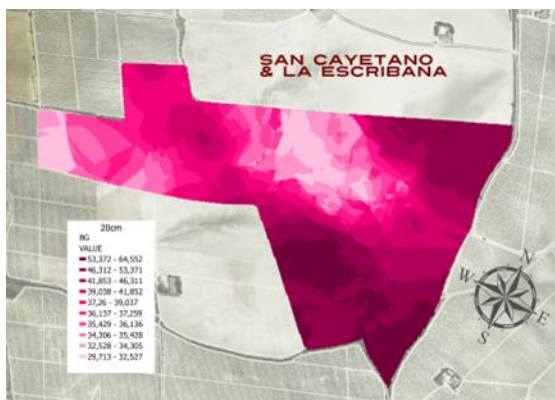












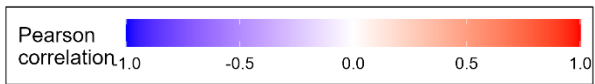
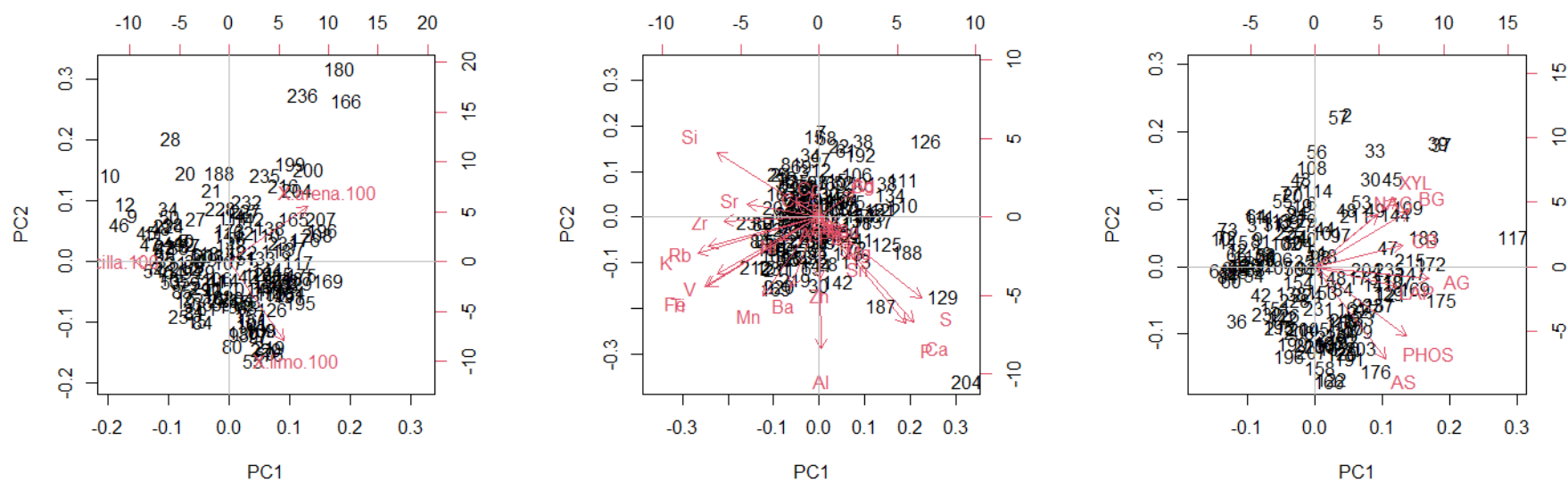


Figura 14. Representación del análisis de componentes principales para: (i) textura; (ii) minerales; y (iii) actividad enzimática (ver página 15). * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$.



4. Notas

Apéndice

En el Apéndice se han recogido recursos de interés, así como resultados adicionales, que pueden ayudar para la interpretación de los datos aportados en el informe.

Tabla S1. Efectos de la cubierta vegetal y el acolchado sobre la actividad enzimática del suelo.

	Df	F value	Pr(>F)
BG.trt	2	3.700151	0.067183
CB.trt	2	21.28958	0.000387
NAG.trt	2	0.772635	0.490153
PHOS.trt	2	17.65174	0.000768
XYL.trt	2	14.92872	0.001385
AG.trt	2	1.637332	0.247485
LAP.trt	2	0.656039	0.542043
AS.trt	2	27.24667	0.000152

Figura S1. Efectos de la cubierta vegetal y el acolchado sobre la actividad enzimática del suelo.

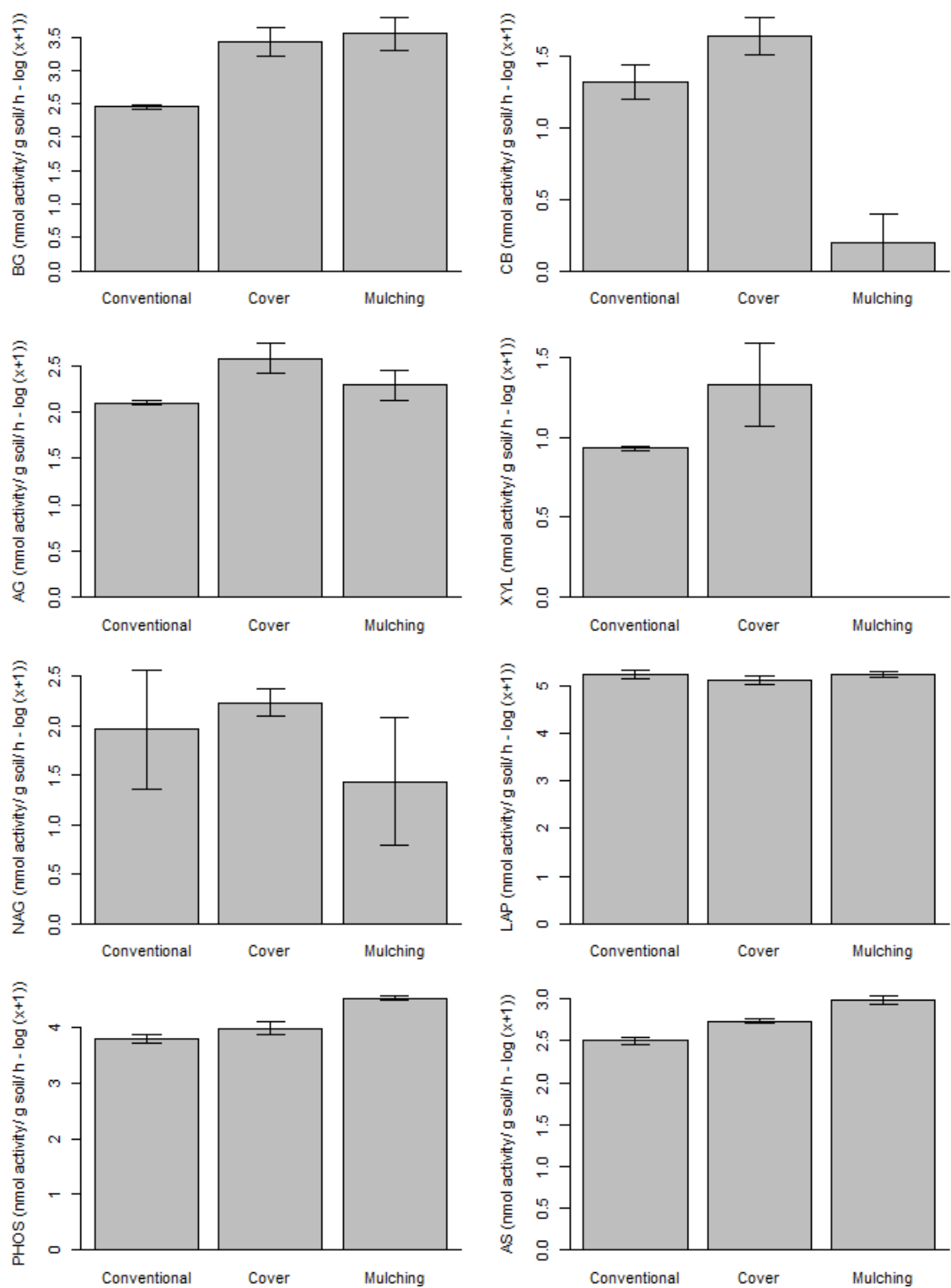


Figura S2. Triángulo de textura.

