

Espectroscopía de infrarrojo cercano (NIRS) como herramienta en la gestión de la fertilización de cultivos

M. D. Báez Bernal, M. I. García, C. Santiago

E-mail: dolores.baez.bernal@xunta.es

Acciones de Cooperación: AC2018-01 y AC2020-01



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MEDIO RURAL

AGACAL
Axencia Galega
da Calidade Alimentaria

Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo
Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia

COOPERANTES: CAP CORUNA, ARESA, AGROENXEÑERÍA GALEGA C.B.



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, PESCA
Y ALIMENTACIÓN



Fondo Europeo Agrícola de
Desenvolvemento Rural:
Europa inviste no rural



Xacobeo 2021

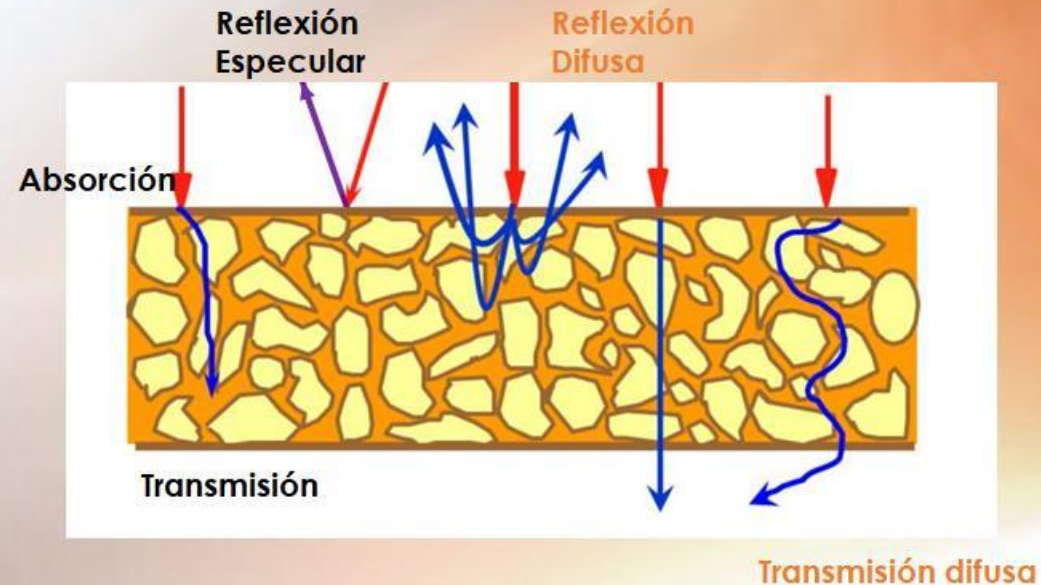
NIRS

Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano es una técnica que estudia la radiación reflejada en la zona del espectro electromagnético del infrarrojo cercano



Espectro electromagnético
NIR: 1100-2500 nm
Vis-NIR: 400-2500 nm

Interacción de la radiación del infrarrojo cercano con las partículas de una muestra sólida

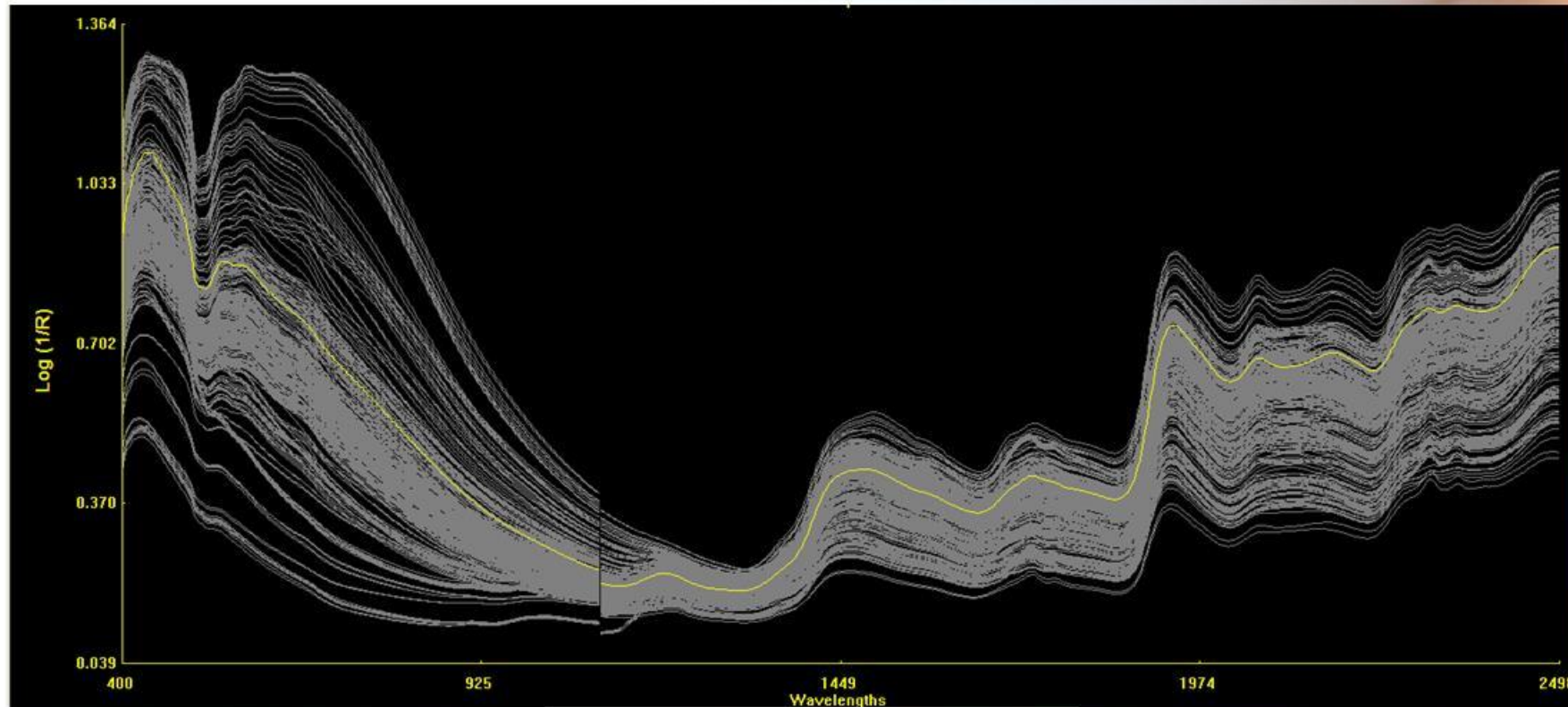


La reflexión o transmisión difusa contiene **información** sobre **características químicas y físicas de la muestra**

Cuando la radiación NIR vibra a la misma frecuencia que los enlaces moleculares se producen unas bandas de absorción

Las bandas del espectro son una combinación de bandas y da información de vibraciones moleculares de enlaces X-H. X: C, O, N

$$A = \log 1/R \text{ o } \log 1/T$$



Aplicaciones NIRS:

Análisis cualitativo (impurezas, regiones de máxima diferencia, identificación de muestras similares)

Análisis cuantitativo:

- Sector agroindustrial (cultivos: cereales, oleaginosas, forrajes, etc; frutas y vegetales; alimentos procesados; carnes y pescados; productos de alimentación animal, etc)
- Ecología y medio ambiente (suelos y análisis foliar)
- Aplicaciones en química y farmacia
- Biomédica

Método rápido, no destructivo y de bajo coste



Objetivos

Obtención de ecuaciones de predicción NIRS:

- ✓ Parámetros de fertilidad de suelo: **materia orgánica (MO), carbono (C), nitrógeno (N), acidez de cambio (AC), elementos asimilables (P y K), pH y conductividad eléctrica (CE).**
- ✓ Parámetros relacionados con el valor fertilizante de purines de vacuno: **materia seca (MS), MO, C, N, P y K.**



Recomendaciones de abonado a los cultivos. Gestión sostenible de sistemas agrarios

Instrumentación

Equipos Foss 6500 (Foss NIRSystems, MD, USA)

Reflectancia/Módulo giro



Reflectancia/Módulo transporte



Software: programa WinISI II WinISI IV (Infrasoft International, PA 16870 USA)

¿Cómo desarrollamos una calibración?

Registros de espectros



Muestras desconocidas

QUIMIOMETRÍA

Muestras de calibración

Análisis de referencia:
MS, MO, C, pH, N, P, etc

MODELOS PREDICTIVOS

Análisis rápido

Samples of 1 total 142 of 142

Position	Sample Number	Msp	Mcp	pHp	N	Namon	Conduct	Densd	Densp	Pp	Kp	Cap	Mgp	Ctc
1	1557	62.2811	785.6780	8.2454	42.2314	12.6129	18.6978	1.1060	0.9952	7.1240	42.8296	29.0322	5.9832	39.8626
2	1557	63.3569	840.7493	8.1615	38.4922	11.9073	16.9923	1.0844	0.9921	7.6208	41.7833	27.4596	5.5349	41.2090
3	1559	60.7054	753.7178	8.1885	28.9130	7.0395	16.9286	1.2141	1.0164	5.8605	54.4955	17.3926	4.7206	33.9339
4	1559	75.7590	837.3540	8.0566	19.9391	5.1086	17.7000	1.2159	1.0159	6.2510	35.2606	15.0491	4.0840	33.0515
5	1560	66.2068	691.9594	7.5209	27.6523	15.1212	10.2203	1.0684	1.0273	4.0265	2.1560	29.6637	6.9863	39.7216
6	1560	76.2142	616.9758	7.5396	27.1560	14.5949	12.3900	1.1223	1.0288	3.6081	-1.2538	31.5825	6.9631	38.7345

Matriz: Suelo

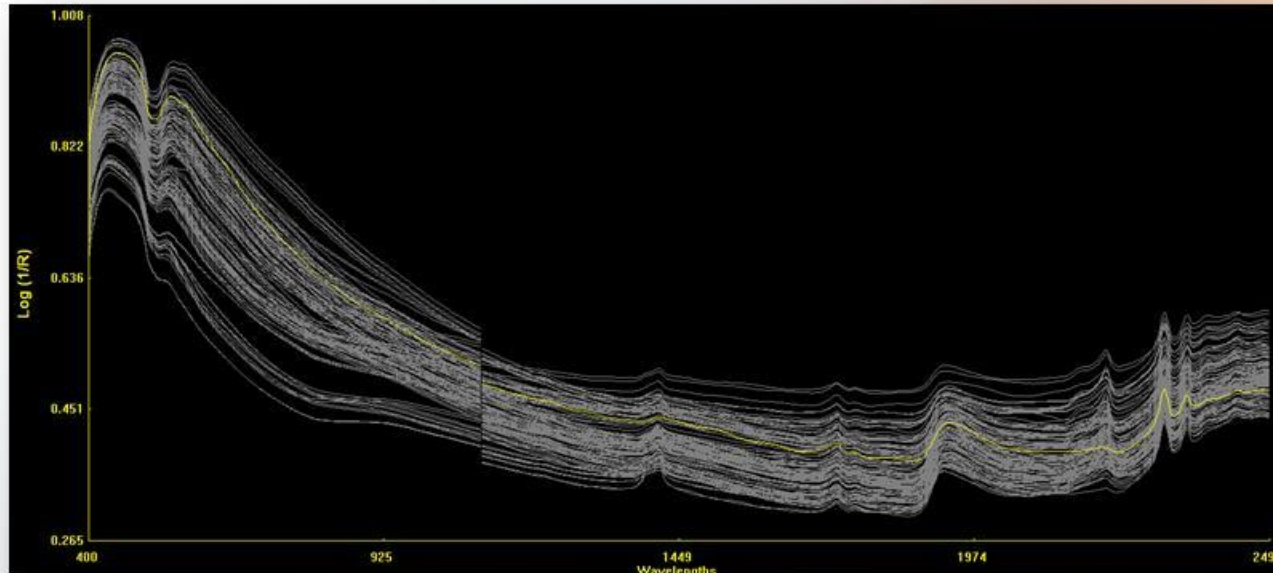
Preparación de las muestras para la recogida de espectros

Muestra seca y tamizada a 2 mm

635 muestras CIAM, LAFIGA
464 análisis de fertilidad
120 metales pesados
75 textura



Recogida de espectros y obtención de un fichero de espectros



Matriz: Suelo

1. Recogida de espectros y obtención de un fichero de espectros.
2. Selección de un grupo de muestras de calibración y validación externa (CENTER, SELECT)
3. Obtención de datos de referencia (precisos) para estas muestras

Componente	CALIBRACIÓN					VALIDACIÓN EXTERNA				
	N	Mínimo	Máximo	Media	SD	N	Mínimo	Máximo	Media	SD
MO, g/kg MS a 105°C	301	13.80	163.30	54.68	25.22	155	19.30	128.90	56.40	23.91
C total, g/kg MS a 105°C	301	1.00	84.00	20.85	13.97	155	1.00	65.00	22.18	13.05
N total, g/kg MS a 105°C	301	0.40	7.30	2.00	1.22	155	0.40	6.90	2.08	1.19
K, mg/kg MS a 105°C	177	50.00	817.00	241.36	145.27	92	32.00	604.00	225.35	125.77
P olsen, mg/kg MS a 105°C	177	1.00	149.00	20.56	22.39	92	1.00	78.00	20.43	19.26
pH	177	5.20	7.40	5.88	0.40	155	4.42	7.50	5.86	0.41
CE, dS/m	301	0.01	0.24	0.07	0.04	155	0.02	0.24	0.08	0.04
Acidez de Cambio, cmol+/kg MS 105°C	301	0.00	4.40	0.81	0.81	131	0.00	4.20	0.83	0.92
Na, cmol+/kg MS 105°C	300	0.00	0.26	0.09	0.06	118	0.00	0.20	0.09	0.06
Ca, cmol+/kg MS 105°C	301	0.56	18.87	3.90	2.54	155	0.34	17.03	3.95	2.66
Mg, cmol+/kg MS 105°C	301	0.17	3.44	0.64	0.55	155	0.16	3.41	0.63	0.56

Matriz: Suelo

Componente	CALIBRACIÓN					VALIDACIÓN EXTERNA				
	N	Mínimo	Máximo	Media	SD	N	Mínimo	Máximo	Media	SD
Zn, mg/kg MS a 105°C	80	14.80	113.30	58.28	22.97	40	16.20	91.10	55.62	20.00
Cu, mg/kg MS a 105°C	80	3.70	43.50	19.63	10.42	40	4.10	36.90	18.89	10.55
Cr, mg/kg MS a 105°C	80	3.30	62.70	26.68	11.73	40	5.40	137.00	31.99	24.66
Ni, mg/kg MS a 105°C	80	1.70	29.80	14.94	7.30	40	3.20	40.10	16.38	9.50
Pb, mg/kg MS a 105°C	80	3.70	28.90	12.72	4.85	40	1.80	29.90	12.48	5.55

Componente	CALIBRACIÓN					VALIDACIÓN EXTERNA				
	N	Mínimo	Máximo	Media	SD	N	Mínimo	Máximo	Media	SD
Elementos gruesos, g/100g	33	5.00	55.00	12.27	11.01	17	5.00	47.00	9.76	10.37
Arena, g/100g	50	19.40	77.20	38.21	15.53	25	18.90	83.40	37.00	16.30
Limo, g/100g	50	15.30	70.20	46.45	12.52	25	10.10	66.60	47.16	13.21
Arcilla, g/100g	50	2.70	30.70	14.96	5.70	25	6.50	22.10	15.83	4.29

Matriz: Suelo

1. Recogida de espectros y obtención de un fichero de espectros. Extensión .nir
2. Selección de un grupo de muestras de calibración
3. Obtención de datos de referencia (precisos) para estas muestras
4. Desarrollo de ecuaciones de calibración

- mediante regresión MPLS (mínimos cuadrados parciales) entre los datos espectrales y los valores de referencia
 - Regiones del espectro: Vis+NIR, NIR
 - Pre-tratamiento de los espectros: SNV, DT
 - Rango del espectro: Tal cual, 1Derivada, 2Derivada
 - Tratamiento de outliers: Sin eliminación, quitarle peso, 1 paso de eliminación
- La validación externa de las ecuaciones mediante regresión lineal entre los resultados NIR y los datos de referencia del grupo de validación formado por las muestras seleccionadas al azar (1/3).

Matriz: Suelo

1. Recogida de espectros y obtención de un fichero de espectros.
2. Selección de un grupo de muestras de calibración
3. Obtención de datos de referencia (precisos) para estas muestras
4. Desarrollo de ecuaciones de calibración
5. **Evaluación estadística de la ecuación obtenida**

Selección de las mejores ecuaciones:

- **Menor error típico de validación cruzada (SECV) y de predicción en la validación externa (SEP)**
- **Mayores coeficientes de determinación de validación cruzada y predicción (R^2c y R^2p)**
- **Mayores Valores de RER (rango de los valores de referencia/SECV o SEP) y RPD ($SD/SECV$ o SD/SEP) más altos.**
- **En el caso de tener varias opciones se dio prioridad a la validación externa, menor SEP y mayor RERp y RPDp.**

Interpretación

RPD: SD/SECV o SD/SEP

RER: Máx-Min/SECV o SEP

RPD	RER	RSQ	CALIBRACIONES (predicciones)
>3	>20	>0.90	Excelentes
2.0 - 3.0	12 - 20	0.82 - 0.90	Buenas
1.75 - 2.0	8.0 - 12.0	0.66 - 0.81	Aproximadas
1.5 - 1.75	4.0 - 8.0	0.50 - 0.65	Malas (distinguir entre valores altos y bajos)
<1.5	<4.0	<0.50	No utilizable

Matriz: Suelo

Fertilidad

MO	EXCELENTE
C total	EXCELENTE
N total	EXCELENTE
Ca	BUENA CALIBRACIÓN
Mg	BUENA CALIBRACIÓN
pH	APROXIMADA
P olsen	MALA/APROXIMADA
CE	MALA
Ac. Cambio	MALA/APROXIMADA
Na	NO UTILIZABLE
K	NO UTILIZABLE

Edit - C:\SUELO\STAMF.EQA

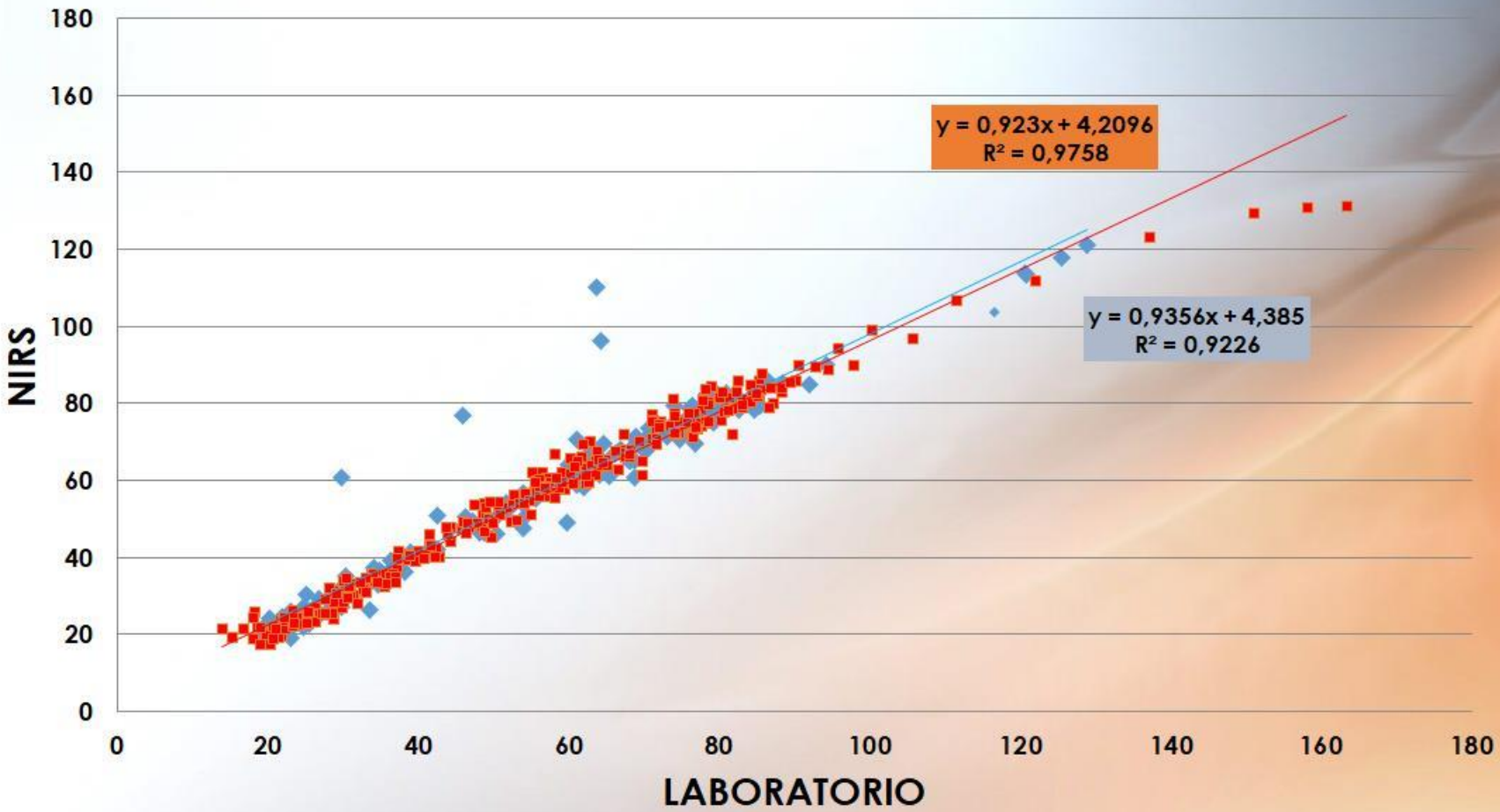
File Name: C:\SUELO\STAMF.EQA Equation File File Date: Wed Dec 19 18:14:16 2018
Last Update: Wed Dec 19 12:58:08 2018 File ID: <none> Master No: 48719510
Instrument Model: NIRSystems 6500 Serial No: 48719510 Constituents: 11
Calculated Equations: 0 Number of Variables: 1050 Lab Basis: As Received
Segment 1 400 - 1098, 2 Segment 2 1100 - 2498, 2

Constituent	N	Mean	SD	SEC	RSQ	SECV	1-VR
MO	301	54.6787	25.2181	4.2579	0.9715	4.6711	0.9658
Ctotal	301	20.8475	13.9684	2.2375	0.9743	2.4304	0.9699
Ntotal	301	1.9960	1.2184	0.1959	0.9741	0.2301	0.9645
K	177	241.3559	145.2733	101.6886	0.5100	109.7156	0.4339
Polsen	177	20.5650	22.3865	10.6475	0.7738	12.9442	0.6660
pH	301	5.8838	0.3968	0.1968	0.7539	0.2350	0.6498
CE	301	0.0744	0.0437	0.0214	0.7607	0.0270	0.6175
Ac dz Cambio	301	0.8056	0.8086	0.4210	0.7289	0.5141	0.5986
Na	300	0.0871	0.0608	0.0446	0.4614	0.0467	0.4106
Ca	301	3.8954	2.5353	0.8210	0.8951	1.0163	0.8391
Mg	301	0.6447	0.5483	0.1996	0.8674	0.2478	0.7958

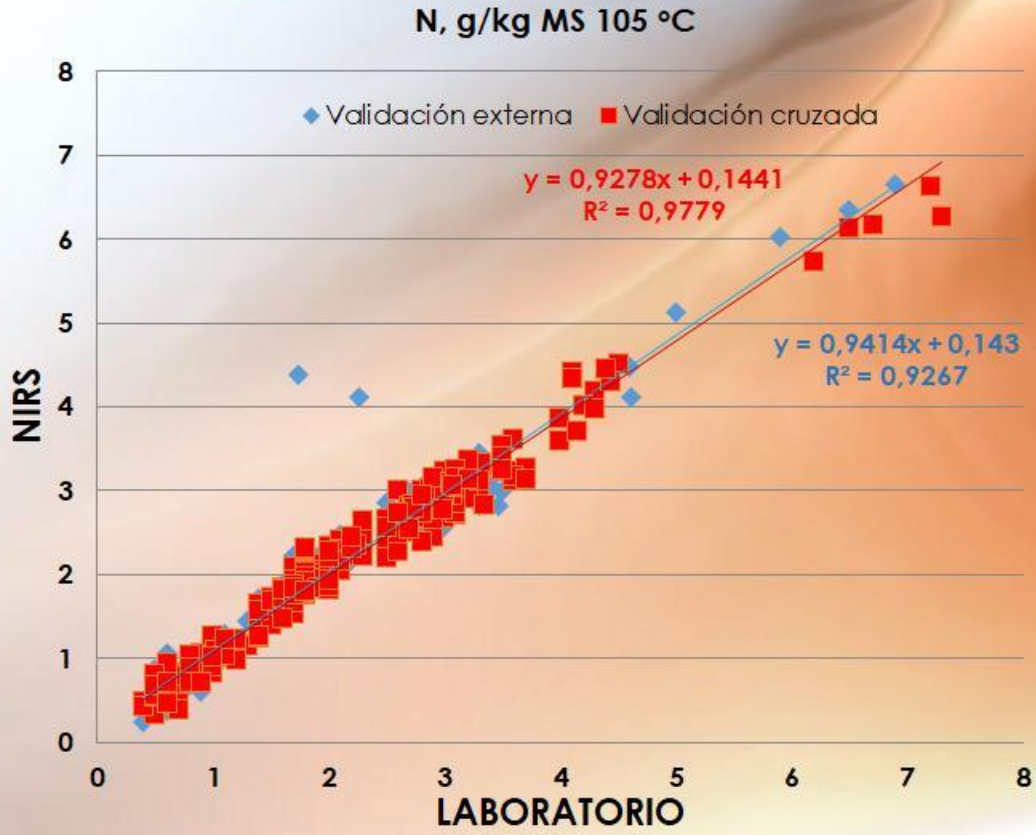
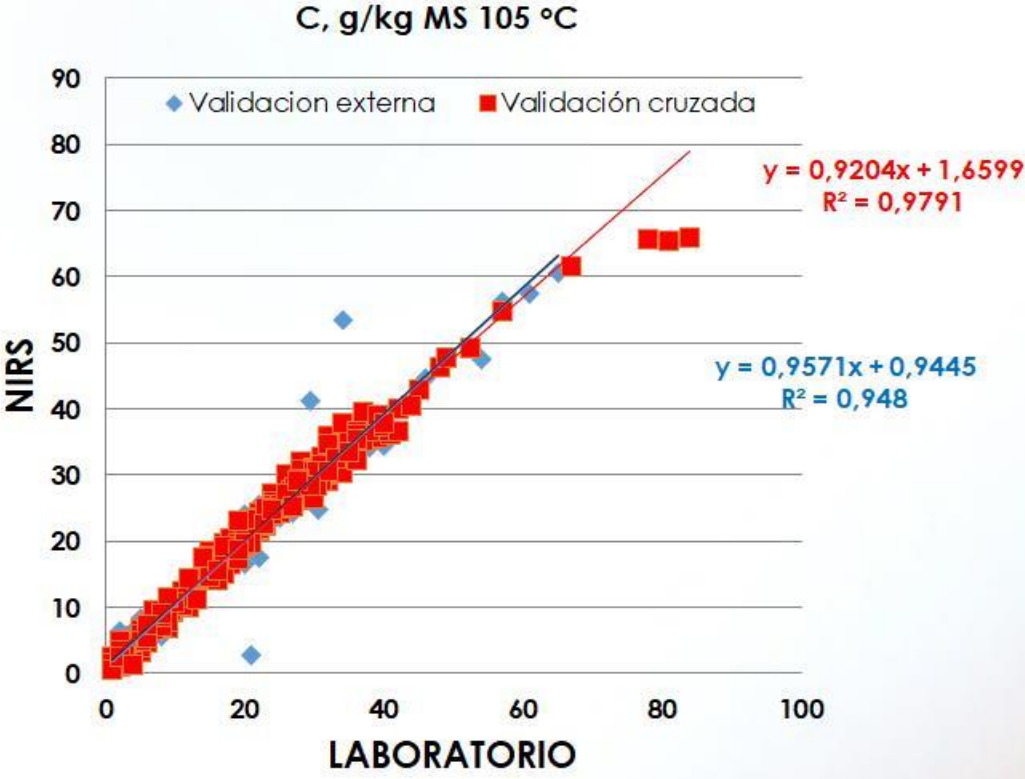
Matriz: Suelo

MO, g/kg MS a 105°C

◆ validación externa ■ validación cruzada

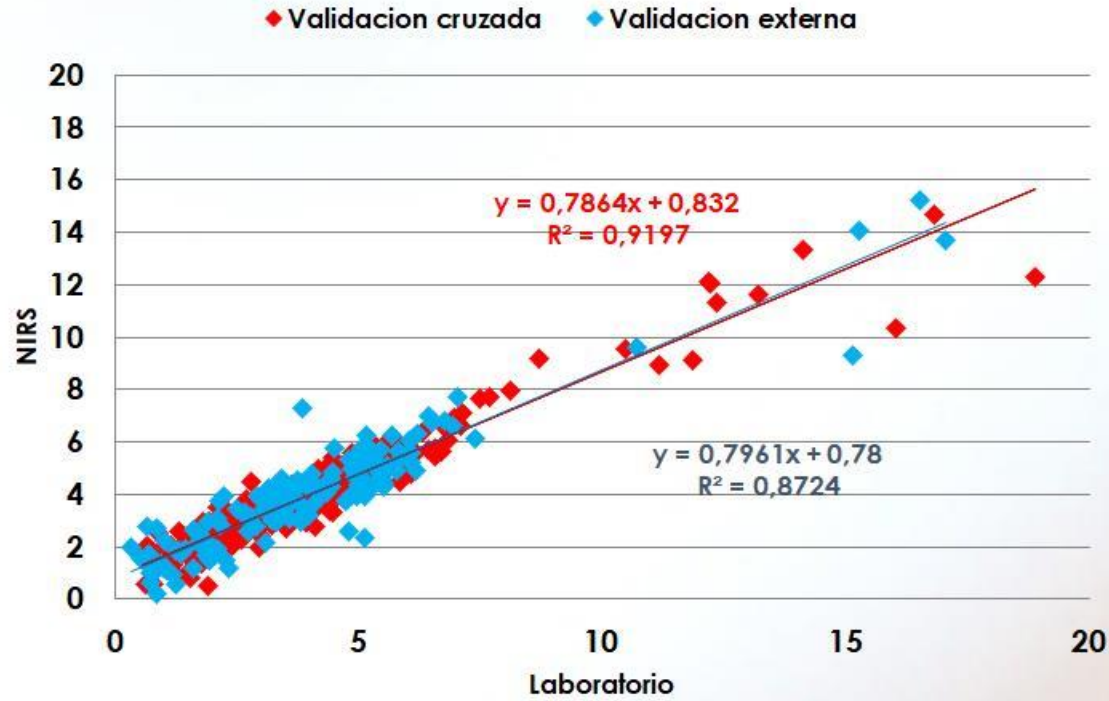


Matriz: Suelo

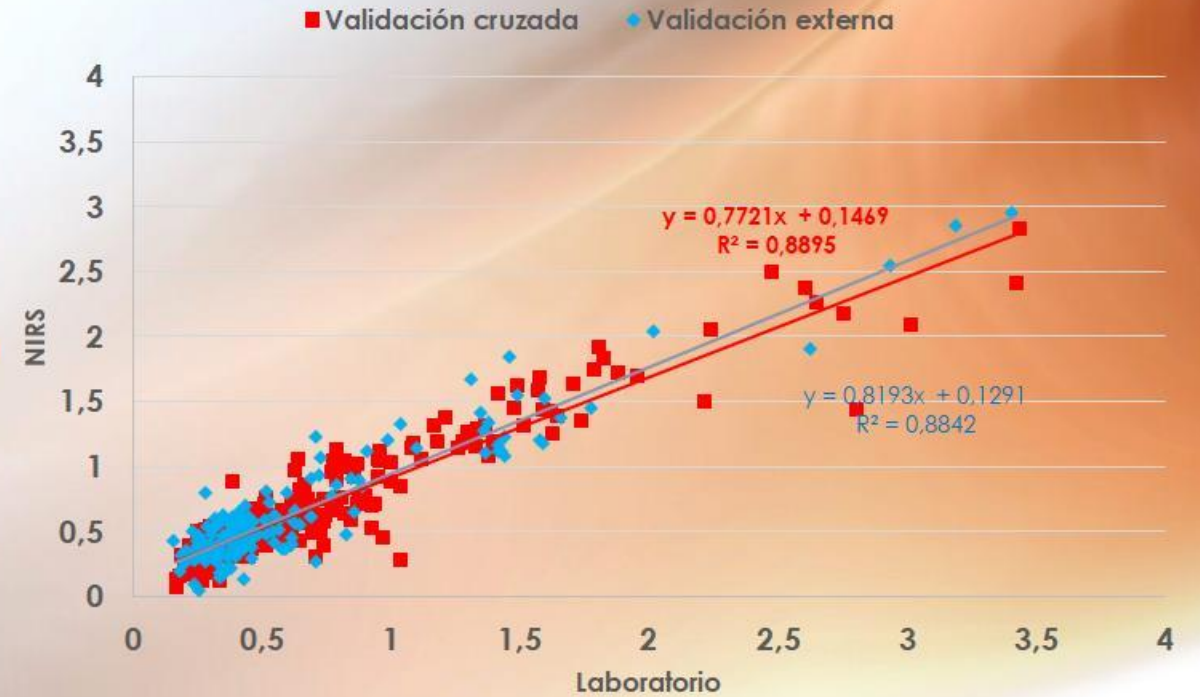


Matriz: Suelo

Ca, cmol⁺/kg MS



Mg, cmol⁺/kg MS



Matriz: Suelo

Textura

Arena (2-0,05mm)	BUENA
Limo (0,05-0,002mm)	BUENA
Arcilla (<0,002mm)	APROXIMADA

File Name:		C:\SUELO\STAMTX.EQA Equation File			File Date:		Thu Jan 03 16:06:43 2019		
Instrument Model:		NIRSystems 6500			Serial No:		48719510		
Segment 1		400 - 1098, 2			Segment 2		1100 - 2498, 2		
Constituent	N	Mean	SD	SEC	RSQ	SECV	1-VR		
ElementosGrueso	30	11.3333	8.1382	5.2563	0.5828	6.3843	0.3945		
Arena	50	38.2060	15.5250	3.9337	0.9358	9.1635	0.6688		
Limo	50	46.4540	12.5197	3.1860	0.9352	7.0741	0.6926		
Arcilla	45	15.2267	4.7721	2.1010	0.8062	3.8798	0.4168		

Metales Pesados

Zn	MALA
Cu	MALA
Ni	MALA
Cr	NO UTILIZABLE
Pb	NO UTILIZABLE

6. Análisis en rutina

- ✓ **Recogida de espectros NIRS de nuevas muestras**
 - ✓ **Aplicación de modelos de calibración desarrollados**
 - ✓ **Predicción instantánea (AHORRO EN TIEMPO Y DINERO)**
 - ✓ **Detección de muestras anómalas (GH >3-4, NH > 0,6-1,0, T >2,5-3,5)**
 - ✓ **Análisis de muestras anómalas (por métodos de referencia)**
 - ✓ **Incorporación de muestras interesantes a la calibración**
 - ✓ **Recalibrar (proceso dinámico)**
-
- ✓ **Mejorar calibraciones para fertilidad ampliando el N° muestras de calibración.**

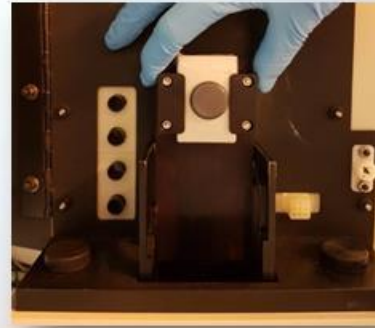
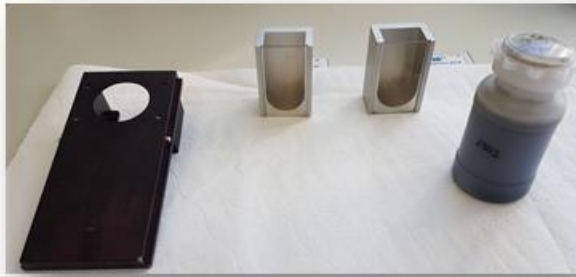
Matriz: purín vacuno

Preparación de las muestras para la recogida de espectros

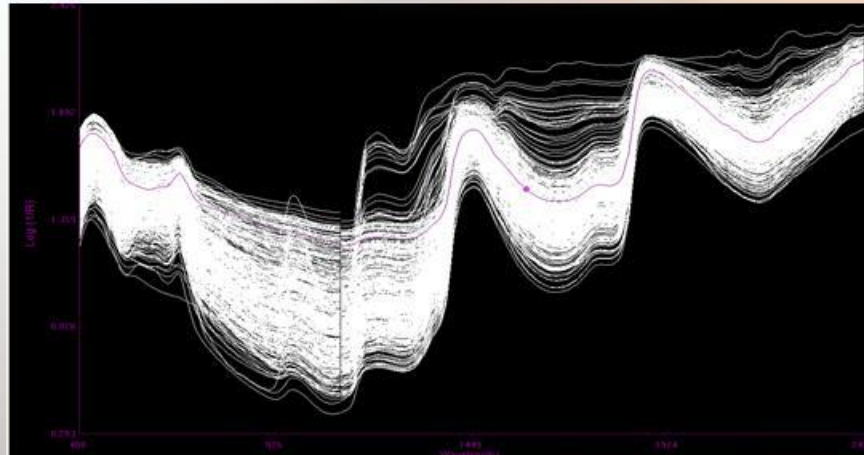
Muestras homogeneizadas manualmente/muestras homogeneizadas con batidora

402 muestras homogeneizadas manualmente

397 muestras homogeneizadas batidora



**Recogida de espectros
y obtención de un
fichero de espectros**



Matriz: purín vacuno

Nº muestras y valores referencia (analizados métodos de referencia)

PARÁMETROS	CALIBRACIÓN					VALIDACIÓN EXTERNA				
	N	Mínimo	Máximo	Media	SD	N	Mínimo	Máximo	Media	SD
MS, g/kg	200	24,30	293,60	78,70	30,89	168	10,08	164,70	75,17	25,36
MO, g/kg	170	363,90	887,40	736,48	90,83	154	409,70	869,60	728,66	89,07
pH	204	6,89	9,03	8,21	0,33	176	7,00	8,84	8,23	0,32
No+a, g/kg MS a 105°C	152	9,10	78,40	36,93	9,58	125	11,76	68,10	37,49	9,15
Nam, g/kg MS a 105°C	36	7,60	39,91	14,98	5,86	35	7,53	38,86	16,87	5,53
Conduct, mS/cm	36	5,70	28,00	19,24	5,57	28	7,50	28,00	19,49	5,29
Densd, g/cm ³	148	1,00	2,00	1,18	0,27	119	1,01	2,00	1,19	0,28
Densp, g/cm ³	48	0,95	1,17	1,00	0,04	44	0,93	1,06	1,00	0,02
P, g/kg MS a 105°C	154	1,39	53,40	7,40	4,29	125	3,05	20,52	7,45	2,55
K, g/kg MS a 105°C	154	6,11	87,93	38,50	16,27	124	10,10	133,00	40,86	20,97
Ca, g/kg MS a 105°C	140	3,11	141,50	27,27	19,24	113	9,26	119,23	30,22	19,50
Mg, g/kg MS a 105°C	140	2,21	14,27	6,27	1,93	114	3,36	18,40	6,60	2,23
Na, g/kg MS a 105°C	139	0,50	24,33	7,23	3,92	107	2,91	46,60	8,34	6,42
Nt, g/kg MS a 105°C	26	18,90	71,60	37,37	11,79	15	23,20	71,30	37,57	11,09
C, %	29	17,75	47,15	38,54	5,85	33	23,71	45,40	39,34	4,40

Matriz: purín vacuno

Calibraciones

PARÁMETRO	MODELO		CALIBRACIÓN ²		VALIDACIÓN CRUZADA ³		
	MT ¹ AD(a,b,c,d)	Rango espectro	SEC	R ² _c	SECV	R ² _{cv}	RPD _{cv}
MS	SNV-D + 2D(2,8,4,1)	sin banda H ₂ O	18.562	0.651	19.350	0.621	1.6240
MO	SNV-D + 2D(2,10,5,1)	VIS+NIR	72.363	0.447	82.813	0.278	1.1756
pH	SNV-D + 2D(2,8,4,1)	sin banda H ₂ O	0.209	0.613	0.254	0.364	1.2559
N org+amo	SNV + 10(1,4,4,1)	VIS+NIR	4.623	0.664	6.084	0.423	1.3111
Namo	SNV-D + 1D(1,4,4,1)	VIS+NIR	3.333	0.684	4.235	0.515	1.3998
Cond	SNV-D + 2D(2,10,5,1)	sin banda H ₂ O	1.699	0.903	2.911	0.731	1.8791
Dens _d	SNV + 1D(1,4,4,1)	VIS+NIR	0.239	0.305	0.255	0.216	1.1216
Dens _p	SNV-D + 2D(2,4,4,1)	VIS+NIR	0.017	0.781	0.027	0.424	1.3333
P _p	SNV-D + 2D(2,10,5,1)	VIS+NIR	1.990	0.208	2.072	0.142	1.0792
K _p	SNV-D + 10(1,10,5,1)	sin banda H ₂ O	16.676	0.738	10.390	0.612	1.6050
Ca _p	SNV-D + 20(2,10,5,1)	sin banda H ₂ O	19.319	0.141	20.774	0.019	1.0033
Mg _p	SNV-D + 11(1,4,4,1)	sin banda H ₂ O	1.310	0.242	1.498	0.031	1.0047
Nt	DT + 20(2,4,4,1)	VIS+NIR	1.882	0.963	8.628	0.249	1.1270
Ct	SNV-D + 20(2,4,4,1)	VIS+NIR	2.828	0.800	4.506	0.491	1.4019

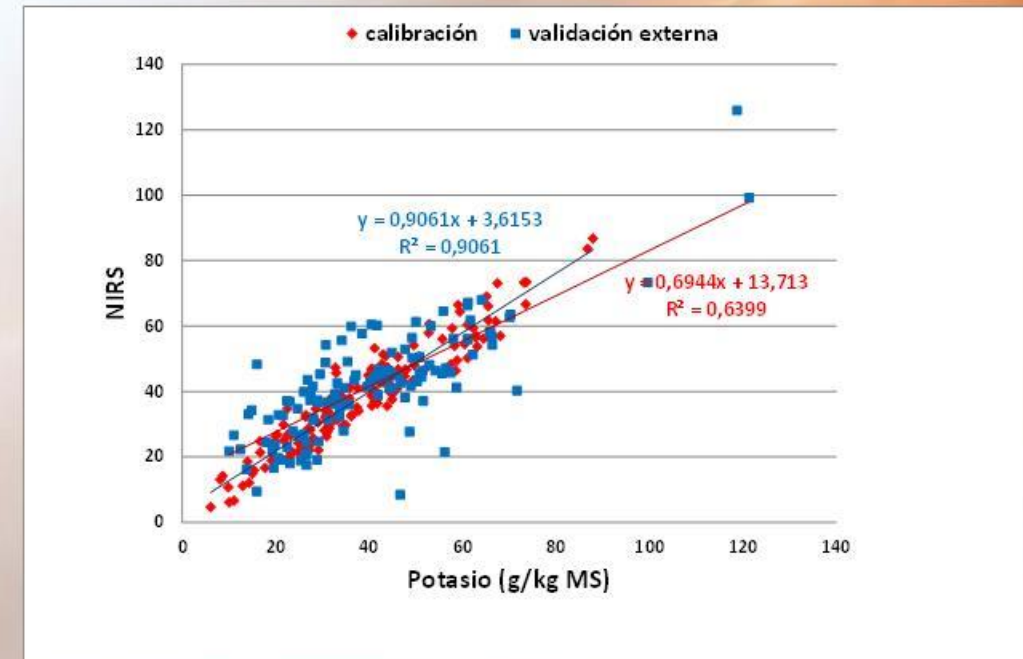
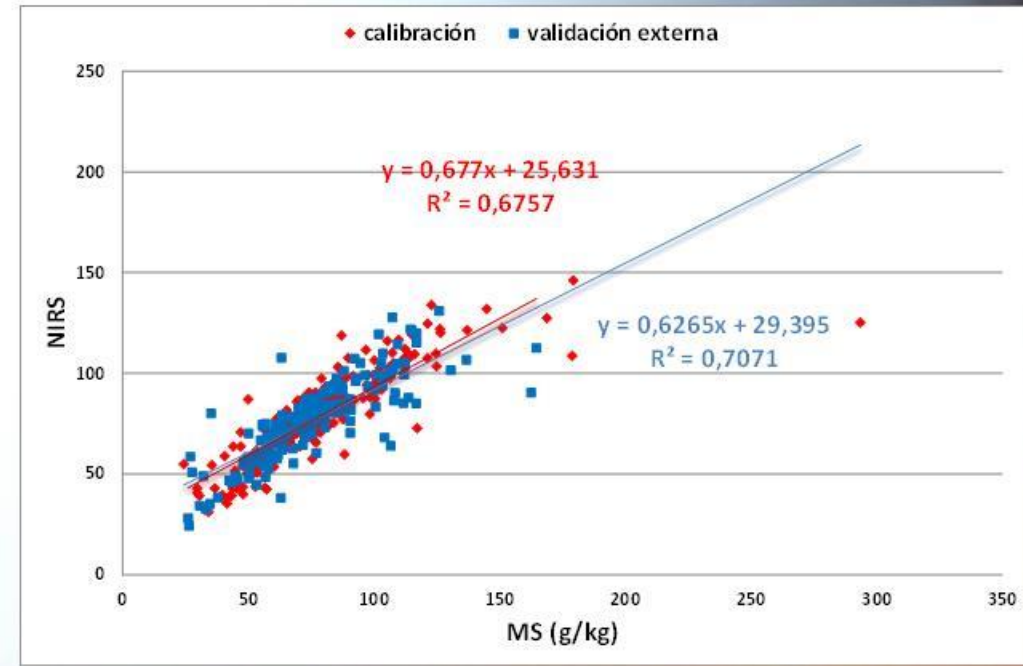
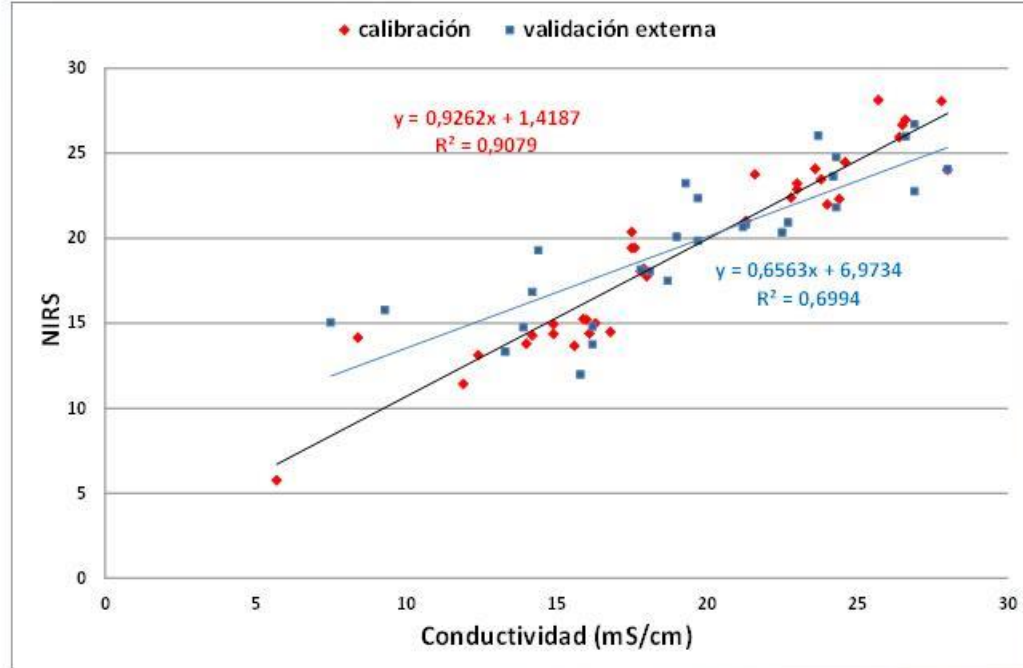
¹MT: tratamiento matemático del espectro. ²SEC: error estándar de calibración, R²_c: coeficiente de determinación de calibración. ³SECV: error estándar de validación cruzada, R²_{cv}: coeficiente de determinación de validación cruzada, RPD_{cv}: radio de desviación estándar con respecto al error de validación cruzada (SD/SECV).

Matriz: purín vacuno

Interpretación calibraciones

PARÁMETRO	UNIDADES	Validación cruzada (homogenización manual/batidora)
MS	g/kg	MALA/APROXIMADA
MO	g/kg	NO UTILIZABLE
C	%	NO UTILIZABLE
pH	-	NO UTILIZABLE
C _{ond}	mS/cm	APROXIMADA/BUENA
N _t	g/kg ms 105 °C	NO UTILIZABLE
N _{org+amo}		NO UTILIZABLE
N _{amo}	g/kg ms 105 °C	NO UTILIZABLE
D _d	g/cm ³	NO UTILIZABLE
D _p	g/cm ³	NO UTILIZABLE
P	g/kg ms 105 °C	NO UTILIZABLE
K	g/kg ms 105 °C	MALA
Ca	g/kg ms 105 °C	NO UTILIZABLE
Mg	g/kg ms 105 °C	NO UTILIZABLE
Na	g/kg ms 105 °C	SIN CALIBRACIÓN

Matriz: purín vacuno



Matriz: purín vacuno

Ampliación de las ecuaciones:

495 muestras homogeneizadas manualmente

488 muestras homogeneizadas batidora

Rango espectral:

- Visible+NIR: 408-1092,2; 1100-2498,2
- Visible+NIR sin banda de agua: 408-1092,2; 1100-1850,2; 1970-2498,2

Tratamientos espectros:

- SNV, De-trending
- Espectro tal cual
- 1ª Derivada del espectro
- 2ª Derivada del espectro

Matriz: purín vacuno

Homogenización manual

Componente	Región	MODELO			CALIBRACIÓN									
		Tratamiento	Términos	Nº Muestras	Mín	Máx	Media	SD	1-VR	SEC	SECV	RSQ	RPD	RER
MS	VIS+NIR	SNV-D + 1D(1,4,4,1)	7	157	19,96	293,60	74,45	38,36	0,60	22,82	24,43	0,65	1,57	11,2
pH	VIS+NIR sin H2O	SNV-D + 10(1,4,4,1)	7	158	6,89	9,03	8,21	0,32	0,17	0,25	0,29	0,41	1,10	7,3
Norg+amo	VIS+NIR sin H2O	SNV-D + 20(2,10,5,1)	6	117	9,10	78,40	36,85	10,62	0,17	6,82	9,79	0,59	1,08	7,1
Namo	VIS+NIR	SNV-D + 20(2,8,4,1)	6	52	4,24	39,91	15,87	6,89	0,29	2,87	5,84	0,83	1,18	6,1
Cond	VIS+NIR	SNV-D + 2D(2,10,5,1)	6	62	5,70	29,40	17,89	5,94	0,60	2,21	3,76	0,86	1,58	6,3
Dp	VIS+NIR	SNV-D + 2D(2,4,4,1)	6	62	0,94	1,17	1,01	0,03	0,15	0,02	0,03	0,56	1,07	7,7
K	VIS+NIR sin H2O	SNV-D + 2D(2,10,5,1)	4	119	5,70	99,70	35,39	17,48	0,30	12,19	14,65	0,51	1,19	6,4
Nt	VIS + NIR	SNV-D + 20(2,4,4,1)	6	51	14,00	71,60	36,64	11,08	0,19	3,27	10,10	0,91	1,10	5,7

Componente	RSQ	RPD
MS	Mala	Mala
N org+amo	Mala	No utilizable
N amo	Buena	No utilizable
Cond	Buena	Mala
Dens	Mala	No utilizable
K	Mala	No utilizable
Nt	Excelente	No utilizable

Matriz: purín vacuno

Homogenización batidora

Componente	MODELO			Nº Muestras	CALIBRACIÓN									
	Región	Tratamiento	Términos		Mín	Máx	Media	SD	1-VR	SEC	SECV	RSQ	RPD	RER
MS	VIS+NIR	SNV-D + 10(1,10,5,1)	8	276	19,27	293,60	78,51	32,99	0,62	18,37	20,31	0,69	1,62	13,5
MO	VIS+NIR sin H2O	SNV-D + 1D(1,4,4,1)	9	239	291,90	877,90	731,79	96,78	0,10	91,60	91,78	0,27	1,05	6,4
pH	VIS+NIR sin H2O	SNV-D + 10(1,4,4,1)	7	277	6,89	9,03	8,22	0,33	0,33	0,24	0,27	0,47	1,22	8,0
N org+amo	VIS+NIR	SNV-D + 1D(1,10,5,1)	8	206	9,10	78,40	36,21	9,28	0,42	6,21	7,12	0,55	1,30	9,7
N amon	VIS+NIR	SNV-D + 20(2,10,5,1)	8	64	3,03	24,95	14,30	5,42	0,60	2,04	3,45	0,86	1,57	6,3
Cond	VIS+NIR	SNV-D + 2D(2,8,4,1)	8	72	5,90	28,80	18,53	5,77	0,73	1,59	2,99	0,92	1,93	7,7
Dd	VIS+NIR	SNV-D + 1D(1,10,5,1)	8	195	1,00	2,00	1,20	0,28	0,34	0,22	0,23	0,41	1,23	4,3
Dp	VIS+NIR sin H2O	SNV-D + 20(2,10,5,1)	3	86	0,94	1,20	1,01	0,04	0,19	0,03	0,03	0,31	1,09	8,1
K	VIS+NIR	SNV-D + 1D(1,4,4,1)	8	207	5,70	99,70	36,68	16,39	0,55	9,78	11,07	0,64	1,48	8,5
Mg	VIS+NIR	SNV-D + 0(0,0,1,1)	4	188	1,86	12,70	6,25	1,75	0,19	1,50	1,58	0,26	1,10	6,8
C	VIS+NIR sin H2O	SNV-D + 20(2,4,4,1)	7	63	1,00	44,42	33,07	14,00	0,60	3,35	8,92	0,94	1,57	4,9

Componente	RSQ	RPD
MS	Aproximada	Aproximada
N org+amo	Mala	No utilizable
Namo	Buena	Mala
Cond	Excelente	Aproximada
K	Mala	No utilizable
C	Excelente	Mala

Matriz: Purín cerdo

PARÁMETRO	Homogenización	
	MANUAL	BATIDO
MS	Buena	Buena
MO	Aproximada	No utilizable
N	Mala	Aproximada
N amo	Buena	Aproximada
Cond	Sin calibración	Sin calibración
Dd	Aproximada	Aproximada
Dp	Sin calibración	Aproximada
P	No utilizable	No utilizable
K	Buena	No utilizable
Ca	No utilizable	Aproximada
Mg	No utilizable	Sin calibración
Na	No utilizable	Buena
C	No utilizable	No utilizable
Zn	No utilizable	No utilizable
Cu	Sin calibración	No utilizable
Fe	No utilizable	No utilizable
Mn	No utilizable	No utilizable
Cu	Sin calibración	No utilizable

Conclusiones

- ✓ En suelo tenemos unas primeras calibraciones aplicables a las determinaciones de MO, C, N con predicciones cuantitativas excelentes. En otros parámetros en proceso de mejorarlas incorporando nuevas muestras al grupo de calibración.
- ✓ En purines de vacuno y porcino seguiremos trabajando en mejorar calibraciones :
 - ✓ Incorporando nuevas muestras en el grupo de calibración
 - ✓ Estudiando otras formas de presentación de las muestras

MUCHAS GRACIAS POR LA ATENCIÓN

Financiación: Acciones de Cooperación: AC2018-01 y AC2020-01



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DO MEDIO RURAL

AGACAL
Axencia Galega
da Calidade Alimentaria

