

# NUTRICIÓN Y SANIDAD VEGETAL

## ANÁLISIS

### Elementos nutritivos del suelo tras adición de compost

A.I. Roca Fernández  
Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo.  
INGACAL. Xunta de Galicia

Evaluar el contenido total y la disponibilidad de los elementos presentes en el suelo resulta necesario, ya que nos permite hacer una apreciación sobre su abundancia y distribución, auxiliando además a la caracterización del suelo. No obstante, el análisis de estos elementos resulta muy complejo debido a la diversidad de los elementos a determinar y a las bajas concentraciones en las que algunos de ellos se encuentran presentes en el suelo por lo que es difícil recomendar un procedimiento generalizado de análisis.

Para evaluar el efecto que la adición de compost de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) ejerció sobre los niveles totales y disponibles de los elementos en diferentes suelos de cultivo de la provincia de A Coruña se realizó un estudio en 48 parcelas experimentales de 4 m<sup>2</sup> (Foto 1).

#### CALIDAD DEL COMPOST EXPERIMENTAL

Puede ser catalogada como buena (Tabla 1) al encontrarse todos los metales pesados por debajo de los límites máximos establecidos por la legislación vigente en España según Orden 28 mayo de 1998 sobre fertilizantes y afines, publicada en el BOE de 2 junio de 1998. Sin embargo, conviene tener presente que de cara a la futura legislación estos niveles serán mucho más restrictivos y deben ser tenidos en cuenta.

#### ANÁLISIS TOTAL DE ELEMENTOS DEL SUELO

##### ► Macronutrientes (P, K, Ca y Mg)

Se observó una tendencia a ser superiores el fósforo (P), potasio (K) y calcio (Ca) en las parcelas

#### METODOLOGÍAS EMPLEADAS EN EL ESTUDIO

##### 1. Análisis total

- Método semicuantitativo: la fluorescencia de rayos X (FRX)
- Método cuantitativo: la espectroscopia de emisión inducida por plasma argón (ICP-MS). (Foto 2)

##### 2. Análisis de elementos disponibles. Se han utilizado dos agentes extractantes para el análisis:

- el agente quelante DTPA
- la solución ácida Mehlich-3

con compost tras determinación con FRX y, lo mismo para P y Ca tras extracción ácida por ICP-MS. La técnica de fluorescencia extrajo un contenido de macronutrientes superior que ICP-MS, tanto en parcelas sin como con compost, siendo el método más adecuado para la evaluación del contenido total de estos macronutrientes ya que la extracción ácida no fue lo suficientemente intensa como para liberar los elementos de las redes silicatadas o de los minerales estables (Tabla 2).



Foto 1. (a) Planta dedicada a la gestión y tratamiento de los Residuos Sólidos Urbanos para (b) la obtención de compost empleado como enmienda orgánica y fertilizante de diferentes suelos de cultivo

**TABLA 1 / Nivel máximo de metales pesados permitidos en un compost de calidad para su uso como enmienda y fertilizante de suelos según la legislación vigente en España y futura en Europa y el compost experimental**

Metales pesados	Legislación vigente compost	Legislación futura compost		Compost experimental	
	(0 28/1998)	Clase I	Clase II	FRX	ICP-MS
	mg · kg <sup>-1</sup>				
Cadmio (Cd)	< 10	0,7	1,5	2	
Cromo (Cr)	< 400	100	150	30	27
Níquel (Ni)	< 120	50	75	29	16
Plomo (Pb)	< 300	100	150	255	244
Cobre (Cu)	< 450	100	150	95	76
Zinc (Zn)	< 1100	200	400	500	446
Mercurio (Hg)	< 7	0,5	1		0,1



*Foto 2. Unidad de espectroscopia ICP-MS utilizada para el análisis total de los elementos presentes en el suelo*

### ► Micronutrientes (Fe, Cu, Mn y Zn)

Se observó una tendencia a ser superiores el hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn) en las parcelas sin compost, tanto medidos por FRX como por ICP-MS, al compararlo con aquellas a las que se les

adicionó compost. Fluorescencia extrajo un contenido medio de micronutrientes mayor que ICP-MS, tanto en las parcelas sin como con compost (**Tabla 3**).

Los coeficientes de variación de estos cuatro micronutrientes fueron del orden del 20-40%. Los elementos Cu y Zn presentaron un amplio rango de oscilación,

del mismo orden que el obtenido previamente en el horizonte superficial del suelo de una pequeña cuenca agrícola en la que se adicionaron cantidades elevadas de purín. Los elementos Fe y Mn, considerados de origen esencialmente litogénico presentaron unos coeficientes de variación menores.

### ► Metales pesados (Cr, Ni y Pb)

Los contenidos medios de cromo (Cr), níquel (Ni) y plomo (Pb) fueron más elevados cuando se estimaron por FRX que cuando se determinaron por ICP-MS, extrayendo fluorescencia un contenido superior de los metales pesados que la extracción ácida con NO<sub>3</sub>H (**Tabla 4**). Se observó una tendencia a ser superior el contenido medio de Pb en las parcelas con compost, tanto por FRX como por ICP-MS, por lo que convendría prestarle especial atención a sus niveles en el suelo de cara a futuros estudios por los posibles problemas de contaminación que podría llegar a ocasionar.

Los coeficientes de variación de estos tres micronutrientes oscilaron entre 28,91% y 66,86%, lo que pone de manifiesto la existencia de una alta variabilidad mayor que la observada en Fe, Cu, Mn y Zn. El valor de referencia A de la normativa holandesa de 1987 fijado en 100 mg·kg<sup>-1</sup> para el Cr fue superado en 2 de las 29 muestras de suelo sin compost y en 1 de las 19 parcelas con compost por ICP-MS mientras que por FRX dicho umbral fue alcanzado o superado en 16 de las 29 muestras sin com-

**TABLA 2 / Estadística descriptiva de P, K, Ca y Mg medidos por FRX e ICP-MS (expresados en g · kg<sup>-1</sup>).**

SIN COMPOST (n=29)	Media	Mediana	Desv. típica	Mínimo	Máximo	3º Cuartil	Coefficiente variación
<b>FRX</b>							
Fósforo (P)	0,32	0,31	0,16	0,05	0,78	0,42	50
Potasio (K)	2,28	2,11	0,70	1,35	4,41	2,46	30,70
Calcio (Ca)	0,80	0,61	0,96	0,12	5,40	0,87	120
Magnesio (Mg)	1,10	1,12	0,31	0,43	1,66	1,30	28,18
<b>ICP-MS</b>							
Fósforo (P)	0,11	0,10	0,05	0,03	0,27	0,14	45,45
Potasio (K)	0,41	0,40	0,16	0,10	0,73	0,56	39,02
Calcio (Ca)	0,33	0,17	0,66	0	3,59	0,27	200
Magnesio (Mg)	0,65	0,67	0,24	0,20	1,25	0,82	36,92
<b>CON COMPOST (n=19)</b>							
<b>FRX</b>							
Fósforo (P)	0,36	0,36	0,18	0,08	0,78	0,40	50
Potasio (K)	2,33	2,11	0,67	1,58	4,01	2,54	28,76
Calcio (Ca)	0,86	0,58	1,16	0,16	5,42	0,87	134,88
Magnesio (Mg)	0,98	1,04	0,32	0,53	1,57	1,18	32,65
<b>ICP-MS</b>							
Fósforo (P)	0,12	0,11	0,07	0,02	0,27	0,16	63,64
Potasio (K)	0,34	0,32	0,18	0,10	0,63	0,55	52,94
Calcio (Ca)	0,41	0,19	0,86	0,02	3,91	0,28	209,76
Magnesio (Mg)	0,63	0,71	0,26	0,17	1,10	0,80	41,27

**TABLA 3 / Estadística descriptiva de Fe, Cu, Mn y Zn medidos por FRX e ICP-MS (expresados en mg·kg<sup>-1</sup>).**

SIN COMPOST (n=29)	Media	Mediana	Desv. típica	Mínimo	Máximo	3º Cuartil	Coefficiente variación
<b>FRX</b>							
Hierro (Fe)	44094	44600	7583	24450	61330	47100	17,20
Cobre (Cu)	67	66,50	17	22,50	110	72,25	25,46
Manganeso (Mn)	1100	1140	256	420	1610	1270	23,24
Zinc (Zn)	156	150	47	50	270	180	30,36
<b>ICP-MS</b>							
Hierro (Fe)	44140	34000	57071	20000	34000	37000	14,84
Cobre (Cu)	34	34	13	3,50	73	39	38,35
Manganeso (Mn)	771	787	202	333	1189	885,50	26,19
Zinc (Zn)	94	94	31	30	150	113,50	33,06
<b>CON COMPOST (n=19)</b>							
<b>FRX</b>							
Hierro (Fe)	42474	43000	7996	28000	59000	45000	18,83
Cobre (Cu)	65	69	14	28	84	75	22,08
Manganeso (Mn)	1049	1030	247	640	1800	1170	23,51
Zinc (Zn)	151	150	42	80	280	170	27,73
<b>ICP-MS</b>							
Hierro (Fe)	30211	32000	7714	13000	39000	36000	25,53
Cobre (Cu)	30	32	10	3,20	46	37	34,63
Manganeso (Mn)	743	719	255	4000	1542	853	34,40
Zinc (Zn)	86	80	33	31	172	103	38,47

post y en 9 de las 19 parcelas con compost.

El nivel de referencia A para el Ni se cifra en 35 mg·kg<sup>-1</sup> y fue superado en 4 de las 29 muestras sin compost y en 1 de las 19 par-

celas con compost por ICP-MS. Dicho umbral por FRX fue alcanzado o superado en 26 de las 29 muestras sin compost y en 16 de las 19 parcelas con compost. El contenido de Cd por ICP-MS pre-

sentó un valor máximo de 0,37 mg·kg<sup>-1</sup> en las parcelas con compost y de 0,25 mg·kg<sup>-1</sup> en las parcelas sin compost, cantidad inferior a los 0,80 mg·kg<sup>-1</sup> descritos por la normativa holandesa.

**TABLA 4 / Estadística descriptiva de Cr, Ni y Pb medidos por FRX e ICP-MS (expresados en mg·kg<sup>-1</sup>).**

SIN COMPOST (n=29)	Media	Mediana	Desv. típica	Mínimo	Máximo	3º Cuartil	Coefficiente variación
<b>FRX</b>							
Cromo (Cr)	113,45	100	57,21	40	310	120	50,43
Níquel (Ni)	58,41	52	25,11	30	125	59,50	42,99
Plomo (Pb)	43	43	12,43	25	56	54,50	28,91
<b>ICP-MS</b>							
Cromo (Cr)	47,84	42	26,84	12,80	155	55	56,10
Níquel (Ni)	28,21	24	18,86	8	91	28	66,86
Plomo (Pb)	24,73	22	9,89	13,50	52	29,50	39,99
<b>CON COMPOST (n=19)</b>							
<b>FRX</b>							
Cromo (Cr)	101,58	90	45,86	40	260	110	45,15
Níquel (Ni)	53,37	50	23,48	27	115	53	43,99
Plomo (Pb)	46,22	44	20,27	25	103	54,25	43,86
<b>ICP-MS</b>							
Cromo (Cr)	45,48	41,30	27,16	13,40	143	49,50	59,72
Níquel (Ni)	25,08	21,90	16	8,30	81	28	63,80
Plomo (Pb)	25,17	19,50	12,09	13,10	63,10	31	57,11



*Foto 3. Teniendo en cuenta el conjunto de las muestras de suelo para análisis de los elementos disponibles se observó que la solución Mehlich-3 extrajo más Fe y Mn y menos Cu y Zn que el agente quelante DTPA*

## ANÁLISIS DE ELEMENTOS DISPONIBLES

### ► Micronutrientes (Fe, Cu, Mn y Zn)

Se observó una tendencia a ser superiores Fe y Mn en las parcelas con compost, tras extracción tanto con la solución ácida Mehlich-3 como con el agente quelante DTPA (Tabla 5). En los suelos sin compost los valores medios de estos cuatro micronutrientes fueron mayores tras usar el agente DTPA. Por el contrario, en los suelos con compost la solución Mehlich-3 extrajo un contenido más elevado de estos elementos.

En general, se admite que la solución Mehlich-3 extrae mayores contenidos de Fe, Cu, Mn y Zn ya que contiene compuestos de naturaleza ácida y un quelato, EDTA, por lo que es capaz de solubilizar una mayor cantidad de micronutrientes. Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo indican que dicha regla no se cumple para los elementos Cu y Zn en los suelos estudiados (Foto 3). Este resultado puede ser debido a interacciones entre la extractabilidad y



diversas propiedades del suelo, por ejemplo, se sabe que el agente quelante DTPA presenta una mayor eficiencia en cuanto a la capacidad de solubilizar nutrientes en condiciones de pH próximas a la neutralidad, mientras que Mehlich-3 se considera más adecuado en condiciones ácidas.

### ► Metales pesados (Cd, Ni y Pb)

Se observó una tendencia a ser superiores Cd y Ni en las parcelas con compost, tras extracción tanto con Mehlich-3 como con DTPA (Tabla 6). El contenido de Pb fue más alto en las parcelas con compost tras extracción con Mehlich-3. En los dos tratamientos estudiados, los valores medios de Cd, Ni y Pb extraídos con DTPA fueron superiores a los extraídos con Mehlich-3. Se observó además un amplio rango de oscilación para estos tres metales pesados.

### CONCLUSIONES

Los contenidos totales y la disponibilidad de los elementos presentes en el suelo no presentaron diferencias significativas entre tratamientos (sin y con compost). Resulta difícil, sin embargo, el poder evaluar la acción del compost procedente de RSU a corto plazo sobre los contenidos totales y disponibles de micronutrientes y metales pesados presentes en el suelo debido a las diferentes propiedades físico-químicas y biológicas de

**TABLA 5 / Estadística descriptiva de Fe, Cu, Mn y Zn medidos por DTPA y Mehlich-3 (expresados en mg·kg<sup>-1</sup>).**

SIN COMPOST (n=27)	Media	Mediana	Desv. típica	Mínimo	Máximo	3° Cuartil	Coefficiente variación
<b>DTPA</b>							
Hierro (Fe)	95,58	93,80	46,72	31,50	207,80	116,50	48,88
Cobre (Cu)	3,89	2,90	3,64	0,10	15,20	4,20	93,60
Manganeso (Mn)	34,56	25,50	25,88	5	98,40	49,90	74,89
Zinc (Zn)	7,98	4,20	10,99	0,70	49,80	9,30	137,83
<b>Mehlich-3</b>							
Hierro (Fe)	77,69	63,20	60,49	18	286,22	81,90	77,86
Cobre (Cu)	1,52	0,90	1,21	0	4,60	2,22	79,45
Manganeso (Mn)	14,04	5,50	26,06	1,40	126,97	8,20	185,64
Zinc (Zn)	3,87	2,30	5,17	0	24,70	3,60	133,46
CON COMPOST (n=14)	Media	Mediana	Desv. típica	Mínimo	Máximo	3° Cuartil	Coefficiente variación
<b>DTPA</b>							
Hierro (Fe)	106,28	85,17	65,92	44,15	274,84	144,88	62,02
Cobre (Cu)	2,65	2,50	1,34	0,91	6,06	3,21	50,49
Manganeso (Mn)	41,21	31,58	29,29	8,99	112,80	61,67	71,07
Zinc (Zn)	4,38	4,31	3	0,77	12,56	5,86	68,53
<b>Mehlich-3</b>							
Hierro (Fe)	242,46	253,43	75,65	116,15	360,17	295,76	31,20
Cobre (Cu)	3,57	2,97	2,23	1,34	10,22	4,18	62,56
Manganeso (Mn)	58,18	47,86	31,56	25,55	141,91	71,80	54,24
Zinc (Zn)	7,41	5,33	7,07	1,11	24,55	7,823	95,45

los suelos en ensayo y sus posibles interacciones con los distintos agentes extractantes empleados y con las diferentes técnicas analíticas utilizadas. Sería, pues, necesario llevar a cabo un estudio a más largo plazo en el que todos estos factores se tuvieran en cuenta para una determinación precisa de los elementos nutritivos del suelo tras la adición de compost.

**TABLA 6 / Estadística descriptiva de Cr, Ni y Pb medidos por DTPA y Mehlich-3 (expresados en mg·kg<sup>-1</sup>).**

SIN COMPOST (n=29)	Media	Mediana	Desv. típica	Mínimo	Máximo	3° Cuartil	Coefficiente variación
<b>DTPA</b>							
Cadmio (Cd)	0,06	0,10	0,06	0	0,20	0,10	91,67
Níquel (Ni)	0,72	0,38	1,14	0,03	4,62	0,62	158,14
Plomo (Pb)	1,92	1,40	1,34	0,19	6,17	2,64	69,68
<b>Mehlich-3</b>							
Cadmio (Cd)	0,03	0	0,05	0	0,15	0,10	147,06
Níquel (Ni)	0,09	0,10	0,03	0	0,13	0,10	26,60
Plomo (Pb)	0,55	0,10	0,99	0	4,50	0,50	179,42
CON COMPOST (n=19)	Media	Mediana	Desv. típica	Mínimo	Máximo	3° Cuartil	Coefficiente variación
<b>DTPA</b>							
Cadmio (Cd)	0,07	0,07	0,04	0,02	0,16	0,11	61,27
Níquel (Ni)	0,81	0,43	1,25	0,27	5,10	0,59	154,77
Plomo (Pb)	2,51	2,39	0,83	1,26	4,22	3,21	33,13
<b>Mehlich-3</b>							
Cadmio (Cd)	0,06	0	0,09	0	0,24	0,11	153,57
Níquel (Ni)	0,39	0,15	0,67	0	2,59	0,42	171,61
Plomo (Pb)	0,49	0	0,96	0	3,33	0,66	197,53