

Disponibilidad de macro- y micronutrientes en un suelo de cultivo de Mabegondo (A Coruña)

Macro- and micronutrients availability in a cropped soil in Mabegondo (A Coruña).

ULLOA GUITIÁN, M.¹; ABREU, C.A.² & PAZ GONZÁLEZ, A.¹

ABSTRACT

The Mehlich-3 extraction reagent recommended for use on a wide range of acid soil types was utilised for extracting in a simple step, both major elements (P, Ca, Mg) and micronutrients (Fe, Mn, Cu and Zn.). The study area was an elementary agricultural catchment of about 25 ha, located in the Mabegondo Experimental farm, near A Coruña, where soils develop over a basic schist underneath, referred to as Ordenes Complejo. 65 punctual soil samples were taken for nutrient determination at 0-30 cm depth. The frequency distributions for each of the seven studied elements were analyzed. There were wide ranges of variation between maxima and minima. Coefficients of skewness and kurtosis indicate that micronutrient contents can be approximated by a normal distribution. Coefficients of variation were medium to high, ranging from 30% to 62%. Strong correlations were found between extractable Fe, Mn, Cu and Zn. Furthermore, the relationship between the concentration of nutrients and routine analysis of organic matter content, pH and texture was ascertained. The dependence between pH and extractable Ca content was not as high as expected because of the scatter of a few (one or two) individual points. The usefulness of regression analysis between extracted nutrient concentrations and on the other hand between nutrient contents and general soil properties for detecting outliers was discussed.

Key words: extractability, multielement, Mehlich-3, statistical variability, macronutrient, micronutrient.

(1) Facultad de Ciencias. Universidad de A Coruña. A Zapateira, 15071, A Coruña.

(2) Instituto Agronómico de Campinas. Barao de Itapura. 13001-970 Campinas (SP), Brasil.

INTRODUCCIÓN

El contenido en nutrientes de los suelos de cultivo depende tanto del material de partida, como de los aportes de fertilizantes, sin olvidar la posible acción de la contaminación atmosférica, que puede motivar incrementos significativos de la concentración de determinados elementos en zonas con cantidades importantes de deposición por vía húmeda y/o seca (ALLOWAY, 1995; DIXON & WEED, 1989). Las raíces de las plantas absorben nutrientes de la solución del suelo y, como consecuencia, para mantener el equilibrio entre la fase sólida y líquida se produce la desorción o disolución desde la fase sólida, pero no toda la cantidad de un elemento existente en la fase sólida del suelo puede ser transferido a la solución (RAIJ, 1998). Además de la extracción por el sistema radicular, numerosos procesos afectan a la movilidad y retención de los elementos en el suelo, y entre los principales cabe citar: la meteorización, la solubilización, la precipitación, la inmovilización por los organismos del suelo y el lavado. Por otro lado, la disponibilidad de los nutrientes del suelo no sólo está relacionada con los procesos que afectan a su retención o movilidad sino que depende de diversos factores físico-químicos. Esencialmente, los factores que afectan a la disponibilidad de nutrientes son pH, contenido en materia orgánica, textura y potencial redox (LOUÉ, 1988).

Debido a la complejidad de las reacciones químicas y de los procesos que determinan el aumento o la pérdida de nutrientes en el suelo, es difícil predecir el comportamiento de los mismos. Como prime-

ra aproximación, y en base a la extracción con reactivos más o menos selectivos y específicos para una forma o asociación físico-química particular, se admite (ALLOWAY, 1995) que los nutrientes del suelo se pueden encontrar en 5 fracciones o estados: soluble, intercambiable, asociados a la materia orgánica, asociados a óxidos, asociados a minerales primarios y secundarios. También se admite que la fracción más lábil, en la que se encuentra la porción de un elemento asimilable a corto y medio plazo esta formada por los tres primeros estados: soluble, intercambiable y asociada a la materia orgánica. Por tanto, el contenido total de un nutriente en un suelo no da idea de la cantidad que está disponible para la planta.

La caracterización de las deficiencias (o excedentes) de elementos nutritivos puede ser hecha mediante diversos procedimientos de diagnóstico, entre los cuales el más tradicional es el criterio visual, que depende sólo del conocimiento del técnico y del soporte de la información bibliográfica. Este criterio tiene su limitación por depender de la aparición de síntomas, fase en que normalmente la productividad puede verse limitado. El análisis químico de la planta, o de sus partes, es otro criterio de diagnóstico, especialmente útil para plantas perennes, en vista de las dificultades de efectuar muestreos representativos del suelo (ABREU *et al.* 1996; NAVARRO BLAYA & NAVARRO GARCÍA, 2000).

Otro instrumento de diagnóstico destacado es el análisis químico del suelo, pues posibilita el conocimiento de la disponibilidad de nutrientes previo a la implantación de un determinado cultivo,

es decir, el diagnóstico acerca del estado actual de fertilidad. Además, el análisis del suelo es una herramienta bastante eficaz para evaluar el nivel de fertilidad del mismo y permite efectuar pronósticos sobre las necesidades de abonado y por ello se viene utilizando desde finales del siglo XIX como el principal criterio para diagnosticar la acidez del suelo y la disponibilidad de algunos macronutrientes (P, K, Ca y Mg) (ABREU *et al.* 1996; NAVARRO BLAYA & NAVARRO GARCÍA, 2000).

Por lo que respecta a los micronutrientes (por ejemplo, B, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn), el volumen de estudios efectuados es mucho más limitado. La presencia de deficiencias en determinados cultivos, y sobre diferentes tipos de suelos, ha potenciado el análisis de la disponibilidad de micronutrientes. Los problemas de déficit de micronutrientes tienden a agravarse debido, entre otros, a los siguientes factores: (a) existencia de suelos con niveles bajos de micronutrientes, debido a la composición de la roca; (b) agotamiento de micronutrientes en suelos fértiles, acelerado por el aumento de la productividad; (c) práctica de enclado, que reduce la disponibilidad de todos los microelementos, excepto Mo; (d) prácticas de enclado deficientes, por ejemplo, aplicando en la capa de 0-10 cm de profundidad, cantidades recomendadas para la de 0-20 cm. (ABREU *et al.* 1996)

Para evaluar indirectamente la disponibilidad de macro- y micronutrientes se han desarrollado técnicas de extracción mediante diversos reactivos o soluciones extractoras. La utilización de un reactivo determinado se justifica en base a su selectividad o especificidad para una forma fisi-

co-química o un estado de asociación determinado. Sin embargo, los resultados obtenidos pueden variar ampliamente en función de condiciones de extracción como el tiempo, el volumen, la intensidad, etc, por lo que estas técnicas han sido con frecuencia criticadas. Por ello, algunos autores para referirse a los resultados obtenidos mediante estas técnicas prefieren utilizar el término "extractabilidad" en vez de disponibilidad.

En la práctica, existe una gran diversidad de soluciones extractantes que permiten determinar distintas fracciones de nutrientes, pero no existe ninguna que sea satisfactoria para todos los tipos de suelo (LEBOURG *et al.*, 1996). Entre ellos hay que citar: **soluciones salinas** -usadas principalmente para macronutrientes intercambiables- como el CaCl₂; **soluciones quelantes** -los agentes quelantes se combinan con los iones en solución formando complejos solubles- como EDTA y DTPA; **soluciones ácidas** -las soluciones concentradas de ácidos fuertes extraen nutrientes de la fase sólida no lábil y las soluciones diluidas extraerán los elementos de la solución del suelo, de los lugares de intercambio y de aquellos que estén complejados o adsorbidos- como los reactivos Mehlich-1 y Mehlich-3.

Al seleccionar el método de análisis del suelo se necesitan conciliar criterios de un buen extractante con la realidad agronómica. Un buen extractante debe: (a) extraer toda o parte proporcional de las formas disponibles; (b) ser reproducible y rápido; y (c) ser adaptable a las diferentes características del suelo. Encontrar un extractante que atienda a todos estos criterios es lo ideal, pero no siempre posible.

En este trabajo se lleva a cabo el estudio de las cantidades de nutrientes disponibles (extraídos con Mehlich-3) en 65 muestras puntuales tomadas en un área dedicada a cultivo. La zona muestreada se considera representativa de una importante comarca agrícola de la CCAA de Galicia, caracterizada por suelos relativamente fértiles. Los principales objetivos del mismo son: la evaluación del contenido en algunos macro- y micronutrientes nutrientes extraídos con el reactivo Mehlich-3 y la caracterización estadística de la variabilidad de los resultados a una escala de la que puedan derivarse conclusiones útiles para la práctica agronómica. Además, se estudia la dependencia entre la extractabilidad de los nutrientes y las propiedades generales del suelo como pH, materia orgánica y textura.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en una zona que quedaba delimitada por una pequeña cuenca de aproximadamente 24.5 ha de extensión, situada en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (Abegondo - A Coruña), dedicada a policultivo en rotación. La localización y características topográficas han sido ya descritas en trabajos anteriores (GONZÁLEZ GARCÍA, 1998; ULLOA GUITIÁN, 1998). El material de partida son esquistos de la formación conocida como "Complejo de Órdenes" (MARTÍNEZ *et al.*, 1984) y se pueden distinguir los siguientes tipos de suelos, en función del desarrollo del perfil y la posición: sobre las laderas, cambisoles y

umbrisoles y en la vaguada, gleysoles (FAO-WRB-UNESCO, 1998).

Las muestras se tomaron en el otoño de 1996, cuando más del 90% de la superficie estudiada estaba ocupada por pradera y el resto a barbecho, después de la recogida del maíz. La zona dedicada a pradera estaba dividida en parcelas con manejo diferente, de modo que mientras en una de ellas el suelo estaba labrado y recién encañado como consecuencia de las operaciones de resiembra, otras no habían sido renovadas en los últimos diez años. Además, algunas de las parcelas a pradera se dedicaban a siega, otras a pastoreo y otras a ambos usos. En consecuencia, cabía esperar, *a priori*, una gran heterogeneidad en la cantidad de nutrientes dentro de la zona estudiada.

El muestreo se realizó al azar (figura 1) de manera que estuviesen representadas las diferentes unidades de suelos y parcelas con distinto manejo de la pequeña cuenca agrícola. La toma de muestras se efectuó con una sonda de 5 cm de diámetro en 79 puntos diferentes y a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm), en los que se analizaron las propiedades generales (ULLOA GUITIÁN, 1998). El contenido en nutrientes, no obstante, se determinó sobre 65 muestras pertenecientes a la capa superficial (0-30 cm de profundidad) porque es la más importante desde el punto de vista nutricional.

Propiedades generales del suelo

En la tabla 1, se muestra un resumen estadístico de las propiedades generales de la cuenca considerando sólo las 65 mues-

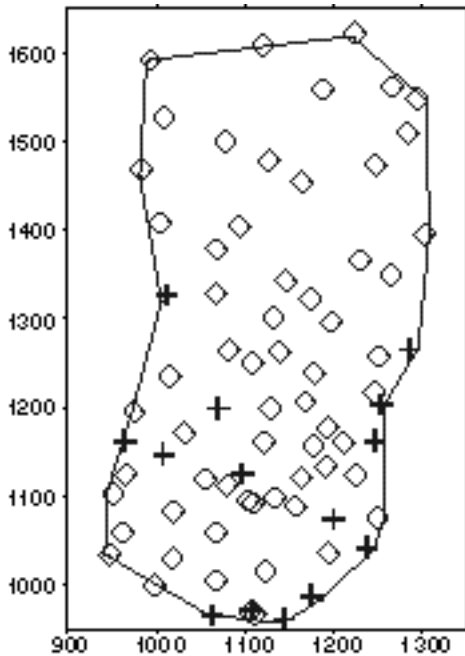


Figura 1. Mapa de los puntos muestreados:
 ▽ muestras con datos de propiedades generales y nutrientes extraídos con Mehlich-3; + muestras con datos de propiedades generales.

tras en las que se analizaron los nutrientes. Un análisis más detallado de estos datos se encuentra en ULLOA GUITIÁN (1999).

La cuenca presenta un pH medio medianamente ácido (5.67) mientras que a escala de parcela y en la misma zona PAZ GONZÁLEZ *et al.* (1996) encuentran que éste es ligeramente ácido (6.01). De esta cuenca también existen estudios sobre las recomendaciones de encalado; TABOADA CASTRO *et al.* (2000) considerando el pH medio de la cuenca, recomiendan una dosis media de 2.75 Tm de $\text{CO}_3 \text{ Ca/ha}$, pero como esta necesidad de cal presenta un coeficiente de variación en la cuenca de

un 54.4% sugieren la necesidad de aplicar dosis variables de caliza.

El contenido medio en materia orgánica es alto a escala de cuenca (9.28 %, localizándose los contenidos más bajos en las zonas de ladera y los más altos en las vaguadas hidromorfas.

Desde el punto de vista granulométrico el limo es la fracción más abundante con algo más del 50% del contenido medio de las muestras.

Tanto a escala de cuenca (ULLOA GUITIÁN, 1998) como de parcela (PAZ GONZÁLEZ *et al.*, 1996) los coeficientes de variación aumentan en el siguiente orden: $\text{pH (H}_2\text{O)} < \text{pH (KCl)} < \text{limo} < \text{arcilla} < \text{arena} < \text{materia orgánica}$. Se observa que para el pH existe menor variación a escala de cuenca y para la materia orgánica, arena, limo y arcilla hay mayor homogeneidad a escala de parcela (ULLOA GUITIÁN, 1998).

Los coeficientes de asimetría permiten comprobar que a escala de cuenca todas las características presentan distribuciones de frecuencia normales. Este resultado también se observó a escala de parcela en donde muchas de las propiedades generales presentaban una distribución muy próxima a la normal, siendo la variable que más se alejaba de ésta la arena y el limo.

Métodos analíticos

Las muestras se secaron al aire y se tamizaron a 2 mm. La extracción de los nutrientes (P, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn) se realizó mezclando 5cc de tierra fina con 50 ml de la solución Mehlich-3 (MEHLICH, 1984); se agitó durante 5 minutos en un agitador circular horizontal a 240 rpm, se

	N	M	Desv. Std.	C.V. (%)	Mín.	Máx.	Asim.
PH (H₂O)	65	5.67	0.25	4.42	4.95	6.46	0.21
PH (KCl)	65	4.63	0.24	5.18	4.24	5.53	1.09
M.O. (%)	65	9.28	2.74	29.59	3.68	16.91	0.14
Arena (%)	65	25.56	6.17	24.14	8.80	38.80	-0.30
Limo (%)	65	55.39	5.60	10.11	45.70	66.50	0.10
Arcilla (%)	65	19.05	3.89	20.41	11.60	27.90	0.06

Tabla 1. Resumen estadístico de las propiedades generales a escala de cuenca – 65 muestras tomadas entre 0-30 cm de profundidad –. (N = número de muestras; M = media; Desv. Std. = desviación estándar; C.V. = coeficiente de variación; Máx. = máximo; Mín. = mínimo; Asim. = coeficiente de asimetría).

filtró y en el filtrado se determinaron los nutrientes mediante un ICP-AES (Espectrómetro de Emisión Atómica por Inducción de Plasma).

El reactivo Mehlich-3 es una mezcla de ácidos (0.2 M CH₃COOH, 0.25 M NH₄NO₃, 0.015M NH₄F, 0.013 HNO₃) con un agente quelante (0.001 EDTA) a pH 2.5 que permite extraer cantidades de nutrientes de la solución, en posiciones intercambiables y asociadas a la materia orgánica. Se considera que las cantidades de nutrientes extraídos con esta solución pueden dar una idea de la disponibilidad para las plantas (MEHLICH, 1984; JONES, 1990). Según RAIJ (1994), tanto la solución Mehlich-3 como la AB-DTPA, conocidos como "extractores universales" son en realidad soluciones extractoras de multinutrientes porque pueden ser usados para evaluar simultáneamente la disponibilidad de varios elementos. Según JONES (1990), el Mehlich-3 puede ser usado para extraer P, K, Ca, Mg, Na, B, Cu, Fe, Mn y Zn; la cantidad de Ca y Na

extraído con el reactivo Mehlich-3 presenta una estrecha relación con las cantidades de nutrientes de cambio que extraería el NH₄C₂H₃O₂, pH 7.0, mientras que la cantidad de Mg que se extrae con los dos reactivos es la misma.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presentan los resultados estadísticos de los nutrientes extraídos en la cuenca con el reactivo Mehlich-3 y la relación Ca/Mg.

El nutriente extraído en mayor cantidad es el Ca, las muestras presentan 486.90 mg/kg de contenido medio aunque su rango de variación es muy amplio con 211.10 mg/kg de contenido mínimo y 1345 mg/kg de máximo. El siguiente nutriente extraído en mayor cantidad es el Fe con 176.50 mg/kg de media. Luego está el Mn con 57.13 mg/kg de suelo y el P 54.13 mg/kg que presentan el mismo rango de variación 181 mg/kg. A continuación está el Mg con 43.46 mg /kg. La

	N	M	Med.	Mod.	Desv. Std.	C.V.(%)	Mín	Máx	Rang.	Asim.	Curt.
P	65	54.13	48.94	47.33	33.58	62.0	1.85	192.80	181.95	1.27	5.25
Ca	65	495.90	450.90	494.57	191.4	39.3	211.10	1345.0	1133.9	1.58	7.47
Mg	65	43.46	38.00	41.52	19.46	44.8	18.47	110.70	92.23	1.57	5.58
Fe	65	176.50	179.37	136.75	53.43	30.3	88.31	292.10	193.79	0.16	1.86
Mn	65	57.13	44.92	53.90	34.43	60.3	8.44	190.30	181.95	1.29	4.76
Cu	65	1.18	1.04	1.2	0.58	49.3	0.32	2.67	2.35	0.77	2.96
Zn	65	0.89	0.76	0.91	0.49	54.4	0.05	2.33	2.3	0.97	3.43
Ca/Mg	65	11.95	11.41	11.74	3.82	31.9	5.42	22.27	16.95	0.72	3.18

Tabla 2. Resumen estadístico de los nutrientes extraídos con la solución Mehlich-3 (mg/kg suelo). (N = número de muestras; M = media; Med = mediana; Mod = valor superior del intervalo modal; Desv. Std. = desviación estándar; C.V. = coeficiente de variación; Máx.= máximo; Mín.= mínimo; Rang = rango; Asim. = coeficiente de asimetría; Curt. = curtosis).

muestras presentan de media un contenido en Cu de 1.18 mg/kg y de Zn 0.89 mg/kg.

Los coeficientes de variación indican una elevada variabilidad en el contenido de nutrientes entre 30-60% aproximadamente. Estos coeficientes siguen de menor a mayor el siguiente orden: Fe<Ca<Mg<Cu<Zn<Mn<P. Los coeficientes de variación de los nutrientes son mayores que los que presentan las propiedades generales tanto a escala de cuenca como de parcela. La relación Ca/Mg presenta un coeficiente de variación del 31%.

Las distribuciones de frecuencia normales se caracterizan por presentar los valores de media, mediana, moda próximos y los valores de asimetría igual 0 y de curtosis igual a 3. Como criterio práctico aproximado se puede admitir que una distribución de frecuencia muestral está próxima a la normalidad cuando el coeficiente de asimetría es inferior a 1.

Examinando los valores de asimetría y curtosis de las cantidades de nutrientes extraídos en la cuenca (tabla 2) se podría

decir que el Cu, Fe, Zn presentan una distribución próxima a la normal. Mientras que los macronutrientes y mesonutrientes estudiados, así como el Mn no presentan según estos criterios distribuciones de frecuencia normales, pero si a los datos se les efectúa una transformación logarítmica si presentarían un valor del coeficiente de asimetría menor que 1 por lo que se ajustaría con más precisión a una normal excepto el P que aún transformándolo no se ajustaría.

Al observar los histogramas tampoco se advierte que presenten claramente distribuciones normales típicas (figura 2). Los que presentan resultados más parecidos a una distribución normal típica son el Cu y el Zn coincidiendo con lo deducido según los criterios anteriormente citados ya que su coeficiente de asimetría es de 0.77 y 0.97.

El hecho de que una propiedad del suelo presente una distribución de frecuencia que se ajuste lo más posible a una normal presenta interés cuando se realiza

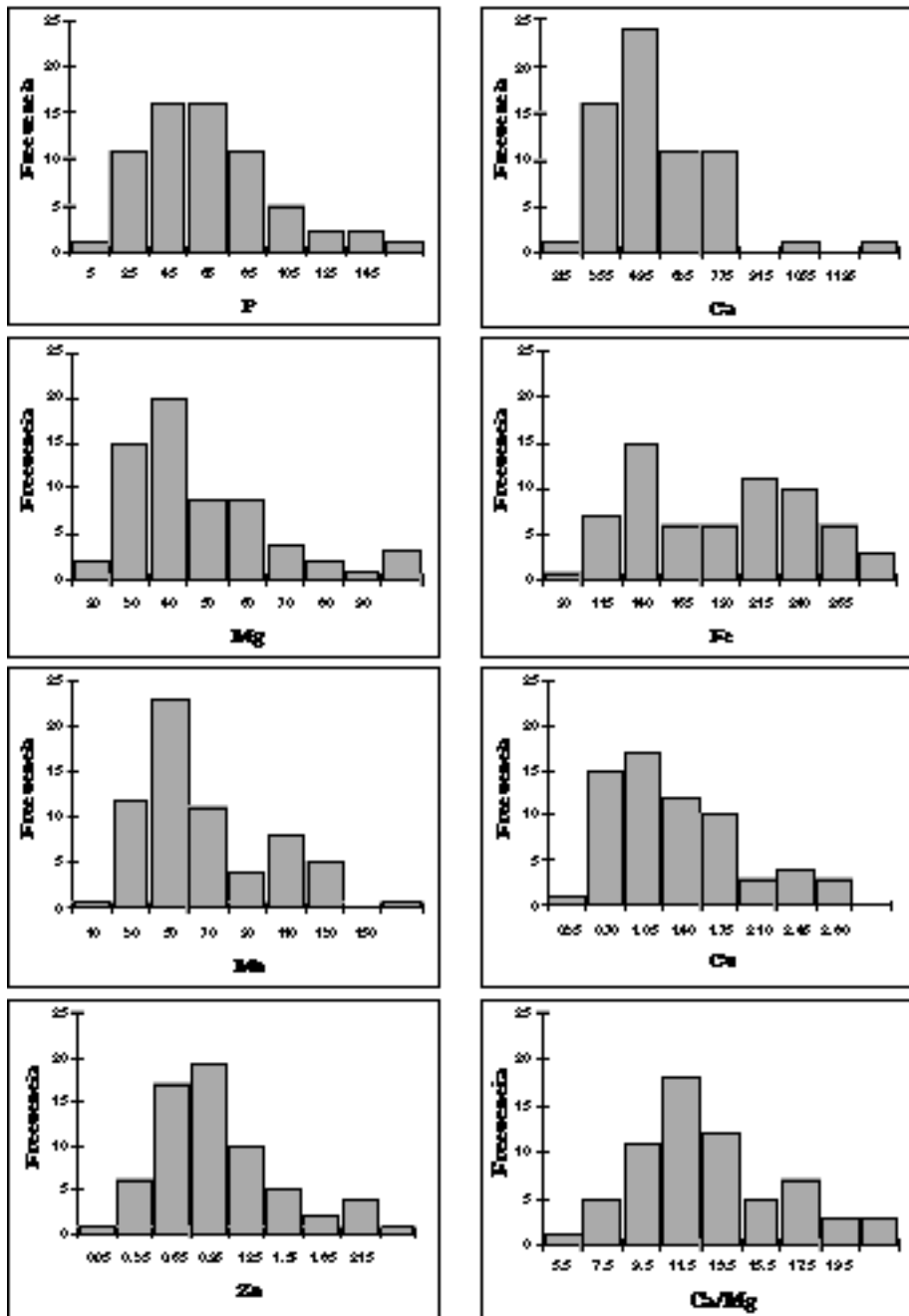


Figura 2. Histogramas de frecuencia de los nutrientes extraídos con Mehlich-3 y de la relación Ca/Mg.

un estudio de la variabilidad espacial mediante métodos geoestadísticos ya que los errores de krigeado serán menores.

La elevada asimetría de las distribuciones de frecuencia de Ca, Mg y Mn es causada por la presencia de unos pocos valores de pH excesivamente altos. Los mesonutrientes (Ca y Mg) presentan distribuciones de frecuencia prácticamente idénticos desviados ligeramente a la izquierda, aunque el Ca es extraído en mayor cantidad. Esto se puede notar también en el valor del

coeficiente de correlación lineal entre ambos nutrientes ($r=0.602$).

Observando las matrices de correlación lineal entre los distintos elementos extraídos con Mehlich-3 (tabla 3) y también con las propiedades generales (tabla 4) se pudo estudiar la interrelación entre ellos.

Como se puede observar en la tabla 3, los elementos que presentan una correlación más fuerte son los micronutrientes (Mn, Cu, Fe, Zn) ya que todos presentan coeficientes de correlación superiores al

	P	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
P	1						
Ca	-	1					
Mg	-	0.630 ^a	1				
Fe	-	-	0.239 ^a	1			
Mn	-	-	-	0.635 ^a	1		
Cu	-	-	0.300 ^a	0.730 ^a	0.755 ^a	1	
Zn	0.499 ^a	-	-	0.623 ^a	0.533 ^a	0.653 ^a	1
Ca/Mg	-	0.291 ^b	-0.443 ^a	-0.255 ^b	-	-	-

Tabla 3. Coeficientes de correlación lineal entre las cantidades de nutrientes extraídos con Mehlich-3. (-: no significativo; ^ap<0.01; ^bp<0.05; p = nivel de significación).

	pHED	pHEC	MD.	Área	Limo	Árcilla
P	-0.406 ^a	-	-	0.324 ^a	-0.271 ^b	-
Ca	0.538 ^a	0.677 ^a	0.287 ^b	-0.242 ^b	-	0.282 ^b
Mg	0.418 ^a	0.456 ^a	0.362 ^a	-0.336 ^a	-	-
Fe	-	-0.248 ^b	-	-	-	0.330 ^a
Mn	-	-	-	-	-	-
Cu	-	-	-	-0.310 ^b	-	-
Zn	-	-	-	-	-	-
Ca/Mg	-	-	-	-	-0.293 ^b	-

Tabla 4. Coeficientes de correlación lineal entre las propiedades generales y las cantidades de nutrientes extraídos con Mehlich-3. (-: no significativo; ^ap<0.01 ^bp<0.05; p = nivel de significación).

50%; así se obtuvieron valores de correlación positiva altamente significativos ($p < 0.01$) entre Cu-Mn ($r = 0.755$), Cu-Fe ($r = 0.750$), Cu-Zn ($r = 0.622$), Fe-Mn ($r = 0.635$) y Fe-Zn ($r = 0.622$). También es significativamente alta la correlación entre los mesonutrientes Ca y Mg ($r = 0.650$).

En la tabla 4 se puede observar que no existen fuertes correlaciones entre las propiedades generales y los nutrientes extraídos. Los coeficientes de correlación lineal más elevados se obtuvieron entre pH y Ca y Mg. El pH (H_2O) y el macronutriente fósforo presentan un coeficiente de correlación negativa ($r = -0.406$). Las propiedades generales y los micronutrientes no presentan en absoluto correlaciones o bien éstas son muy débiles; una de las excepciones es el Fe que presenta una débil correlación negativa con el pH (KCl) ($r = -0.248$).

En la figura 3 se puede observar la función lineal ajustada al Ca y pH (H_2O), se pudo comprobar que eliminando dos de los puntos que presentan una mayor dispersión con respecto a la recta de regresión

el coeficiente de correlación mejoraba ligeramente ($r = 0.578$).

El análisis de estos datos mediante regresión lineal puede permitir tomar una decisión acerca de la conveniencia o no de considerar los valores anormalmente altos o bajos de una variable al efectuar el análisis geoestadístico. Las concentraciones anómalas, con frecuencia pueden ser debidos a errores experimentales. Es muy importante llevar a cabo un detallado análisis estadístico antes de decidir si se eliminan o no de la muestra ya que la presencia de 1 o 2 puntos con valores anómalos modifica no sólo los valores de la media y otros parámetros estadísticos sino que condiciona también los resultados del análisis estructural geoestadístico; éste es un ejemplo de que pueden existir buenas relaciones entre los nutrientes y las propiedades generales de los suelos pero la relación que mejor se ajusta puede no ser la lineal.

En la figura 3 también se observa que a la relación P-pH(H_2O) se ajustó mejor una función polinómica de orden 2 y su coeficiente de correlación ($r = -0.452$) es

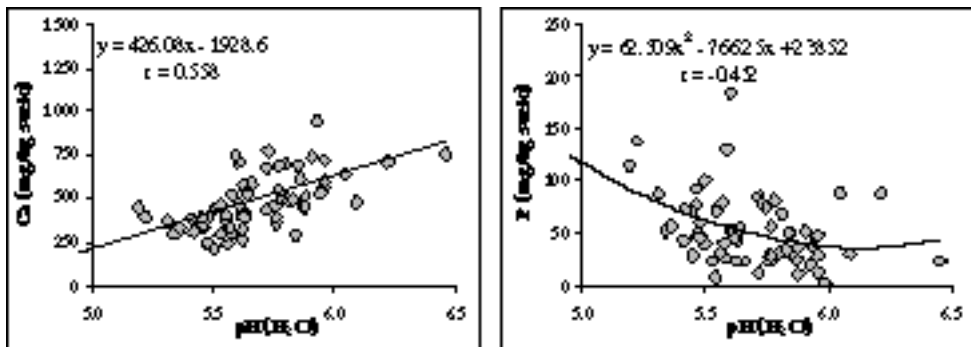


Figura 3. Relación del pH (H_2O) con el Ca y el P.

superior que el coeficiente de correlación lineal antes indicado ($r = -0.406$).

CONCLUSIONES

Considerando los valores medios, el suelo de esta cuenca está bien provisto de macronutrientes P, Ca y Mg y no presenta deficiencias en micronutrientes, sin embargo, dado el amplio rango de variación de los nutrientes estudiados existen microzonas en donde las cantidades extraídas con Mehlich-3 están por debajo de los niveles considerados óptimos.

Según los valores de los coeficientes de asimetría se comprueba que no todos los

nutrientes se aproximan a una distribución de frecuencia normal.

Los micronutrientes (Mn, Fe, Cu, Zn) presentan entre ellos unos coeficientes de correlación lineal altamente significativos, sin embargo, con las propiedades generales las correlaciones no son significativas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto "Uso del compost urbano para la producción agrícola en la zona periurbana de A Coruña" financiado por Caixa Galicia.

BIBLIOGRAFÍA

- ABREU, C. A. DE; VAN RAIJ, B.; ABREU M. F. & ANDRADE, J. C. (1996). Efficiency of nutrients extractants for determinate of availability copper. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 27 (3-4): 763.
- ALLOWAY, B.J. (1995). *Heavy metals in soils. Blackie Academic and Professional*. Chapman and Hall. Glasgow, 368 pp.
- DIXON, J. B. & WEED, S.B. (1989). *Minerals in Soil Environments*. 2nd ed. Soil science society of America, Madison.
- FAO-WRB-UNESCO (1998). World Referencial Base for Soil Resources. *Colección Worl soil Resources Reports*. Nº 84. FAO-Roma, 88 pp.
- GONZÁLEZ GARCÍA, M. A. (1998). *Propiedades hidrodinámicas en zona non saturada*. Tesis Doctoral, Escola Politécnica Superior, Universidade de Santiago de Compostela
- JONES, Jr, J.B. (1990) Universal soil extracts. Their composition and Use. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 21: 1091-1101.
- LEBOURG, A., STERCKEMAN, T., CIESILSKI, H. & PROIX, N. (1996). Inétreèt de differents réactifs d'extraction chemique por l'évaluation de la disponibilité des métaux en traces du sol. *Agronomie*, 16: 201-215.
- LOUÉ, A. (1988) *Los microelementos en agricultura*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 354 pp.
- MARTÍNEZ, J. R.; KIEIN, E.; de PABLO, J. G. & GONZÁLEZ, F. (1984). El complejo de Órdenes: subdivisión, descripción y discusión sobre su origen. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe* 7:139-210.
- MEHLICH, A. (1984). Mehlich 3 soil test extractant. A modification of Mehlich 1 extractant. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 15 (12) : 1409-1416.
- NAVARRO BLAYA, S. & NAVARRO GARCÍA, G. (2000). *Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Ediciones Mundi-Prensa. 488 pp.
- PAZ, A.; TABOADA, M.T. & GÓMEZ, M. J. (1996). A spatial variability in topsoil micro-nutrient contents in a one-hectare cropland plot. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 27 (3-4): 479-503.
- RAIJ, B. van (1994). New diagnostic techniques, universal soil extracts. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 25: 799-816.
- RAIJ, B. van (1998). Bioavailable tests: Alternatives to standard soil extractions. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 29 (11-14): 1553-1570.
- TABOADA CASTRO, M.M.; PAZ GONZÁLEZ, A.; TABOADA CASTRO, M.T. & ULLOA GUITIÁN, M. (2000). Evaluación de la variabilidad espacial de las necesidades de cal en un suelo dedicado a pradera. *3ª Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes* Ed: Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria, pp:171-175.
- ULLOA GUITIÁN, M (1998) *Variabilidad de las propiedades generales del suelo en dos cuencas de pequeñas dimensiones*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidade da Coruña, 106 pp.
- ULLOA GUITIÁN, M; PAZ GONZÁLEZ, A., TABOADA CASTRO M.T. & DAFONTE DAFONTE, J. (1999). Statistics and Geostatistics applied to soil general properties on general properties on agricultural catchment *6th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate* Barcelona, pp: 680-682.