



NÚMERO MÍNIMO DE MUESTRAS NECESARIO PARA UN MUESTREO EDÁFICO EN EL CHACO ÁRIDO DE CÓRDOBA (ARGENTINA)

MINIMUM NUMBER OF SAMPLES NEEDED FOR A SOIL SAMPLING IN THE CHACO ÁRIDO OF CÓRDOBA (ARGENTINA)

AMANDA CORA Y OMAR A BACHMEIER

Depto. de Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
Av. Valparaíso s/n, Ciudad Universitaria, CP 5000, CC 509. Córdoba.
amanda_cora@yahoo.com

RESUMEN

Se estableció el Número Mínimo de Muestras (NMM) de suelo necesario para diferentes ambientes y variables edáficas en el Chaco Árido. En ambientes homogéneos en vegetación e historia de uso de la pedanía Chancaní, Córdoba (1-Bosque de *Aspidosperma quebracho-blanco*, 2-Bosque de *Prosopis flexuosa*, 3-Bosque de *P. flexuosa* bajo moderada presión ganadera-forestal, 4-Bosque mixto bajo moderada presión ganadera-forestal, 5-Bosque mixto talado, 6-Bosque degradado de *P. flexuosa* bajo alta presión ganadera-forestal), se extrajeron muestras de suelo y se determinaron variables edáficas. Sodio y salinidad no poseen distribución normal y requieren de un muestreo sistemático, las restantes variables se clasificaron según su coeficiente de variación (CV). Densidad aparente, pH, densidad real, porosidad y relación carbono/nitrógeno presentaron variación baja ($CV < 15\%$). Potasio, calcio y magnesio presentaron variación media ($15\% \leq CV \leq 50\%$) y alta ($CV > 50\%$), su estimación posee gran incertidumbre y requiere un elevado NMM. Carbono orgánico y nitrógeno total presentaron variación media. Capacidad de intercambio catiónico y Fósforo mostraron variación baja en 1 y 2, y variación media en los restantes ambientes. Se concluye que el NMM de suelo varía acorde al ambiente y a la variable bajo estudio. Por ello es importante considerar ambos factores en el diseño de un muestreo.

Palabras clave: Suelo, variables edáficas, bosque, *Prosopis flexuosa*.

SUMMARY

*The Minimal Number of Samples (NMM) was established for different environments and edaphic variables in the Chaco Árido of Córdoba. In environments homogeneous in vegetation and history of use in Pedanía Chancaní Córdoba (1-Forest of *Aspidosperma quebracho-blanco*, 2-Forest of *Prosopis flexuosa*, 3-Forest of *P. flexuosa* under moderate cattle-deforest pressure, 4-Mixed forest under moderate cattle-deforest pressure, 5-Mixed forest deforest, 6-Degraded Forest of *P. flexuosa* under high cattle-deforest pressure), soil samples were obtained and edaphic variables were determined. Sodium concentration and salinity didn't show normal distribution and require a systematic sampling. The rest of the variables were classified by their variation coefficient (CV). Bulk density, pH, real density, porosity and Carbon/Nitrogen ratio showed low variation ($CV < 15\%$). Potassium, calcium and magnesium displayed medium ($15\% \leq CV \leq 50\%$) and high ($CV > 50\%$) variation; their estimation possess great uncertainty and require an elevated NMM. Organic carbon and total nitrogen showed a middle variation. Cation interchange capacity and phosphorous showed low variation in 1 and 2 environments, but medium variation in the rest of environments. We conclude that NMM varies according to the environment and the variable under study. For that reason, is important to consider both factors when designing a sampling method.*

Key words: Soil, edaphic variables, forest, *Prosopis flexuosa*.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades del suelo, tanto físicas como químicas, poseen gran variabilidad (Warrick, 1998; Bachmeier & Buffa, 1988; Cline, 1944). Esto implica tener que tomar un número suficiente de muestras de la unidad espacial objeto de estudio para realizar una adecuada estimación de sus parámetros poblacionales. Por ello, siempre resulta de gran utilidad contar con información precedente que de las pautas para realizar un muestreo representativo de un área. En la actualidad esa información no se encuentra disponible para el Chaco Árido cordobés.

En la práctica, los parámetros poblacionales se estiman a partir de un muestreo que minimice las causas de error al considerar el número necesario de muestras a extraer y represente a la población con el menor costo (Warrick, 1998). Por ello, se prevé la existencia de un Número Mínimo de Muestras (NMM) diferente según cada variable y ambiente bajo estudio. El objetivo del presente trabajo fue establecer una referencia del NMM necesario acorde al ambiente y la variable que se desee estudiar en el Chaco Árido cordobés.

MATERIAL Y MÉTODO

El trabajo se llevó a cabo en la Pedanía Chancaní, Departamento de Pocho, noroeste de la provincia de Córdoba, Argentina, a 31°25'22" S y 65°27'09" O. Los suelos son de textura franco arenosa a franco limosa, con granulometría cada vez más fina en las zonas más bajas (Karlin *et al.*, 1992). En la zona predominan bosques xerófilos, ralos y bajos de *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Prosopis flexuosa*, con un estrato arbustivo abundante y diverso. Entre las herbáceas se destacan especies de los géneros *Trichloris*, *Setaria*, *Digitaria* y *Pappophorum* (Karlin *et al.*, 1992).

En la región se identificaron seis situaciones homogéneas en cuanto a su vegetación e historia de uso: 1) Bosque prístino de *Aspidosperma quebracho-blanco*, 2) Bosque de *Prosopis flexuosa* en las inmediaciones del río sometido a manejo silvícola, sin uso ganadero ni forestal, 3) Bosque de *Prosopis flexuosa* bajo moderada presión de explotación ganadera y forestal, 4) Bosque mixto de *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Prosopis flexuosa* bajo moderada presión de explotación ganadera y forestal, 5) Bosque mixto de *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Prosopis flexuosa* sometido a tala en el año 1999, 6) Bosque degradado de *Prosopis flexuosa* bajo alta presión de explotación ganadera y forestal.

Se analizaron las siguientes variables edáficas: materia orgánica (Carbono orgánico) por el método de Walkley-Black; nitrógeno total por micro-Kjeldhal; pH por potenciometría directa, relación suelo/agua, relación 1:1; salinidad: conductimetría del extracto de saturación; densidad aparente: se extrajeron bloques de suelo sin disturbar y se calculó la relación masa/volumen de la muestra; densidad real por picnometría (Black, 1986); porosidad: se estimó a partir de las medidas de densidad aparente y densidad real; fósforo extractable por los métodos Bray & Kurtz N° 1 y Olsen; cationes intercambiables: se extrajeron con AcNH_4 1 N pH 7 y se cuantificó K^+ , Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} por espectrofotometría de absorción atómica; capacidad de intercambio catiónico (CIC): por desplazamiento de los cationes adsorbidos y saturación del complejo de intercambio con NH_4^+ . El NH_4^+ adsorbido fue desplazado con NaCl 1 M, y se analizó el NH_4^+ recuperado. Las técnicas de análisis químico se desarrollaron según Sparks (1996). En cada una de las seis situaciones homogéneas de vegetación se tomaron muestras de suelo de 0 a 17 centímetros de profundidad (Bachmeier y Buffa, 1988). Éstas fueron secadas, molidas, tamizadas y se le realizaron las mediciones de las variables edáficas.

Para calcular el NMM se utilizó la ecuación: $\text{NMM} = ((t_{\alpha} \cdot \text{CV})/d)^2$, donde: (t_{α}) es el estadístico Student para una probabilidad $1-\alpha$ y $n-1$ grados de libertad, (CV) es el coeficiente de variación y (d) el desvío relativo aceptado en torno a la media (Warrick, 1998). La estimación fue realizada para $\alpha=0,05$ y $0,10$, y un desvío relativo de 10 , según sugieren Bruce & Luxmoore (1986). La fórmula sólo es aplicable a poblaciones con distribución normal y en muestreos al azar (Burrough, 1991). Por otro lado, la variable Fósforo se transformó a $\text{Ln}(\text{fósforo} + 1)$ para normalizar su distribución.

Además, se clasificaron las variables según su CV en: variación baja ($CV < 15\%$), variación media ($15\% \leq CV \leq 50\%$) y variación alta ($CV > 50\%$) (Warrick, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las variables medidas son normales en su distribución, con excepción de Salinidad y Concentración de Sodio (Tabla 1), para las cuales se hace necesario un muestreo no al azar.

TABLA 1. Media muestral y Coeficiente de Variación de las variables Salinidad y Concentración de Sodio, para los seis sitios analizados

Table 1. Mean sample and Coefficient of Variation of Salinity and Sodium's Concentration, for the six analyzed sites

Sitio	Variable			
	Salinidad dS/m		[Na] cmol/Kg	
	Media	CV (%)	Media	CV (%)
1	6,28	140,19	1,01	119,51
2	1,03	55,62	0,17	11,11
3	0,77	58,74	0,26	36,19
4	1,27	91,92	0,25	23,21
5	0,76	34,82	0,2	26,96
6	1,52	132,66	0,22	67,69

Los resultados obtenidos (Tabla 2) muestran que todos los sitios analizados presentaron variación baja para pH, densidad aparente, densidad real, porcentaje de porosidad y relación C/N, con excepción de C/N en el sitio 3. En este sentido hay que valorar positivamente que, como paso previo al muestreo, se dividió a la región en unidades homogéneas de vegetación e historia de explotación, lo que redujo la variabilidad intrínseca de las propiedades del suelo medidas, variabilidad aún más marcada para estos sistemas forestales.

TABLA 2. Tamaño mínimo muestral estimado para variables edáficas en 6 sitios: 1) Bosque prístino de *Aspidosperma quebracho blanco*, 2) Bosque sin explotar de *Prosopis flexuosa*, 3) Bosque, bajo moderada presión de explotación ganadera-forestal, de *A. quebracho-blanco* y *P. flexuosa*, 4) Bosque mixto, bajo moderada presión de explotación ganadera-forestal, de *A. quebracho-blanco* y *P. flexuosa*, 5) Bosque mixto, sometido a tala en el año 1999, de *A. quebracho-blanco* y *P. flexuosa*, 6) Bosque degradado de *P. flexuosa*

Table 2. Minimum sample number estimated for soil properties in 6 fields: 1) Original forest containing *Aspidosperma quebracho-blanco*, 2) Forest of *Prosopis flexuosa* without any exploitation, 3) Forest of *P. flexuosa* under moderate cattle-deforest pressure, 4) Mixed Forest of *A. quebracho-blanco* and *P. flexuosa* under moderate cattle-deforest pressure, 5) Mixed Forest of *A. quebracho-blanco* and *P. flexuosa* de forested in 1999, 6) Deteriorated forest of *P. flexuosa*

Sitio	Parámetro estadístico	C %	N %	C/N	P mg/kg	pH	_a mg/tn	_r mg/tn	po %	[K ⁺] cmol/kg	[Ca ⁺⁺] cmol/kg	[Mg ⁺] cmol/kg	CIC cmol/kg
1	Media	1.31	0,120	10,8	2,8	7,12	1,25	2,39	47,6	1,07	8,11	0,62	12,4
	CV (%)	34,7	37,3	10,1	16,7	8,6	8,0	2,2	8,6	26,4	26,1	39,3	5,0
	NMM 1	44	51	5	11	4	3	1	4	26	26	57	1
2	NMM 2	68	78	7	16	5	5	1	4	40	39	87	1
	Media	2,7	0,270	9,9	3	7,71	0,9	2,33	61,4	2,16	22,38	1,44	28,4
	CV (%)	15,8	19,7	5,2	7,8	4,7	6,6	3,4	4,0	25,8	17,5	34,4	9,9
3	NMM 1	10	15	2	3	2	3	1	2	25	12	44	4
	NMM 2	15	23	3	4	2	3	2	2	38	18	67	5
	Media	1,04	0,120	8,7	2,6	7,42	1,33	2,45	45,9	1,84	9,75	1,5	15,1
4	CV (%)	40,1	30,3	15,5	18,2	8,9	10,5	5,3	7,7	34,2	25,4	27,5	21,8
	NMM 1	55	32	9	12	4	5	2	3	40	23	26	16
	NMM 2	83	48	13	18	5	7	2	4	61	34	40	24
5	Media	0,63	0,08	7,8	2,6	7,25	1,4	2,51	44,3	0,85	10,86	1,16	11,9
	CV (%)	27,1	10,8	13,7	10,4	2,4	2,8	1,1	4,2	38,6	27,9	39,2	17,2
	NMM 1	29	5	8	5	1	1	1	2	57	30	59	12
6	NMM 2	45	8	12	8	1	1	1	2	90	48	93	18
	Media	0,93	0,110	8,7	3,0	7,54	1,4	2,45	43,0	1,14	8,88	0,86	11,0
	CV (%)	26,2	22,0	8,1	8,9	2,2	6,7	3,4	4,9	51,2	28,9	41,4	5,4
NMM 1	NMM 1	27	19	3	4	1	3	1	2	100	32	66	1
	NMM 2	42	30	5	6	1	4	2	2	158	51	104	2
	Media	0,61	0,070	9,5	2,6	6,95	1,6	2,61	38,7	0,91	5,54	0,8	9,0
NMM 2	CV (%)	33,6	32,0	13,5	19,2	8,8	7,9	2,6	10,5	22,0	55,6	43,4	20,4
	NMM 1	34	6	6	12	3	3	1	4	15	92	57	12
	NMM 2	50	45	9	17	4	4	1	6	22	135	83	18

Nota: NMM 1: estimado para alfa 0,10. NMM 2: estimado para alfa 0,05. Todos los valores NMM han sido redondeados hacia arriba (Warrick, 1998). CV (%): Porcentaje de coeficiente de variación, C%: porcentaje de carbono, N%: porcentaje de nitrógeno, P: Ln (fosforo+1), _a: densidad aparente, _r: densidad real, po: porcentaje de porosidad, CIC: capacidad de intercambio Catiónico.

*: Variación baja, **: Variación media, ***: Variación alta
 Note: NMM 1: estimated for alpha 0,10. NMM 2: estimated for alpha 0,05. All NMM were rounded (Warrick, 1998). CV (%): Percent Coefficient of Variation C%: percent carbon. N%: percent nitrogen. P: Ln (phosphorus+1), _a: bulk density, _r: real density, po: percent porosity, CIC: cation interchange capacity. *: Low variation, **: Medium variation, ***: High variation

POR EL CONTRARIO, LOS CATIONES POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO PRESENTARON EN TODAS LAS SITUACIONES VALORES DE VARIACIÓN MEDIOS Y ALTOS. ÉSTA CONDICIÓN DETERMINA VALORES MUY ELEVADOS DE NMM, Y ALCANZARLOS IMPLICARÍA UN GRAN ESFUERZO DE MUESTREO. POR EJEMPLO, PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DEL CATION CALCIO EN UN SITIO COMO EL 5, BOSQUE MIXTO DE *Aspidosperma quebracho-blanco* y *Prosopis flexuosa* sometido a tala, son necesarias 100 o 158 muestras según el nivel de confianza pretendido.

Por otro lado, las seis situaciones bajo estudio obtuvieron variación media para el porcentaje de carbono y de nitrógeno, excepto éste último con variación baja en el sitio 4.

La variable capacidad de intercambio catiónico presentó variación baja para los sitios 1 y 2, ambos sin ninguna explotación, por el contrario la variación fue media para los sitios 3, 4, 5 y 6, todos con moderada o muy alta presión de explotación ganadera/forestal. También el fósforo alternó entre variación baja para los sitios 1 y 2 y media para los restantes sitios.

En conclusión, acorde a lo previsto y analizado, queda en evidencia la importancia que tiene el considerar tanto las características del ambiente como las variables que se deseen estudiar a la hora de diseñar un muestreo.

La alta variabilidad de cationes sólo permite su estimación con una gran incertidumbre.

A diferencia del resto de las variables analizadas, el contenido de sodio y salinidad requieren de un muestreo sistemático.

BIBLIOGRAFÍA

- BACHMEIER, O. & E. BUFFA, 1988. *Variabilidad espacial de un suelo bajo vegetación de Prosopis spp.* En: X Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical- Grupos Campos y Chaco. Córdoba, 3 al 6 de Octubre de 1988. Pp: 29.
- BRUCE, R. R. & R. J. LUXMOORE, 1986. Water retention: field methods. *Methods of Soil Analysis. Part I. Physical and Mineralogical Methods. Second Edition. Agronomy 9.* Madison. Wisconsin, USA, 663-686.
- BURROUGH, P. A., 1991. Sampling designs for quantifying map unit composition. In: MAUSBACH, M. & L. WILDING, (eds.). *Spatial variability of soils and landforms. ASA-CSSA-SSSA (American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America) 8:* 89-125.
- CLINE, M. G., 1944. Principles of soil sampling. *Soil Science* 58: 275-288.
- KARLIN, U., R. COIRINI, L. PIETRARELLI & E. PERPIÑAL, 1992. Caracterización del Chaco Árido y Propuestas de Recuperación del Recurso Forestal. *Sistemas Agroforestales para Pequeños Productores de Zonas Áridas:* 7-12.
- SPARKS, D. (Ed), 1996. *Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Meth. ASA-CSSA-SSSA, USA.* Pp: 1400.
- WARRICK A. W, 1998. Spatial Variability. In: Hillel, D., *Environmental soil physics.* Academic Press, USA, pp. 655-675.