

## Capítulo 2

### ASPECTOS EDAFICOS

El suelo se puede definir como una mezcla de materiales inorgánicos, orgánicos, aire y agua. Es la parte superior de la corteza terrestre sobre la cual crecen las plantas (Schargel y Delgado, 1990). El suelo es un recurso vital para mantener una producción sostenida de alimentos. Sólo un manejo adecuado de este recurso garantiza la sostenibilidad de la producción agrícola, pecuaria, forestal, agro-silvo-pastoril, y mejor aún, de un sistema integrado.

El suelo como cuerpo natural dinámico se comporta como un sistema abierto. Está sometido a la acción de diversas fuerzas externas que actúan sobre él generando cambios, a veces imperceptibles, pero siempre constantes, que buscan mantener un equilibrio dinámico entre el cuerpo suelo y los agentes del medio. Conocer estas relaciones, interpretarlas y generar recomendaciones cónsonas con la realidad agropecuaria de Venezuela constituyen el manejo de suelos (Schargel y Delgado, 1990).

América tropical puede ser dividida en dos regiones. Una con suelos de mediana a alta fertilidad natural y otra de baja disponibilidad de nutrimentos. Alrededor del 30 % del área está ocupada por suelos relativamente fértiles que sostienen una agricultura intensiva (Sánchez y Salinas, 1983). El 70 % restante está ocupada por suelos ácidos e infértiles, con severas limitaciones para el uso agrícola intensivo, pero con ligeras limitaciones para la producción pecuaria, forestal o silvopastoril (Schargel y Delgado, 1990). En Venezuela el área ocupada por suelos de uso agrícola intensivo sólo alcanza al 2 % del territorio nacional (Comerma y Paredes, 1978). No obstante, el país dispone de alrededor del 30 % del territorio con condiciones aptas para ganadería y alrededor de 40 % para explotaciones forestales.

#### **Principales propiedades físicas de los suelos**

Las propiedades de los suelos de mayor interés para la planificación, uso y manejo con fines pecuarios se mencionan a continuación:

a) **La textura del suelo** es una propiedad física que se determina mediante el tacto: gruesa, mediana o fina. Es una expresión cualitativa de la granulometría o distribución del tamaño de las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla). El valor numérico de los componentes texturales se determina en el laboratorio y la combinación de éstas genera 12 grupos texturales (Schargel y Delgado, 1990). En la región de los llanos occidentales de Venezuela las principales texturas, en suelos de uso pecuario, son areno-francosa, franca-arenosa, franca, franca-limosa, franca-arcilla-limosa, franca-arcillosa y arcillosa.

b) **La estructura del suelo** se define como el arreglo, orientación y organización de las partículas primarias en unidades estructurales denominadas agregados. El tráfico de maquinaria, la labranza excesiva, el pisoteo excesivo cuando existe una sobresaturación de agua en el suelo puede modificar la estructura de la capa superficial, contribuyendo a

generar condiciones desfavorables para el desarrollo de pastos nativos o introducidos (Schargel y Delgado, 1990).

c) **La consistencia del suelo** describe la cohesión entre partículas primarias y su capacidad de adhesión a otros cuerpos por efecto del humedecimiento. La mayoría de los suelos son adhesivos y suaves cuando están saturados de agua. En ese estado se puede deformar fácilmente con la aplicación de fuerzas de poca magnitud. En cambio, cuando están secos resisten la deformación y pueden ser lo suficientemente firme para soportar grandes fuerzas (Schargel y Delgado, 1990).

Desde un punto vista práctico existe un índice llamado Valor N que permite establecer teóricamente la capacidad que tiene un suelo, en un momento dado, para soportar una carga animal. Este valor se calcula a partir de la fórmula siguiente (Schargel y Delgado, 1990):

$$\text{Valor N} = H - 0,2 (L + a) / A + 3(\text{MO})$$

donde, H = humedad del suelo, %

L = limo, %

a = arena, %

A = arcilla, %

MO = materia orgánica, %

En sabanas inundables o anegadizas de los llanos occidentales el valor N fluctúa de -1,0 a 0,2 en sabanas altas, bien drenadas, de texturas franco-arenosa. En cambio, en sabana de bajío, de textura franca-limosa el valor N varía de -0,5 a 1,0. En sabanas de estero, de textura franca-arcillosa el valor N varía a lo largo del año de -0,1 a 0,9 (Tejos, 1994) (Fig. 3).

El valor N crítico es 0,7 (Schargel y Delgado, 1990). Cuando está por debajo de 0,7 el suelo superficial puede soportar una carga animal alta. En cambio, si el valor N está entre 0,7 y 1,0, la capacidad de soporte disminuye y los animales se desplazan con dificultad. Adicionalmente, si el pastoreo se realiza cuando existen valores N altos, también estará presente una lámina de inundación y ésto acarreará consecuencias desfavorables para la estructura del suelo y sobre la persistencia de los pastos nativos de sabanas de bajío y de estero.

Los valores mostrados en la Fig. 3 se interpretan de la forma siguiente. En suelos de sabanas altas, bien drenadas el pastoreo se puede realizar en cualquier mes del año. En cambio, en sabanas inundables el tiempo de pastoreo adecuado se reduce a 32-36 semanas (noviembre-junio) en el bajío y a 16-18 semanas en el estero (enero-mayo).

d) **La densidad aparente** se define como la relación entre el peso seco del suelo (masa) y el volumen ocupado por ella, incluyendo el espacio poroso (Schargel y Delgado, 1990). Matemáticamente, se determina por la fórmula siguiente:

$$\text{Densidad aparente, g/cm}^3 = \text{masa, g} / \text{volumen, cm}^3$$

Los componentes texturales y la densidad aparente en suelos de la sabana inundable El Rosero, Edo. Apure, pastoreados por más de cien años, se presentan en Cuadro 3.

La densidad aparente es una característica asociada a otras propiedades del suelo como la granulometría, la estructura y el contenido de materia orgánica. Suelos de texturas finas, bien estructurados y con altos contenidos de materia orgánica tienen una densidad aparente menor. Por el contrario, los valores de densidad aumentan en aquellos de texturas gruesas, poco estructurados y con bajos contenidos de materia orgánica. Algunos valores de referencia, con relación a la textura son los siguientes (Schargel y Delgado, 1990):

<b>Textura</b>	<b>Densidad aparente, g/cm<sup>3</sup></b>
Fina	1,00 - 1,30
Media	1,30 - 1,50
Gruesa	1,50 - 1,70

**Cuadro 3. Textura y densidad aparente en tres suelos de la sabana El Rosero, Edo. Apure.**

<b>Unidad fisiográfica</b>	<b>Componente, %</b>			<b>Textura</b>	<b>Densidad g/cm<sup>3</sup></b>
	<b>Arena</b>	<b>Limo</b>	<b>Arcilla</b>		
Médano	70,2	19,6	10,2	Franca arenosa	1,61
Bajío	30,6	50,7	18,7	Franca limosa	1,42
Estero	18,5	54,1	27,9	Franca arcillo limosa	1,60

Fuente: Tejos, 1994

Si el suelo, en relación con su textura, presenta valores superiores a los señalados anteriormente se puede inferir que ocurrieron procesos de compactación. Este fenómeno se observa en unidades fisiográficas de estero (textura fina) del Cuadro 3. En cambio, los suelos de bajío aunque son pastoreados con bajas cargas mientras existen láminas de agua aún presentan valores de densidad aparente aceptables, pero si aumentase la carga posiblemente ocurrirá un fenómeno de compactación.

e) **Retención de humedad del suelo**, es una importante propiedad que se define como la capacidad que tiene éste para retener agua que será utilizada por los procesos fisiológicos de las plantas (Schargel y Delgado, 1990). Usualmente el contenido de humedad se expresa sobre la base de peso seco del suelo.

En la región, los contenidos de humedad del suelo cambian drásticamente durante el año, dependiendo de la textura y de la unidad fisiográfica (Fig. 4). Los valores en sabanas altas, bien drenadas y de textura gruesa, varían de 3,6 a 21,2 %. En cambio, en el bajío y estero, de texturas media y fina, los contenidos de humedad fluctúan de 3,4 a 45,0 % y de 12,6 a 50,0 %, respectivamente (Berrade y Tejos, 1984; Tejos, 1994).

Los contenidos de humedad más bajos del suelo ocurren en los meses de marzo a abril y alcanzan valores mínimos de 3-4 % en médano, 3-5 % en bajío y 12-13 % en estero. En ese lapso la retención del agua por el suelo alcanza tensiones cercanas a 10-15 bares que afectan negativamente el rebrote de las plantas forrajeras nativas o introducidas. En cambio, los valores máximos ocurren mientras la sabana permanece inundada y los mínimos en marzo-abril de cada año.

Las curvas de retención de humedad para estos mismos suelos se presentan en Fig. 5. Los valores de retención más altos se encuentran en el estero, los más bajos en el médano y el bajío ocupa posiciones intermedias. Las curvas de ajuste que mejor explican este comportamiento son:

$$Y = 8,416 X^{-0,292}; \quad Y = 17,620 X^{-0,232}; \quad Y = 21,790 X^{-0,198}$$

para el médano, bajío y estero, respectivamente. Las unidades de la variable independiente están expresadas en bares. Los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) para estas ecuaciones de predicciones fueron 0,95, 0,97 y 0,96, respectivamente y resultan altamente confiables ( $P < 0,01$ ).

Estas curvas son similares a las determinadas por varios autores (Guilarte y Abreu, 1968; Morales y Schargel, 1985; Delgado y Barreto, 1988; Torres *et al.*, 1987) y están señalando que la retención de humedad es mayor cuando los contenidos de la fracción coloidal son más elevados. En cambio, la retención de humedad disminuye cuando los contenidos de arena y limo incrementan. Este comportamiento del suelo procedente de las distintas unidades fisiográficas coincide con valores encontrados en suelos representativos de los llanos occidentales (Morales y Schargel, 1985; Delgado y Barreto, 1988).

### **Propiedades químicas**

Las principales propiedades químicas son la acidez, la capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación de bases y la concentración de macro y micronutrientes.

a) **La acidez del suelo** se determina a través del pH. En laboratorio se mide con el peachímetro en una escala de 1 a 14. Usualmente la proporción suelo:agua es 1:1. El pH afecta la dinámica de los nutrientes, aumentando o disminuyendo su solubilidad. La mayoría de los nutrientes requeridos en cantidades relativamente grandes se encuentran disponibles para las plantas cuando el pH se encuentra cercano a la neutralidad (Schargel y Delgado, 1990; Casanova, 1994).

b) **La capacidad de intercambio catiónico (CIC)** es una de las propiedades más importantes del suelo, dado que ella determina la retención de la mayoría de los elementos requeridos para la nutrición vegetal, y constituye gran parte de la capacidad reguladora del suelo (Schargel y Delgado, 1990).

La CIC es la cantidad de cationes, expresados en miliequivalentes por 100 g de suelo (me/100 g), necesarios para neutralizar las cargas negativas de la fracción coloidal. Los cationes o bases cambiables son cuatro: Ca, Mg, Na y K. En cambio, el hidrógeno y el aluminio representan la acidez cambiante. Bases cambiables y acidez cambiante se encuentran en permanente equilibrio dinámico entre las partículas coloidales y la solución del suelo (Schargel y Delgado, 1990).

Desde un punto de vista práctico el valor de más utilidad es la CIC efectiva (CICE). Esta se obtiene sumando las bases y el aluminio cambiante. Este valor refleja mejor las condiciones de intercambio catiónico en suelos ácidos. Los valores de referencia para estos suelos de baja actividad son los siguientes (Schargel y Delgado, 1990):

<b>CICE</b>	<b>me/100 g suelo</b>
Baja	< 1,5
Media	1,5 - 4,0
Alta	> 4,0

c) **El porcentaje de saturación de bases** es la relación entre las bases cambiables y la CIC, ambas expresadas en me/100 g. Como existen varios métodos para determinar este último valor, el porcentaje de saturación con bases debe indicar el método utilizado. Matemáticamente se expresa así:

$$\text{Saturación de bases, \%} = \frac{\text{Ca} + \text{Mg} + \text{Na} + \text{K}}{\text{CIC}} \times 100$$

Los valores de referencia, para los suelos ácidos de Venezuela, son los siguientes (Schargel y Delgado, 1990):

<b>Saturación de bases, %</b>	<b>Interpretación</b>
> 60	Muy alta
30 - 60	Alta
10 - 30	Mediana
5 - 10	Baja
< 5	Muy baja

#### d) **Concentración de macronutrientos**

Para las principales unidades fisiográficas existentes en los llanos occidentales de Venezuela la caracterización química de los suelos se presenta en el Cuadro 4.

En los suelos de la región la textura es muy variable entre las distintas unidades fisiográficas, pero dentro de ellas existe mucha similitud. En sabanas altas y bien drenadas el componente textural más importante es la arena y las texturas varían de arenofranchosa a franco-arenosa en médano. En el banco es común encontrar texturas francas. En el bajío suelen presentarse dos situaciones: a) franco-arenosa cuando ha ocurrido una

erosión eólica y el material de arenas gruesas y/o medias se ha desplazado del médano al bajo, y b) franca-limosa, que es la textura más representativa de esta unidad fisiográfica. En el estero, normalmente, el tamaño de las partículas es más fina y domina el componente arcilla.

El pH, en general, es bajo y no se aprecian tendencias relacionadas con unidad fisiográfica ni con posición topográfica. Los valores fluctúan de 4,4 a 5,3, y son similares a los señalados por varios autores para suelos tropicales (Comerma y Luque, 1971; González y Schargel, 1974; Toledo y Morales, 1979; Pavan *et al.*, 1985; Schargel *et al.*, 1986; Tejos, 1986b; Schargel y Aymard, 1993).

**Cuadro 4. Características de suelos representativos de sabana de los llanos occidentales (0-20 cm).**

Estimador	Médano		Banco		Bajo		Esteros	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Textura	aF	Fa	F	F	FL	FL	A	FAL
pH	5,3	4,8	5,0	5,2	4,8	4,8	4,4	4,8
Materia orgánica, %	1,5	1,6	1,2	3,2	2,4	3,2	9,1	4,1
P, ppm (*)	8	2	9	3	Trazas	3	14	5
K me/100 g	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,9	0,2
Ca, me/100 g	0,3	0,5	2,3	3,4	0,3	0,7	6,9	2,6
Mg, me/100 g	0,1	0,1	2,0	1,4	0,1	0,2	5,2	0,9
Ca/Mg	3,0	5,0	1,2	2,4	3,0	3,5	1,3	2,9
Mg/K	1,0	1,0	20,0	7,0	1,0	2,0	5,8	4,5
Ca/ (Mg+K)	1,5	2,5	1,1	2,1	1,5	2,3	1,1	2,4

Adaptado: (1): Schargel y Delgado, 1990; Tejos y Schargel, 1991.

(2): Tejos, 1978b, 1979a,b, 1994

a: arenosa F: franca L: limosa A: arcillosa

(\*) Determinado por Bray

Los suelos ácidos son típicos de aquellas regiones en donde la precipitación es tan alta que ocurre un lavado de los cationes básicos ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) y por lo tanto existe un predominio de cationes ácidos ( $\text{Al}^{+++}$ ,  $\text{H}^+$ ) tanto en los sitios de intercambio como en la solución del suelo (Casanova, 1994).

Para la interpretación del pH, como valores de referencia, se mencionan los siguientes (Bernal, 1991):

pH	Interpretación
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 - 5,0	Muy fuertemente ácido
5,1 - 5,5	Fuertemente ácido
5,6 - 6,0	Medianamente ácido
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 7,8	Suavemente alcalino

7,9 - 8,4	Moderadamente alcalino
8,5 - 9,0	Fuertemente alcalino
> 9,0	Muy fuertemente alcalino

El contenido de materia orgánica en los suelos de los llanos occidentales varía desde 1,2 hasta 9,1%. Los valores bajos normalmente están asociados a texturas gruesas de sabanas altas. En cambio, valores elevados están asociados con niveles medios a altos de inundación y con biomasa considerable. Es común encontrar concentraciones elevadas de materia orgánica en los casos siguientes:

- Cuando la sabana ha sido poco pastoreada, porque existe un severo enmalezamiento con especies arbustivas del género *Senna*.
- En sabana donde exista dominancia de la especie paja chigüirera (*Paspalum fasciculatum*).
- Cuando la sabana no se ha quemado por 10 o más años.

Los valores medios de materia orgánica encontrados en los llanos inundables son similares a los reportados por Kornelius *et al.* (1979) para las condiciones de Brasil.

Para interpretar los contenidos de materia orgánica es necesario conocer previamente la textura del suelo. Los valores de referencia son los siguientes:

Textura	Materia orgánica, %		
	Baja	Media	Alta
Arenosa	< 1,5	1,6 - 3,0	> 3,0
Franca	< 2,0	2,1 - 4,0	> 4,0
Franca arcillosa	< 3,0	2,6 - 4,5	> 4,5
Arcillosa	< 3,0	3,1 - 5,0	> 5,0

Fuente: Schargel y Delgado, 1990

En suelo tropicales, el fósforo generalmente se presenta en bajas cantidades. Sánchez y Salinas (1983) señalan que en las pasturas de la América tropical las mayores limitaciones de los suelos son la baja disponibilidad de P, la toxicidad por aluminio y la fijación del P.

En suelos ácidos, la disponibilidad del P se determina en el laboratorio por el método de Bray, cuyos valores de referencia son los siguientes (Schargel y Delgado, 1990):

P asimilable en ppm	Interpretación
< 15	Bajo
15 - 35	Medio
> 35	Alto

La concentración de P en los suelos de las sabanas occidentales es muy variable. Estos pueden fluctuar desde trazas hasta más de 100 ppm. Pero, en la generalidad de las muestras analizadas los valores se encuentran entre 2 a 15 ppm. En general, la disponibilidad de P aumenta en la medida que la textura es más fina. En otras palabras se deben esperar concentraciones más bajas en sabanas altas y bien drenadas que en sabanas de suelos con texturas arcillosas y fuertemente inundados. Los valores medios presentados en el Cuadro 4 son similares a los señalados por Schargel *et al.* (1986), Tejos (1986b), Guedert (1990), Sarmiento (1978), Schargel y Aymard (1993) y deben interpretarse como bajos (Chirinos *et. al.*, 1971; Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

La disponibilidad media de potasio en la región varía entre 0,1 a 0,9 me/100 g suelo. Aunque leve, se aprecia una tendencia a encontrar valores más elevados en presencia de texturas finas. Estas concentraciones son ligeramente superiores a las encontradas por Spain (1979) para condiciones de suelos de los llanos orientales de Colombia y de Brito *et al.* (1982) y Tejos (1986b) para los llanos de Venezuela y están dentro de los rangos señalados por Schargel *et al.* (1986). Los valores de K, en suelos de los llanos occidentales de Venezuela, deben considerarse bajos (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

Los valores de referencia del K, determinado por fotometría de llamas, son los siguientes:

Baja	< 103 ppm
Media	103 - 150 ppm
Alta	> 150 ppm

Para transformar valores de K, Ca o Mg, expresados en ppm, a me/100 g se utilizan las ecuaciones siguientes:

$$\begin{aligned} \text{K, me/100 g} &= \text{ppm de K} / 391 \\ \text{Ca, me/100 g} &= \text{ppm de Ca} / 200 \\ \text{Mg, me/100 g} &= \text{ppm de Mg} / 122 \end{aligned}$$

La concentración de Ca y de Mg en suelos de sabana varía grandemente. Los valores menores es común encontrarlos en sabanas altas y los mayores en sabanas fuertemente inundables. Casi siempre la disponibilidad de Ca supera a la de Mg. Los valores medios de Ca encontrados en este estudio son similares a los reportados por Kornelius *et al.* (1979) y los de Mg concuerdan con los señalados por Guedert (1990) para sabanas de Brasil.

Los valores de referencia para estos minerales, determinados por absorción atómica, se presentan de inmediato:

Elemento	Textura	Baja	Media	Alta
Ca, ppm	aF - Fa	< 500	500 - 2.000	> 2.000



	F - FL	< 750	750 - 2.500	> 2.500
	FA - A	< 1.000	1.000 - 3.000	> 3.000
Mg, ppm	aF - Fa	< 100	100 - 400	> 400
	F - FL	> 125	125 - 500	> 500
	FA - A	> 150	150 - 600	> 600

En la interpretación de los datos de suelos es conveniente determinar las relaciones existentes entre las bases cambiables. Dado que los valores de sodio son mínimos, en suelos ácidos de los llanos, sólo resulta conveniente determinar las relaciones entre Ca, Mg y K.

En los suelos analizados la relación Ca:Mg varía de 1,3 a 5,0, la relación Mg:K de 1,0 a 14,0 y la relación Ca: (Mg+K) de 1,1 a 2,5. A primera vista estos datos dicen poco por sí mismos, pero si los comparamos con los valores de referencia estamos en condiciones de interpretarlos. A veces es más importante que exista un adecuado equilibrio entre los nutrimentos que detectar un déficit o un exceso de uno de ellos. Los valores de referencia son los siguientes:

Relación	Valores deseables	Fuente
Ca:Mg	1,2 - 6,2	Díaz-Romeu y Hunter, 1978
Mg:K	1,6 - 14,0	Díaz-Romeu y Hunter, 1978
Ca:Mg+K	2,0	Salinas y Saif, 1989

Basada en esta información adicional se infiere que la relación Ca:Mg es adecuada en el 100 % de las muestras analizadas.

La relación Mg:K señala que de los ocho suelos representativos de la región el 62,5 % de ellos muestra una relación adecuada y el 37,5 % restantes muestra un desbalance. En la mayoría de los casos existe una baja disponibilidad de Mg disponibles o una cantidad elevada de K disponible.

Indudablemente la relación más importante es Ca: (Mg+K) y está directamente asociada con la disponibilidad forrajera. La producción es más elevada cuando la relación alcanza valores cercanos a 2,0 (Salinas y Saif, 1989). Por encima o por debajo de esta cifra el rendimiento forrajero es inferior al potencial productivo de la pastura. Este desbalance deberá corregirse, y el mejor momento para hacerlo será cuando se decide reemplazar parcial y estratégicamente la pastura nativa por una introducida.

#### e) Concentración de micronutrimentos

La información sobre disponibilidad de micronutrimentos en suelos de la región de los llanos es escasa. En el presente capítulo se mencionan datos reportados por Tejos (1994) en suelos de la sabana El Rosero en el Edo. Apure.

Los contenidos de Cu son afectados por la época del año y por la unidad fisiográfica (Cuadro 5). Los valores medios son 0,3 ppm en médano y 0,7 ppm en bajío y estero. En forma similar alcanzan valores de 0,5, 0,6 y 0,6 ppm para épocas seca, transición y lluviosa, respectivamente. Estas concentraciones medias son inferiores a las señaladas

por Fassbender (1980) y Kornelius *et al.* (1979) para condiciones de América tropical, pero son similares a las encontradas por Schargel y Aymard (1993) en el sur de Apure. Estos valores deben considerarse bajos para el médano y aceptables para el bajío y estero (Cox y Kamprath, 1972; León *et al.*, 1985; Salinas y Saif, 1989).

El Fe también es afectado por épocas y unidades fisiográficas. Durante la sequía se alcanzan las disponibilidades más altas (165 ppm) y en la época lluviosa las más bajas (109 ppm). Los valores medios son 86, 104 y 209 ppm para el bajío, médano y estero, respectivamente. El contenido medio de Fe encontrado por Tejos (1994) en suelos del llano inundable es elevado (133 ppm) y supera grandemente a los señalado por Kornelius *et al.* (1979) para condiciones de cerrados de Brasil (unidad fisiográfica alta, bien drenada, suelos ácidos y baja fertilidad, con predominio de gramíneas nativas y árboles pequeños de la familia Malpigiaceae y Dileniaceae) y por Schargel y Aymard (1993) para el sur de Apure en Venezuela.

**Cuadro 5. Disponibilidad de micronutrientos (ppm) del suelo durante el año.**

Nutrimento	Unidad fisiográfica	Época			
		Lluvia	Transición	Seca	Promedio
Cobre	Médano	0,3	0,3	0,4	0,3 b
	Bajío	0,7	0,6	1,0	0,7 a
	Esteros	0,9	0,8	0,2	0,7 a
	Promedio	0,6 (1)	0,6 (1)	0,5 (2)	0,6
Hierro	Médano	94	93	124	104 b
	Bajío	62	66	130	86 c
	Esteros	172	212	242	209 a
	Promedio	109 (3)	124 (2)	165 (1)	133
Manganeso	Médano	1,1	0,6	1,4	1,0 c
	Bajío	2,5	2,4	5,8	3,6 b
	Esteros	4,0	6,4	4,6	5,0 a
	Promedio	2,5 (3)	3,1 (2)	3,9 (1)	3,2
Zinc	Médano	4	3	2	3 b
	Bajío	3	2	2	2 c
	Esteros	4	4	4	4 a
	Promedio	4 (1)	3 (2)	3 (2)	3

Fuente: Tejos, 1994.

Promedios seguidos de distinta letra o número, para el mismo nutrimento, presentaron diferencias (DMS,  $P < 0,05$ ).

Los contenidos de Mn del suelo también son afectados por época y unidades fisiográficas. La concentración más elevada se encuentra en la época seca (3,9 ppm) y la más baja en la lluviosa (2,5 ppm). La disponibilidad media alcanza a 1,0, 3,6 y 5,0 para el médano, bajío y estero, respectivamente. Estos valores son inferiores a los señalados por Kornelius *et al.* (1979) y Fassbender (1980). Con la excepción del estero estos valores deben considerarse bajos (Cox y Kamprath, 1972; León *et al.*, 1985).

El Zn también fue afectado por los dos factores estudiados. Durante la época lluviosa se encuentran los valores más altos y durante las épocas de transición y seca los más bajos. La disponibilidad media es 2, 3 y 4 ppm para el bajío, médano y estero, respectivamente. Los valores encontrados son inferiores a los señalados por Fasbender (1980). Sin embargo, para condiciones de suelos tropicales estas cifras deben considerarse medias (Cox y Kamprath, 1972; León *et al.*, 1985).