

# DINÁMICA DE COMPONENTES FÍSICO QUÍMICOS EN SUELOS DE SABANA HIPERESTACIONALES DE BANCOS, BAJÍOS Y ESTEROS DE MANTECAL, ESTADO APURE, VENEZUELA.

René Torres \*, Rafael Aparicio (†), María Pérez \*\*, José Carrasquel \*, Luis Astudillo \* y Carlos Marín \*\*.

\*Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Estación Experimental Apure, San Fernando, Apure. [grtorres@inia.gob.ve](mailto:grtorres@inia.gob.ve) \*\*Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay, Aragua.

## RESUMEN

Durante marzo – 2005 a abril – 2007 se realizaron evaluaciones físicas y químicas a muestras de suelo en banco, bajío y estero, con una frecuencia de muestreo de 50 días. En todas las fisiografías los suelos resultaron ácidos y el pH estuvo correlacionado con Al (-0,63\*\*) y Cu (0,65\*) en el banco y en el estero con Ca (-0,58\*\*) y Cu (0,72\*); en lluvias (LL) con Na (0,63\*); Ca (-0,85\*\*) y Al (-0,59\*); en la transición lluvia – sequía (TLLS) con Mg (0,83\*\*) y Cu (0,74\*); en sequía (S) con saturación de Al (-0,54\*), y en la transición sequía – lluvia (TSSL) con K (-0,73\*) y Zn (-0,79\*\*). La materia orgánica promedió 2,3% y estuvo correlacionada en el banco con Zn (0,59\*) y en el estero con K (0,67\*\*). Durante las LL se correlaciono con S (0,58\*); en TLLS con P (-0,79\*\*); en S con K (0,67\*\*) y en TSSL con K (0,65\*) e Fe (0,80\*\*). Las concentraciones de Ca, K y Mg no presentaron deficiencias; y en S, Cu, Fe, Mn y Zn resultaron de alta disponibilidad. Na y P reportaron deficiencias en todas las épocas y fisiografías, con una Saturación de Al de 70%. Palabras claves: sabana, suelo, dinámicas físico – químicas.

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de nutrientes para las plantas entendida como el reflejo de la capacidad del suelo en tener y dispensar elementos esenciales para la nutrición vegetal, capacidad que depende de cualidades físicas, químicas y biológicas de cada suelo, normalmente no explica a satisfacción el comportamiento vegetal si no son incorporados en el análisis las acciones sinérgicas y antagónicas entre los elementos y el efecto de época climática y ubicación fisiográfica que se estudia, creando la necesidad de obtener un historial del comportamiento de cada sitio, en función de su uso actual y potencial. Ello es significativamente cierto en sabanas hiperestacionales por su recurrencia en los procesos de inundación – desecación. Las cuales han sido en general, señaladas como con suelos de mayor fertilidad que las sabanas bien drenadas (Mogollón y Comerma, 1995). Estos suelos están dominados por materiales de origen fluvial acompañados de formas deposicionales características de una sedimentación diferencial, que se expresa en las diferentes fisiografías existentes; donde la topografía origina una catena con diferencias marcadas en fertilidad, estructura y textura en los suelos (Comerma y Luque, 1971). Según Schargel (2005), el origen geológico y la evolución geomorfológica de los llanos explica la notable diversidad de suelos existentes en la región, topográficamente poco contrastante ( $\leq 1$  % de pendiente). Al respecto, Arias y

Comerma (2009) señalan que Venezuela, por su gran variación de factores de formación posee, conjuntamente con Colombia, la mayor variedad de suelos de América Latina y del mundo tropical. Así, el interés del trabajo está orientado a la revisión y contraste de variables físico – químicas de los suelos en épocas y fisiografías diferenciales, con miras a una mejor interpretación de respuesta tanto vegetal como animal de estas sabanas.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo fue desarrollado en el Campo Experimental Mantecal, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Mantecal, estado Apure, Venezuela; durante el período marzo 2005 a abril 2007, con una frecuencia de muestreo de 50 días. Las características del área experimental y su manejo han sido descritas por Torres (2003); sus suelos han sido clasificados como Aquic Haplustepts para la fisiografía de banco; Aeric Epiaquepts en el bajío; y en el estero se establece como Vertic Epiaquepts. En los suelos de bancos predominan las especies *Panicum laxum*, *Paspalum chaffanjonii*, *Leersia hexandra* y *Axonopus compressus*, en bajíos las especies dominantes son las tres primero antes señaladas más *Hymenachne amplexicaulis* y en los esteros la inundación reduce la dominancia a *H. amplexicaulis* y *L. hexandra*; pasturas manejadas con carga animal de 0,5 UA/ha y método de pastoreo diferido por época climática. Dentro de cada unidad fisiográfica se tomaron 3 muestras aleatorias constituyentes de 5 submuestras, siempre con igual dirección y sentido, a 20 cm de profundidad, que luego fueron remitidas al laboratorio para la determinación de materia orgánica (Walkey y Black); pH (potenciómetro, relación suelo agua 1:2,5); fósforo disponible (método de Olsen); calcio y magnesio intercambiables extraído con KCl y determinados por absorción atómica; potasio intercambiable y micro elementos (Fe, Cu, Zn, Co, B y Mo), extraídos por el método de Mehlich III y determinados por absorción atómica; azufre extraíble en fosfato de calcio y determinando turbidimetría y aluminio intercambiable extraído por titulación al punto final de la fenolftaleína al 1%, según metodologías recopiladas por Brito *et al.*, (1990). Los resultados fueron analizados como completamente aleatorizados con apoyo del paquete estadístico Infostat (2007), para varianzas y coeficientes de Pearson, entre fisiografías y épocas climáticas contrastantes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los casos los valores encontrados de pH resultaron de fuerte acidez, no alcanzando un pH de 5 pero tampoco inferior a 4,4; con tenores más bajos ( $P \leq 0,05$ ) en el estero durante el período seco que en el bajío y el banco. Así mismo, el pH estuvo correlacionado con el Al (- 0,63\*\*) y el Cu (0,65\*) en el banco y en el estero con Ca (- 0,58\*\*) y el Cu (0,72\*). Durante las lluvias el pH estuvo correlacionado con el Na (0,63\*), el Ca (- 0,85\*\*) y Al (-0,59\*). En la transición lluvia – sequía con Mg (0,83\*\*) y Cu (0,74\*), y durante la sequía con Saturación (Sat.) de Al (-0,54\*), mientras que en la transición sequía – lluvia presentó correlación con K (-0,73\*) y Zn (-0,79\*\*). Resaltando la correlación positiva con Na (0,63 con  $P = 0,03$ ) durante las lluvias y en sequía negativa como tendencia Na (-0,50 con  $P = 0,06$ ). La materia orgánica en todas las fisiografías y épocas se observó cercana a 2,3 %, sin mayores variaciones entre fisiografías y épocas,

detectándose solo superior ( $P \leq 0,05$ ) en el estero durante la sequía, al comparar contra el banco y el bajío; una baja disponibilidad de materia orgánica normalmente compromete la suplencia de nitrógeno a la pastura, empero al inicio de lluvias existe un fuerte rebrote y una alta calidad proteica especialmente en los esteros y bajíos, lo que hace suponer la participación de plantas acuáticas como *Azolla sp.* y/o *Lemna sp.* Así mismo, la materia orgánica estuvo correlacionada en el banco con Zn (0,59\*) y en el estero con K (0,67\*\*). Durante el período de lluvias presentó correlación con S (0,58\*). En la transición lluvia – sequía se obtuvo correlación con P (-0,79\*\*); en sequía mostró correlación con K (0,67\*\*), y en la transición sequía – lluvia con Fe (0,80\*\*) y K (0,65\*). Los valores de calcio no presentaron deficiencias en épocas ni fisiografías, siendo durante el período transicional sequía – lluvia cuando se obtuvo los más altos valores en todas las fisiografías ( $P \leq 0,05$ ). Empero el fósforo resulto en cada fisiografía y época deficitario, sin diferencias ( $P \geq 0,05$ ) entre ellas, con su más bajo valor en el estero a inicio de sequía (7 mg/kg). Los valores obtenidos de potasio no reportan déficit y resultaron mayores ( $P \leq 0,05$ ) durante las épocas de sequía y lluvia tanto en bajío y estero, al comparar con el suelo de banco, a pesar que en los períodos transicionales no existieron diferencias ( $P \geq 0,05$ ); en magnesio no se obtuvo deficiencia y los mayores valores se presentaron en el período de transición sequía – lluvia ( $P \leq 0,05$ ) en todas las fisiografías, existiendo tendencia a presentarse menores valores en el estero. En sodio se establecen deficiencias en todas las fisiografías y épocas, y existieron diferencias a favor del estero ( $P \leq 0,05$ ) ante bancos y bajíos durante los períodos de sequía y transición lluvia – sequía, y en sentido general se obtuvieron valores superiores en la transición sequía – lluvia y en lluvias, sin diferencias entre fisiografías ( $P \geq 0,05$ ). En azufre no se detectaron diferencias entre fisiografías ( $P \geq 0,05$ ), con solo diferencias ( $P \leq 0,05$ ) en el bajío superiores durante la transición lluvia – sequía al comparar con la época de lluvias, y en general durante el período de lluvia se presentaron los mas bajos valores, empero resultaron cerca de 46 veces superiores al valor crítico establecido, induciendo alta disponibilidad. Cobre mostró altos valores sin diferencias ( $P \geq 0,05$ ) entre fisiografías y diferencias solo en las épocas transicional sequía – lluvia menor que sequía ( $P \leq 0,05$ ), y en estas resultaron menores valores que en las épocas de lluvia y transición lluvia - sequía ( $P \leq 0,05$ ), sin diferencias entre estas ultimas ( $P \geq 0,05$ ). Los tenores de hierro resultaron mayores 100 veces su valor crítico en todas las fisiografías y épocas, con solo diferencias a favor del estero ( $P \leq 0,05$ ) ante bancos y bajíos, durante la época transicional lluvia – sequía, alcanzando 639 mg/kg. Similarmente los valores de manganeso aportaron 5 veces y más los niveles críticos establecidos, existiendo solo diferencias superiores en el banco ( $P \leq 0,05$ ) durante el período de lluvias ante las otras épocas. Al igual, los tenores de zinc superaron 8 veces el valor crítico establecido, sin diferencias ( $P \geq 0,05$ ) entre fisiografías ni épocas. Las concentraciones de cobalto no permiten ser concluyentes estadísticamente, por el número de resultados obtenidos por fisiografía y época, no obstante sus tenores promedios presentan tendencias a altos valores.

Las altas concentraciones obtenidas en minerales como zinc, hierro, azufre, entre otros, antagonicos ante el cobre, podrían estar propiciando especiales problemas como una hipocuprosis, especialmente el zinc, biológicamente disponibles en los suelos, el cual es indirectamente consumido por contaminación de las pasturas, con referencia especial en suelos mal drenados, Suttle *et al.* (1975), citados por McDowell *et al.* (1977). Los niveles

de aluminio no señalaron diferencias ( $P \geq 0,05$ ) entre fisiografías o épocas, no obstante su efecto ante los niveles de calcio, magnesio, sodio, potasio y el propio aluminio, inducen niveles de saturación de aluminio de 69,51 % en bancos; 75,38 % en bajíos y 78,47 % en esteros, por lo que en estas dos últimas fisiografías, la problemática especialmente en disponibilidad y por tanto absorción de fósforo por el pastizal se agrava, ante una deficiencia de fósforo ya discutida.

Las concentraciones de calcio se correlacionaron con la saturación de Al en el banco (- 0,60\*), en el bajío (- 0,88\*\*) y el estero (- 0,65\*\*), así como durante las transiciones lluvia – sequía (- 0,82\*\*) y sequía – lluvia (- 0,88\*\*). (Cuadros 1 y 2). En el banco se obtuvo correlación con Mg (0,88\*\*), similarmente en el bajío (0,87\*\*) y estero (0,74\*\*).

Cuadro 1. Correlaciones de Pearson ( $P \leq 0,05^*$  y  $P \leq 0,01^{**}$ ) entre elementos físico – químicos de suelos en transición lluvia - sequía en sabanas hiperestacionales de Mantecal, estado Apure, Venezuela.

TLLS	Sat. Al	S	Al	Ca	Mn	Zn	Na	Mg	Cu	pH	MO	P
Sat. Al	1											
S	0,66*	1										
Al	0,85*		1									
Ca	- 0,82**		- 0,77**	1								
Mn					1							
Zn						1						
Na						0,80**	1					
Mg								1				
Cu								0,70*	1			
pH								0,83**	0,74*	1		
MO											1	
P											- 0,79**	1

Durante la transición lluvia – sequía se correlacionó negativamente con el Al (- 0,77\*\*), en sequía con Cu (0,61\*) y Mg (0,75\*\*); y durante la transición sequía – lluvia con Mg (0,81\*\*). Las concentraciones de magnesio se correlacionaron con la saturación de Al en el banco (- 0,76\*\*), en el bajío (- 0,81\*\*) y en el estero (- 0,76\*\*). Durante las lluvias se obtuvo correlación con S (0,61\*), (Cuadro 3); en la transición lluvia – sequía con Cu (0,70\*), cuando en transición sequía – lluvia se obtuvo correlación con la saturación de Al (- 0,87\*\*). Además, en el banco la concentración de magnesio se correlacionó con Zn (0,68\*\*). Mientras en el bajío el Na se correlacionó con Fe (-0,56\*). En el estero resultaron correlacionados el Cu con Mg (0,61\*) y el P con Mn (0,55\*). Durante el período de lluvias se estableció correlación entre el S con Mn (0,85\*\*) y Zn (0,70\*\*); entre el Na con Al (- 0,67\*) y entre Mn con Zn (0,62\*) y con Mg (0,65\*). En el período transicional lluvia – sequía se obtuvo correlación entre la saturación de Al y S (0,66\*) y entre el Na con el Zn

Cuadro 2. Correlaciones de Pearson ( $P \leq 0,05^*$  y  $P \leq 0,01^{**}$ ) entre elementos físico – químicos de suelos en transición sequía - lluvia en sabanas hiperestacionales de Mantecal, estado Apure, Venezuela.

TSL	Sat. Al	Ca	Mg	MO	S	Al	P	Na	K	Fe	Zn	pH
Sat. Al	1											
Ca	- 0,88**	1										
Mg	- 0,87**	0,81**	1									
MO				1								
S					1							
Al	0,83*					1						
P						0,83**	1					
Na								1				
K				0,65*				- 0,70*	1			
Fe				0,80**						1		
Zn									0,67*		1	
pH									- 0,73*		-0,79**	1

Cuadro 3. Correlaciones de Pearson ( $P \leq 0,05^*$  y  $P \leq 0,01^{**}$ ) entre elementos físico – químicos de suelos en lluvias en sabanas hiperestacionales de Mantecal, estado Apure, Venezuela.

Lluvia	Sat. Al	S	Na	Mn	Ca	Al	Zn	Mg	MO	pH
Sat. Al	1									
S		1								
Na			1							
Mn		0,85**		1						
Ca					1					
Al	0,73*		- 0,67*			1				
Zn		0,70**		0,62*			1			
Mg		0,61*		0,65*				1		
MO		0,58*							1	
pH			0,63*		- 0,85**	- 0,59*				1

(0,80\*\*). En la sequía presentaron correlación el Cu con Fe (0,59\*) y con Mn (0,72\*\*), además del Fe con Mn (0,79\*\*) y con P (0,66\*\*), así como entre el P con Mn (0,55\*),

cuyas correlaciones resultaron consistentes (Cuadro 4). Para la transición sequía – lluvia se establecen correlaciones entre el Al y P (0,83\*\*); entre el K y Na (-0,70\*); y entre el K y Zn (0,67\*).

Cuadro 4. Correlaciones de Pearson ( $P \leq 0,05^*$  y  $P \leq 0,01^{**}$ ) entre elementos físico – químicos de suelos en sequía en sabanas hiperestacionales de Mantecal, estado Apure, Venezuela.

Sequía	Sat. Al	Al	pH	Cu	Fe	Mn	Ca	P	MO	K	Mg
Sat. Al	1										
Al	0,81**	1									
pH	- 0,54*		1								
Cu				1							
Fe				0,59*	1						
Mn				0,72**	0,79**	1					
Ca				0,61*			1				
P					0,66**	0,55*		1			
MO									1		
K									0,67**	1	
Mg							0,75**				1

### CONCLUSIONES

Las concentraciones de Ca, K, Mg y Cu no señalan deficiencias en los suelos ácidos de las diferentes fisiografías ni épocas, contrariamente en P y Na por altas deficiencias. Mientras, resultaron de muy alta disponibilidad los tenores de S, Fe, Mn, Zn y Al.

El incremento significativo de los niveles de Fe al inicio del período de sequía en los esteros, no se tradujo en una disminución significativa de P, aun cuando si en el más bajo valor obtenido; ello quizás porque en esta fisiografía el Mn se correlacionó positivamente con P, y presento 6 veces su nivel crítico.

Las acciones de sinergias o de antagonismos entre los elementos estudiados están fuertemente auspiciadas por los procesos de oxidación y de reducción; por lo que en análisis futuros ha de incorporarse un mayor nivel de detalle del contenido de humedad del suelo para su mayor entendimiento.

### BIBLIOGRAFIA

Arias L. y J. Comerma. 2009. Los suelos y la ganadería en Venezuela. En: III Simposio: Recursos y tecnologías alimenticias apropiadas para la producción bovina a pastoreo. Chacón y Espinoza (Eds). PASTCA. San Cristobal. 17 p.

- Brito J., I. Rojas y R. Roberti. 1990. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad. En: Manual de métodos y procedimientos de referencias. FONAIAP. Maracay. (Serie D. N° 26). 164 p.
- Comerma J. y Luque O. 1971. Los principales suelos y paisajes del estado Apure. *Agronomía Tropical*. 21(5): 379 – 396.
- InfoSTAT. 2007. Grupo INfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- McDowell L., J. Velásquez y G. Valle. 1997. Minerales para rumiantes en pastoreo en regiones tropicales. Boletín 3ª Edición. Departamento de Zootecnia, Centro de Agricultura Tropical, Universidad de Florida, Gainesville, USA. 84 p.
- Mogollón L. y J. Comerma. 1995. Suelos de Venezuela. Editorial EX Libris, C.A. PDVSA. Palmaven. Caracas, Venezuela. 267 p.
- Schargel R. 2005. Geomorfología y suelos de los llanos venezolanos. En: Tierras llaneras de Venezuela. Hétiér y Falcón (Eds). Editorial Venezuela, C.A. Mérida, Venezuela. pág. 57 – 113.
- Torres R. 2003. Estudio de factores interactuantes sobre la producción primaria y secundaria de sabanas moduladas. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Tesis Doctoral. Maracay, Venezuela. 196 p.

