

Comparación de un Fluido de Perforación con la Fertilización Química en el Cultivo de Maíz (*Zea mays* L.). II. Características Químicas de los Suelos

J. Méndez¹, V. Otahola¹, M. Rodríguez¹, J. Simosa¹, L. Tellis², E. Zabala²

¹Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Núcleo Monagas, Universidad de Oriente, Avenida Universidad, Campus Los Guaritos, Maturín, 6201, Venezuela y ²NUTRISOIL.

E-mails: jmendezn@cantv.net

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de un fluido de perforación (FP) y la fertilización química (FQ) sobre las características químicas de dos suelos del estado Monagas sembrados con maíz. Se utilizaron dos tipos de suelos: sabana (textura arenofrancosa) y vega (textura francoarcillosa). Los suelos se colocaron en bandejas de aluminio donde se sembró el cultivar de maíz cv. Himeca 95 en dos fechas de siembra. Los tratamientos de fertilización consistieron en a) Sin fertilizante; b) el equivalente a 300 kg de 15-15-15/ha y c) FP base agua equivalente a la dosis del tratamiento b. Se caracterizaron químicamente los dos suelos y el FP para realizar la aproximación al FQ utilizado. Se realizaron los análisis de componentes principales [ACP] y análisis de conglomerados [AA] para agrupar los tratamientos de acuerdo a las características químicas de los suelos. El pH fue 6,3, los valores de N-Al-Si-Ca-Mg-Na-Fe-Mn-Cu-Zn-P-K para el FP fueron 6,3; 0,12; 0,027; 0,201; 13,04; 1,94; 0,126; 0,028; 0,001; 0,001; 0,003, 016 y 0,22%, respectivamente. El FP no contenía metales pesados (Pb-Ni-Cd-Ba-Cr). En ambas siembras, el P, Mg y Cu disminuyeron y el Ca y CIC aumentaron en los tratamientos de fertilización en el suelo de vega con respecto al suelo inicial, mientras que en el suelo de sabana, el Ca, Mn, Fe y CIC disminuyeron con respecto al suelo inicial. El resto de los elementos no siguieron una tendencia específica. En ambas siembras, el ACP y AA separaron ambos suelos sin importar el tratamiento de fertilización indicando que las características químicas de estos no variaron tanto con la fertilización entre suelos. Dentro de ambos suelos, el ACP y especialmente el AA separaron el suelo inicial de los suelos sembrados indicando que el cultivo de maíz alteró las características químicas de ambos suelos.

Palabras Claves: *Propiedades químicas de suelos, Fluido de perforación, NPK.*

Abstract

The objective was to evaluate the effect of a waste of nondisperse water-based drilling fluid (WDF) and the chemical fertilization (CF) on the chemical characteristics of two soils of Monagas state sown with corn cv. Himeca 95. Two soil types were used: savanna (sand lime texture) and "vega" (lime clay texture). Soils were placed in aluminum trays where corn cv. Hi,eca 95 was sowed in two planting date. Fertilization treatment were: a) without fertilizer; b) CF equivalent to 300 kg 15-15-15/ha and c) WDF equivalent to dosage of treatment b. The two soils and the WDF were characterized to make an approximation of the later al CF used. The principal component analysis [PCA] and cluster analysis [CA]) were carried out to group the treatments according to the soil chemical characteristics. The pH was 6.3, the values of N-Al-Si-Ca-Mg-Na-Fe-Mn-Cu-Zn-P-K for the WDF were 6.3, 0.12, 0.027, 0.201, 13.04, 1.94, 0.126, 0.028, 0.001, 0.001, 0.003, 016 and 0.22% respectively. WDF did not contain heavy metals (Ni-Cd-Pb-Ba-Cr). In both plantig dates, P, Cu and Mg decreased and Ca and CIC increased in the fertilization treatments in the "vega" soil with respect to the initial soil, whereas in the savanna soil, Ca, Mn, Fe and CIC decreased in comparison with the initial soil. The rest of the elements did not follow a specific trend. In both planting dates, the PCA and CA separated both soils regardless of fertilization treatment, indicating that the chemical characteristics of these soils did not vary much between soils with fertilization. Within both soils, PCA and especially CA separated initial soil from planted soils, indicating that corn cultivation altered the chemical characteristics of both soils.

Key words: *Soil chemical propeties, drilling fluid, NPK.*

1. Introducción

Entre los años 1995 y 1996 comienza en Venezuela la búsqueda de respuestas ambientales adecuadas a los procesos de disposición de los diversos desechos petroleros o rípios de perforación. La incorporación

controlada de estos a los suelos fue la respuesta. A través de este proceso los rípios que salen del pozo conjuntamente con lodo, aceites, grasas, detergentes biodegradables, son incorporados a la capacidad de retención de los fertilizantes y en consecuencia, la posibilidad de mejorar la fertilidad de los suelos [1].

Recibido: Junio, 2009

Aceptado: Agosto, 2009

Este descubrimiento es muy importante pues se aprovechan estos restos de perforación, que antes eran desechados, para labores agrícolas como son la enmienda de suelos con un pH muy bajo, el cual es neutralizado por la alcalinidad del ripio. También, este material proveniente de las formaciones puede arrastrar una gran cantidad de elementos que pudieran beneficiar al suelo dándole características fértiles, aunque también pudiera ser lo contrario, causarle un problema de carácter físico.

Esto llama la atención debido a las grandes extensiones de sabana con que cuenta Venezuela y especialmente el estado Monagas, donde muchas de sus tierras presentan condiciones de acidez y que por lo tanto no son aprovechados en su totalidad.

Es necesario ahondar en las investigaciones referentes al caso con el fin de solucionar la problemática existente en el país. Por otro lado, se ve con preocupación como se hace un abuso de fertilizantes químicos trayendo como consecuencia que muchos de los aportes de estos productos ocasionan una modificación de los horizontes superiores y alteran el equilibrio edáfico.

Es por ello, que se quiere buscar otras alternativas de fertilizantes menos agresivos que aporten las cantidades de nutrimentos a los cultivos, como lo son las aplicaciones de compost, el uso de lodos de depuradora aplicados al suelo pues la composición de estos últimos se basa en compuestos de gran valor para la vegetación [1].

Una investigación realizada por Campos Ruiz[2], en la cual aplicó ripio petrolero en base aceite a un suelo de los llanos de Monagas utilizando varios cultivos para evaluar su comportamiento, encontró que los ripios incrementaron el pH y CICE del medio de crecimiento, además de que redujeron de manera similar la biomasa de maíz, frijol, patilla y pasto pangola.

Vázquez *et al* [3] realizaron un trabajo acerca del uso de residuos sólidos de perforación como una enmienda en suelos sulfato-ácidos del Delta del Orinoco. Además, realizaron experimentos de invernadero donde aplicaron dosis equivalentes de residuos de perforación de 0; 200; 500; 1000 y 1500 m³/ha, sobre un suelo sulfato ácido y se utilizaron como planta testigo maíz (*Zea mays*) var. Ceniap. Los resultados mostraron que el elevado pH del ripio (pH = 9,7) neutralizó la reacción ácida del suelo sulfatado (pH = 2,85), lo cual se reflejó sobre la alta producción de biomasa que se obtiene con dosis equivalentes de ripio de perforación cercana a 500 m³/ha. Con lo cual se concluyó que los residuos de perforación esparcidos e incorporados al suelo son una opción para disponer de los ripios petroleros base agua.

El objetivo fue evaluar el efecto de un fluido de perforación y la fertilización química sobre las características químicas de dos suelos del estado Monagas sembrados con maíz.

2. Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en el Invernadero de Postgrado en Agricultura Tropical, ubicado en el Campus Juanico de la Universidad de Oriente en la ciudad de Maturín. Se utilizaron para ello bandejas metálicas, en las cuales se colocó el suelo de acuerdo a los siguientes factores estudiados:

1. Época de siembra (ES)
 - a) Primera siembra (1S)
 - b) Segunda siembra 15 días después de la primera siembra (2S)
2. Tipo de suelo (TS)
 - a) Suelo de vega (SV) (textura franco-arcillosa)
 - b) Suelo de sabana (SS) (textura areno franco)
3. Tratamientos de fertilización (TF):
 - a) Suelo sin fertilizar (SF)
 - b) Suelo fertilizado químicamente con fórmula completa (FQ)
 - c) Suelo fertilizado con el fluido de perforación base agua (FF)

La primera labor que se realizó fue la recolección de los dos tipos de suelos que se utilizaron, los cuales fueron un suelo de vega con alto contenido de materia orgánica y el otro fue un suelo de sabana.

Se colocaron los dos tipos de suelos en las bandejas, ordenadas de forma aleatoria, cada bandeja fue dividida por la mitad por una lámina de anime conteniendo ambos suelos. Se realizaron cuatro repeticiones de tres bandejas cada una las cuales contenía SV sin fertilizante, SV con fluido de perforación base agua, SV con fertilizante completo, SS sin fertilizante, SS con fluido de perforación y SS con fertilizante completo. El tratamiento con fertilizantes fue el equivalente a 300 Kg/ha de 15-15-15. El tratamiento con fluido se aproximó al tratamiento con fertilizante con relación a los porcentajes de NPK.

Luego, se procedió a la aplicación del fluido de perforación base agua a las bandejas seleccionadas de manera aleatoria. Se mezcló con el suelo y se esperó una semana, luego un día antes de la siembra se aplicó el fertilizante y se realizó una labor de riego. Al día siguiente se realizó la labor de la siembra en la cual se colocaron 25 semillas en cada uno de los seis tratamientos y cuatro repeticiones dando un total de 600 semillas sembradas. El riego se realizó a capacidad de campo, diariamente hasta el final del ensayo que tuvo una duración de 36 días. Se utilizó el híbrido de maíz Himeca 95.

Se determinaron las características físicas (textura, porcentaje de arcilla) y químicas (pH, materia orgánica, fósforo, potasio, magnesio, calcio, aluminio, saturación de base) entre los suelos sin fertilizar con los suelos donde se aplicó el fertilizante 15-15-15 y donde se aplicó el fluido de perforación.

Se aplicó un análisis de agrupamiento y un análisis de componentes principales para determinar las características del suelo después de la siembra en los tres tratamientos en ambos suelos mediante el programa Past4.

3. Resultados

En el cuadro 1 se observan las características físicas y químicas del fluido de perforación utilizado en el experimento. Se observa que el valor del pH es cercano a la neutralidad. Una característica importante del fluido de perforación es que no contiene metales pesados (Pb, Ni, Cd, Ba y Cr). Los mayores elementos esenciales contenidos en el fluido son el Ca (13,04%) y Mg (1,94%). Los macroelementos N, P y K se concentran a niveles intermedios dentro del fluido con valores de 0,12; 0,16 y 0,22% respectivamente.

En el cuadro 2 se observan las características físico-químicas de los suelos donde se realizó el ensayo con maíz en la 1S, en el cual se observan los cambios ocurridos por efecto del cultivo, una vez cosechados. Se puede observar que el pH se incrementó en el SS de 5,6 en el suelo original hasta 7,0 en el FF, mientras que los valores de pH fueron similares en los TF con el FQ y SF. Con respecto al SV, el pH fue similar en el suelo original y los tres TF. Al comparar el contenido de P del suelo inicial (7,76 mg/kg) con los TF, se observó que en el SS, el contenido de P se redujo a 4,37 mg/kg en el SF, pero aumentó el doble en el FQ, mientras casi no sufrió variación en el FF, mientras que en el SV, el contenido de P inicial (28,20 mg/kg) se redujo en los tres TF (Cuadro 2). En relación al Ca en el SS, este se redujo en los tres TF en comparación con el Ca inicial, mientras que en el SV se observó un incremento en los tres TF, por otra parte, el contenido de Mg se redujo en los tres TF en los dos suelos con respecto al Mg inicial, mientras que el contenido de K fue similar en los seis tratamientos. La CICE tuvo una tendencia similar al contenido de Ca (Cuadro 2).

No se observó una variación en el contenido de MO dentro de los suelos y sus respectivos TF. El contenido de Zn en el SS se redujo en SF y FF, pero aumentó en el FQ, mientras que en el SV, se incrementó en todos los TF. El contenido de Cu se redujo en los tres TF en el SS, la misma tendencia se observó en el SV. El contenido de Mn se redujo en los tres TF en comparación con el Mn inicial en el SS, mientras que para el SV, los valores fueron similares entre sí. El contenido de Fe siguió una tendencia similar a la del contenido de Mg (Cuadro 2). En general, el SV presentó mejores características químicas para el crecimiento del cultivo de maíz que el SS, aunque en el experimento de la evaluación de las características de germinación y crecimiento de las plantas sucedió lo contrario⁵.

En el cuadro 3 se observan las características físico-químicas de los suelos donde se realizó el

ensayo con maíz en la 2S, en el cual se observan los cambios ocurridos por efecto del cultivo, una vez cosechados. Se puede observar que el pH se incrementó en el SS de 5,6 en el suelo original hasta 7,4; 7,1 y 6,5 en el FF; SF y FQ, respectivamente. Con respecto al SV, el pH fue menor en el suelo original en comparación con los tres TF.

Al comparar el contenido de P del suelo inicial (7,76 mg/kg) con los TF, se observó que en el SS, el contenido de P se redujo a 6,21 y 5,84 mg/kg en el SF y FQ, respectivamente, mientras no sufrió variación en el FF, mientras que en el SV, el contenido de P inicial (28,20 mg/kg) se redujo en los tres TF (Cuadro 3). En relación al Ca en el SS, este se redujo en los tres TF en comparación con el Ca inicial,

Cuadro 1. Características químicas de un fluido de perforación base agua no disperso utilizado en el ensayo. †

Características	Unidad	Valor
pH		6,3
N	%	0,12
Al	%	0,027
Si	%	0,201
Ca	%	13,04
Mg	%	1,94
Na	%	0,126
Fe	%	0,028
Mn	%	0,001
Cu	%	0,001
Zn	%	0,003
P	%	0,16
K	%	0,22
Pb	%	trazas
Ni	%	trazas
Cd	%	trazas
Ba	%	trazas
Cr	%	trazas
Humedad	%	55,94

† Realizado en el Laboratorio de Suelos y Ambiente de EUDOCA.

mientras que en el SV se observó un incremento en los tres TF, por otra parte, el contenido de Mg se incrementó en los tres TF en el SS, pero se redujo en el SV para los tres TF con respecto al Mg inicial, mientras que el contenido de K fue similar en los seis tratamientos. La CICE tuvo una tendencia similar al contenido de Ca (Cuadro 3).

El contenido de MO se redujo en los TF con respecto a la MO inicial, excepto en el SV con FF donde se incrementó. El contenido de Zn en el SS aumentó en SF, se redujo en el FQ y fue similar en el FF, mientras que en el SV, se redujo en todos los TF. El contenido de Cu se redujo en los TF con FQ y FF, pero aumentó en el SF para el SS, mientras que en el SV, los tres TF tuvieron menos valores de Cu que el suelo inicial. El contenido de Mn se redujo en los tres TF en comparación con el Mn inicial en el SS, mientras que para el SV, el SF fue el único que tuvo un mayor valor que el Mn inicial. El contenido de Fe disminuyó en los tres TF en el SS, pero se incrementó en los TF en el SV (Cuadro 3).

Al comparar las características de los suelos entre la 1S y 2S se pudo observar que el pH se incrementó en los tres TF en el SS en la 2S y se

ambas siembras. El contenido de Mg se incrementó en los tres TF en ambos TS. El K no tuvo variación en ambas ES ni TF. La CICE aumentó en los tres TF en el SS y disminuyó en SF y FF y fue similar para el FQ en las dos ES (Cuadros 2 y 3).

La MO disminuyó en FQ y FF y no varió para el SF en el SS, mientras que disminuyó para SF y FQ y aumentó para FF en el SV. El contenido de Zn se incrementó en el SF y FF pero disminuyó en el FQ para el SS, pero para el SV, disminuyó en los tres TF. El Cu se incrementó en SF para el SS, mientras que no varió en el FQ y FF, mientras que fue similar en los TF en el SV. El contenido de Mn disminuyó en el FQ y FF y aumentó en el SF en ambos TS. El contenido de Fe disminuyó decreció en los tres TF en el SS, pero aumentó en los TF en el SV (Cuadros 2 y 3).

En el cuadro 4 se observan los eigenvalores

Cuadro 2. Características físico-químicas† de los suelos donde se realizó el ensayo con maíz (*Zea mays* L.) en la primera siembra, en el cual se observan los cambios ocurridos por efecto del cultivo, una vez cosechados.

	Jusepín	Jus 1cSF	Jus 1CCF	Jus 1CCFL	Río Chiquito	RCh 1cSF	RCh 1CCF	RCh 1CCFL
pH	5,6	5,9	5,7	7	6,8	7,1	7,3	7
P	7,76	4,37	14,4	8,57	28,2	13,4	16,4	16,9
Ca	3,69	1,38	1,52	1,94	13,06	39,75	33,63	34,5
Mg	0,28	0,13	0,12	0,13	0,98	0,25	0,26	0,23
H	0,08	0,13	0,17	0,13	0,13	0,17	0,17	0,13
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
CICE	4,06	1,65	1,82	2,21	14,22	40,2	34,07	34,87
MO	1,03	0,78	1,2	0,86	2,14	2,14	2,34	2,24
Arcilla	6,2	5,2	6,2	5,2	32,2	23,2	22,2	24,2
Zn	1,32	0,72	3,28	0,96	29,48	36,88	38,52	38,96
Cu	0,48	0	0	0	0,28	0,12	0	0,2
Mn	0,96	0,08	0,36	0,36	2,48	2,44	2,52	2,44
Fe	28,8	11,2	14,8	10	1,6	0	0	0

† Realizado en el Laboratorio de Suelos y Ambiente de EUDOCA.

Jusepín: Suelo de sabana antes de la siembra.

Jus1cSF: Suelo de sabana sin fertilizante después de la primera cosecha.

Jus1CCF: Suelo de sabana con fertilizante químico después de la primera cosecha.

Jus1CCFL: Suelo de sabana con fluido después de la primera cosecha.

Río Chiquito: Suelo de vega antes de la siembra.

RCh1cSF: Suelo de vega sin fertilizante después de la primera cosecha.

RCh1CCF: Suelo de vega con fertilizante químico después de la primera cosecha.

RCh1CCFL: Suelo de vega con fluido después de la primera cosecha.

mantuvo de manera similar en los TF entre la 1S y la 2S (Cuadro 2 y 3). El contenido de P se incrementó en el SF para el SS, pero disminuyó en el FQ y FF, mientras en el SV se incrementó en el SF y fue similar en ambas ES. El contenido de Ca se incrementó en el SS para los TF SF y FQ y disminuyó en el FF, para el SV disminuyó en SF y FF y fue similar para FQ en

para el análisis de componentes principales para las características físico químicas de los suelos sembrados con maíz en la cosecha de la primera siembra. El primer componente explicó el 79,21% de la variación total, mientras que el segundo explicó el 11,68% para un total en los dos primeros componentes de 90,89%

En la figura 1 se observa que se formaron 2 grandes grupos, uno por cada TS, donde en el primer grupo se ubicó el SV, formándose dos subgrupos agrupados de acuerdo a sus similitudes, un subgrupo reunió a los 3 suelos con tratamientos después de sembrar, separados del suelo sin sembrar el cual ocupó el otro subgrupo. El otro gran grupo donde se ubicó el SS, estuvo compuesto por tres subgrupos, uno para el FF, otro para FQ y el tercer subgrupo donde se ubicó el SF y el suelo inicial de sabana.

En la figura 2, se observan las cargas para los caracteres del suelo, indicando aquellos que más contribuyeron para la formación de los grupos en los suelos sembrados con maíz en la 1S, los cuales fueron los contenidos de Zn, arcilla, CICE, Ca y Fe.

En la figura 3, se observa el análisis de agrupamiento por el método de UPGMA y la distancia Euclídeana para los tratamientos evaluados en la 1S del cultivo del maíz según las características físico-químicas de los dos TS. Se observa que se formaron 2 grupos, uno por cada tipo de suelo. El grupo 1 lo formó el SS, el cual se dividió en 2 subgrupos, uno con el suelo sin sembrar (inicial) y el otro para el resto de los TF. El grupo 2 lo formó el SV, el cual se separó en 2 subgrupos, el suelo de vega sin sembrar (inicial) en el subgrupo 2-1 y los TF en el subgrupo 2-2.

En el cuadro 5 se observan los eigenvalores para el análisis de componentes principales para las

características físico químicas de los suelos sembrados

Cuadro 4. Eigenvalores y porcentaje de la variación explicada por el análisis de componentes principales para las características físico químicas de los suelos sembrados con maíz (*Zea mays* L.) en la cosecha de la primera siembra.

Componente	Eigenvalores	Porcentaje de variación.
1	6,36443	79,206
2	0,938164	11,676
3	0,514925	6,4083
4	0,155723	1,938
5	0,0520279	0,64749
6	0,00765365	0,095251
7	0,00234344	0,029164
8	1,33968E-16	1,6673E-15
9	2,55927E-17	3,185E-16
10	-2,7461E-17	-3,4182E-16
11	-8,8325E-17	-1,0992E-15
12	-2,0277E-16	-2,5235E-15

Cuadro 3. Características físico-químicas† de los suelos donde se realizó el ensayo con maíz (*Zea mays* L.) en la segunda siembra, en el cual se observan los cambios ocurridos por efecto del cultivo, una vez cosechados.

	Río							
	Jusepín	Jus 1cSF	Jus 1CCF	Jus 1CCFI	Chiquito	RCh 1cSF	RCh 1CCF	RCh 1CCFI
pH	5,6	7,1	6,5	7,4	6,8	7,3	7,7	7,6
P	7,76	6,21	5,84	7,76	28,2	19,1	16,9	15,4
Ca	3,69	2,84	1,71	1,71	13,06	34	33,75	27,14
Mg	0,28	0,59	0,56	0,65	0,98	0,65	0,67	0,74
H	0,08	0,13	0,08	0,08	0,13	0,13	0,08	0,17
K	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
CICE	4,06	3,57	2,36	2,45	14,22	34,8	34,5	28,1
MO	1,03	0,78	0,61	0,53	2,14	1,56	1,56	3,09
Arcilla	6,2	8,2	9,2	6,2	32,2	26,2	30,2	30,2
Zn	1,32	2,6	0,88	1,52	29,48	25,5	23,2	21,8
Cu	0,48	5,12	0	0	0,28	0	0,04	0
Mn	0,96	0,2	0	0	2,48	2,8	1,04	2
Fe	28,8	10,8	7,6	6	1,6	2,8	3,2	2

† Realizado en el Laboratorio de Suelos y Ambiente de EUDOCA.

Jusepín: Suelo de sabana antes de la siembra.

Jus1cSF: Suelo de sabana sin fertilizante después de la primera cosecha.

Jus1CCF: Suelo de sabana con fertilizante químico después de la primera cosecha.

Jus1CCFI: Suelo de sabana con fluido después de la primera cosecha.

Río Chiquito: Suelo de vega antes de la siembra.

RCh1cSF: Suelo de vega sin fertilizante después de la primera cosecha.

RCh1CCF: Suelo de vega con fertilizante químico después de la primera cosecha.

RCh1CCFI: Suelo de vega con fluido después de la primera cosecha.

con maíz en la cosecha de la segunda siembra. El primer componente explicó el 68,77% de la variación total, mientras que el segundo explicó el 14,50% para un total en los dos primeros componentes de 83,12%

En la figura 4 se observa que se formaron 2 grandes grupos, uno por cada TS, donde en el primer grupo se ubicó el SV y se observaron 2 subgrupos, uno formado por el SV sin sembrar, FF y FQ y otro donde se ubicó el SF. En el otro grupo formado por el SS, igualmente se formaron 2 subgrupos, uno donde se ubicó el SS sin sembrar, el otro donde se ubicaron los tres TF.

En la figura 5, se observan las cargas para los caracteres del suelo, indicando aquellos que más contribuyeron para la formación de los grupos en los suelos sembrados con maíz en la 2S, los cuales fueron los contenidos de Zn, arcilla, CICE y Ca.

En la figura 6, se observa el análisis de agrupamiento por el método de UPGMA y la distancia Euclidiana para los tratamientos evaluados en la 2S del cultivo del maíz según las características físico-químicas de los dos TS. Se observa que se formaron 2 grupos, uno por cada tipo de suelo. El grupo 1 se ubicó el SS y se dividió en 2 subgrupos, el subgrupo 1-1 reunió a los tres TF: SF, FQ y FF, el subgrupo 1-2 mostró solo al SS sin sembrar. En el grupo 2 se ubicó el SV y dos subgrupos, el primero donde se situó el SV sin sembrar y el subgrupo 2-2 donde se ubicaron los tres TF.

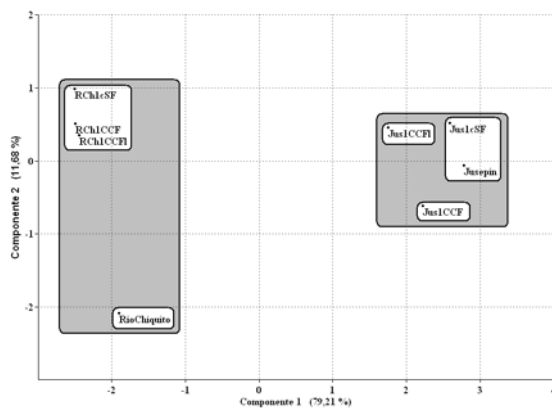


Figura 1. Componentes principales mediante la matriz de correlación para la comparación entre los seis tratamientos del primer ensayo del cultivo de maíz basados en la cantidad de elementos presentes en los suelos sembrados con maíz (*Zea mays* L.).

4. Discusión

En este ensayo se utilizó un fluido de perforación virgen, es decir, no utilizado aun en la

industria petrolera. Evaluar los fluidos de perforación que pudieran ser utilizados como enmienda de suelos antes de ser utilizados en la industria petrolera es una práctica que es realizada normalmente en los

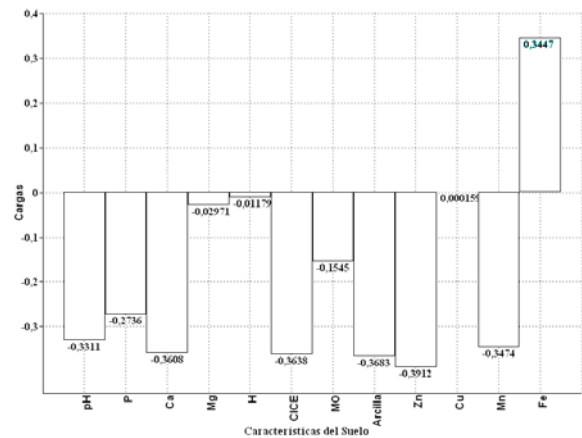


Figura 2. Cargas de los componentes principales para el primer componente (79,21% de la variación) para la comparación entre los seis tratamientos del primer ensayo del cultivo de maíz basados en la cantidad de elementos presentes en los suelos sembrados con maíz (*Zea mays* L.).

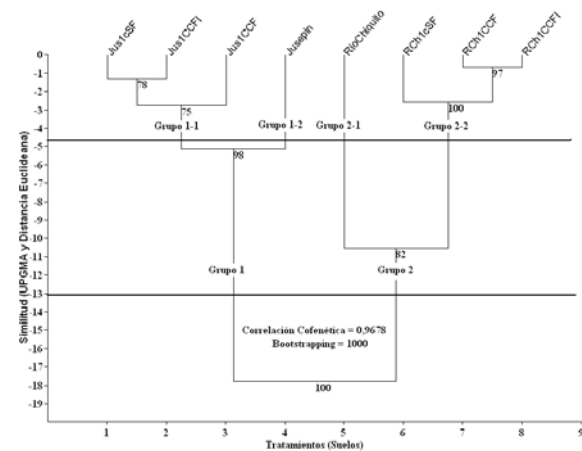


Figura 3. Análisis de agrupamiento mediante el algoritmo de grupos pareados (UPGMA) y la medida de similitud basada en la distancia Euclidiana para la comparación entre los seis tratamientos basados en las características físico-químicas de los dos suelos en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la primera época de siembra

experimentos de investigación que tengan que ver con la materia. Nelson *et al*[4] investigaron los efectos de 0, 200 y 500 g/kg de fluidos de perforación preparados en el laboratorio con tres diferentes fuentes de barita sobre el crecimiento de remolacha y *Lolium perenne*

en un estudio de invernadero, ellos usaron 25 kg de barita, 671 g de bentonita, 480 g de cromo lignosulfato, 240 g de lignita y 96 g de NaOH para preparar los fluidos de perforación para sus experimentos. Miller y Pesaran[5] evaluaron siete mezclas típicas de fluidos de perforación preparadas en el laboratorio cuando añadieron a seis suelos a relaciones de volumen de 1:1 y 1:4 (fluido de perforación/suelo) sobre el crecimiento de caraota y maíz.

Cuadro 5. Eigenvalores y porcentaje de la variación explicada por el análisis de componentes principales para las características físico químicas de los suelos sembrados con maíz (*Zea mays* L.) en la cosecha de la segunda siembra.

Componente	Eigenvalores	Porcentaje de variación.
1	5,98335	68,769
2	1,26145	14,498
3	0,643794	7,3993
4	0,520967	5,9877
5	0,123912	1,4242
6	0,105513	1,2127
7	0,0617059	0,70921
8	2,11067E-16	2,4259E-15
9	3,20582E-17	3,6846E-16
10	1,27109E-17	1,4609E-16
11	-4,1782E-17	-4,8022E-16
12	-1,7036E-16	-1,9581E-15

Actualmente existe una gran expectativa acerca de los resultados de la utilización de los lodos

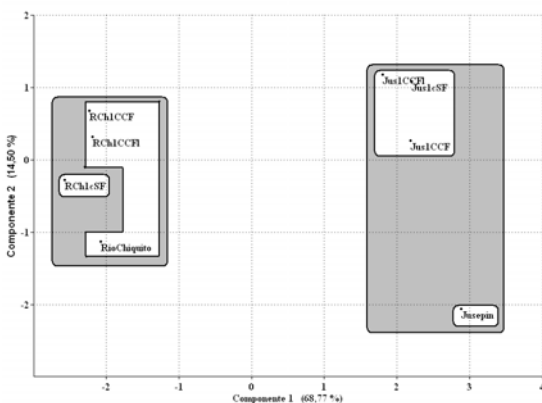


Figura 4. Componentes principales mediante la matriz de correlación para la comparación entre los seis tratamientos del segunda ensayo del cultivo de maíz basados en la cantidad de elementos presentes en los suelos sembrados con maíz (*Zea mays* L.).

de perforación en la Agronomía, siendo visto por las comunidades petrolera y agrícola tradicionales con un poco de escepticismo.

Sin embargo existen estudios acerca de la posibilidad de que algunos de estos fluidos puedan mejorar la fertilidad de los suelos. Un trabajo realizado por Vázquez *et al*[3] donde se utilizó un fluido de perforación base agua en un suelo sulfato-ácido, se logró mejorar sustancialmente algunas características físico-químicas del mismo, entre las cuales se encuentran: el aumento del pH y CICE del suelo, además se observó una disminución aproximada al 70% en los parámetros biométricos evaluados para los

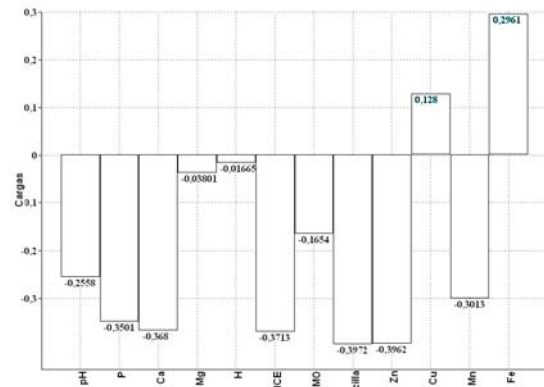


Figura 5. Cargas de los componentes principales para el primer componente (79,21% de la variación) para la comparación entre los seis tratamientos del segundo ensayo del cultivo de maíz basados en la cantidad de elementos presentes en los suelos sembrados con maíz (*Zea mays* L.).

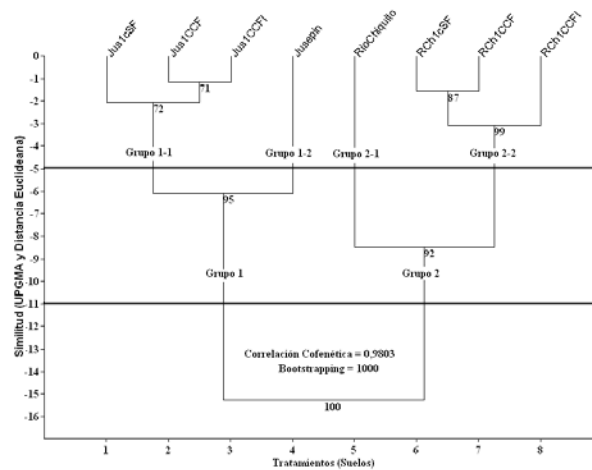


Figura 6. Análisis de agrupamiento mediante el algoritmo de grupos pareados (UPMGA) y la medida de similitud basada en la distancia Euclídeana para la comparación entre los seis tratamientos basados en las características físico-químicas de los dos suelos en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en la segunda época de siembra

diferentes cultivos. Campos Ruíz[2] también reportó incrementos del pH y la CICE con la aplicación de concentraciones crecientes de un fluido de perforación base aceite. Resultados similares fueron encontrados en este experimento donde el pH se incrementó en el SS con la aplicación del FF en ambas ES. Esto pudo deberse al alto contenido de Ca y Mg (13,04 y 1,94%, respectivamente) presente en el fluido de perforación. Esto es beneficioso pues las deficiencias de calcio y magnesio han sido consideradas como factores de infertilidad en suelos ácidos. Se han señalado diversas estrategias de manejo para los suelos ácidos, las cuales consideran entre otros la aplicación de enmiendas calcáreas, ya sea con fines de corrección de acidez o de suplencia de Ca y Mg como nutrientes [6].

Existen algunos elementos que se encuentran de manera deficiente en algunos suelos y que se hallan entre los componentes de los fluidos de perforación los cuales permitirían una neutralización de los mismos. Los fluidos pueden contribuir al mejoramiento de algunas propiedades como la retención de humedad debido al contenido de material arcilloso por lo que se traduciría en un incremento en la capacidad de intercambio catiónico, como fue el caso en este experimento para el SV en ambas ES, el mejoramiento de la estructura de los suelos. Dado que los suelos contienen nutrimentos en cantidades y concentraciones mayormente desbalanceadas, el tratamiento de estabilización a que es sometida la mezcla suelo-ripioincluye la adición de fósforo, nitrógeno y materia orgánica, los cuales mejoran las propiedades físico-químicas y de fertilidad del material y por lo tanto al suelo receptor [7].

El porcentaje de materia orgánica aumentó en el FF del SV en la segunda siembra. La materia orgánica es un elemento importante para mantener el suelo en buenas condiciones físicas; contiene la reserva íntegra de nitrógeno de éste, así como cantidades significativas de otros nutrientes, como fósforo y azufre. Así pues, la productividad del suelo se ve claramente afectada por el equilibrio de materia orgánica del suelo [8].

Es de hacer notar que la utilización de las técnicas multivariadas (análisis de componentes principales y de agrupamiento) permitió separar los dos suelos en dos grandes grupos, indicando que ni el FQ ni el FF lograron alterar las características intrínsecas de estos dos suelos de manera significativa lo que permitió mantener su identidad para cada suelo. También permitió en la mayoría de los casos separar los suelos iniciales (sin cultivo) de aquellos cultivados y con la aplicación de los TF, es decir, a nivel más específico las técnicas multivariadas permitieron detectar el efecto que tiene el cultivo y la fertilización sobre las características definidas dentro de un mismo suelo.

4. Conclusiones.

El pH fue de 6,3 y los valores de N-Al-Si-Ca-Mg-Na-Fe-Mn-Cu-Zn-P-K para el fluido de

perforación fueron 6,3; 0,12; 0,027; 0,201; 13,04; 1,94; 0,126; 0,028; 0,001; 0,001; 0,003, 0,16 y 0,22%, respectivamente. El fluido no contenía metales pesados (Pb-Ni-Cd-Ba-Cr). En ambas siembras, el P, Mg y Cu disminuyeron y el Ca y la CICE aumentaron en los tratamientos de fertilización en el suelo de vega con respecto al suelo inicial, mientras que en el suelo de sabana, el Ca, Mn, Fe y CIC disminuyeron con respecto al suelo inicial. El resto de los elementos no siguieron una tendencia específica. En ambas siembras, el análisis de componentes principales y el análisis de agrupamiento separaron ambos suelos sin importar el tratamiento de fertilización indicando que las características químicas de estos no variaron tanto con la fertilización entre suelos. Dentro de ambos suelos, el análisis de componentes y especialmente el de agrupamiento separaron el suelo inicial de los suelos sembrados.

5. Referencias

- [1] Encarta Microsoft 2007. Acondicionamiento del Suelo y Fertilizantes.
- [2] Sánchez Morales, R. A. 2004. Evaluación del tratamiento de los rípios de perforación en el Centro de Manejo y Disposición Final de la Empresa Consolef. C.A. sector Amarilis del Estado Monagas. Trabajo de Grado para Ingeniero de Petróleo. Universidad de Oriente. Maturín.
- [3] Vásquez, P., Urich, J., González, V., Silva, P. y Rodríguez, A. 1996. The Use of Drilling Solid Waste as Amendment of Acid-Sulphate Soils on the Orinoco Delta. Society of Petroleum Engineers. SEP 35880:35-44. New Orleans, Louisiana, U.S.A.
- [4] Nelson, D. W.; Liu, S. L. y Sommers, L. E. 1984. Extractability and plant uptake of trace elements from drilling fluids. *Journal of Environmental Quality* 13: 562-566.
- [5] Miller, R. W. y Pesaran, P. 1980. Effects of drilling fluids on soils and plants: Individual fluid components. *Journal of Environmental Quality* 9: 552-556.
- [6] López I. y Sánchez A. 1990. Criterios para recomendaciones de cal en suelos ácidos de Venezuela. Maracay, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- [7] Jiménez, R. L. 2002. Uso de la isoterminia de retención en la evaluación del efecto por incorporación de ripio base agua sobre los parámetros químicos de un suelo orgánico del Estado Sucre. Trabajo de Grado para Ingeniero de Petróleo. Universidad de Oriente. Maturín .
- [8] Campos Ruiz, N. K. 1999. Efecto de la aplicación de ripio petrolero base aceite a un suelo de los llanos de Monagas sobre el comportamiento de varios cultivos. Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Universidad de Oriente. Maturín.
- [9] Hammer, Ö.; D. A. T. Harper and P. D. Ryan. 2001. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1): 9 p