

# X Congreso sobre Uso y Manejo del Suelo (UMS 2020)

## A Coruña (España), 16-18 Noviembre 2020

ESTUDIO DE LOS PRINCIPALES PARAMETROS QUÍMICOS DE UN *VERTISOL PÉLICO* DE LA CUENCA DEL RÍO CAUTO. HOLGUIN. CUBA

6.2 Núñez-Tablada

R.C. Núñez<sup>1</sup>, V.A. López<sup>2</sup>, A. Paz<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Universidad de Holguín. Agramonte 30 entre Paz y 10 de Octubre. Reparto Vista Alegre. Holguín. Cuba. [rmunoz@uho.edu.cu](mailto:rmunoz@uho.edu.cu)

<sup>2</sup> Universidad de Holguín. Agramonte 30 entre Paz y 10 de Octubre. Reparto Vista Alegre. Holguín. Cuba. [vlopez@uho.edu.cu](mailto:vlopez@uho.edu.cu)

<sup>3</sup> Universidad Da Coruña. C División azul 1741 A Coruña, provincia A Coruña. Galicia. España. [lucho@udc.es](mailto:lucho@udc.es).

### INTRODUCCION.

Cuba, es un país tropical, con un clima prácticamente húmedo, aunque en los últimos años azotada por una intensa sequía, principalmente en las provincias orientales, que depende prácticamente de la producción agrícola, productora de varios cultivos, entre ellos el monocultivo de la caña de azúcar, donde se conoce poco y no se ha estudiado suficientemente, como pueden variar las propiedades químicas bajo el efecto del cultivo continuado. De acuerdo con Frómata, (1983) este cultivo ocasiona disminución de la Capacidad de Cambio de Bases, (CCB) debido fundamentalmente a la disminución de la materia orgánica y una marcada tendencia a disminuir su calidad. Tisdale y Cades (1982), señalan que debido a los efectos del cultivo continuado, es extremadamente importante conocer la evolución de los nutrientes, su extracción y la materia orgánica. Estos cambios en el complejo de cambio que directa o indirectamente se manifiestan en los rendimientos, nos permiten recomendar diferentes técnicas de manejo, proteger y mejorar el suelo y su fertilidad, obteniendo incrementos sostenidos del rendimiento agrícola.

### MATERIALES Y METODOS.

Las investigaciones se desarrollaron en la localidad de "Antonio Maceo" ubicada en la cuenca del río Cauto.

Para el desarrollo de las investigaciones se seleccionaron tres áreas, de manera que su ubicación geográfica fuera representativa. Cada área cuenta con la extensión de una hectárea, las mismas presentan un *Vertisol pélico* con características similares, estas fueron explotadas por el monocultivo de la caña de azúcar por más de cuatro décadas.

**Área 1.** Cultivada por el monocultivo de caña de azúcar, las cosechas en los últimos 10 años fueron mecanizadas, realizándole las labores culturales establecidas después de cada cosecha.

**Área 2.** Estuvo sembrada de caña de azúcar, en los momentos actuales en Barbecho por más de 5 años y dedicada al pastoreo intensivo.

**Área 3.** Estuvo sembrada de caña de azúcar, dejándose en barbecho y actualmente sembrada de *Musa paradisiaca* (plátano vianda).

Esta área estuvo explotada por el cultivo de la caña de azúcar por más de cuatro décadas, demoliéndose en el año 2015 al realizarle la última cosecha, se mantuvo en barbecho (reposo) hasta junio del 2018, mes en que se preparó el suelo de forma convencional para la siembra del cultivo plátano vianda.

### Diseño de la red de muestreo

La red de muestreo usada en la investigación, que se presenta en la Figura 1, corresponde al diseño de Muestreo Aleatorio Sistemático o en rejilla de celdas cuadradas (puntos de muestreo en el medio de las celdas).



Figura 1.- Diseño de la red de muestreo.

### TOMA DE MUESTRA

Se formaron cuadrículas de 20 m<sup>2</sup>, para las mediciones se utilizó una cinta métrica de 50 metros de largo, seleccionándose 16 puntos por hectárea y 48 puntos para las tres áreas. En cada punto se tomaron cinco muestras de suelos a intervalos de 10 cm hasta la profundidad de 50 cm, para un total de 80 muestras por ha y 240 muestras en las tres áreas; las muestras de suelo se extrajeron utilizando la barrena de Simpson, (1980).

Las muestras tomadas para análisis químicos se envasaron en bolsas de polietileno, siendo seleccionadas por puntos de muestreos y profundidad, codificándose según metodología establecida por el SERFE, (2000); y se enviaron al laboratorio de suelo de la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA), de Santiago de Cuba donde se determinaron los elementos de interés en las investigaciones: (MO, pH, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, Mg, Na, Ca).

### ANÁLISIS DE LOS DATOS

Los datos experimentales obtenidos en este trabajo fueron sometidos a análisis estadístico y análisis de la variabilidad espacial, permitiendo este último la representación cartográfica. Se efectuaron también análisis geostatísticos de los datos disponibles. Pero, dado que de acuerdo con el diseño experimental el número de datos por parcela estaba limitado a 16 puntos, un número inferior al mínimo de 30 que se recomienda, en general, los semivariogramas obtenidos presentaban una gran dispersión, con la consiguiente dificultad de ajuste. Por ello se eligió el método de las distancias inversas al efectuar la representación de la variabilidad espacial de las propiedades estudiadas.

Para el análisis estadístico de las bases de datos obtenidas experimentalmente se utilizaron software profesionales para el procesamiento de los datos: SPSS 15.0 para Windows 2007 y el Statgraphics Plus 5.1. Su aplicación práctica posibilitó realizar análisis entre las variables en estudio, así como un análisis de varianza para determinar la existencia o no de diferencias significativas entre los grupos o capas estudiadas.

### DISTRIBUCIÓN EN PROFUNDIDAD

#### Materia orgánica, pH y Fósforo

La materia orgánica presenta una clara disminución en profundidad en los tres usos del suelo estudiados, como cabe esperar. La disminución de materia orgánica es particularmente notable a partir de los 30 cm de profundidad. Los contenidos en materia orgánica de los horizontes superficiales son moderados, como corresponde a los suelos arcillosos y al clima cálido de la zona estudiada.

El pH, ligeramente alcalino se muestra como uniforme tanto entre las sucesivas profundidades como entre los diversos tratamientos que se han estudiado. Las diferencias son siempre inferiores a una unidad y con frecuencia próximas a 0,5 unidades. Los contenidos en fósforo son muy variables con la profundidad, según el uso del suelo, ya que el área de caña de azúcar había sido fertilizada.

A continuación se presenta un análisis estadístico de la distribución en profundidad de estos tres atributos del suelo, materia orgánica, pH y fósforo.

En la Tabla 1 se hace un análisis del comportamiento de los principales parámetros químicos por profundidad en las diferentes áreas estudiadas en las investigaciones.

Tabla 1.- Materia orgánica pH y fósforo en función de profundidad para las tres áreas estudiadas.

Prof. (cm)	Área de caña de azúcar			Área en barbecho			Área en reconversión		
	MO	pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MO	pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MO	pH	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
0-10	2.32 <sup>a</sup>	7.7 <sup>a</sup>	21.9 <sup>b</sup>	1.99 <sup>a</sup>	8.0 <sup>a</sup>	1.32 <sup>a</sup>	2.41 <sup>a</sup>	7.9 <sup>a</sup>	5.95 <sup>a</sup>
10-20	2.26 <sup>a</sup>	7.7 <sup>ab</sup>	18.4 <sup>ab</sup>	2.33 <sup>ab</sup>	8.0 <sup>ab</sup>	1.73 <sup>ab</sup>	2.44 <sup>ab</sup>	7.9 <sup>ab</sup>	5.0 <sup>ab</sup>
20-30	2.44 <sup>a</sup>	7.7 <sup>cd</sup>	6.0 <sup>cd</sup>	1.89 <sup>cd</sup>	7.7 <sup>cd</sup>	2.61 <sup>cd</sup>	2.24 <sup>cd</sup>	7.9 <sup>cd</sup>	4.14 <sup>cd</sup>
30-40	2.17 <sup>a</sup>	7.8 <sup>cd</sup>	2.50 <sup>cd</sup>	1.39 <sup>cd</sup>	7.7 <sup>cd</sup>	1.97 <sup>cd</sup>	1.54 <sup>cd</sup>	8.0 <sup>d</sup>	2.96 <sup>d</sup>
40-50	2.22 <sup>a</sup>	7.8 <sup>cd</sup>	1.90 <sup>cd</sup>	1.58 <sup>cd</sup>	7.8 <sup>cd</sup>	4.35 <sup>d</sup>	1.19 <sup>cd</sup>	8.1 <sup>d</sup>	3.14 <sup>e</sup>

Letra iguales en columnas no hay diferencia significativa.

Letras diferentes en columnas hay diferencia significativa.

En lo relacionado con la materia orgánica en el área de caña de azúcar se observa que no existe diferencia significativa entre las profundidades, manteniéndose con valores menores de 3 los cuales se consideran bajos, los mayores valores se localizan en los primeros 40cm, debido a que los restos de las cosechas en descomposición y el sistema radicular del cultivo que se encuentra en constante renovación incrementan los contenidos de materia orgánica en estas profundidades. Por lo que respecta al pH aunque existen diferencia significativa entre alguna profundidades manifiesta una tendencia a ligeramente alcalino, y el fósforo mantiene niveles muy altos en las capas superiores aunque después tiende a disminuir cuando aumenta la profundidad, esto puede estar dado a que en los primeros estados después de la cosecha del 2007 fue beneficiada con una fertilización de fórmula completa, después de esa cosecha el área fue demolida y plantada nuevamente de caña donde se le volvió a aplicar una fertilización, lo que produjo estos altos valores que se muestran en la tabla, unido a los restos de cosecha en descomposición que incorporan también al suelo niveles de fósforo.

En el área de barbecho los valores de la materia orgánica se manifiestan de bajos a muy bajos, predominando los valores menores que 2,34, el pH tiende a aumentar sus valores hasta 8 manteniéndose ligeramente alcalino y el fósforo presenta bajos valores, toda esta situación puede estar ocasionada si tenemos en cuenta que esta área fue demolida hace seis años y no se ha cultivado durante este periodo, con una vegetación espontánea que donde predominan las gramíneas que son grande consumidoras de nutrientes de los suelos. En el área de reconversión los valores de materia orgánica se comportan en las primeras camadas con valores bajos y en las últimas profundidades pasan a valores muy bajos, el pH tiene un comportamiento similar a las anteriores áreas estudiadas, aunque el fósforo se manifiesta con valores de medio a altos, si tenemos en cuenta que esta área también fue demolida seis años antes y dejada en reposo por ese espacio de tiempo, podemos deducir que pudo existir un comportamiento similar al de barbecho antes de ser preparado, y variar las condiciones de esta área después de realizadas las labores de cultivo.

Explicando de forma general cada uno de los parámetros químicos analizados en este tipo de suelo, los valores de materia orgánica que de forma general presentan son medios (3-5 %), los valores que actualmente presentan en los análisis se consideran bajos, por la escasa biomasa que presentan, en el caso del área de caña de azúcar, pudieran ser mayores, pero sus restos son de difícil descomposición por la presencia de alto contenido de lignina que poseen los restos de este cultivo, acompañada por una baja actividad biológica mantenida por un pH alcalino que conduce a una baja formación de humus o materia orgánica.

En cuanto al comportamiento del pH afecta el movimiento de los microelementos menos el molibdeno, que se solubiliza a alta alcalinidad limitando los micronutrientes para las plantas, esta situación trae consigo la presencia del calcio (Ca), magnesio (Mg) y sodio (Na) en aguas del manto freático que por acción capilar alcanzan las capas superiores, donde generalmente en estos suelos predominan los dos primeros elementos, como existe una tendencia a la aridez, se manifiesta una alta evaporación por lo que se concentran en los horizontes superficiales, también se hace preciso señalar, que los suelos con pH de ligero a alcalino existe presencia de sodio, lo que influye en la estructura del suelo, determinando un alto grado de dispersión de los coloides y el alto grado de alcalinidad, influyendo en la micro flora del suelo lo que a su vez retiene la descomposición de los restos vegetales.

Los suelos cubanos en condiciones naturales se caracterizan por tener bajos contenidos de fósforo asimilable, aunque el contenido de fósforo total suele ser más alto, esto se explica a que muchas formas de fósforo están unidas en forma de fosfatos dicalcicos y tricalcicos, que no son extraídos durante la extracción química, mientras más alejado de la neutralidad se encuentra el pH, más probabilidades existen de una carencia de fósforo.

### Bases de cambio

En el complejo de cambio, el calcio es la base más abundante, seguida de magnesio, sodio y potasio. La capacidad de intercambio catiónico presenta valores elevados, en las sucesivas capas y en todos los tratamientos estudiados, con valores más frecuentemente comprendidos en el rango entre 44 y 60 meq/100g. El porcentaje de sodio intercambiable oscila en el rango comprendido entre 3,5 y 5,5%, por lo que se trata de Vertisoles que se pueden clasificar entre normales y ligeramente salinos.

Dados los valores absolutos de la reacción del suelo se puede asumir que se trata de materiales saturados en bases de cambio, sin contener hidrógeno de cambio; por lo tanto la capacidad de intercambio catiónico vendrá dada por la suma de las bases de cambio: calcio, magnesio, potasio y sodio.

Por ello, para el análisis del comportamiento de las bases cambiables en el suelo, se realizó la suma de los elementos Ca, Mg, K y Na, así, como se determinó el porcentaje que corresponde a cada elemento de la suma total (S), además de realizar la prueba de comparación de medias para un 0.5% de probabilidad de error aplicando Duncan, para determinar la existencia o no de diferencias significativas en el contenido de cada elemento por profundidad estudiada.

En la Tabla 2 se muestran los comportamientos de los contenidos de las bases, el análisis estadísticos en la comparación de medias, la determinación de los diferentes niveles de significación de los elementos analizados en las diferentes profundidades y el porcentaje que ocupa cada elemento en la suma de bases.

Tabla 2.- Bases de cambio en el área dedicada a caña de azúcar.

Profu n.	Ca	Mg	K	Na	CCB	Ca	Mg	K	Na
	Cmol/ 100					% CCB			
0-10	49.2 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	0.93 <sup>a</sup>	2.18 <sup>a</sup>	60.57	81.20	9.67	1.53	3.59
10-20	47.8 <sup>ab</sup>	7.6 <sup>b</sup>	0.89 <sup>ab</sup>	2.64 <sup>ab</sup>	59.03	81.09	12.92	1.50	4.47
20-30	49.2 <sup>ab</sup>	4.6 <sup>ca</sup>	0.84 <sup>ca</sup>	1.72 <sup>ca</sup>	56.45	87.20	8.25	1.48	3.04
	b		b						
30-40	46.2 <sup>ab</sup>	4.8 <sup>abc</sup>	0.71 <sup>d</sup>	1.87 <sup>da</sup>	53.51	86.91	8.53	1.25	3.30
	bc			c					
40-50	44.7 <sup>ab</sup>	5.2 <sup>abc</sup>	0.64 <sup>cd</sup>	2.29 <sup>da</sup>	52.91	84.53	9.92	1.20	4.32
	d			bd					

Letra iguales en columnas no hay diferencia significativa.

Letras diferentes en columnas hay diferencia significativa.

Analizando el comportamiento de la suma de bases en las diferentes profundidades estudiadas, se observa, que a medida que aumenta la profundidad del suelo disminuyen los valores de la suma de bases, no siendo así cuando se analiza el porcentaje de cada elemento, observándose una variabilidad en la distribución por profundidad, alcanzando los mayores valores el elemento calcio (Ca), seguido de Mg, Na y K.

En cuanto a la relación entre el Ca y el Mg se encuentra en una proporción de 8:1 aproximadamente, predominando el elemento Ca sobre el Mg, lo cual es característico de estos suelos según Hernández, *et al.*, (1999) así como los valores del Na superan los valores del K en todos los casos.

Las altas concentraciones de la suma de bases en las capas superiores del suelo, pueden deberse a que el sistema radicular del cultivo de la caña de azúcar alcanza alrededor de 45 a 50 cm de profundidad, posibilitando la extracción de estos elementos desde las capas más profundas, para utilizarlos en los diferentes procesos que desarrolla el cultivo. Como el sistema radicular esta en constante renovación y putrefacción, además de los restos de las hojas que caen constantemente por su envejecimiento y los restos de las cosechas que van quedando año tras año, hacen que estos elementos se incorporen al suelo a través de su reciclaje, quedando concentrados en las capas superiores del suelo.

Cuando se analiza el resultado estadístico del elemento Ca en los diferentes niveles de profundidad, su contenido en la primera capa (0-10 cm) solamente muestra diferencia significativa con la capa cinco (40-50 cm); no siendo así para la segunda profundidad, (10-20cm) que no presenta diferencia significativa con las restantes profundidades; su concentración en la tercera capa (20-30 cm) no difiere con las anteriores y si difiere significativamente con las más profundas; en la profundidad de 30-40 cm este elemento no difiere significativamente con las profundidades que la anteceden, sin embargo este elemento en la última capa difiere significativamente de las primeras 4 profundidades.

Los elementos restantes presentan una similar situación, lo que demuestra que se encuentran distribuidos en todo el espesor del suelo a diferentes concentraciones, dependiendo de las características propias de los suelos y de los constantes procesos a que están sometidos, tanto por factores naturales externos como por la incidencia del hombre en su manejo.

En la Tabla 3 se observa un comportamiento diferente a la anterior en cuanto a la suma de las bases, donde, a medida que aumenta la profundidad aumentan los valores de la suma de bases, siendo lo inverso a lo ocurrido en el caso anterior, bajo cultivo de caña de azúcar.

Tabla 3.- Bases de cambio en el área dedicada a barbecho.

Prof.	Ca	Mg	K	Na	CCB	Ca	Mg	K	Na
	Cmol/ 100					% CCB			
0-10	47.65 <sup>a</sup>	9.76 <sup>a</sup>	1.16 <sup>a</sup>	3.04 <sup>a</sup>	61.61	77.34	15.8	1.88	4.93
10-20	48.79 <sup>a</sup>	10.16 <sup>ba</sup>	1.02 <sup>ba</sup>	2.95 <sup>ba</sup>	62.92	77.54	16.14	1.62	4.68
20-30	48.73 <sup>a</sup>	10.66 <sup>cab</sup>	0.97 <sup>cb</sup>	2.97 <sup>cab</sup>	63.33	76.31	16.83	1.53	4.68
30-40	47.78 <sup>a</sup>	10.54 <sup>abc</sup>	0.94 <sup>bc</sup>	3.38 <sup>d</sup>	62.64	76.27	16.82	1.50	5.39
40-50	49.15 <sup>a</sup>	11.70 <sup>acd</sup>	0.95 <sup>bcd</sup>	3.67 <sup>ed</sup>	65.47	75.07	17.87	1.45	5.60

Letra iguales en columnas no hay diferencia significativa.

Letras diferentes en columnas hay diferencia significativa.

En cuanto a los resultados de los porcentajes que representan cada uno de los elementos en la suma de bases, los mayores pertenecen al Ca, los que disminuyen a medida que aumenta la profundidad, ocurriendo lo mismo en el caso del Mg, K y del Na; aquí la relación Ca/Mg esta alrededor de 4:1 aunque en algunas profundidades aumenta hasta 8:1.

Analizando los resultados de los análisis estadísticos, el Ca no presenta diferencia significativa entre profundidades estudiadas, similar se comporta el Mg, cuando la capa de 0-10 cm solo difiere significativamente con la profundidad de 40-50 cm, comportándose las restantes capas de modo similar a la anterior, aunque la profundidad de 40-50 cm difiere significativamente con las profundidades menores. Los elementos Na y K presentan una mayor variación en cuanto a los niveles de significación.

Teniendo en cuenta que esta área fue explotada por más de 30 años en el cultivo de la caña de azúcar; si en el momento del muestreo se hubiese encontrado sembrada por este cultivo, presentaría una situación similar al área anteriormente analizada, sin embargo los resultados obtenidos en cuanto a la suma de bases y las diferentes variables en estudio, demuestran que la diferencia está dada, en que 6 años atrás esta área fue cosechada y demolida, siendo sometida a diferentes labores culturales para su acondicionamiento, dedicándola posteriormente al pastoreo intensivo, reflejando que los resultados obtenidos pueden estar asociados a estas transformaciones ocurridas durante el proceso de renovación, es decir al removerse el suelo, las capas superiores fueron invertidas, pasando todos los residuos de las capas superficiales a las capas más profundas influyendo directamente en los resultados obtenidos en los estudios.

En la Tabla 4 se observa como la suma de bases oscila constantemente con la profundidad, lo que demuestra su variabilidad en las diferentes capas del suelo; en cuanto a los elementos sigue predominando el Ca como elemento fundamental en este tipo suelo, siendo su relación con el Mg de 4:1, aunque tiende a aumentar en la medida que disminuye la profundidad, hasta alcanzar valores de 6:1. Cuando se analiza el porcentaje que ocupa cada uno de los elementos en la suma de bases, se observa que el Ca disminuye en sentido descendente con la profundidad, no siendo así con los demás elementos que fluctúan entre una profundidad y otra.

Tabla 4.- Área dedicada a reconversión.

Prof	Ca	Mg	K	Na	CCB	Ca	Mg	K	Na
	Cmol/ 100					% CCB			
0-10	51.35 <sup>a</sup>	7.48 <sup>a</sup>	1.09 <sup>a</sup>	2.57 <sup>a</sup>	62.49	82.17	11.96	1.74	4.11
10-20	49.0 <sup>ba</sup>	7.25 <sup>ba</sup>	1.09 <sup>ba</sup>	2.35 <sup>ba</sup>	59.69	82.09	12.14	1.82	3.93
20-30	48.88 <sup>cab</sup>	8.70 <sup>cab</sup>	1.00 <sup>c</sup>	2.40 <sup>cab</sup>	60.98	80.15	14.96	1.63	3.93
30-40	41.63 <sup>d</sup>	9.21 <sup>cd</sup>	0.90 <sup>d</sup>	2.52 <sup>dabc</sup>	54.26	76.72	12.73	1.65	5.14
40-50	45.34 <sup>e</sup>	12.39 <sup>e</sup>	0.80 <sup>e</sup>	2.79 <sup>e</sup>	61.32	73.93	20.20	1.30	4.54

Letra iguales en columnas no hay diferencia significativa.

Letras diferentes en columnas hay diferencia significativa.

Analizando los resultados estadísticos, en la mayoría de los casos los elementos presentan diferencias significativas para cada una de las profundidades estudiadas, comportándose de forma más estable las tres capas superiores, es decir en los primeros 30 cm, las últimas dos capas por lo general presentan diferencias significativas con las capas superiores, para cada uno de los elementos estudiados.

El área en estudio estuvo dedicada al igual que el área anterior por más de 30 años al cultivo de la caña de azúcar, después fue demolida y dejada en barbecho por espacio 6 años, donde se decidió a partir de este momento llevarla al proceso de reconversión, pasando por diferentes etapas de preparación del suelo, lo cual conllevó a constantes modificaciones de las diferentes capas del suelo por los diferentes implementos agrícolas, propiciando que existan las actuales condiciones que presenta el suelo en su comportamiento actualmente.

### CONCLUSIONES.

Entre los elementos químicos estudiados el elemento dominante es el calcio (Ca) en todas las áreas y profundidades, seguido del magnesio (Mg), el sodio (Na) y por último el potasio (K), predominando de forma significativa el Ca/Mg, además de existir una alta variabilidad de estos elementos dentro de cada profundidad en el área y entre las áreas en estudio.

Las áreas estudiadas presentan un alto grado de deterioro en cuanto a sus propiedades químicas, con respecto a las características descritas para estos tipos de suelos.

No ha existido una recuperación significativa de las propiedades estudiadas en las áreas de caña que fueron modificadas para la reconversión y barbecho hace seis años, con el área que continua en explotación bajo este monocultivo.