



CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN DE SUELOS GLEY NODULAR FERRUGINOSO BAJO CULTIVO INTENSIVO DE ARROZ EN LOS PALACIOS

Characteristics and classification of Ferruginous Nodular Gley soils under intensive rice crop production from Los Palacios

Crecencio Pozo Galves^{1✉}, José R. Cabrera Alonso²,
Enrique Márquez Reina¹, Osmany Hernández Hernández¹,
Michel Ruiz Sanchez³ y Duniesky Domínguez Palacio¹

ABSTRACT. Soils under intensive rice crop production, for more than 50 years were studied to describe problems in physical properties and morphological characteristics and to classify the soils by the New Version of Cuban Genetic Soil Classification, American Soil Taxonomy and the World Reference Base, taking into account the showed evidences. The results indicated soils affected by gleyzation process, observed at soil depth equal or higher than 50 cm, where iron and manganese nodules were abundant. There were evidences of not good conditions of soil physic properties, characterized by an increase of bulk density and a reduction of total porosity. In addition, it was observed poor soil fertility, in both profiles, characterized by low levels of nutrients. However, such behaviors there were not enough to define anthropic effects by the existence of an Anthraquic or Hydragric horizon, due to the absences of a low pan and other diagnostic characteristics.

Key world: morphological characteristics of soil,
soil fertility, physics-chemical properties of soil

RESUMEN. Suelos bajo cultivo intensivo de arroz, por más de 50 años, fueron estudiados con el propósito de describir afectaciones en propiedades físicas y características morfológicas, y clasificarlos teniendo en cuenta las evidencias de dichas afectaciones, según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, la Soil Taxonomy y la World Reference Base. Los resultados obtenidos mostraron que los suelos estaban afectados por el proceso de gleyzación a profundidades iguales o mayores a 50 cm, donde es abundante la presencia de nódulos de hierro y manganeso. Se evidenció afectaciones en propiedades físicas del suelo en ambos perfiles, caracterizada por aumento de la densidad aparente y disminución de la porosidad total. Se observó además, deterioro de la fertilidad del suelo en ambos perfiles, expresados en bajos niveles nutricionales. Sin embargo, tales manifestaciones no fueron suficientes para diagnosticar efectos antrópicos por la presencia de un horizonte Antrácuico o Hidrágrico, dada la ausencia de piso de aradura y otras características de diagnóstico.

Palabras clave: características morfológicas del suelo,
fertilidad del suelo,
propiedades físico-químicas del suelo

INTRODUCCIÓN

El cultivo intensivo del arroz es uno de los que mayor degradación provoca en las propiedades de los suelos, debido fundamentalmente a las condiciones de inundación a las que son sometidos, al empleo intensivo de la maquinaria y al laboreo en condiciones físicas no adecuadas (1,2).

¹Instituto de Suelos, UCTB Pinar del Río, Cuba

²Instituto del tabaco, Estación experimental del tabaco. San Juan y Martínez, Pinar del Río, Cuba

³Unidad Científico Tecnológica de Base "Los Palacios", Km 1 ½ carretera La Francia, Los Palacios, Pinar del Río, Cuba.

✉ investigador2@suelopri.minag.cu

Igualmente, prácticas de monocultivo tienen efectos desfavorables sobre las propiedades de los suelos arroceros (3,4). Sin embargo, en el manual para el cultivo del arroz no se trata el tema sobre el cambio en las propiedades del suelo debido a lo antes mencionado, siendo este, uno de los problemas actuales que meritan ser atendidos en las áreas cultivadas del cereal (5).

En la clasificación genética de los suelos de Cuba (6), las transformaciones de los suelos a causa del cultivo intensivo del arroz, tampoco se tratan con la profundidad requerida.

Sin embargo, clasificaciones de suelo de importancia internacional, fundamentadas en las propiedades de los suelos a través de horizontes y características de diagnóstico relacionadas con la génesis, si incluyen en sus últimas versiones, calificativos para distinguir la influencia del hombre por el cultivo continuado, ya sea arroz u otro cultivo. Por ejemplo, en la nueva versión de clasificación de los suelos de China (7), se tienen varios horizontes de diagnóstico como son, el epipedon Antrostácnico y el horizonte sub-superficial Hidrágrico y en la World Reference Base (8), se utiliza el calificativo de horizonte Antrácuico e Hidrágrico, que es similar al utilizado por la clasificación de los chinos. La clasificación de suelos de Cuba 2015, incluye estos calificativos tomados de la World Reference Base (9).

El objetivo del trabajo fue caracterizar y clasificar suelos Gley Nodular Ferruginoso bajo cultivo intensivo del arroz y describir afectaciones en propiedades físicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en áreas de la granja arrocera Sierra Maestra, perteneciente a la Empresa agroindustrial de granos Los Palacios, municipio Los Palacios, provincia Pinar del Río, al suroeste de la capital cubana. La altitud sobre el nivel medio del mar es entre 5 y 15 metros, pudiendo llegar a ser inferior en algunas zonas.

Los campos seleccionados, 7 y 8A, bajo explotación intensiva por más de 50 años, tienen una superficie de 120 ha en total, 67 ha en el campo 7 y 53 ha en el 8A. El campo 7 se localiza en las coordenadas 291,1 N y 272,5 E y el 8A en las coordenadas 290,5 N y 272,5 E.

Los perfiles representativos de cada campo se seleccionaron realizando observaciones con barrena a una distancia aproximada de 100 metros, y se describieron según metodologías (10,11). La geo-referenciación de los perfiles se realizó con Gps marca: 'Garmin' modelo 'Gps Map'. El color del suelo se determinó mediante la tabla de colores (12). Para la clasificación de suelos se empleó la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (6), la World Reference Base (8) y la Soil Taxonomy (13). De ambos perfiles se tomaron muestras representativas para análisis físico y químico por horizontes.

Las posibles afectaciones en propiedades físicas de ambos perfiles fueron evaluadas a partir de los rangos de valores de densidad volumétrica (densidad aparente) y porosidad total que deben tener los suelos no perturbados según clase textural (10).

La composición mecánica del suelo se determinó a través del método del hidrómetro, descrito (14). La densidad volumétrica se determinó en muestras no disturbadas, tomadas en cilindros de 98 cm³, siguiendo norma cubana (15). El peso específico se determinó siguiendo norma cubana (16).

Por cada horizonte se tomaron tres replicas para ambas determinaciones. La porosidad total fue estimada a partir de la densidad volumétrica y el peso específico, según norma cubana (17). La humedad natural del suelo se determinó por el método gravimétrico, según norma cubana (18). Las bases intercambiables y la capacidad de intercambio catiónico se determinó por el método del acetato de amonio a pH 7, descrito en norma ramal (19). El pH del suelo se determinó en agua en una relación 1: 2,5: empleando el método potenciométrico (14). La materia orgánica se determinó por el método colorimétrico, descrito en norma cubana (20). El fósforo y el potasio asimilable se determinó por el método de Oniani, descrito en norma cubana (21). Para la toma de muestras de los análisis químicos se empleó la barrena tipo holandesa de la firma Eijkelpamp.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS

En las Tablas I y II, se presentan las descripciones morfológicas de los perfiles estudiados.

Los perfiles muestran variación de colores y sus tonalidades con el incremento de la profundidad, debido a diferencias en los sedimentos depositados y su transformación, al incremento de la humedad y a la manifestación de propiedades gléyicas. Existen también diferencias en la textura del subsuelo de ambos perfiles, en el perfil 1 a los 55 cm y en el perfil 2 a los 30 cm, observándose un cambio textural abrupto, el cual se ha interpretado como una discontinuidad litológica. Estas condiciones favorecen la manifestación de propiedades gléyicas y una mayor presencia de nódulos de hierro y manganeso con dureza variable, los que son más abundantes en el perfil 1 que en el 2.

La textura de ambos perfiles en los horizontes superficiales es franca, y arcillosa en los más profundos, existiendo una transición en los horizontes intermedios. La estructura es en bloques sub angulares pequeños en los horizontes superficiales y en bloques angulares en los de mayor profundidad.

Dadas las características descritas y a pesar de las diferencias entre los dos perfiles, son comunes y evidentes la manifestación de propiedades gléyicas, la presencia de abundantes nódulos ferruginosos a profundidades menores de un metro y una estructura en bloques angulares, con mayor o menor desarrollo, en todo el perfil. Estas características se deben, en ambos perfiles, a condiciones hidromórficas de origen natural y artificial, con carácter temporal, que provocan condiciones alternantes de oxidación-reducción. No se observan evidencias de formación de horizonte Antrácuico o Hidrágrico en ambos perfiles, así como la presencia de un piso de aradura.

Tabla I. Descripción morfológica del perfil 1, campo 7

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0 – 14	Color (10YR5/4) pardo amarillento en seco y (10YR3/3) pardo oscuro en húmedo; textura franca, ligeramente plástico, con estructura en bloques sub angulares pequeños. Posee buen desarrollo de raíces, el límite es plano y no reacciona al HCl.
B ₁	14 – 40	Color (10YR6/4) pardo amarillento claro en seco y (10YR4/4) pardo amarillento oscuro en húmedo; textura franco arcillosa, ligeramente plástico y presenta estructura en bloques sub angulares pequeños. Posee poco desarrollo de raíces, el límite es plano y no reacciona al HCl.
B ₂ g	40 – 55	Color (10YR6/6) amarillo parduzco en seco y (10YR4/6) pardo amarillento oscuro en húmedo, con 40 % de moteados de color (5GY6/1) gris verdoso en seco y (5GY4/1) gris verdoso oscuro en húmedo; textura franco arcillosa, plástico, estructura en bloques angulares. Posee muy poco desarrollo de raíces; la transición es notable, el límite es plano y no reacciona al HCl.
2Cg	55 – 140	Color (5GY6/1) gris verdoso en seco y (5GY4/1) gris verdoso oscuro en húmedo, con moteados de color (7,5YR6/8) amarillo rojizo y (7,5YR25/1) negros, debido a la presencia de nódulos de hierro y manganeso, textura arcillosa, plástico. Presenta estructura en bloques angulares. Sin raíces y no reacciona al HCl.

Fecha: 10/10/2014

Coordenadas: N 291,1 E 272,5

Relieve: llano

Material de origen: materiales transportados

Vegetación: ausente debido al cultivo intensivo de arroz

Horizontes de diagnóstico: normal: Nodular Ferruginoso

Características de diagnóstico: propiedades gléyicas y cambio textural abrupto

Tabla II. Descripción morfológica del perfil 2, campo 8 A

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
Ap	0 – 10	Color (10YR6/3) pardo pálido en seco y (10YR5/3) pardo en húmedo, textura franca, ligeramente plástico, con estructura en bloques sub angulares pequeños. Posee buen desarrollo de raíces, el límite es plano y no reacciona al HCl.
B ₁ g	10 – 30	Color (10YR6/3) pardo pálido en seco y (10YR5/3) pardo en húmedo, con 30 % de moteados de color (2,5Y6/6) amarillo olivo en seco y (2,5Y6/4) pardo amarillento claro en húmedo, textura franca, ligeramente plástico y presenta estructura en bloques sub angulares pequeños. Posee poco desarrollo de raíces, el límite es plano y no reacciona al HCl.
2B ₂ g	30 – 60	Color (2,5Y6/6) amarillo olivo en seco y (2,5Y5/6) pardo olivo claro en húmedo, con 30 % de moteados de color (2,5Y5/4) pardo olivo claro en seco, textura arcillosa, plástico, estructura en bloques angulares. Posee muy poco desarrollo de raíces; la transición es notable, el límite es plano y no reacciona al HCl.
2B ₃ g	60 – 78	Color (2,5Y6/6) amarillo olivo en seco y (2,5Y5/6) pardo olivo claro en húmedo, con 50 % de moteados de color (2,5Y5/4) pardo olivo claro, textura arcillosa, con nódulos de Fe y Mn, plástico, estructura en bloques angulares pequeños y medianos. Posee muy poco desarrollo de raíces; la transición es notable, el límite es plano y no reacciona al HCl.
2Cg	78 – 130	Color (2,5Y6/6) amarillo olivo en seco y (2,5Y5/6) pardo olivo claro en húmedo, con más de 50 % de moteados de color (2,5Y5/4) pardo olivo claro en seco y (2,5Y5/2) en húmedo, textura arcillosa, plástico y estructura en bloques angulares pequeños y medianos sin raíces; no reacciona al HCl.

Fecha: 10/10/2014

Coordenadas: N 290,5 E 272,5

Relieve: llano

Material de origen: materiales transportados

Vegetación: ausente debido al cultivo intensivo de arroz

Horizontes de diagnóstico: normal: Nodular Ferruginoso

Características de diagnóstico: propiedades gléyicas y cambio textural abrupto

CARACTERÍSTICAS GENERALES Y DE FORMACIÓN DEL SUELO

La formación de los suelos del área en estudio ha estado muy ligada al relieve, ya que se formaron, en el mayor porcentaje de los casos, como consecuencia del arrastre y redeposición de partículas de suelo disueltas en el agua que fluían desde los lugares más altos. El agua rica en minerales de hierro y manganeso, principalmente, al llegar una y otra vez a las zonas más bajas y depositarse e infiltrar hasta ciertas profundidades, fue incrementando sus contenidos en el perfil. Las condiciones alternantes de sobre humedecimiento y aireación, oxidación-reducción, condicionaron el desarrollo de procesos de gleyzación y la formación de perdigones de hierro y manganeso, llegando en ocasiones a la formación de horizontes o corazas petroféricas y magnesianas (22,23). Las propiedades reductivas se caracterizan por su color blanco a verdoso, gris azulado y gris bajo condiciones de reducción permanente, y de color rojizo en periodos de no saturación, mientras las propiedades oxidativas se caracterizan por una mezcla de color gris-rojo-amarillento, amarillento rojizo y la formación de nódulos oscuros de hierro y manganeso (6). Debido a la heterogeneidad de los materiales depositados y a la magnitud en que se desarrollaron los procesos de formación de suelo, la morfología, textura y composición físico-química y mineralógica puede ser diferente.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y CONTENIDO DE NUTRIENTES

En ambos perfiles se observó predominio de textura franca en los horizontes superficiales, que cambia a arcillosa con la profundidad, además a profundidades cercanas a los 30 cm en ambos perfiles, ocurre una disminución significativa de la porosidad total (PT) y un aumento de la densidad aparente (Da) (Tabla III).

Este comportamiento muestra una posible degradación en propiedades físicas del suelo y afectaciones al movimiento del agua y aire en el suelo. Tal expresión se asocia a la influencia de la actividad del hombre sobre el suelo, al cultivo intensivo del arroz, el laboreo en condiciones no adecuadas del suelo, al empleo de inadecuadas prácticas de cultivo y al uso de la mecanización; las que pueden provocar daños directamente a la estructura del suelo y su compactación (24–27). Según estudios (10) los valores máximos de densidad volumétrica por clase textural para suelos cubanos no perturbados es de 1,4 g cm⁻³ para texturas franca y 1,2 g cm⁻³ para texturas arcillosas, debido a estos reportes consideramos la posibilidad que existan afectaciones en las propiedades físicas de los suelos estudiados, ya que los valores obtenidos fueron de 1,6 g cm⁻³ para los horizontes de textura franca y 1,83 g cm⁻³ en los de textura arcillosa.

Debido a las exigencias edáficas del arroz y los sistemas de cultivo utilizados, resulta difícil lograr la roturación del suelo en condiciones de humedad adecuada y una rotación de cultivos en periodo lluvioso, lo que reduciría las afectaciones a las propiedades físicas. Sin embargo, existen numerosos estudios que demuestran como la aplicación de otros sistemas de cultivo favorecen la conservación del suelo y el incremento productivo (28–30).

El valor del pH en el horizonte superficial, para ambos perfiles, es superior a 5,5 que se correlaciona con una saturación por bases superior al 69 % (Tabla IV). Esta característica se acentúa en el siguiente horizonte, donde se observó un incremento en la saturación por bases, pudiendo ser la causa de la elevación de los valores de pH. La existencia de una capa compacta en estos horizontes, como ya se describió, caracterizada por un incremento en la Da y

Tabla III. Comportamiento de algunas propiedades físicas de los perfiles estudiados

Perfil	H	Profundidad (cm)	Grava	Arena %	Limo	Arcilla	Da (g cm ⁻³)	PT (%)	Textura
1	AP	0-14	0,3	30	43,8	25,9	1,23	54,3	Franca
	B ₁	14 - 40	0,4	23,7	44,3	31,5	1,64	37,9	Franco Arcillosa
	B _{2g}	40 - 55	6,2	45,0	14,7	34,1	1,45	45,9	Franco Arcillosa
	2Cg	55 - 140	0,5	25,6	27,6	54,3	1,77	34,0	Arcillosa
2	AP	0 - 10	7,3	33,2	40,6	18,9	1,22	54,3	Franca
	B _{1g}	10 - 30	7,4	36,7	33,6	22,3	1,60	38,7	Franca
	2B _{2g}	30 - 60	0,7	34,0	22,0	43,3	1,83	33,0	Arcillosa
	2B _{3g}	60 - 78	14,0	22,6	20,9	42,5	1,76	36,5	Arcillosa
	2Cg	78 - 130	0,0	18,2	23,3	58,4	1,77	31,7	Arcillosa

Perfil 1: campo 7; Perfil 2: campo 8A; H: horizonte; Prof.: profundidad; Da: densidad aparente; PT: porosidad total

Tabla IV. Características químicas por horizontes de los perfiles estudiados

Perfil	H	Profundidad cm	pH		CE _{1:5} dS cm ⁻¹	P ₂ O ₅ Mg kg ⁻¹	K ₂ O	M.O %	Ca	Mg	Na	K	S	CIC	V %
			H ₂ O	KCl											
1	AP	0-14	5,5	4,7	0,16	6,89	16,39	2,5	13,4	0,8	0,2	0,4	14,8	20,9	70,9
	B ₁	14-40	6,5	5,4	0,13	1,56	7,21	1,4	13,4	1,3	0,8	0,2	15,6	20,1	77,6
	B _{2g}	40-55	5,0	3,6	0,19	0,65	5,46	1,0	7,0	0,8	1,4	0,1	9,4	19,4	48,6
	2Cg	55-140	4,7	3,3	0,23	0,17	5,73	-	6,1	0,8	1,9	0,1	9,0	19,8	45,2
2	AP	0-10	6,0	4,7	0,08	2,99	4,25	2,7	7,1	0,5	0,2	0,1	7,9	11,4	69,0
	B _{1g}	10-30	7,3	5,9	0,09	0,52	3,09	1,8	9,2	0,6	0,4	0,1	10,3	11,4	90,1
	2B _{2g}	30-60	6,5	5,2	0,16	0,65	3,49	1,2	13,4	3,7	1,1	0,1	18,3	20,9	87,5
	2B _{3g}	60-78	6,1	4,8	0,20	1,30	3,22	-	16,8	1,4	1,8	0,1	20,1	22,4	89,7
	2Cg	78-130	6,0	4,9	0,32	1,69	3,36	-	12,1	3,2	2,6	0,1	17,9	22,4	79,8

Perfil 1: campo 7; Perfil 2: campo 8A; H: horizonte; Prof.: profundidad; CE: conductividad eléctrica; M.O: materia orgánica; S: bases intercambiables; CIC: capacidad de intercambio catiónico; V: Saturación por bases

disminución de la PT, pudo condicionar la acumulación de bases e incremento del valor del pH.

El en perfil 1 se observó, además, que a mayores profundidades ocurre una disminución acentuada del valor del pH, asociada con la disminución en la saturación por bases y posiblemente con la presencia de aluminio intercambiable, similar comportamiento se observó en el perfil 2, aunque menos acentuado.

En ninguno de los horizontes descritos se observó concentración de sales mayores a los límites inferiores permisibles (10), representado por la variable CE, aunque se observaron incrementos con la profundidad. Este resultado muestra que en el suelo no existen condiciones para su salinización, al menos a profundidades menores de 130 cm.

Los contenidos de fósforo y potasio en los horizontes superficiales de ambos perfiles son muy bajos, excepto el potasio en el horizonte superficial del perfil 1 donde tiene un valor medio. Las diferencias en los contenidos de los elementos pueden estar asociadas a déficits en las dosis de aplicación de estos nutrientes como fertilizantes. También se observó que estos elementos disminuyeron con la profundidad, existiendo marcada diferencia entre el horizonte superficial y los subsuperficiales. Tal comportamiento demuestra las pocas reservas de ambos nutrientes en el suelo, condicionando su productividad a la aplicación de fertilizantes minerales y enmiendas.

Los contenidos de materia orgánica son adecuados en ambos perfiles de acuerdo al contenido de arcilla (10), con una tendencia a su disminución con el incremento de la profundidad, lo que representa un comportamiento normal de la distribución de la materia orgánica en los suelos. Sin embargo, apropiados manejos de la fertilidad y de los sistemas de cultivos en áreas arroceras deben favorecer en mayor grado el secuestro del carbono y el incremento de la fertilidad del suelo (31).

Los contenidos de Ca en el suelo se presentan adecuados en los dos primeros horizontes del perfil 1 y deficientes en los dos últimos. En el perfil 2 se observó que los contenidos de Ca se presentan adecuados en todo el perfil, excepto en el último, donde es ligeramente deficitario. Los contenidos de magnesio en el perfil 1 se encuentran deficientes en todos los horizontes, mientras que en el perfil 2 se encuentran deficientes en el primero, segundo y cuarto horizontes, siendo adecuado en el tercero y quinto. La relación Ca/Mg se presenta desbalanceada en todos los horizontes del perfil 1 debido fundamentalmente a deficiencias de magnesio. En el perfil 2 la relación Ca/Mg está desbalanceada en el primero, segundo y cuarto horizonte y adecuada en el tercero y quinto. Los contenidos de potasio intercambiables en ambos perfiles son deficientes. Los contenidos de Na son bajos en los horizontes superficiales de ambos perfiles y aunque se incrementan con la profundidad, los valores no representan afectaciones severas al suelo. La CIC es media en los dos primeros horizontes del perfil 1, siendo baja en los restantes, mientras en el perfil 2, se presenta baja en los dos primeros horizontes y media en el resto del perfil. La CIC en el horizonte superficial del perfil 1 oscila sobre los 20 cmol_c kg⁻¹, mientras en el perfil 2 es inferior a 12, este comportamiento está asociado a un menor contenido de arcilla, pues los contenidos de materia orgánica son similares en ambos perfiles. Dado este comportamiento, el suelo del perfil 1 tiene mayor capacidad para retener e intercambiar nutrientes en el horizonte superficial que el del perfil 2. El valor de la CIC refleja además el predominio, en la fracción arcilla, de minerales de relación 1:1 sobre los 2:1, comportamiento asociado a un alto grado de transformación en esta fracción.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO

Según los resultados mostrados, son evidentes las afectaciones en propiedades físicas del suelo en ambos perfiles, expresados en el incremento de valores de densidad volumétrica y disminución de la porosidad total, así como deterioro de la fertilidad del suelo en ambos perfiles, expresados en bajos niveles nutricionales; sin embargo, no son suficientes para diagnosticar la presencia de un horizonte Antrácuico o Hidrágrico, dada la ausencia de piso de aradura y otras características de diagnóstico.

En la Tabla V se clasifican los suelos de ambos perfiles según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (6), la World Reference Base (8) y la Soil Taxonomy (13).

Tabla V. Clasificación de los suelos estudiados según Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (NVCGSC), la World Reference Base y la Soil Taxonomy

PERFIL 1 CAMPO 7		
NVCGSC (1999)	Soil Taxonomy (2014)	World Reference Base (2014)
Agrupamiento: Hidromórfico	Orden: Inceptisols	Grupo de suelo: Gleysol
Tipo: Gley Nodular Ferruginoso	Suborden: Aquept	Unidad de Suelo: Gleysol Férrico
Subtipo: Típico	Grande Grupo: Endoaquept	
Género: Dístico	Subgrupo: Typic Endoaquept	
PERFIL 2 CAMPO 8A		
Genética cubana (1999)	Soil Taxonomy (2001)	World Reference Base (2014)
Agrupamiento: Hidromórfico	Orden: Inceptisols	Grupo de suelo: Gleysol
Tipo: Gley Nodular Ferruginoso	Suborden: Aquept	Unidad de Suelo: Gleysol Férrico
Subtipo: Típico	Grande Grupo: Endoaquept	
Género: Eútrico	Subgrupo: Typic Endoaquept	

CONCLUSIONES

- ♦ La presencia de nódulos de hierro y manganeso es común en ambos perfiles estudiados y determinan la formación del horizonte diagnóstico "Nodular Ferruginoso".
- ♦ Son evidentes los efectos de la actividad humana sobre el suelo, caracterizada por el aumento de la densidad aparente y disminución de la porosidad total del suelo.

- ♦ La fertilidad de suelo es baja, lo que determina la necesidad de aplicación de fertilizantes minerales y enmiendas.
- ♦ La magnitud de las evidencias observadas en los perfiles de suelo descritos, no resultan suficientes para clasificarlos como suelos con efecto antropogénico.
- ♦ Ambos suelos se clasifican, según la clasificación cubana, dentro del agrupamiento Hidromórfico, tipo Gley Nodular ferruginoso y subtipo Típico; según la Soil taxonomy, en el orden Inceptisols y en la WRB, en el grupo Gleysol.

AGRADECIMIENTOS

El colectivo de autores agradece toda la colaboración brindada por el equipo Nacional y Provincial del proyecto BASAL y el PNUD para el desarrollo de este trabajo, el cual forma parte de los resultados del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gathala MK, Ladha JK, Saharawat YS, Kumar V, Kumar V, Sharma PK. Effect of Tillage and Crop Establishment Methods on Physical Properties of a Medium-Textured Soil under a Seven-Year Rice–Wheat Rotation. *Soil Science Society of America Journal*. 2011;75(5):1851–62. doi:10.2136/sssaj2010.0362
2. Bhullar GS, Bhullar NK. *Agricultural Sustainability: Progress and Prospects in Crop Research* [Internet]. Academic Press; 2012 [cited 2017 Sep 16]. 311 p. Available from: https://books.google.com/cu/books?id=ONYZm_J0gr8C
3. Díaz GT, López A, Hernández MJ. Efecto del monocultivo del arroz en las propiedades físicas y químicas del suelo Gley Nodular Ferruginoso petroférico de Los Palacios, Pinar del Río. In: VI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. La Habana, Cuba: Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo; 2006.
4. Hernández A, Moreno I. Características y clasificación de los suelos cultivados de arroz en la palma, Pinar del Río. *Cultivos Tropicales*. 2010;31(2):00–00.
5. Rivero LLE, Suárez CE. *Instructivo Técnico Cultivo de Arroz*. 1st ed. La Habana, Cuba: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales; 2015. 77 p.
6. Hernández JA, Pérez JM, Bosch D, Rivero L, Camacho E, Ruíz J, et al. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. La Habana, Cuba: AGROINFOR; 1999. 64 p.
7. Cooperative Research Group on Chinese Soil Taxonomy, Li F, Gong Z. *Chinese soil taxonomy* [Internet]. 3rd ed. Beijing - New York: Science Press; 2001 [cited 2017 Sep 16]. 203 p. Available from: <http://catalog.hathitrust.org/api/volumes/oclc/52117246.html>
8. IUSS Working Group WRB. *World Reference Base for soil resources 2014: international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2014. 191 p. (World Soil Reports).

9. Hernández JA, Pérez JJM, Bosch ID, Castro SN. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015. 93 p.
10. Mesa NÁ, Naranjo GM. Manual de interpretación de los índices físico-químicos y morfológicos de los suelos cubanos [Internet]. Ciudad de La Habana, Cuba: Científico-Técnica; 1984 [cited 2017 Feb 21]. 136 p. Available from: https://www.researchgate.net/publication/44495794_Manual_de_interpretacion_de_los_indices_fisico-quimicos_y_morfologicos_de_los_suelos_cubanos_Direccion_General_de_Suelos_y_Fertilizantes
11. Instituto de Suelos. Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. La Habana, Cuba: MINAGRI; 1995 p. 55.
12. Munsell Color Company. Munsell Soil Color Charts [Internet]. 2017 [cited 2017 Sep 16]. Available from: <http://munsell.com/color-products/color-communications-products/environmental-color-communication/munsell-soil-color-charts/>
13. Soil Survey Staff. Keys to Soil Taxonomy [Internet]. 12th ed. Washington, DC.: USDA - Natural Resources Conservation Service; 2014 [cited 2017 Jul 5]. 360 p. Available from: https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSCconsumption/download?cid=stelprdb1252094&ext=pdf
14. van Reeuwijk LP. Procedures for soil analysis. 6th ed. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre; 2002. (Technical paper / International Soil Reference an Information Centre).
15. Oficina Nacional de Normalización. Determinación de la densidad aparente o peso volumétrico. Ciudad de la Habana, Cuba; NC ISO 10272, 2003.
16. Oficina Nacional de Normalización. Determinación de la densidad de la fase sólida o peso específico. Ciudad de la Habana, Cuba; NC ISO 11508, 2000.
17. Oficina Nacional de Normalización. Calidad de suelo. Determinación de la porosidad. Ciudad de la Habana, Cuba; NC 20, 2010.
18. Oficina Nacional de Normalización. Calidad del suelo. Determinación de la humedad. Ciudad de la Habana, Cuba; NC 110, 2010.
19. Ministerio de la Agricultura. Suelos. Análisis químicos. Determinación de los cationes intercambiables y de la capacidad de intercambio catiónico. Ciudad de la Habana, Cuba; NRAG 879, 1987.
20. Oficina Nacional de Normalización. Calidad del suelo. Análisis químico. Determinación del porcentaje de materia orgánica. Ciudad de la Habana, Cuba; NC 51, 1999.
21. Oficina Nacional de Normalización. Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. Ciudad de la Habana, Cuba; NC 52, 1999.
22. Van Breemen N, Buurman P. Soil Formation [Internet]. 2nd ed. Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 2002 [cited 2017 Sep 16]. 413 p. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/0-306-48163-4>
23. Hernández JA, Ascanio M, Morales M, Bojórquez I, García N, García D. El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. 1st ed. Nayarit, México: Universidad Autónoma de Nayarit; 2008. 264 p.
24. Özgöz E, Günal H, Önen H, Bayram M, Acir N. Effect of management on spatial and temporal distribution of soil physical properties. Journal of Agricultural Sciences. 2012;18:77–91.
25. Guimarães RML, Ball BC, Tormena CA, Giarola NFB, da Silva ÁP. Relating visual evaluation of soil structure to other physical properties in soils of contrasting texture and management. Soil and Tillage Research. 2013;127(Supplement C):92–9. doi:10.1016/j.still.2012.01.020
26. Moncada MP, Gabriels D, Lobo D, Rey JC, Cornelis WM. Visual field assessment of soil structural quality in tropical soils. Soil and Tillage Research. 2014;139(Supplement C):8–18. doi:10.1016/j.still.2014.01.002
27. Moncada MP, Penning LH, Timm LC, Gabriels D, Cornelis WM. Visual examinations and soil physical and hydraulic properties for assessing soil structural quality of soils with contrasting textures and land uses. Soil and Tillage Research. 2014;140(Supplement C):20–8. doi:10.1016/j.still.2014.02.009
28. Mahapatra IC, Rao KS, Panda BB, Shivay YS. Agronomic research on rice (*Oryza sativa*) in India. Indian Journal of Agronomy. 2012;57(3s):9–31.
29. Tabi FO, Omoko M, Boukong A, Mvondo Ze AD, Bitondo D, Fuh-Che C. Evaluation of lowland rice (*Oryza sativa*) production system and management recommendations for Logone and Chari flood plain—Republic of Cameroon. Agricultural Science Research Journals. 2012;2(5):261–273.
30. Galawat F, Yabe M. Profit efficiency in rice production in Brunei Darussalam: A stochastic frontier approach. ISSAAS Journal. 2012;18(1):100–112.
31. Srinivasarao C, Venkateswarlu B, Lal R, Singh AK, Vittal KPR, Kundu S, et al. Long-Term Effects of Soil Fertility Management on Carbon Sequestration in a Rice–Lentil Cropping System of the Indo-Gangetic Plains. Soil Science Society of America Journal. 2012;76(1):168–78. doi:10.2136/sssaj2011.0184

Recibido: 5 de agosto de 2016

Aceptado: 5 de mayo de 2017