

Influencia de diferentes manejos en Caña de Azúcar en un Vertisol Pélico.

Influence of Different Handling in Sugar Cane in a Vertisol Pélic.

Autores: Ing. George Martín-Gutiérrez¹, Dr. C. Elio Angarica-Baró², M Sc. Juan Alejandro Villazón-Gómez¹, Ing. Adrián Serrano-Gutierrez¹, Ing. Yakelín Cobo-Vidal¹.

Organismo: Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Holguín, Guaro, Mayarí, Cuba¹. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Oriente Sur, Los Coquitos. Palma Soriano. Santiago de Cuba. Cuba²

E-mail: george.martin@inicahl.azcuba.cu, elio.angarica@inicas.azcuba.cu

Teléf. 59 6209, 59 6262, 50 2254

Resumen.

El trabajo se realizó con la información obtenida del Experimento de Larga Duración de Cultivo Continuo de caña de azúcar plantado en un Vertisol Pélico con los Tipo de: Utilización de la Tierra: *Cosecha con Quema de Residuos*, *Cosecha Verde sin Residuo*, y *Cosecha Verde con Residuo*. Se tomaron datos de las determinaciones analíticas del pH, MO, fósforo y potasio asimilable, cationes intercambiables, COS, RAS, y el Rendimiento Agrícola. Se encontraron diferencias altamente significativas en el Ca^{2+} en los diferentes TUT, y en el Mg^{2+} pero de forma significativa. El Na^+ y el RAS, manifestaron diferencias significativas. El pH, el fósforo asimilable y el calcio, incrementan sus valores; el contenido de sodio y el RAS disminuyen. La *Cosecha Verde con Residuo* fue el de mejores rendimientos agrícolas con respecto al *Cosecha con Quema de Residuos* y *Cosecha Verde sin Residuo*.

Palabras clave: Vertisol Pélico; Caña de Azúcar; cultivo continuado.

Abstract.

The work was carried out with the obtained information of the Experiment of Long Duration of Continuous Cultivation of sugar cane planted in a Vertisol Pélico with the Type of Use of the Land: Harvests with Burns of Residuals, Harvests Green without Residual, and Green Crop with Residual. They took data of analytic determinations of the pH, MO, phosphorus and assimilable potassium, interchangeable cations, COS, RAS, and the Agricultural Yield. They were highly significant differences in Ca^{2+} in different TUT, and in Mg^{2+} but significant form. Na^+ and the RAS, they manifested significant differences. The pH, the assimilable phosphorus and the calcium, they increase their values; the content of sodium and the RAS diminish. CVCR was of agricultural yields better with respects to CQDR and CVSR.

Keywords: Vertisol Pélico; Sugar Cane; continuous cultivation.

Introducción.

Los ecosistemas agrícolas (particularmente aquellos que promueven el uso de sistemas basados en el monocultivo), tienen más probabilidad de desestabilizarse debido a que una única especie representa una alta proporción del número total de plantas en el lugar. Particularmente son incapaces de realizar funciones protectoras como conservación del suelo, reciclaje de nutrientes y regulación biótica. El funcionamiento del sistema depende de la continua intervención humana, mediante la adición de productos químicos, mecanización e irrigación.

Además el uso excesivo de fertilizantes, pesticidas, herbicidas, maquinaria agrícola pesada, el monocultivo y la deforestación que ha traído la modernización, ha acelerado los procesos de erosión, desertificación, contaminación ambiental, reducción de la biodiversidad e incremento de las plagas y enfermedades (García, 1996; INICA, 2002; Fernández et al., 2012).

Según Lal y Stewart, (1995), citado por Ribon et al., (2003), un aspecto importante en el análisis de sostenibilidad es determinar si existe o no la información específica de la o las variables que se desean analizar sobre el sistema en estudio. Por ello, es necesario definir las características del suelo en su condición original, lo que permitirá fijar el patrón o situación ideal en el cual el mismo debería permanecer bajo una condición de uso y cobertura adecuada, garantizando con ello su utilización prolongada de manera sostenida en el tiempo y el espacio, con un grado mínimo de deterioro (Pacheco y Cortés, 1986; Jaiyeoba, 2003; INICA, 2007; Santana et al., 2012).

La observación y la evaluación de los cambios producidos en el suelo por el uso continuado de los Tipos de Utilización de la Tierra (TUT), pueden aportar información útil en el conocimiento de la sostenibilidad de tales TUT. Principalmente los relacionados con el cultivo de la caña de azúcar, por la intensidad de explotación y lo seguido de sus ciclos de producción.

Constituye el objetivo del presente trabajo evaluar la variación de las características químicas del suelo en tres Tipos de Utilización de la Tierra, bajo cultivo continuado de caña de azúcar, durante 10 años de explotación.

Desarrollo.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó con la información obtenida del Experimento de Larga Duración de Cultivo Continuado de caña de azúcar plantado en el año 1988 en un Vertisol Pélico pertenecientes al Bloque Experimental de Cristino Naranjo de la EPICA de Holguín. Con los Tipo de Utilización de la Tierra (TUT): *Cosecha con Quema de Residuos (CQDR)*, *Cosecha Verde sin Residuo (CVSR)*, y *Cosecha Verde con Residuo (CVCR)*, con 4 réplicas, el experimento estuvo vigente durante 10 años. Este suelo ha sido descrito por Angarica, (2008).

Se tomaron datos de las determinaciones analíticas del pH(H₂O), Materia Orgánica (MO), fósforo y potasio asimilable por el método de Oniani (PAO y KAO respectivamente), cationes intercambiables (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺), Carbono Orgánico del Suelo (COS), Relación de Absorción de Sodio (RAS), y el Rendimiento Agrícola (CTHA). El muestreo de suelo fue realizado a una profundidad de 0-20 cm. Las variables químicas analizadas, así como los métodos analíticos y otras especificaciones aparecen en la **Tabla.1**.

Se analizaron los datos estadísticamente, mediante un Análisis de Componente Principales para validar las variables más sensibles en el estudio. Realizando luego un Discriminante para definir si realmente existía diferencia entre los TUT, a partir de las características del suelo determinadas en el componente principal. Además se realizó el análisis de varianza correspondiente, así como la prueba de Duncan para la comparación de medias. Por último se aplicó la Prueba T de muestras pareadas para determinar si existía diferencia entre los dos momentos evaluados en el tiempo (1988 y 1998). Se utilizó el software STATISTICA 8, para los análisis.

Tabla.1. Técnicas usadas para el análisis de las características químicas evaluadas, métodos y principios de determinación.

Características	Método/Solución Extractiva	Determinación
pH	Potenciométrico. En H ₂ O: relación suelo - solución 1:2,5.	Potenciometría
Materia orgánica	Walkey-Black Acido sulfúrico, dicromato de potasio 1N, (%).	Colorimetría
Fósforo y potasio asimilables	Oniani, Extracción con ácido sulfúrico 0.1N relación suelo - solución 1:2,5; 3 minutos, (mg de P ₂ O ₅ /100gs y mg de K ₂ O/100g).	Fósforo por Colorimetría Potasio por Fotometría
Cationes intercambiables	Extracción con NH ₄ Ac 1N, pH=7, (mg/100g).	Ca y Mg: Valoración EDTA, K y Na: Fotometría.

Resultados y discusión.

A partir del Análisis de Componente Principal (ACP), fueron identificadas las características del suelo que más influían en los diferentes Tipos de Uso de la Tierra, alcanzando 79,75% de explicación de la varianza en las primeras tres dimensiones. En la **figura.1** se muestran los vectores propios del ACP y las saturaciones de las componentes en las tres dimensiones. Destacándose todas las características del suelo por su posición jerárquica, menos el pH(H₂O), y el rendimiento agrícola (CTHA).

	Dimensión		
	1	2	3
pH(H ₂ O)	-0,28	0,48	-0,03
MO	-0,98	0,07	-0,01
PAO	0,31	0,14	-0,75
KAO	0,47	-0,12	0,76
K ⁺	0,73	0,14	0,53
Ca ²⁺	0,30	-0,73	-0,44
Mg ²⁺	-0,22	-0,92	-0,13

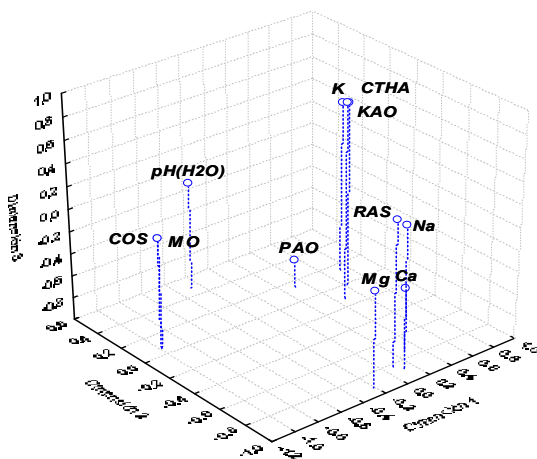


Figura.1. Componentes Principales y las saturaciones en las componentes en el análisis de las características de suelo y el rendimiento agrícola del cultivo en un Vertisol Pélico.

Se aprecia en la primera componente (dimensión 1, con un 37,28%), agrupándose en la parte positiva la MO y el COS; y en la parte negativa Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y el RAS. En la segunda componente (dimensión 2, con un 63,89%), se encuentran en la parte positiva, formando un grupo el KAO, K y CTHA, es decir una relación directa entre ellos, y otro grupo por las variables PAO y pH (H₂O).

Para determinar las variables que más influían en los tipos de manejo se realizó un análisis factorial discriminante, mostrando una alta correlación con la primera dimensión (93,52%), quedando como determinantes las características del suelo: calcio y sodio, como los que más pueden sufrir cambios con los años (Tabla.2.), ante la utilización de los diferentes Tipos de Utilización de la Tierra del cultivo.

Tabla.2. Características de suelos incluidas en la función discriminante.

Variable		λ	λ -parcial	F (2.90)	Valor de P	Significación
Ca ²⁺	Cmol(+)Kg ⁻¹	0,0816	0,1360	19,0565	0,0025	**
Na ⁺	Cmol(+)Kg ⁻¹	0,0518	0,2140	11,0190	0,0098	**
PAO	mg.100g ⁻¹	0,0298	0,3720	5,0641	0,0515	n.s.
K ⁺	Cmol(+)Kg ⁻¹	0,0205	0,5420	2,5346	0,1593	n.s.
M.O.	%	0,0103	0,9241	0,2054	0,8209	n.s.
KAO	mg.100g ⁻¹	0,0088	0,7963	0,6396	0,5658	n.s.
Mg ²⁺	Cmol(+)Kg ⁻¹	0,0084	0,7574	0,8007	0,4993	n.s.
COS	%	0,0103	0,9242	0,2050	0,8212	n.s.

La elevada diferenciación que se alcanza entre los distintos TUT, a partir de las características del suelo consideradas, puede ser observada en la figura.2., donde se refleja que la Cosecha Verde con Residuos presenta un comportamiento diferente al resto de los TUT, si se tiene en cuenta que se encuentran en los extremos opuestos de eje 1, que se corresponde con el mayor valor propio y que explica casi el 80% de las diferencias entre los TUT.

En la distribución de los grupos de TUT, se observa una alta diferenciación, el primer grupo, *Cosecha con Quema de Residuos* formando un conjunto inferior; el grupo 2 *Cosecha Verde sin Residuos* bien establecido, encontrándose en los extremos opuesto de la dimensión 1, explicando la diferencia entre ellos, y el grupo 3 *Cosecha Verde con Residuos* formó un conjunto superior.

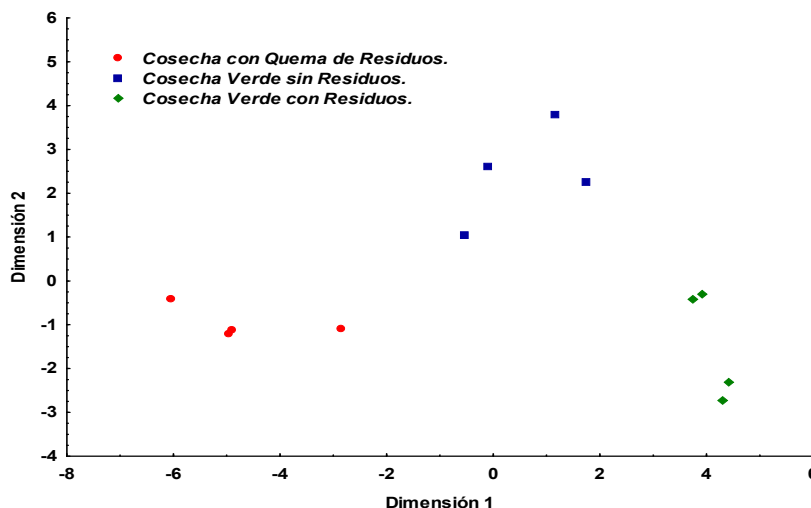


Fig.2
Representación gráfica del análisis del Discriminante.

En el **Tabla.3.** se puede observar diferencias altamente significativas en el Ca^{2+} en los diferentes TUT, siendo iguales y superior CQDR y CVSR al CVCR, lo mismo sucede con el Mg^{2+} pero de forma significativa. En cuanto al Na^+ y al RAS, este último depende del primero; hay diferencias significativas, teniendo grandes valores en el CQDR con respecto al CVSR y al CVCR. El incremento del calcio y el magnesio y la disminución del sodio; debido a la baja velocidad de infiltración (2mm/h) hasta los 40 cm de profundidad, en condiciones llanas, obstaculiza el lavado del calcio, magnesio y sílice favoreciéndose el incremento de estos en el suelo y condicionando la síntesis de la montmorillonita y la estabilidad de las propiedades vérticas *Angarica, et al.* (1994). Resultados similares fueron obtenidos por *González et al.*, (1990); *García et al.*, (1990); *García*, (2011); *Montero et al.* (2012).

Tabla.3. Propiedades químicas de un Vertisol Pélico bajo diferentes Tipo de Uso de la Tierra de caña de azúcar.

TUT	CQDR	CVSR	CVCR	Media	F. Cal.	E.S.
pH(H ₂ O)	8,04	8,08	8,07	8,07	1,350	0,01
MO	1,90	1,93	1,94	1,93	1,239	0,02
PAO	14,82	27,82	15,55	19,40	2,856	2,67
KAO	0,64	0,53	0,62	0,59	3,174	0,02
K	0,84	0,76	0,85	0,81	3,192	0,02
CA	35,94 a	35,07 a	32,54 b	34,52	21,475 **	0,48
MG	18,20 a	17,24 a	16,43 b	17,29	8,072 *	0,28
NA	0,82 a	0,56 b	0,54 b	0,64	8,834 *	0,05
CTHA	64,36	56,98	63,15	61,49	3,740	1,67
COS	24,70	25,12	25,22	25,01	1,099	0,23
RAS	0,127 a	0,088 b	0,087 b	0,101	6,454 *	0,01

Cuando se estudia el comportamiento de las características del suelo evaluadas a través del tiempo, para determinar si existía diferencia entre los dos momentos evaluados, o sea en 1988, fecha en que se montó el experimento y 10 años después (1998), el comportamiento se muestra en la **Tabla.4.**

Tabla.4. Comportamiento de las características evaluadas en diferentes momentos.

Variable	Significación (p)	Estado
pH(H ₂ O)	0,000004	Aumenta
MO	0,091936	Estable
P asimilable	0,000248	Aumenta
K asimilable	0,029563	Estable
K	0,467176	Estable
Ca	0,000014	Aumenta
Mg	0,050841	Estable
Na	0,000003	Disminuye
COS	0,092371	Estable
RAS	0,000003	Disminuye

Un grupo de características que se mantuvieron estables con el paso de los años tales como la MO, COS, los potasios asimilable e intercambiable y el magnesio, resultados similares con respecto a la materia orgánica y el COS, lo obtuvieron (Arzola et al., 1990; Arzola, 2004; Martín et al., 2006; Piccolo et al., 2008; Arzola y Fundora, 2010; Fernández et al., 2012). El pH, el fósforo asimilable y el calcio, incrementan sus valores; favorecidos por el clima y las labores fitotécnicas aplicadas. El contenido de sodio y el RAS disminuyen. A pesar de encontrarse entre los niveles adecuados para la caña de azúcar, esta disminución del sodio a través de los años con el cultivo, contribuyen a la reducción de la Capacidad de Intercambio Catiónica, favoreciendo de esta forma a la degradación del suelo.

Al analizar los rendimientos (**Figura.3.**), se observó cierta disminución en las toneladas de caña/ha con el transcurrir del tiempo (10 años), mostrando los mayores rendimientos en caña planta, y disminuyendo a medida que va envejeciendo la cepa. La CVCR fue el de mejores rendimientos agrícolas con respecto al CQDR y CVSR, resultados similares obtuvieron Díaz, 2007; Cabrera y Zuasnabar, (2010); Montero et al., (2012), y Rodríguez, (2012).

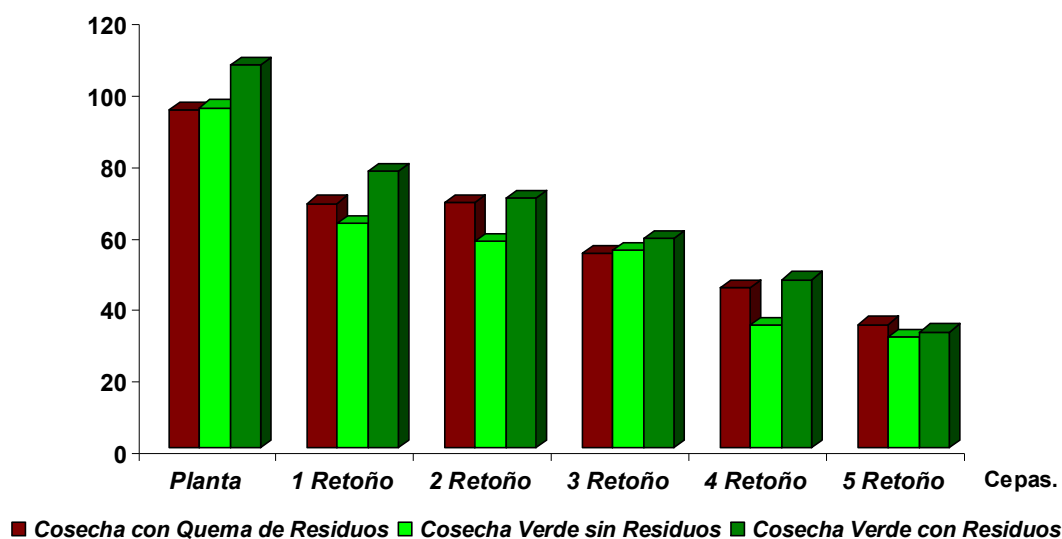


Figura.3. Rendimiento medio agrícola en las 8 cosechas, de cultivo continuado con caña de azúcar en un Vertisol Pélico.

Conclusiones.

1. El Tipo de Utilización de la Tierra que se use afecta a largo plazo las características químicas de estos suelos.
2. El calcio y el sodio son las características que más pueden sufrir cambios con el efecto de los TUT con el paso del tiempo. Encontrándose diferencias altamente significativas en el Ca^{2+} en los diferentes TUT, siendo iguales y superior CQDR y CVSR al CVCR; y en el Mg^{2+} , Na^+ y el RAS, pero de forma significativa.
3. Un grupo de características que se mantuvieron estables con el paso de los años tales como la MO, COS, los potasio asimilable e intercambiable y el magnesio. El pH, el fósforo asimilable y el calcio, incrementan sus valores; el contenido de sodio y el RAS disminuyen.
4. Los mayores rendimientos agrícolas se obtuvieron en caña planta y disminuyendo a medida que va envejeciendo la cepa. La CVCR fue el de mejores rendimientos agrícolas con respecto al CQDR y CVSR.

Bibliografía.

- Angarica Baró, E. M.; Pérez Correa, E.; Montero Sarria, Beatriz; Morales Menéndez, A. M.; Acosta, R. & Martínez, R. (1994). Consideraciones Generales del Estudio de Suelos para el Manejo Integral de la Caña de Azúcar en la UBPC "San Juan" del CAI "Cristino Naranjo". Holguín. Cuba, 65.
- Angarica, E. (2008). Manejo integrado de los Vertisuelos y Pardos Plastogénicos del valle del Cauto beneficiados con riego y drenaje superficial parcelario. Sus incidencias en el agroecosistemas cañero. Holguín. Cuba, 54.
- Arzola, N., Fundora, O. (2010). Capítulo 9. Reciclaje de los residuos orgánicos en la agricultura. Manejo de suelos, fertilizantes y enmiendas en armonía con la conservación del entorno, 228.
- Arzola, N. (2004). Influencia del cultivo de la caña de azúcar sobre el contenido de carbono orgánico del suelo. Jornada 40 Aniversario. INICA, Santiago de Cuba.
- Arzola, N., Paneque, V., Battle, H., Morejón, L., Alfonso, C., Hernández, G. (1990). La cachaza como enmienda orgánica y fertilizante para la caña de azúcar. Folleto divulgativo del INCA. La Habana.
- Cabrera, J. A., Zuaznabar, R. (2010). Respuesta de la caña de azúcar a la fertilización Nitrogenada en un experimento de larga duración con 24 cosechas acumuladas. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 93-100.
- Díaz, J. C. (2007). Ensayo efecto de la quema de la caña de azúcar. Programa de Manejo Agronómico Integral, INICA, 8.
- Fernández, E., García, A., E., Campo, J., Barthelemy, J., Cuadras, F., García, Y. (2012). *Los suelos y la fertilización de la caña de azúcar*. Instituto de Investigaciones de la caña de azúcar. La Habana.
- García, E. (2011). Influencia del manejo agrícola en la variabilidad de las propiedades químicas del suelo en dos agroecosistema. Tesis en Opción al Grado Científico de Master en Desarrollo Agrario Sostenible, 101.
- García, E. N. Arzola, M Pérez, Andrés, A. (1990). Efecto de las variaciones estacionales sobre algunas propiedades agroquímicas de los suelos Pardos con carbonatos (Inceptisols) con y sin cultivo de caña de azúcar. Precipitaciones y Humedad relativa. XI

Congreso Latinoamericana y II Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Memorias Vol. I.

- García. R. (1996). Efecto de la agricultura intensiva industrial sobre el medio ambiente. Agroecología: Bases históricas y teóricas. CLADES-ISCAH, 2- 8.
- González, J., Fernández, M. C., Gimeno. G. M. (1990). Efectos de los incendios forestales sobre el suelo. Memorias XI Congreso Latino Americano y II Congreso Cubano de la Ciencias del Suelo. La Habana. Volumen IV, 1111.
- INICA. (2007). *Instructivo técnico para la producción y cultivo de la caña de azúcar*. Dirección de Producción de Caña, 146 p.
- Jaiyeoba, I. A. (2003). Changes in soil properties due to continuous cultivation in Nigerian semiarid Savannah. *Soil Tillage Res.* 70, 91- 98.
- Martín, G., Y. Rodríguez, Cobo, Yakelín, Montero, Beatriz, Rodríguez, J., Anache, S. (2006). Características y su evolución en los Vertisuelos de la Provincia de Holguín. XV Congreso Científico del INCA. Memorias CD – ROM. ISBN 959-7023-36-9.
- Montero Sarria, Beatriz; Angarica Baró, E. M.; Martín Gutiérrez, G., Pérez Correa, E. (2012). Cultivo Continuo en Caña de Azúcar, Características Químicas y Extracción de Nutrientes en Vertisuelos Negros. *Electrónica*, 16(2), 7.
- Pacheco, H. I., Cortés, L. T. (1986). Efecto del uso continuo con caña de azúcar (*Saccharum ssp.*). Sobre algunas variables importantes en un Vertisol, en la Chontalpa, Tabasco, México. Tesis. Colegio Superior de Agricultura Tropical. H. Cárdenas. Tabasco, México, 150.
- Piccolo, G. A.; Andriulo, A. E., Mary B. (2008). Changes in soil organic matter under different land management in misiones province (Argentina). *Sci. Agric.* (Piracicaba, Brazil), 65(3), 290-297.
- Ribón Carrillo, Martha A.; Salgado García, S.; Palma-López, D. J. & Lagunes-Espinoza, Luz Del C. (2003): Propiedades Químicas y Físicas de un Vertisol cultivado con caña de azúcar. *Interciencia*, 28(3), 6.
- Rodríguez Ortiz, Y. (2012). Dinámica de la fertilidad química de un Vertisuelo bajo diferentes condiciones de manejo del cultivo de la caña de azúcar. Tesis Presentada en Opción al Título de Master en Ciencias del Suelo.

Fecha de recibido: 21 ene. 2014
Fecha de aprobado: 23 mar. 2014