

Manejo, conservación y uso de los recursos naturales de zonas áridas y semiáridas de Cacocum, Holguín

Management, conservation, and use of natural resources in the arid and semi-arid areas of Cacocum, Holguín

Idelner Ricardo Hijuelos¹ (idelnerh84@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0001-9432-7554>)

Ramón Núñez Tablada² (rnunez@uho.edu.cu) (<https://orcid.org/0009-0001-2496-4627>)

Resumen

La investigación de los recursos naturales es de vital importancia, por esta razón, se realizó un estudio de los suelos en áreas cañeras de la Unidad Básica de Producción Cooperativa "Arroyo Blanco" en la localidad de Cristino Naranjo del Municipio de Cacocum, Holguín, Cuba, sobre un suelo vertisol, donde se evaluaron las propiedades químicas del suelo vinculadas al desarrollo del cultivo de la caña. Todo ello con el objetivo de analizar las estrategias efectivas para el manejo, conservación y uso sostenible del suelo en zonas áridas y semiáridas. Se formaron cuadrículas de 20 m², para las mediciones se utilizó una cinta métrica de 50 metros de largo, seleccionándose 16 puntos por hectárea y 48 puntos para el área con 4 muestras por punto para el análisis de la parcela del bloque 159 campo 3 para obtener la variabilidad de los elementos nutritivos y la cantidad de elementos de nitrógeno, potasio, fósforo y materia orgánica existente en el suelo para poder recomendar el uso y manejo adecuado a este tipo de suelo de la unidad. Ello permitió lograr el uso adecuado de los cultivos a plantar en estas áreas que se adapten en esta zona edafoclimática, con rendimientos satisfactorios del cultivo plantado.

Palabras clave: recursos naturales, uso, suelo, cultivo, ciencias agrícolas.

Abstract

Research on natural resources is vitally important, which is why a study of the soils in sugarcane areas of the Basic Cooperative Production Unit 'Arroyo Blanco' in the town of Cristino Naranjo, in the municipality of Cacocum, Holguín, Cuba, was carried out on a vertisol soil, where the chemical properties of the soil related to sugarcane cultivation were evaluated. All of this with the aim of analyzing effective strategies for the management, conservation, and sustainable use of soil in arid and semi-arid areas. Grids of 20 m² were set up, and for the measurements, a 50-meter measuring tape was used. Sixteen points per hectare and 48 points for the area were selected, with 4 samples per point, to analyze the plot of block 159, field 3, in order to determine the variability of the nutrients and the amounts of nitrogen, potassium, phosphorus, and

¹ Master en ciencias. Profesor Auxiliar. Jefe departamento docente. Universidad de Holguín. Holguín, Cuba.

² Doctor en ciencias. Profesor Titular. Director Centro de Estudio de Agroecosistema Áridos (CEAAR). Universidad de Holguín. Holguín, Cuba.

organic matter in the soil. This allowed for recommending proper use and management of this type of soil in the unit. It also helped ensure the appropriate use of crops to be planted in these areas that adapt to this edaphoclimatic zone, resulting in satisfactory yields of the planted crop.

Key words: natural resources, use, soil, cultivation, agricultural sciences.

Introducción

El suelo es un recurso natural fundamental que sustenta la vida en la Tierra, desempeña un papel crucial en la producción de alimentos, la regulación del agua y el mantenimiento de la biodiversidad. En las zonas áridas y semiáridas, donde las condiciones climáticas son extremas y la disponibilidad de agua es limitada, la importancia del manejo y conservación del suelo se magnifica. La degradación del suelo en estas regiones, causada por prácticas agrícolas insostenibles, urbanización y el cambio climático, pone en riesgo tanto la seguridad alimentaria como la salud ecosistémica (Adeel *et al.*, 2015).

El presente artículo tiene como objetivo analizar las estrategias efectivas para el manejo, conservación y uso sostenible del suelo en zonas áridas y semiáridas. Se discuten enfoques que integran la agricultura sostenible, la restauración de tierras degradadas y la gestión del agua, donde se resalta la importancia de un enfoque multidisciplinario que incluya la cooperación entre comunidades locales, investigadores y formuladores de políticas. Además, se presentarán casos de estudio que ilustran ejemplos exitosos de manejo del suelo en diferentes contextos, enfocados en prácticas que han demostrado mejorar la salud del suelo y aumentar la resiliencia de los ecosistemas frente a condiciones adversas (González-Salazar *et al.*, 2018).

A través de este análisis, se pretende contribuir al desarrollo de estrategias más efectivas para la conservación y uso responsable del suelo en zonas áridas y semiáridas, al ofrecer recomendaciones basadas en la evidencia que guíen la investigación futura y la implementación de políticas sostenibles (Pimentel *et al.*, 1995).

El suelo es un componente ambiental que por su origen, formación y evolución no puede ser aislado del entorno que lo circunda, representa, en la mayoría de ecosistemas terrestres, el medio físico-químico en el que se desarrolla la vida. Es frágil, de difícil y larga recuperación, y de extensión limitada. Por ello, un uso inadecuado del mismo puede contribuir a la degradación de este recurso natural no renovable a corto plazo.

En la clasificación de los suelos de Cuba según Hernández *et al.* (1999) aparece el agrupamiento vertisol, suelos con características muy específicas, que las diferencias de los demás agrupamientos.

El uso y manejo de los suelos está limitado por las características naturales de los mismos, el clima y por las condiciones socioeconómicas prevalecientes. Para el desarrollo y manejo de los suelos disponibles es indispensable conocer y entender sus

potencialidades y limitaciones a nivel local y regional. Muchas de las áreas ya explotadas agrícola y ganaderamente, y en especial, las de posible expansión futura, presentan una combinación de limitaciones climáticas, de suelos y topografía que afectan su potencial para producción agrícola sustentable y dificultan su desarrollo.

En Cuba se han realizado esfuerzos - tanto en el Ministerio de la Agricultura como en el del Azúcar - por conocer el potencial de las tierras para diferentes cultivos, los mayores exponentes han sido los trabajos ejecutados por la Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes (Mesa, 1984; Mesa y Mesa, 1993; Sulroca, 1982; Roldós, 1986), estos últimos pertenecientes al MINAZ. Prácticamente en todos los casos se determinaron los factores edáficos limitativos para el cultivo de la caña de azúcar, así como se definieron rangos de afectación en cada variable, a partir de los cuales se han emitido recomendaciones para el manejo del cultivo o han sido agrupados los suelos en clases agroproductivas; no obstante, esto en sí solo constituye una parte de la Evaluación de Tierras, es decir, se corresponde con la selección de los requisitos de uso de las tierras y en parte con el proceso de armonización enunciados por la FAO en sus directivas para estos fines (FAO, 1976; 1985).

En respuesta de estos autores se encuentran elementos del recurso suelo que conducen a desarrollar la investigación en la cooperativa, por lo que se plantea como objetivo desarrollar un análisis químico para el manejo y uso del suelo vertisol en la UBPC "Arroyo Blanco", Cacocum, Holguín, Cuba.

Materiales y métodos

Localización de la entidad productiva

La investigación se realizó en la Unidad Básica de Producción Cooperativa de "Arroyo Blanco" perteneciente a la unidad de atención a los productores cañeros de Cristino Naranjo, del municipio Cacocum, Holguín, Cuba.

Descripción de la entidad productiva

La UBPC Arroyo Blanco se encuentra ubicada en el municipio Cacocum, provincia Holguín; limita al norte con la UBPC Laura, al sur con la UBPC Oscar Blázquez, al este con la CPA Jesús Feliú Leyva y al oeste con la Granja Celia Sánchez. Perteneciente a la unidad empresarial básica de atención a los productores cañeros de Cristino Naranjo. Esta unidad fue fundada el 1 de septiembre del año 1993, con 92 socios y propuesta por unanimidad de sus fundadores con el nombre de UBPC Arroyo Blanco, coincide con el nombre de la localidad.

Selección de las áreas experimentales

Para el desarrollo de las investigaciones se seleccionó una hectárea dentro del bloque 159 campo 3 de la entidad, de manera que su ubicación geográfica fuera representativa. Cada área cuenta con la extensión de una hectárea, las mismas presentan un suelo *Vertisol pélico* con características similares, dedicadas al cultivo de la caña.

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).

Tabla 1

Diseño de la red de muestreo

●	●	●	●
●	●	●	●
●	●	●	●
●	●	●	●

Fuente: Elaboración por los autores.

Para evitar el agrupamiento de los puntos de muestreo asociados a la búsqueda de lugares de manera aleatoria, muchas estrategias de diseños usan el muestreo sistemático. En este caso, la toma de muestras se lleva a cabo independientemente de las condiciones externas o de la distribución de los suelos (Chapman y Atkinson, 2000).

Se trata de un muestreo regular. Se diseña una rejilla regular donde el tamaño y forma de sus celdas puede variar (cuadrados, triángulos, hexágono), aunque lo más común son celdas cuadradas, donde cada punto de muestreo está localizado en el centro de las celdas de la rejilla (el dato de ese punto es representativo de toda la celda) (Mulla y McBratney, 2000).

Puede ocurrir que las líneas de las rejillas estén alineadas con las características del suelo o del manejo que varían de un modo sistemático. Para evitar el sesgo se puede elegir aleatoriamente el punto muestral dentro de la celda.

Toma de muestra

Para el desarrollo de las investigaciones de cada área se seleccionó una hectárea de terreno. En la formación de las cuadrículas se midieron 20 metros hacia la parte interior del campo, para evitar el efecto de borde, tomándose un punto como referencia.

Figura 1.

Toma de muestra para el análisis de suelo



Fuente: Proceso de investigación.

Se formaron cuadrículas de 20 m²; para las mediciones se utilizó una cinta métrica de 50 metros de largo, se seleccionaron 16 puntos por ha y 48 puntos del área. En cada punto se tomaron cuatro 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 de las investigaciones; las muestras de suelo se extrajeron mediante barrenas.

Las muestras se llevaron al laboratorio de Santiago de Cuba, se secaron y tamizaron para efectuar los análisis descritos en esta sección.

Propiedades químicas de los suelos

Los análisis químicos del suelo constituyen una de las técnicas más utilizadas para la recomendación de fertilizantes (Cuéllar et al., 2002). Dichos análisis son una fuente de información vital para el manejo de suelos y permite:

- Clasificar los suelos en grupos afines.
- Predecir las probabilidades de obtener respuesta positiva a la aplicación de elementos nutritivos.
- Ayudar en la evaluación de la fertilidad del suelo.
- Determinar las condiciones específicas del suelo que pueden ser mejoradas.

La información obtenida mediante los análisis de suelos, es una buena base para hacer recomendaciones sobre fertilización para situaciones específicas.

Se ha demostrado que dichos análisis constituyen una excelente guía para el uso racional de los fertilizantes. Sin embargo, no debe olvidarse que, en la producción de cultivos, intervienen un conjunto de factores de gran importancia como: clima, variedades, control fitosanitario, manejo general y otros, que podrían limitar el desarrollo adecuado de una planta si no se encuentra en el grado óptimo requerido. De todas maneras, la eliminación de las deficiencias nutricionales se considera la más decisiva, responsable en la mayoría de los casos de aumentos en el rendimiento de hasta un 50 %.

Las muestras tomadas para análisis químicos se envasaron en bolsas de polietileno, seleccionadas por puntos de muestreos y profundidad, se codificaron según la 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_2O_5 , K, Mg, Na, Ca).

A continuación, se hace un breve resumen de las técnicas empleadas para efectuar estas determinaciones en las diversas áreas muestreadas.

Determinación de la materia orgánica

La materia orgánica (MO) del suelo se determinó según el método de Walkely-Black. Este método está basado en la oxidación del carbono de la materia orgánica del suelo por la acción del $K_2Cr_2O_7$ en solución sulfúrica. Es requisito indispensable, para obtener resultados confiables, que en la determinación se utilice exceso de solución de $K_2Cr_2O_7$ y que el H_2SO_4 sea concentrado.

Determinación del nitrógeno total

El nitrógeno total (N_t) se determinó indirectamente, a partir del contenido en materia orgánica, a través de la siguiente expresión: $\% MO \times 0.05$

Por tanto, la estimación asume que el 5 % de la MO es nitrógeno.

Determinación del fósforo asimilable

El fósforo asimilable (P_{2O_5}) se determinó según método de Oniani. Este método es de uso general en Cuba y está basado en la extracción del P con solución 0.1N de H_2SO_4 con relación suelo - solución 1: 25 con agitación de 3 minutos.

Determinación del potasio asimilable

Para determinar el K_2O se empleó también el método de Oniani, es decir, se utilizó el extracto de suelo obtenido en la determinación del fósforo.

Se tomó una porción de aquel extracto (aproximadamente 15 ml), se determinó la concentración de K en fotómetro de llama en la misma forma y con el mismo gráfico que se utiliza para determinar K y Na.

Determinación de los cationes de cambio: Ca, Mg, K y Na

La extracción de los cationes de los suelos se hizo con una solución de una sal neutra. El acetato de amonio en solución normal y ajustado su pH a 7 es la más usada en el mundo. Los cationes del complejo de cambio de los coloides del suelo son intercambiados por el catión amonio (NH_4^+) de la solución extractante.

Determinación del pH en agua

El pH es un valor que indica la concentración de iones H^+ u OH^- en el suelo y, en consecuencia, el estado de acidez o alcalinidad. Su determinación es importante porque influye sobre la fertilidad de los suelos y condiciona el desarrollo de las plantas que se establecen en ellos.

Las metodologías utilizadas para los análisis de los diferentes elementos químicos del suelo son las recomendadas por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas establecidas en el Manual de Técnicas Analíticas para Análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos (Paneque, et al., 2001).

Análisis de los datos

Los datos experimentales obtenidos en este estudio fueron sometidos a análisis estadístico y de la variabilidad espacial. Este último permitió la representación cartográfica. Se efectuaron también análisis geoestadísticos 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.

Información empleada para el manejo y uso de suelos vertisoles

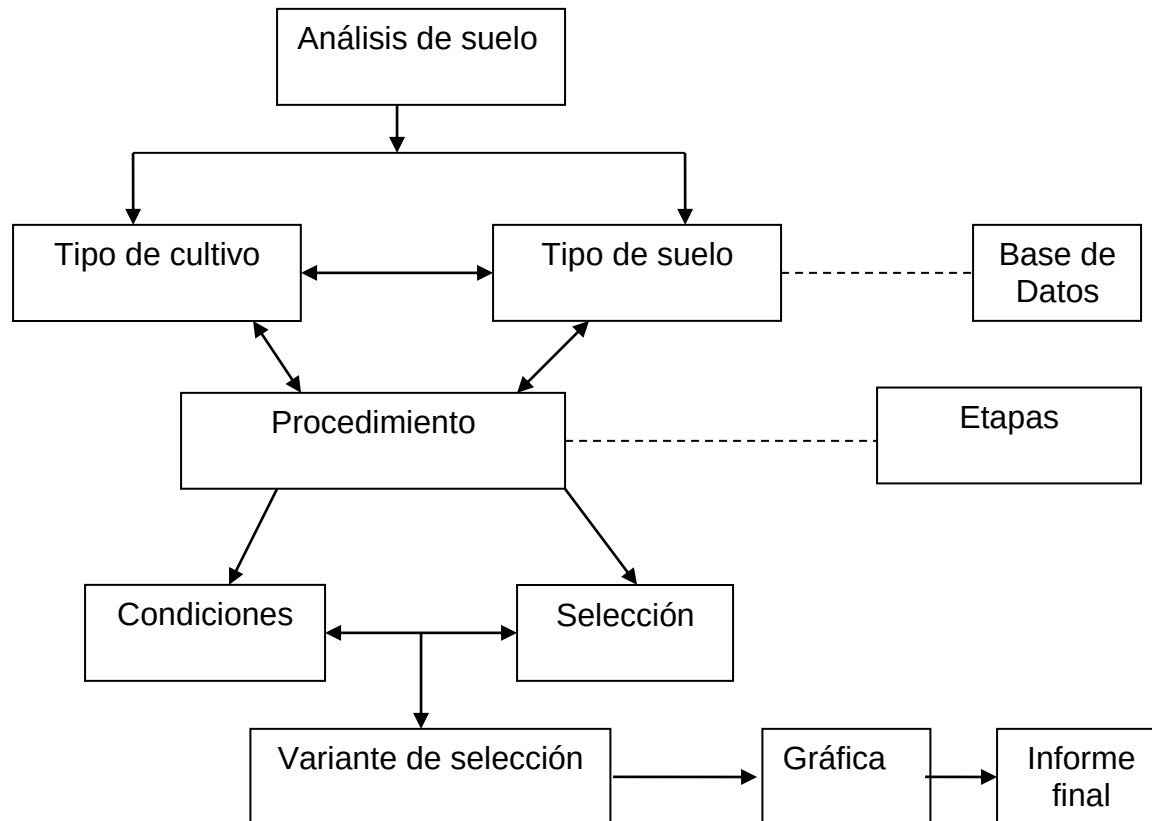
El software RAMISA cuenta con mapa de suelo vertisuelos con escala 1: 25 000. En el que se utilizó la segunda clasificación de suelo (Instituto de suelo, 1975). El análisis del suelo se obtuvo mediante muestras con barrena de suelos vertisuelos de la unidad y con los datos utilizados en el software RAMISA que realiza el procesamiento de variantes de consultas del suelo.

Procedimiento metodológico para el levantamiento de la información

El procedimiento propuesto para el levantamiento de la información de manejo y uso de los suelos vertisuelos propuesto, se realizó teniendo en cuenta el siguiente flujo de información:

Figura 2.

Flujo del procedimiento para el sistema de consulta “Modelo de producción agrícola”



Fuente: Elaboración por los autores.

Captura de la información

Para la captura se empleó el sistema de consulta RAMISA el cual se diseñó para introducir la información del análisis de suelo evaluado, cuyos elementos fueron los siguientes:

1. Contar con un mapa digital de la distribución de suelos de la unidad de “Arroyo Blanco”, escala 1:25 000.
2. Facilita el procesamiento de los datos del análisis de suelos para la toma de decisiones de los directivos de la unidad.
3. Permite contar con una base de datos de las características físico y químicas del suelo que necesitan los cultivos agrícolas.

Validación del sistema de consulta con “RAMISA”

El sistema de consulta “RAMISA” que se utilizó para el manejo y uso de los suelos vertisoles, cuenta con una base de datos referente a los diferentes tipos de suelos, según la clasificación del suelo (Instituto de suelo, 1975) y una segunda base de datos de los cultivos, con las necesidades de cada cultivo teniendo en cuenta los parámetros químicos evaluados, donde el sistema de consulta proporcionará la información para la toma de decisiones en la agricultura.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en el estudio del manejo, conservación y uso del recurso natural de suelo vertisol en zonas áridas y semiáridas indican que la implementación de prácticas de manejo sostenible puede significativamente mejorar la calidad del suelo y aumentar su productividad. En particular, se identificaron tres enfoques clave que han demostrado eficacia: la rotación de cultivos, el uso de coberturas vegetales y la gestión adecuada del riego.

Rotación de cultivos

La rotación de cultivos ha sido efectiva para mejorar la salud del suelo vertisol. En un análisis realizado en varias parcelas agrícolas de la región árida de Arroyo Blanco, se observó un incremento del 25% en la rentabilidad de cultivos al alternar leguminosas con cultivos de cereal. Esta práctica también contribuyó a la reducción de plagas y enfermedades, lo que reduce la dependencia de pesticidas químicos (De Souza *et al.*, 2015).

Coberturas vegetales

La utilización de coberturas vegetales también mostró efectos positivos en la conservación del vertisol. En áreas donde se aplicaron técnicas de labranza mínima junto con coberturas vegetales, se notó una disminución en la erosión del suelo y una mejora en su capacidad de retención de humedad. Este hallazgo coincide con investigaciones previas que enfatizan la importancia de la cobertura del suelo para proteger la estructura del mismo y prevenir la pérdida de materia orgánica (Lal, 2015). En particular, los resultados mostraron un incremento en el contenido de materia orgánica del 20% en comparación con las parcelas que no fueron manejadas adecuadamente.

Gestión del riego

Otro aspecto crucial fue la gestión del riego, que se tradujo en una notable eficiencia en el uso del agua. Al implementar sistemas de riego por goteo en lugar de riego por superficie en las zonas de vertisol, se logró un ahorro del 30% en el uso de agua, al tiempo que se mantuvo una productividad similar. Este método no solo optimiza el uso del recurso hídrico, sino que también minimiza la salinización del suelo, un problema común en zonas áridas (Kushta *et al.*, 2020).

Implicaciones para la conservación y uso sostenible

Los hallazgos de este estudio subrayan la importancia de adoptar enfoques integrados que combinan técnicas tradicionales y modernas para el manejo del vertisol en zonas áridas. La implementación de prácticas de manejo sustentable no solo mejora la salud del suelo, sino que también fortalece la resiliencia de las comunidades agrícolas frente a los desafíos del cambio climático y la variabilidad climática (Zhao et al., 2020). Se considera que políticas públicas que estimulen el intercambio de conocimientos y la capacitación en técnicas de manejo sostenible puedan ser fundamentales para la adopción de estas prácticas por parte de los agricultores.

Tabla 2.

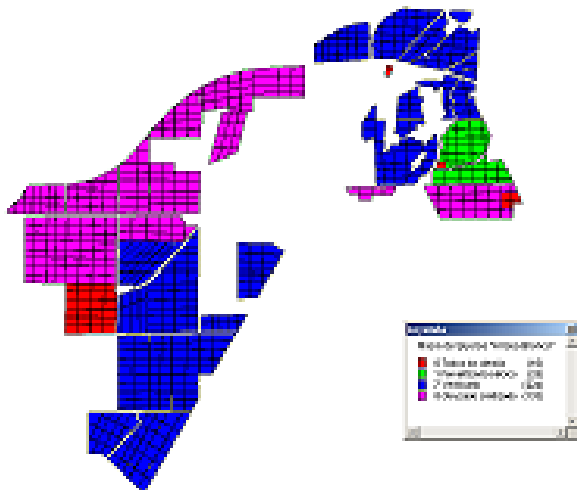
Análisis de suelos

Horizonte (cm)	PH	Cationes cambiables Cmol- Kg^{-1}				CCB Cmol- Kg^{-1}	P_2O_5	K_2O
	H_2O	Ca	Mg	K	Na		Mg/100g	Mg/100g
0-20	6.9	8.14	3.01	1.66	1.64	14.4	12,71	49,04

Fuente: según SERFE (2012).

Figura 3.

Distribución de los suelos



Fuente: Elaboración por los autores.

Tabla 3.

Distribución de los suelos en la UBPC “Arroyo Blanco”

Unidad	Total (ha)	Suelos(ha)		
		Ferralítico cálcico	Vertisuelos	Gleyzado Sialitizado
UBPC Arroyo Blanco	3623,2	167,1	2499,9	956,2

Fuente: Elaboración por los autores.

En la distribución de los principales suelos de la unidad se puede apreciar que los vertisuelos cuentan con 2499,9 ha, lo que representa el 68,99% del total de superficie; le siguen los suelos gleyzados con 956,2 ha, para un 26,4% y en menor cuantía los suelos ferralíticos cálcicos con 167,1 ha para un 4,61%. Este estudio se encaminó al manejo y uso de los suelos vertisoles por ser este tipo el de mayor extensión de producción agrícola en la unidad.

Tabla 4.

Producción de caña en la UBPC

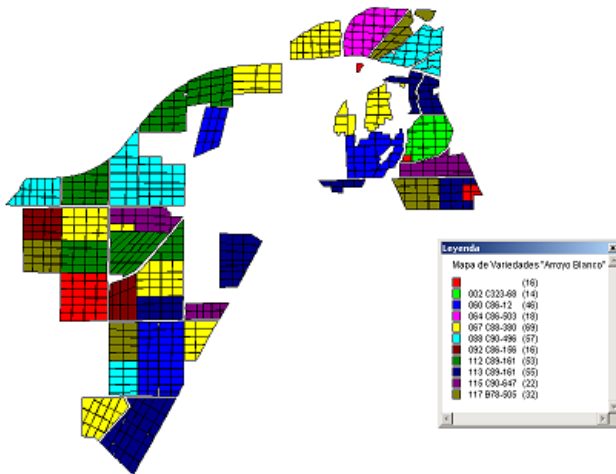
Unidad	Total (ha)	Producción t/ha				
		A-2007	A-2008	A-2009	A-2010	A-2011
Arroyo Blanco	3623,2	8521,2	29524,8	31259,2	21691,5	23061,5

Fuente: Elaboración por los autores. Tipología: A⁻¹ Años evaluados.

La producción de caña en los años 2007 y 2008 fue baja porque el central Cristino Naranjo no molió y no se cortaron todas las áreas dedicadas a la cosecha. En los restantes años se puede apreciar que tuvo un incremento de producción en las zafras con rendimiento promedio de 33,5 t/ha, cifra importante para la estabilidad económica de unidad.

Figura 4.

Distribución de variedades de caña



Fuente: Elaboración por los autores.

Variedades de caña utilizadas

C-86-12

C-86-503

C-90496

C-90-647

Tabla 5.

Uso actual de la tierra

Unidad	Caña	Cultivos varios	Pasto natural	Otros	Total(ha)
UBPC Arroyo Blanco	2415,7	50	56	13,4	3623,2

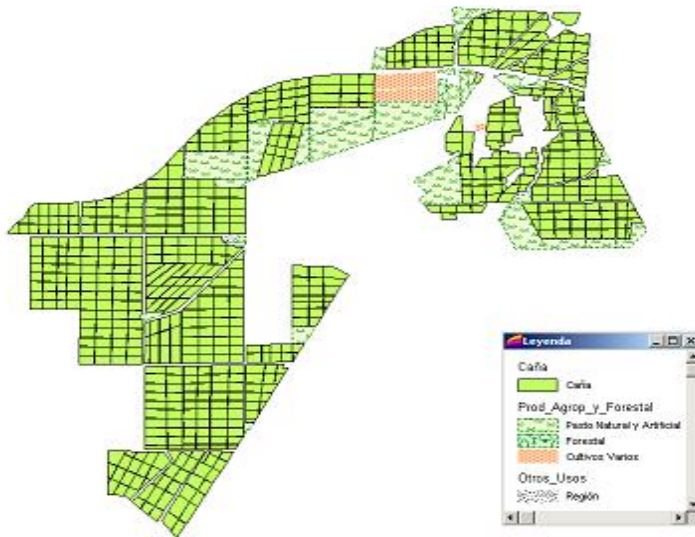
Fuente: Elaboración por los autores.

En el uso de la superficie de la UBPC de “Arroyo Blanco” el predominante lo alcanza el cultivo de la caña con una superficie de 2415,7 ha, lo que representa el 66 % de un área agrícola de 3623,2 ha; le sigue los pastos naturales con 56 ha, para un 1,54 %,

además de los cultivos varios con 50 ha, el 1,37 %. El principal objetivo económico de la unidad lo tiene la producción cañera.

Figura 5.

Distribución del uso de la tierra



Fuente: Elaboración por los autores.

Recomendaciones para suelos vertisoles de la UBPC "Arroyo Blanco"

En el análisis de las propiedades físico y químico de los suelos vertisoles de la UBPC "Arroyo Blanco" con el cultivo la caña, se proponen las siguientes recomendaciones:

1. En la toma de decisión se hace necesario conocer el análisis de las características tanto físico como química del suelo para el manejo y uso.
2. Realizar las labores de cultivo o de preparación del suelo encaminadas a manejar las propiedades físicas, teniendo en cuenta el tipo de cultivo a establecer.
3. Las aplicaciones de fertilizantes minerales como orgánicos deben estar basadas en el análisis de suelo, empleando el SERFE con la recomendación de las dosis por bloque y campo según el tipo de suelo y las necesidades del cultivo la caña.
4. En caso de sembrar otros cultivos es necesario conocer las necesidades físico y químicas del cultivo para darle un uso adecuado a los suelos vertisoles.

Tabla 6.

Aporte económico

Área (ha)	Rend(t/ha)	Prod(t)	Azúcar(t)	Precio(\$)	Costo(\$)	Ganancia(\$)
2415,7	45	108706,5	10870,65	333	1228	9642,65

Fuente: Elaboración por los autores.

Como se puede apreciar, los ingresos en la producción de azúcar son altos, tomando como ejemplo que por cada 10 toneladas de caña que se muelan en los centrales de Cuba como promedio, lograrían las unidades resultados favorables que les permitiría tener solvencia económica, por lo que producir caña con cantidad y calidad, facilita la eficiencia económica que se necesita.

Conclusiones

El procedimiento propuesto para el manejo y uso de los suelos vertisoles de la unidad de Arroyo Blanco permitió obtener las recomendaciones apropiadas para estos suelos.

La aplicación del software “RAMISA”, mejoró el manejo y uso de los suelos vertisoles.

Referencias bibliográficas

- Adeel, Z., Safriel, U. & Hanjra, M. A. (2015). Sustainable land management in arid and semi-arid ecosystems: A global perspective. *Environmental Science & Policy*, 53, 24-32. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.05.010>
- Cuéllar, I., Villegas, R., de León, M. y Pérez, H. (2002). *Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba*. Ediciones Públíca.
- Chapman, D. & Atkinson, E. (2000). *Water quality assessments*. Chapman y Hall Ltd, UNESCO/WHO/UNEP.
- De Souza, R. F., Ferreira, E. A. & Santos, M. (2015). Impact of crop rotation on soil health and crop yield. *Agronomy Journal*, 107(3), 912-917. <https://doi.org/10.2134/agronj2014.0566>
- FAO (1976). *Esquema para la Evaluación de Tierras* (66p.) Boletín de Suelos de la FAO.
- FAO (1985). *Directivas: evaluación de tierras para la agricultura de secano* (228 p.). Boletín de Suelos de la FAO.
- González-Salazar, A., Sosa, M. & Silva, B. (2018). Sustainable land management practices in arid and semi-arid regions: Case studies from Latin America. *Land Use Policy*, 71, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.11.015>

- Hernández, A., Santiago, J. & López, M. (1999). *Estructura y clasificación de suelos en Cuba*. Instituto de Suelos de Cuba.
- Kushta, J., Kattandi, B. & Shkurti, A. (2020). Efficient irrigation management in arid regions and its role in sustainable agriculture. *Water Resources Management*, 34(11), 3461-3475. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02612-z>
- Lal, R. (2015). Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. *Food Policy*, 53, 104-117. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2015.05.005>
- Mesa, A. (1984). *Comparación de tres métodos para la clasificación agroproductiva de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar* [Tesis Doctoral. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes. La Habana].
- Mesa, A. y Mesa, A. (1993). *AGRO24. Sistema para el cálculo del potencial productivo de los suelos*. Versión 4.0. Agrosoft, CNSF. MINAG.
- Mulla, D. J. & McBratney, A. B. (2000). Soil spatial variability. En M. E. Summer (Ed.) *Handbook of Soil Science* (pp. A321-A352). Boca Raton: CRC Press.
- Paneque, P. V., Calderón, M. y Calaña, J. M. (2001). *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas.
- Pimentel, D., Hepperly, P. & Santillo, D. (1995). Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267(5201), 1117-1123. <https://doi.org/10.1126/science.267.5201.1117>
- Roldós, J. (1986). *Evaluación de algunos factores edáficos limitantes de la producción de caña de azúcar*. [Resumen de la Tesis presentada en opción al Grado Científico de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. INICA. La Habana, Cuba].
- Sistema de evaluación de recomendación de fertilización (SERFE, 2012). *Metodología para el envío de muestras de suelos al laboratorio*. Instituto Nacional de la Caña de Azúcar. EPICA.
- Sulroca, F. (1982). *Instructivo para la elaboración del informe resumen del Estudio de Factores limitantes para el cultivo de la caña*. Mimeografiado, MINAZ.
- Zhao, J., Wang, D. & Xu, Y. (2020). Climate change adaptation strategies in agriculture: Insights from the Chinese experience. *Climate Policy*, 20(6), 688-700. <https://doi.org/10.1080/14693062.2020.1737439>

Universidad de Las Tunas en <https://ror.org/05fj29j73>

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores: Los autores participaron en la búsqueda y análisis de la información para el artículo, así como en su diseño y redacción.