



SOIL AND WATER
SUELO Y AGUA



<https://eqrcode.co/a/MJKIk4>

ORIGINAL ARTICLE | ARTÍCULO ORIGINAL

Use of effluents from Oxidation Lagoons of the “Carlos Baliño” Complex as Organic Fertilizers

Uso de efluentes de lagunas de oxidación del complejo “Carlos Baliño” como fertilizantes orgánicos

Dr.C. Carlos M. Martínez-Hernández^I, Ing. Jesús A. Sánchez-Jassa^{II}, Dr.C. Mario Reinoso-Pérez^I,
MSc. Alianny Rodríguez-Urrutia^I, MSc. Nilda Rosa Martínez-Flores^{III}

^I Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (UCLV), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ingeniería Agrícola, Santa Clara. Villa Clara. Cuba.

^{II} AZCUBA, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

^{III} Ministerio de Salud Pública, Centro Provincial de Higiene y Epidemiología, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

ABSTRACT. The work was carried out with the objective of determining the properties of the effluents of the oxidation lagoon of “Carlos Baliño” and “Melanio Hernández” sugar mills as organic fertilizer; as well as the possibility of their decontamination. The effluents were taken at the central region of Cuba (Santo Domingo, Villa Clara and Tuinicú, Sancti Spiritus). The decontamination effect of a slow filter of sand was proven in cascades before different dilutions in distilled water of the samples of the valued treatment T1 (10%), T2 (25%), T3 (50%), T4 (75%), T5 and T6 (not diluted). Physical-chemical and microbiologic characteristics of effluents were determined, before and after their passing through slow filters of sand; later on, their effect like organic bio fertilizer was valued. Corn (*Zea mays*) was taken as indicator cultivation whose morphological and physiological parameters were valued. Physical-chemical properties of the soil samples were also valued. The analysis of the effluents like bio-fertilizers showed that none of the valued treatments exceeded the control TO (93,33%) in the germination percent variable (mean value). Treatment T2 (86,66%) presented the best behavior compared to the control TO, while in treatments T3 (60%) and T6 (40%), a fall of this variable was presented. In the case of treatment T6, the abrupt fall of this variable, could be related to the aggressiveness of the non-dilute effluents of the sugar mill “Melanio Hernández” oxidation lagoon.

Keywords: effluents of oxidation lagoons, organic fertilizer, slow filters of sand.

RESUMEN. El trabajo se realizó con el objetivo de determinar las propiedades de los efluentes de la laguna de oxidación de los CAI “Carlos Baliño” y “Melanio Hernández” como fertilizante orgánico; así como la posibilidad de su descontaminación. Los efluentes fueron tomados, en la región central del país (Santo Domingo, Villa Clara y Tuinicú, Sancti Spiritus). Se probó el efecto descontaminante de un filtro lento de arena en cascadas ante diferentes diluciones en agua destilada de las muestras de los efluentes evaluados T1(10%), T2(25%), T3 (50%), T4 (75%), T5 y T6 (no diluidos). En los efluentes, se determinaron: características físico-químicas y microbiológicas, anterior y posterior a su paso por biofiltros; se valoró su efecto como bioabono orgánico. Se tomó como cultivo indicador el maíz (*Zea mays*), evaluándose sus parámetros morfo fisiológicos; en las muestras de suelo, se valoraron sus propiedades físico-químicas. El análisis de los efluentes como bioabonos mostró que ninguno de los tratamientos evaluados, superan al control TO (93,33%) en la variable porcentaje de germinación (valor medio), el tratamiento T2, (86,66%) presentó el mejor comportamiento con respecto al control TO, mientras que en los tratamientos T3 (60%) y T6 (40%), se presentó una caída de esta variable, en el caso del tratamiento T6, la caída brusca de esta variable, pudiera estar relacionado con la agresividad del efluente no diluido del CAI “Melanio Hernández”.

Palabras clave: efluentes de lagunas de oxidación, abonos orgánicos, filtros lentos de arena.

^I Author for correspondence: Carlos M. Martínez-Hernández, e-mail: carlosmh@uclv.edu.cu

Received: 31/07/2020.

Approved: 04/12/2020.

INTRODUCTION

The slow sand filtration has been broadly used as method to improve the quality of water in different regions of the planet, due to its simplicity in the operation and to its numerous advantages. In the last decades it has been implemented to improve the conditions of the water after meteorological events and natural disasters, when the treatment by the traditional methods of purification has been truncated, or for individual use in the housings, where it has had great acceptance. It has been demonstrated that the slow sand filters have worked successfully in urban areas as well as in rural ones all over the world. Many of these slow sand filters subsist in precarious conditions, but allowing improvements in public health and life quality of inhabitants in these zones, even their good operation and the positive impact of this type of technology has been evidenced.

The present investigation evaluated the method of slow sand filtration like alternative to obtain effluents of oxidation lagoons not very aggressive to the environment, with local materials that diminish costs and offer an alternative before these highly contaminating effluents. This study, was carried out implementing systems of slow sand filters to laboratory scale with the purpose of treating the effluents of oxidation lagoons, measuring certain of their parameters and comparing them with the Cuban regulatory norm (NC-27: 2012) of residual water.

According to Francesena (2016), Villareal (2017), Fabregat (2019) and Llama (2019), the slow sand filters are a good alternative to improve the quality of the biodigesters effluents and oxidation lagoons in production. They refer high percents of removal of DQO, DBO₅, ST, fecal and thermotolerant coliforms and *Pseudomonas aeruginosas* in recent investigations at national level.

This work was carried out in the central region of Cuba (Villa Clara and Sancti Spíritus Provinces). Effluents samples were taken from the oxidation lagoons of “Carlos Baliño” and “Melanio Hernández” sugar mills for their study and valuation. Due to it is a very significant area that reflects the current situation of use and treatment of effluents of oxidation lagoons, the results obtained in this investigation could be used as basis for the development of future engineering projects that offer another type of solutions to the outlined problem. The objective of this work was to evaluate the effect of slow sand filters to treat effluents of the oxidation lagoon of the Agro industrial Complexes “Carlos Baliño” and “Melanio Hernández” with different dilution percents in water.

MATERIALS AND METHODS

Production of the biofilter of gravel, sand, zeolite and vegetable coal. Hydraulic tests

This research took into consideration the slow sands filters produced by Fabregat (2019). It gave continuity to that work with the difference of using effluents of oxidation lagoons of two agro

INTRODUCCIÓN

La filtración lenta de arena ha sido ampliamente usada como método para mejorar la calidad del agua en diferentes regiones del planeta, debido a su simplicidad en la operación y a sus numerosas ventajas. En las últimas décadas estos han sido implementados para mejorar las condiciones del agua después de eventos meteorológicos y desastres naturales cuando se ve truncado el tratamiento por los métodos tradicionales de potabilización o para uso individual en las viviendas, teniendo gran acogida.

Se ha demostrado que los filtros lentos de arena han funcionado de manera exitosa en zonas tanto urbanas como rurales alrededor del mundo, muchas de las cuales subsisten de manera precaria, permitiendo mejoramientos en materia de salud pública y en la calidad de vida de los habitantes de éstas zonas, incluso en se ha evidenciado su buen funcionamiento y el impacto positivo que generan este tipo de tecnologías.

La presente investigación evaluó el método de filtración lenta de arena como alternativa para obtener efluentes de lagunas de oxidación poco agresivos al medio ambiente con materiales locales disminuyendo costos y ofreciendo una alternativa ante las condiciones actuales de estos efluentes, los cuales son vertidos al medio con alto valor de contaminación.

Este estudio, se realizó implementando sistemas de filtros lentos de arena a escala de laboratorio con el fin de tratar los efluentes de lagunas de oxidación, para posteriormente medir ciertos parámetros de los efluentes tratados y compararlos con la normativa cubana NC-27: 2012 (2012) de agua residuales.

De acuerdo con Francesena (2016); Villareal (2018); Fabregat (2019) y Llama (2019), se ha podido constatar que los filtros lentos de arena son una buena alternativa para mejorar la calidad de los efluentes de biodigestores y en lagunas de oxidación en producción, obteniendo altos porcentajes de remoción de DQO, DBO₅, ST, coliformes fecales, termotolerantes y *Pseudomonas aeruginosas* en investigaciones recientes sobre el tema a nivel nacional.

Este trabajo se ha llevado a cabo en la región central de Cuba (provincias de Villa Clara y Sancti Spíritus), para lo cual se ha tomado muestras de efluentes en la lagunas de oxidación de los CAI “Carlos Baliño” y “Melanio Hernández” para su estudio y valoración, motivado por ser una zona muy significativas que refleja la situación actual en materia de uso y tratamientos de efluentes de lagunas de oxidación, por lo cual los resultados obtenidos en esta investigación pudieran ser usados como base para el desarrollo de futuros proyectos de ingeniería que brinden otro tipo de soluciones a la problemática planteada. El trabajo desarrollado se planteó como **objetivo**: Evaluar el efecto de filtros lentos de arena para el tratamiento de efluentes de la laguna de oxidación de los Complejos Agroindustriales “Carlos Baliño” y “Melanio Hernández” con diferentes porcentajes de dilución en agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fabricación del biofiltro de grava, arena, zeolita y carbón vegetal. Ensayos hidráulicos

Tomando como referencia los filtros lentos de arenas ejecutados por Fabregat (2019), se le dio continuidad a ese trabajo con la diferencia de utilizar efluentes de lagunas de oxidación

industrial complexes (CAI), called “Carlos Baliño” located in Santo Domingo, Villa Clara and “Melanio Hernández” located in Tuinicú, Sancti Spíritus. The oxidation lagoon of the last one, receives its own effluents as well as those derived from an alcohol distillery associated to the complex.

Materials

The materials used were of own acquisition and 3 plastic tanks of high-density polyethylene (PAD) of 5 L were used for that. They were filled with the respective materials: the first one was loaded with washed sand, the second one with zeolite and the third one with gravel and vegetable coal. The heights of the filtering means were 8, 8 and 16 cm, respectively. In tank 1, a quantity of 2000 cm³ of washed sand was added, in tank 2, a quantity of 2000 cm³ zeolite was added, while 3000 cm³ (2000 cm³ gravel + 1000 cm³ vegetable coal) were added to tank 3.

The natural zeolite used came from San Juan de Yeras, Ranchuelo, Villa Clara. It contained more than 61% of zeolite material, with a grain between 0,5-2,5 mm and an average diameter of 1,1 mm. The slow filters were designed in recipients of 5 L or 0,005 m³, with an approximate area of 0.024 m², and a volume of 0,0047 m³.

The contact beds were separate; those of sand presented a quite regular grain, the bed of zeolite possessed an irregular grain, hence, the smallest fraction was separated to fulfill the requirements referred in the bibliography consulted. Both materials presented irregular grains; therefore, it was decided to carry out the grain separation using sieve 4.

The materials before described underwent a washing process during 30 minutes to remove the

strange matters product of the obtaining in the quarries and to catalyze the transparency process or index of turbidity which should be obtained in the laboratory.

The parameters to control in the filtration operation were operation speed, volume of water, elapsed time, percentage expansion, flow of air and water for washing. The physiochemical characteristics of the influent and effluent were also controlled.

Taking of initial samples

Initial samples were taken in Villa Clara and Sancti Spíritus Provinces from oxidation lagoons of “Carlos Baliño” and “Melanio Hernández” mills, which are located in Santo Domingo and Tuinicú towns, respectively. Four samples of effluents were taken in each installation. In all the cases 1500 mL/sample were collected. The effluents of “Carlos Baliño” came from sugar production, while the effluents of “Melanio Hernández” came from the sugar production and from the residual of the alcohol distillery associated to this agro industrial complex (CAI).

In this initial sample the procedure was made according to the specifications of the laboratory, following the proper custody and conservation chain.

de dos complejos agroindustriales (CAI), nombrados “Carlos Baliño” ubicado en Santo Domingo, Villa Clara y “Melanio Hernández” ubicado en Tuinicú, Sancti Spíritus. En el caso de la laguna de oxidación de este último complejo, la misma recibe efluentes de una destilería de alcohol asociada al complejo más los efluentes que tributa el propio “Melanio Hernández”.

Materiales

Los materiales usados son de adquisición propia y para ello se utilizaron 3 tanques plásticos de polietileno de alta densidad (PAD) a 5 L cada uno llenados con los respectivos materiales: el primero se cargó con arena lavada, el segundo con Zeolita y el tercero con grava y carbón vegetal. Las alturas de los medios filtrantes fueron 8, 8 y 16 cm respectivamente. En el tanque 1, se añadió una cantidad de 2000 cm³ de arena lavada; en el tanque 2, se añadió una cantidad de 2000 cm³ de zeolita; mientras que en el tanque 3, fue añadido 3000 cm³ (2000 cm³ grava+1000 cm³ carbón vegetal).

La zeolita natural procede del yacimiento de San Juan de los Yeras, Ranchuelo, Villa Clara, presentando más de 61% de material zeolítico, con una granulometría entre 0,5 - 2,5 mm y diámetro medio de 1,1 mm.

Los filtros lentos fueron diseñados en recipientes de 5 L o 0,005 m³, con un área aproximada de 0.024 m², y un volumen de 0,0047 m³.

Las capas filtrantes están separadas, los de arena presentan una granulometría bastante regular, la de zeolita posee una granulometría irregular por lo que se separó la fracción más pequeña para cumplir con los criterios obtenidos de la bibliografía consultada, ambos materiales presentan una granulometría irregular por lo que se decide realizar la separación granulométrica utilizando tamiz 4.

Los materiales antes descritos se sometieron a un proceso de lavado durante 30 minutos para retirar las materias extrañas producto de la obtención en las canteras y catalizar el proceso de transparencia o índice de turbiedad el cual se debe obtener en el laboratorio.

Los parámetros a controlar tanto en la operación de filtración fueron, velocidad de operación, volumen de agua, tiempo de la operación, porcentaje de expansión, flujo de aire y agua para el lavado; así como las características fisicoquímicas del afluente y efluente.

Toma de muestras iniciales

Se realizaron en la Provincia de Villas Clara y Sancti Spíritus (laguna de oxidación de los CAI “Carlos Baliño” y “Melanio Hernández”), ubicado en Santo Domingo y Tuinicú respectivamente. Se tomaron 4 muestras de efluentes en dicha instalación. En todos los casos se colectaron 1500 mL/muestra. En el caso de los efluentes del CAI “Carlos Baliño” estos proceden de la fabricación de azúcar; mientras que los efluentes del CAI “Melanio Hernández”, dichos efluentes proceden de la fabricación de azúcar más los residuales de la destilería asociada a este complejo agroindustrial (CAI).

En esta muestra inicial se efectuó el procedimiento de acuerdo a las especificaciones del laboratorio, siguiendo la debida cadena de custodia y conservación.

Determination of the quantity of soil and bio-fertilizer to use in the treatments

Determination of the quantity of soil and bio-fertilizer to use in the treatments to flowerpot scale:

These calculations require considering the type of soil object of analysis. It was Reddish Brown Ferrallitic soil in this study, whose apparent density is $1,28 \text{ g/cm}^3$. The determination of the weight of the ha-furrow was made by means of the expression 2.6

- Area of a hectare - $10\,000 \text{ m}^2 = 1.108 \text{ cm}^2$;
- Volume of a hectare - $1.108 \cdot 20 \text{ cm}^2 = 2.109 \text{ cm}^3$ (20 cm of depth)

Then, the weight of the ha-furrow was determined by rule of three. Being:

$$1,28 \text{ g/cm}^3 - 2.1 \text{ cm}^3$$

$$X - 2.10^9 \text{ cm}^3 \text{ ec.2.6}$$

$$X = 2.56.10^9 \text{ g/ha}$$

$$X = 2.56.10^6 \text{ kg/ha}$$

The bio-fertilizer application norm to real scale depends on the conditions of fertility of the soil and on the irrigation system (non-irrigated or irrigated land) where the cultivation is sustained. In the case of this study, to know the quantity of bio-fertilizer to apply in the different bags for treatment, an application dose to real scale of 20 t/ha was taken. Then, by means of rule of three, according to expression 2.7, it is obtained:

$$2.56.10^6 \text{ kg} - 20000 \text{ L}$$

$$(1) \text{ kg} - X \text{ ec.2.7}$$

$$X = 0.82 \times 10^{-2} \text{ L}$$

$$X = 8.2 \text{ mL}$$

Experiments under semi-controlled conditions

An experiment was performed under semi-controlled conditions to determine the effect of the effluents obtained in the oxidation lagoons of “Carlos Baliño” and “Melanio Hernández” mills as bio-fertilizer. In the case of “Carlos Baliño” mill, its effluents were evaluated at different dilution percents in distilled water. In the case of the effluents of “Melanio Hernández” mill, only one treatment was investigated without dilution, in order to reduce the quantity of investigations to execute. In such a way, the experiment was executed with 6 treatments and the control; in each treatment 3 replicas were prepared, for a total of 21 polyethylene bags filled with 1 kg of soil from “Carlos Baliño” mill. Reddish Brown Ferrallitic soil (Hernández *et al.*, 1999) passed through sieve of 4 mm was used and like indicator plant corn (*Zea mays L.*) was utilized. Later on, five seeds of corn were sowed by bag, considering its well-known germination percent (93%). Next, 10 mL of the effluents were added with

Determinación de la cantidad de suelo y bioabono a utilizar en los tratamientos

Determinación de la cantidad de suelo y bioabono a utilizar en los tratamientos a escala de macetas:

Para realización de estos cálculos se parte del tipo de suelo objeto de análisis (Suelo Ferralítico Pardo Rojizo). En este caso, conociendo su densidad aparente ($1,28 \text{ g/cm}^3$), se pasó a la determinación del peso de la ha-surco, mediante la expresión 1.

- Área de una hectárea- $10\,000 \text{ m}^2 = 1 \cdot 10^8 \text{ cm}^2$;
- Volumen de una hectárea- $1 \cdot 10^8 \cdot 20 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^9 \text{ cm}^3$ (20 cm de profundidad)

Entonces el peso de la ha-surco se determinó por regla de tres. Quedando:

$$1,28 \text{ g/cm}^3 - 2,1 \text{ cm}^3$$

$$X - 2 \cdot 10^9 \text{ cm}^3 \text{ ec.1}$$

$$X = 2,56.10^9 \text{ g/ha}$$

$$X = 2,56 \cdot 10^6 \text{ kg/ha}$$

Norma de aplicación de bioabono a escala real. Esto depende de las condiciones de fertilidad del suelo y del sistema de regadío (secano o con riego) donde se sustenta el cultivo. En el caso de este estudio, para conocer la cantidad de bioabono a aplicar en las diferentes bolsas por tratamiento, se tomó una dosis de aplicación a escala real de 20 t/ha. Entonces mediante regla de tres, según expresión 2 se obtiene:

$$2,56 \cdot 10^6 \text{ kg} - 20000 \text{ L}$$

$$(1) \text{ kg} - X \text{ ec.2}$$

$$X = 0,82 \cdot 10^{-2} \text{ L}$$

$$X = 8,2 \text{ mL}$$

Experimentos en condiciones semi-controladas

Se montó un experimento en condiciones semi-controladas para determinar el efecto de los efluentes obtenidos en las lagunas de oxidación de los CAI “Carlos Baliño” y “Melanio Hernández” como bioabonos. En el caso del CAI “Carlos Baliño” se evaluaron estos efluentes en diferentes porcentajes de dilución en agua destilada. Mientras que en el caso de los efluentes del CAI “Melanio Hernández” solo fue investigado un tratamiento sin dilución, con el objeto de reducir la cantidad de investigaciones a ejecutar. De tal manera, el experimento se ejecutó con 6 tratamientos y el control, en cada tratamiento se montaron 3 réplicas, para un total de 21 bolsas de polietileno rellenas con 1 kg de suelo del CAI “Carlos Baliño”. Se utilizó como sustrato suelo ferralítico pardo rojizo según (Hernández *et al.*, 1999) pasado por tamiz de 4 mm y como planta indicadora se utilizó el maíz (*Zea mays L.*). Posteriormente se procede a sembrar cinco semillas de maíz, por bolsa. El maíz posee un porcentaje de germinación conocido (93%), a continuación, se añadió 10 mL de los efluentes con el grado de dilución objeto de investigación más 400 mL de agua destilada, para así lograr que la humedad del suelo

the dilution degree investigated, in addition to 400 mL of distilled water to achieve that the soil humidity were 80% of its field capacity. After 15 days, plants of little vigor were eliminated. Watering was applied (50 mL of distiller water per bag) every 4 days, during the period of investigation. The bags received natural illumination. After five weeks, the germination percent was determined; as well as the morph-physiologic parameters of the indicator plant in the treatments and control, according to the degree of dilution investigated in the indicator cultivation.

The dilutions investigated were assumed according to the Cuban norm (NC-855: 2011). It establishes that mixtures of approximately 1:6 and 1:10 (residual of alcohol, residual of raw or other water) are adapted to water and fertilize sugar cane.

The treatments applied to the soil were as follows:

1. TO - Control (without effluents application);
2. T1 - Effluents from "Carlos Baliño" mill (diluted to 10% in distilled water);
3. T2 - Effluents from "Carlos Baliño" mill (diluted to 25% in distilled water);
4. T3 - Effluents from "Carlos Baliño" mill (diluted to 50% in distilled water);
5. T4 - Effluents from "Carlos Baliño" mill (diluted to 75% in distilled water);
6. T5 - Effluents from "Carlos Baliño" mill (not diluted 100% pure);
7. T6 - Effluents from "Melanio Hernández" mill (not diluted 100% pure).

Effluents of the oxidation lagoon pacified during three months were taken. They were diluted in distilled water to a different percent each. Five flasks of 1 000 mL were filled with effluents and next, 100, 250, 500 and 750 ml were extracted, respectively, to each of them. After that, flasks were completed with distilled water up to reach 1000 mL final volume. The last treatment was using non dilute effluents. The flasks were sealed tightly, kept to room temperature in the lab and protected from the incidence of the sunbeams. The dilutions were 1:10 (10%); 1:25 (25%); 1:50 (50%), 1:75 (75%) and not diluted (100%) pure.

Effect of the treatments on the physical and chemical indicators of soil

The physical and chemical analyses of soil were carried out in the Laboratory of Soil and Bio-fertilizers of the Center of Agricultural Investigations (CIAP) belonging to the Central University "Marta Abreu" of Las Villas (UCLV).

Sample Preparation: It was made according to the Cuban Norm ISO 11464. (1999). Later on, the following analyses were carried out:

- pH (KCl): For the Potentiometric Method, with a soil: solution ratio of 1:2.5 according to Hesse, (1971). Cuban Norms ISO 10390, (1999).
- Organic Matter: By means of the Colorimetric Method of Walkey and Black for oxidation with bi-chromate of potassium and concentrated sulfuric acid. Cuban Norm 51, (1999).

sea el 80% de su capacidad de campo. Al cabo de 15 días fueron eliminadas las plántulas de poco vigor. Se aplicó riego (50 mL de agua destilada/bolsa) cada 4 días, durante el período de investigación. Las bolsas recibieron iluminación natural. Al cabo de cinco semanas se determinó el porcentaje de germinación; así como los parámetros morfo fisiológicos de la planta indicadora en los tratamientos y control de acuerdo al grado de dilución investigado en el cultivo indicador. Las diluciones objeto de investigación fueron asumidas teniendo en cuenta lo que establece la norma NC-855: 2011 (2011). La norma señala que: Las mezclas de aproximadamente 1:6 y 1:10 (residual de alcohol, residual de crudo u otra agua) son adecuadas para regar y fertilizar la caña.

Los tratamientos aplicados al suelo fueron los siguientes:

1. TO- Control (suelo sin aplicación de efluentes);
2. T1- Efluente "Carlos Baliño" (efluente diluido al 10% en agua destilada);
3. T2- Efluente "Carlos Baliño" (efluente diluido al 25% en agua destilada);
4. T3- Efluente "Carlos Baliño" (efluente diluido al 50% en agua destilada);
5. T4- Efluente "Carlos Baliño" (efluente diluido al 75% en agua destilada);
6. T5- Efluente "Carlos Baliño" (efluente no diluido 100 % puro);
7. T6- Efluente "Melanio Hernández" (efluente no diluido 100 % puro).

Se toman los efluentes de la laguna de oxidación pacificados durante tres meses. Estos se diluyen en agua destilada en diferentes porcentajes. Se tomaron cinco frascos de 1 000 mL, a cada uno de estos se le extraen 100, 250, 500, 750 y se completan con agua destilada hasta los 1000 mL. El último tratamiento fue utilizando efluente no diluido. Los frascos se sellaron herméticamente y se mantuvieron a una temperatura ambiente en el laboratorio protegidos de la incidencia de los rayos del sol. Las diluciones quedaron 1:10 (10%); 1:25 (25%); 1:50 (50%), 1:75 (75%) y no diluido (100%) puro.

Efecto de los tratamientos sobre los indicadores físicos y químicos de suelo

Los análisis físicos y químicos de suelo se realizaron en el Laboratorio de Suelos y Biofertilizantes del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP) de la Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (UCLV).

Preparación de las muestras: Se efectuó según las normas cubanas NRAG: 279: 1980 (1980); NC: 38: 1999 (1999); NC: 51: 1999 (1999); NC: 52: 1999 (1999); NC: ISO-10390: 1999 (1999); NC: ISO-11464: 1999 (1999); NC: 65: 2000 (2000); NC-855: 2011 (2011); NC-27: 2012 (2012). Posteriormente se procedió a efectuar los siguientes análisis:

- pH (KCl): Por el Método potenciométrico, con una relación de suelo: solución 1:2.5 según la norma cubana NC: ISO-10390: 1999 (1999).
- Materia Orgánica: Por el Método colorimétrico de Walkey y Black por oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado. Norma cubana NC: 51: 1999 (1999).

Physical analysis of the soil

- **Coefficient of permeability (Log 10k):** it contributes valuable information about the physical state of the soil, it is one of the most complete methods and it can be good for the diagnosis of the ecological management of the soil. It was carried out according to the method of Henin *et al.* (1958), mentioned by Cairo (2006) where the $\text{Log}_{10} 10^*K$ coefficient is calculated for each sample with the use of infiltration device following the formula:

Permeability = $\text{Log } 10 K$ and

$$K = \frac{e \times V}{H \times S}$$

Where: K=percolation coefficient, and=height of the soil column, V=volume in mL of percolation water in one hour, H=height of the liquid column or layer of water, S=area of the traverse section of the soil column inside the capillary.

- **Structure factor (F.E):** This indicator characterizes the quantity of clay that acts as cement in the soil formation. If all the contained clays intervene in the formation of the structure, the factor equivalent to 100%, then, it has good structural stability. If half, 50%, intervenes, the stability is bad. It is calculated through the determination of the clay without dispersing (b) and previously dispersed clay, according to the mechanical analysis (a). According to Vageler and Alten (1931), mentioned by Cairo (2006), the formula is the following:

$$FE = \frac{(a - b)}{a} \times 100$$

Stable aggregates (AE): By means of the Method of Henin *et al.* (1958) mentioned by Cairo (2006). This method consists on incorporating 5 g of soil in an Erlenmeyer, adding 200 mL of distilled water and letting it resting 30 minutes. Then, the solution is undertaken to 40 blow-knocking for 20 seconds and it is filtered through a 0,2mm sieve. What remains in the sieve are the stable aggregates.

Evaluation of the morph-physiologic indicators of the indicator plants.

- Height of the Plants (AP) and Longitude of the Root (LR): they were measured with a metric tape, in cm.
- Foliage and Root Fresh weight, separately weighed (PFF and PFR): foliage and roots recently harvested are weighed in an analytic scale, in grams.
- Foliage and Root Dry weight, separately weighed (PSF and PSR): the samples were put in the stove to 65 °C during 48 hours and then, they were weighed in an analytic scale, in grams.

In all cases, the protocols and established procedures were continued, following the Cuban norms (NC: 38. 1999), (NC: 51. 1999), (NC: 52. 1999), (NC: 65. 2000), (NC: ISO-10390. 1999), (NC: ISO-11464. 1999) and (NRAG: 279. 1980).

Execution of Cuban Norm NC-855: 2011 (2011)

For the analysis of the execution of the Cuban norm (NC-855: 2011), the residual collected in the oxidation lagoons in-

Análisis físicos del suelo

- **Coefficiente de la permeabilidad (Log 10k):** Aporta valiosa información para el estado físico del suelo es uno de los métodos más completo y puede servir para el diagnóstico del manejo ecológico del suelo, Se realizó según el método de Henin *et al.*, (1958) citado por Cairo (2006) donde se calcula el Log_{10} del coeficiente 10^*K , para cada muestra con la utilización de un infiltrómetro siguiendo la fórmula:

Permeabilidad= $\text{Log } 10 K$ y $K=(e \cdot V)/(H \cdot S)$,

$$K = \frac{e \times V}{H \times S}$$

donde: K=coeficiente de percolación, e=altura de la columna de suelo, V=volumen en ml de agua percolada en una hora, H=altura de la columna líquida o lámina de agua, S=área de la sección transversal de la columna de suelo dentro del capilar,

- **Factor de estructura (FE):** Este indicador caracteriza la cantidad de arcilla que actúa como cementante en la formación de suelo, Si todas las arcillas contenidas interviene en la formación de la estructura, el factor equivalente al 100 %, entonces tiene buena estabilidad estructural, si interviene la mitad, 50 %, la estabilidad es mala, Se halla a través de la determinación de la arcilla sin dispersar (b) y arcilla previamente dispersada, según el análisis mecánico (a), De acuerdo con Vageler y Alten, (1931) citados por Cairo (2006), la fórmula es la siguiente:

$$FE = \frac{(a - b)}{a} \times 100$$

Agregados Estables (AE): Por el método de Henin *et al.*, (1958) citado por Cairo (2006), Este método consiste en echar 5 g de suelo en un Erlenmeyer, añadir 200 ml de agua destilada y dejar en reposo 30 minutos, Luego, se somete la solución al golpeteo (40 golpes) durante 20 segundos y se tamiza en un tamiz de 0,2 mm, Lo que se queda en el tamiz son los agregados estables.

Evaluación de los indicadores morfo fisiológicos de las plantas indicadoras.

- **Altura de las Plantas (AP) y Longitud de la Raíz (LR):** se midieron con una cinta métrica, en cm.
- **Peso Fresco de Follaje y Raíz por separado (PFF y PFR):** recién cosechada se pesan en una balanza analítica, en gramos.
- **Peso Seco de Follaje y Raíz por separado (PSF y PSR):** las muestras fueron puestas en la estufa a 65 °C durante 48 horas y luego fueron pesadas en una balanza analítica, en gramos.

En todos los casos, se siguieron los protocolos y procedimientos establecidos, siguiendo las normas cubanas NRAG: 279: 1980 (1980); NC: 38: 1999 (1999); NC: 51: 1999 (1999); NC: 52: 1999 (1999); NC: ISO-10390: 1999 (1999); NC: ISO-11464: 1999 (1999); NC: 65: 2000 (2000); NC-855: 2011 (2011); NC-27: 2012 (2012).

Cumplimiento de la norma cubana NC-855: 2011 (2011)

Para el análisis del cumplimiento de la norma cubana NC-855: 2011 (2011), los residuales colectados en las lagunas de oxidación investigados fueron llevados anterior y posterior al

vestigated were extracted before and after the filtrating process in the slow sand filters and taken to the laboratory of National Enterprise of Analysis and Technical Services (ENAST), of Santa Clara, Villa Clara, where the fundamental parameters of these residual were characterized.

Statistical analysis

For the statistical study the professional application software STATISTICA, Version 7 on Windows XP was used. Analysis of Variance of simple classification was applied with the Tukey HSD test of means comparison. It allowed verifying the homogeneity of the variance for treatments with same and unequal number of repetitions for the determination of the statistical differences among the different treatments valued.

RESULTS AND DISCUSSION

Results of the indicator morphs-physiologic of the indicator plants.

In this work, the effluents were valued like bio-fertilizers. The study about the quality of effluents after filtering through the slow sand filters is not presented because that will be topic of a next work. Two milliliters of effluent were applied over every sowed seed in each plant pot, for a total of 10 mL/bag according to the dissolutions investigated in each treatment.

The percent of germination in the treatments evaluated is shown in Figure 1

proceso de filtrado en los filtros lentos de arena al laboratorio de la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST), de Santa Clara, Villa Clara, donde fueron caracterizados los parámetros fundamentales de estos residuales.

Análisis estadístico

Para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete de programas profesional *STATISTICA*, Versión 7 sobre Windows XP. Se aplicó Análisis de Varianza de clasificación simple con la prueba de comparación de medias de Tukey HSD, verificando la homogeneidad de la varianza, para tratamientos con igual y desigual número de repeticiones para la determinación de las diferencias estadísticas entre los diferentes tratamientos evaluados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de los indicadores morfo fisiológicos de las plantas indicadoras

En este trabajo se valoraron los efluentes como bioabonos. No será presentado los estudios sobre la calidad lograda en los efluentes posteriores a su paso por los filtros lentos de arena, motivado porque eso será tema de un próximo trabajo. En cada maceta se aplicó 2 mL de efluente sobre cada semilla sembrada, para un total de 10 mL/bolsa según las disoluciones investigadas en cada tratamiento.

En la Figura 1 se observa el comportamiento del porciento de germinación en los diferentes tratamientos evaluados.

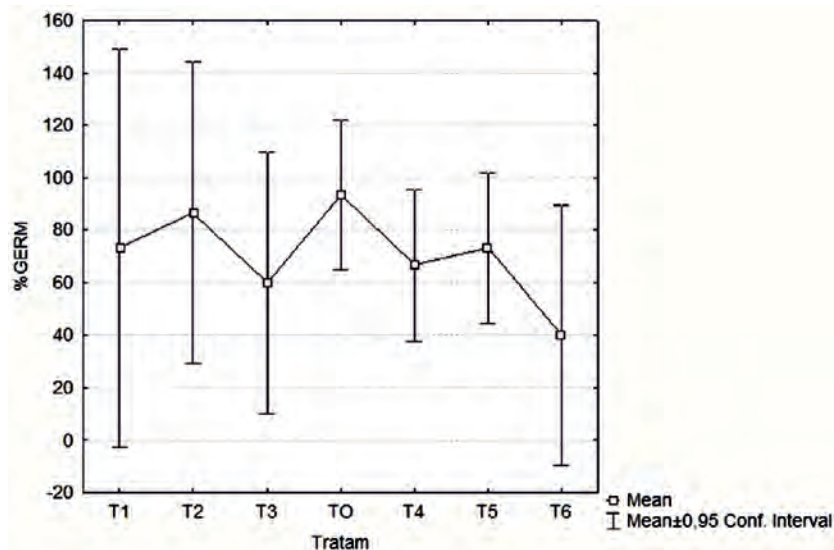


FIGURE 1. Effect of treatment on the germination of the indicator plant Symbol: T1, T2, T3, T4 and T5 (CB effluents-Carlos Baliño mill); T6 (MH effluents-Melanio Hernández mill) with the different dilutions studied.

FIGURA 1. Efecto de los tratamientos sobre la germinación de la planta indicadora. T1, T2, T3, T4 y T5 (efluentes CB-Carlos Baliño); T6 (efluentes MH-Melanio Hernández) con las diferentes diluciones evaluadas.

It was observed that none of the treatments overcome the control (TO) on the variable germination percent (mean value). Treatment T2, presented the best behavior compared to the control (TO), while in treatments T3 and T6, a fall of this variable was presented. In T6 treatment, this could be related with the aggressiveness of the non-dilute effluents from “Melanio Hernández” mill (composed by a mixture of

Del análisis de la Figura 1, se observó que ninguno de los tratamientos, superan al control (TO) en la variable porcentaje de germinación (valor medio), el tratamiento T2, presentó el mejor comportamiento con respecto al control (TO), mientras que en los tratamientos T3 y T6, se presentó una caída de esta variable, en el caso del T6 esto pudiera estar relacionado con la agresividad del efluente no diluido del CAI “Melanio Hernández” (compuesto

effluents of the production of sugar more the residual of the alcohol still associated to this agro industrial complex). That demonstrated that its passing through the oxidation lagoon and the slow sand filters did not diminish its aggressiveness. In treatment T3, maybe the degree of dilution utilized affected this result, but it is not conclusive, for what would be necessary to continue this type of investigation. The Table 1a. and 1b., it shows particulars in this respect.

por una mezcla de efluentes de la fabricación de azúcar más los residuales de la destilería asociada a este complejo agroindustrial), el cual mostró que su paso por la laguna de oxidación y los filtros lentos de arena no disminuyó su agresividad; con respecto al tratamiento T3, quizás el grado de dilución utilizado afectó este resultado, pero el mismo no es concluyente, por lo que sería necesario continuar este tipo de investigación. Las Tablas 1a y 1b, muestran la Tukey test de esta variable.

TABLE 1a. Tukey HSD test. Fresh weight of the foliage (PFF per treatment valued
TABLA 1a. Tukey HSD test. Variable peso fresco follaje (PFF) por tratamiento evaluado

Treatment	(1) M=4,2879	(2) M=4,1299	(3) M=3,0654	(4) M=3,9592	(5) M=2,5732	(6) M=3,3172	(7) M=1,5716
T1 (1)		0,99997		0,47698	0,99793	0,70929	0,00915
T2 (2)	0,99997		0,62255	0,99995	0,23170	0,83968	0,14447
T3 (3)	0,47698	0,62255		0,77630	0,98234	0,99954	0,26900
TO (4)	0,99793	0,99995	0,77630		0,34288	0,93830	0,02376
T4 (5)	0,15591	0,23170	0,98234	0,34288		0,88556	0,68111
T5 (6)	0,70929	0,83968	0,99954	0,93830	0,88556		0,14385
T6 (7)	0,00915	0,14447	0,26900	0,02376	0,68111	0,14385	

Marked differences are significant at $p < 0,05000$.

TABLE 1b. Tukey HSD test. Variable PFF. Homogeneous Groups. Alfa=0,05. Error between MS=0, 5833, df=14
TABLA 1b. Tukey HSD test. Variable PFF. Grupos homogéneos. Alfa=0,05. Error between MS=0, 5833, df=14

Cell No	Treatment	PFF Half value	1	1
7	T6	1,571600		****
5	T4	2,573167	****	****
3	T3	3,065433	****	****
6	T6	3,317233	****	****
4	TO	3,959200	****	
2	T2	4,129933	****	
1	T1	4,287900	****	

In the Table 1a and 1b, you could appreciate that you differ statistical in the fresh weight of the foliage (PFF) among the treatments T1 with regard to T6; T2 with regard to T6; T4 with regard to T6 and T6 with regard to T1, T2 and T4. The maximum value was reached with T1 (4,28 g), the minimum value with T6 (1,57 g). In the other analyzed variables statistical differences were not presented among treatments.

The other variables behaved in the following way: The height of the plant (AP) it doesn't have significant statistical differences among the 6 applied treatments, the maximum value was obtained with T2 (433,64 mm), the minimum value was obtained with T1 (370,00 mm), in the control the obtained value was T4 (374,29 mm); superior to the control was T2, T3 and T5. As for the dry weight of the foliage (PSF) significant statistical differences are not observed among the treatments whose values go from 0,16 g in the T6 to 0,34 g in the T5. When analyzing the longitude of the root (LR) although it doesn't show statistical differences, all the applied treatments overcome to the control; they stand out the treatments, T1, T5 and T7 whose roots measure 5 cm more than those of the control. As for the fresh weight of the root (PFR), the control (T4) it is overcome by the treatments T1, T2, T3 and T5;

En las Tablas 1a y 1b, se pudo apreciar que diferencias estadísticas en el peso fresco del follaje (PFF) entre los tratamientos T1 con respecto a T6; T2 con respecto a T6; T4 con respecto a T6 y T6 con respecto a T1, T2 y T4. El máximo valor se alcanzó con T1 (4,28 g), el mínimo valor con T6 (1,57 g). En las otras variables analizadas no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos.

Las otras variables se comportaron de la forma siguiente: La altura de la planta (AP) no tiene diferencias estadísticas significativas entre los 6 tratamientos aplicados, el valor máximo se obtuvo con T2 (433,64 mm), el valor mínimo se obtuvo con T1 (370,00 mm), en el control el valor obtenido fue T4 (374,29 mm); superior al control fueron T2, T3 y T5. En cuanto al peso seco del follaje (PSF) no se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, cuyos valores van desde 0,16 g en el T6 hasta 0,34 g en el T5. Al analizar la longitud de la raíz (LR) aunque no muestre diferencias estadísticas, todos los tratamientos aplicados superan al control, se destacan los tratamientos, T1, T5 y T7 cuyas raíces miden 5 cm más que las del control. En cuanto al peso fresco de la raíz (PFR), el Control (T4) es superado por los tratamientos T1, T2, T3 y T5; el tratamiento T2 presenta los mejores valores con 4,06 g. En cuanto

the treatment T2 presents the best values with 4, 06 g. as for the dry weight of the root (PSR), it happens the same thing that in the previous variable (PFR); obtaining the treatment T2 the best values with 0, 36 g. Of the previous analysis, it is inferred that the treatment T6 was that of worse results, product of containing vinaza effluents of the sugar mill "Melanio Hernández", which could not be purified sufficiently in the slow filters of sands used. However, the application of the filtrate of the oxidation lagoons effluents of the sugar mill "Carlos Baliño" in production, they seem to have a positive effect in the stimulation of the growth and the weight of the roots; as well as in the development of the foliage of the valued indicative plant (Corn). These results don't coincide with those reported by several authors that have applied other organic bio-fertilizer as they are worm humus and compost those which if they have better integral answers on all the morphology-physiologic parameters of the plants. Example of they are it the works reported for Álvarez (2014); Campos (2014) and Montes de Oca (2018).

Effect of the treatments on the chemical and physical soil properties

Sánchez (2020), obtained partial results motivated by the pause caused by the affectation of the Covid-19 in the evaluation period object (April-July, 2020). The Table 2, it presents the obtained results.

The Table 2 and Table 3 show the categories of evaluation of some physical and chemical properties of the soil. Of the analysis of the pH (H₂O), it could appreciate that the minimum value was obtained in the treatment T4 (6, 18), while the maximum value was obtained in the treatment T6 (7, 93), that which shows that this indicator is inside the neuter and lightly alkaline categories. It confirms that in the treatment T6 is obtained the highest values (Table 2).

Of the analysis of the pH (KCL), it could appreciate that the minimum value was obtained in the treatment T1 (5, 45), while the maximum value was obtained in the treatment T6 (6, 56), that which shows that this indicator is moderately sour and neuter inside the categories. It is reaffirmed that in the treatment T6 is obtained the highest values. (Table 2).

al peso seco de la raíz (PSR), ocurre lo mismo que en la variable anterior (PFR); obteniendo el tratamiento T2 los mejores valores con 0,36 g. Del análisis anterior, se infiere que el tratamiento T6 fue el de peores resultados, producto de contener este efluente vinaza de la destilería del CAI "Melanio Hernández", la cual no pudo ser depurada suficientemente en los filtros lentos de arenas utilizados. Sin embargo, la aplicación del filtrado de los efluentes de lagunas de oxidación del CAI "Carlos Baliño" en producción, parecen tener un efecto positivo en la estimulación del crecimiento y el peso de las raíces; así como en el desarrollo del follaje de la planta indicadora valorada (Maíz). Estos resultados no coinciden con los reportados por varios autores que han aplicado otros abonos orgánicos como son humus de lombriz y compost los cuales si tienen mejores respuestas integrales sobre todos los parámetros morfofisiológicos de las plantas. Ejemplo de ello son los trabajos reportados por Álvarez (2014); Campos (2014) y Montes de Oca (2018).

Efecto de los tratamientos sobre las propiedades químicas y físicas del suelo

Sánchez (2020), obtuvo resultados parciales motivado por la pausa provocada por la afectación de la Covid-19 en el periodo objeto de evaluación (abril-julio, 2020). La Tabla 2, presenta los resultados obtenidos.

Las Tablas 2 y 3 muestran las categorías de evaluación de algunas propiedades físicas y químicas de los suelos. Del análisis del pH (H₂O), se pudo apreciar que el mínimo valor se obtuvo en el tratamiento T4 (6,18), mientras que el máximo valor fue obtenido en el tratamiento T6 (7,93), lo cual muestra que este indicador se encuentra dentro de las categorías neutras y ligeramente alcalinas. Se confirma que en el tratamiento T6 se obtiene los valores más altos (Tabla 2).

Del análisis del pH (KCL), se pudo apreciar que el mínimo valor se obtuvo en el tratamiento T1 (5,45), mientras que el máximo valor fue obtenido en el tratamiento T6 (6,56), lo cual muestra que este indicador se encuentra dentro de las categorías moderadamente ácidas y neutras. Se reafirma que en el tratamiento T6 se obtiene los valores más altos (Tabla 2).

TABLE 2. Results of chemical and physical soil analysis
TABLA 2. Resultados de análisis químicos y físicos

SOIL AND BIOFERTILIZER LAB.												
RESULTS OF CHEMICAL AND PHYSICAL SOIL ANALYSIS. CODE 01/20												
Treatment	H ₂ O	pH		P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	AE	FE	Perm.	LSP	LIP	IP
		KCl		mg/100g	%	%	%	Log 10K	%hbss			
1	T0 A	100% distilled water	5,53		5,31		1,98	46,34	84,76	2,16		
2	T0 B		5,65		5,37		2,11	50,22	82,69	2,28		
3	T0 C		5,75		5,41		2,11	43,82	84,26	2,26		
4	T1 A	90% effluents of Carlos	5,74		5,45		2,15	46,66	81,05	2,20		
5	T1 B	Baliño + 10% distilled	5,75		5,46		2,11	46,18	85,71	2,15		
6	T1 C	water	5,79		5,48		2,21	47,88	73,61	2,13		
7	T2 A	75% effluents of Carlos	5,80		5,50		2,15	42,04	77,66	2,09		
8	T2 B	Baliño + 25% distilled	5,83		5,50		2,58	48,40	83,52	2,06		
9	T2 C	water	5,91		5,52		2,33	44,14	84,95	2,12		
10	T3 A	50% effluents of Carlos	6,65		5,61		2,27	48,74	84,40	2,11		
11	T3 B	Baliño + 50% distilled	6,41		5,64		2,02	45,18	78,51	1,97		
12	T3 C	water	6,48		5,65		2,05	49,56	77,95	2,17		

SOIL AND BIOFERTILIZER LAB.
RESULTS OF CHEMICAL AND PHYSICAL SOIL ANALYSIS. CODE 01/20

	Treatment	pH		P ₂ O ₅	K ₂ O	MO	AE	FE	Perm.	LSP	LIP	IP
		H ₂ O	KCl	mg/100g	%	%	%	Log 10K	%hbss			
13	T4 A	25% effluents of Carlos	6,18	5,67		2,15	51,42	81,27	2,27			
14	T4 B	Baliño + 75% distilled	6,46	5,69		1,98	56,28	79,48	2,32			
15	T4 C	water	6,44	5,69		1,98	59,92	78,95	2,41			
16	T5 A	100% effluents of Carlos	6,46	5,71		2,05	44,86	76,46	2,44			
17	T5 B	Baliño	6,37	5,70		2,27	49,46	77,93	2,19			
18	T5 C		6,38	5,72		2,15	46,40	77,15	2,37			
19	T6 A	100% effluents of Melanio	7,93	6,56		2,27	66,60	84,93	2,24			
20	T6 B	Hernández	7,80	5,70		2,38	60,66	83,77	2,38			
21	T6 C		7,41	5,72		2,61	65,70	84,49	2,42			

TABLE 3. Evaluation of the pH of the soil
TABLA 3. Evaluación del pH del suelo

pH (KCl)	pH (H ₂ O)	Category
< 3,5	< 5,0	Very sour
3,5 – 4,5	5,0 – 5,5	Acid
4,6 – 5,5	5,6 – 6,0	Moderately acid
5,6 – 6,0	6,1 – 6,5	Lightly sour
6,1 – 7,0	6,6 – 7,5	Neuter
7,1 – 8,0	7,6 – 8,0	Lightly alkaline
8,1 – 8,5	8,1 – 8,5	Moderately alkaline
> 8,5	> 8,5	Alkaline

Source: MINAGRI, (1984 cited by Cairo & Fundora (2005).

CONCLUSIONS

- It was observed that none of the valued treatments, exceeds the control TO (93,3%) in the variable germination percent (mean value), the treatment T2 (86,6%), presented the best behavior compared to the control (TO), while in the treatments T3 (60%) and T6 (40%), a fall of this variable was presented. In the case of T6, the fall of this variable, could be related with the aggressiveness of the non-dilute effluents of “Melanio Hernández” mill (composed by a mixture of effluents of sugar production and residual of the distillery associated to this agro industrial complex). T6 showed that passing by the oxidation lagoon and the slow sand filters did not diminish its aggressiveness. In treatment T3, maybe the utilized degree of dilution affected its result, but it is not conclusive, hence, it would be necessary to continue this type of investigation.
- The analysis of the investigated variables, confirms that the results of the different treatments valued show the viability of using the effluents of the oxidation lagoon of the “Carlos Baliño” mill to irrigate the sugar cane in areas of the Agro industrial complex, keeping in mind the Cuban norm NC-855: 2011 (2011).

GRATEFULNESS

This work is part of an Institutional Project in development of the Central University “Marta Abreu” of Las Villas (UCLV), with code: 10667.

CONCLUSIONES

- Se observó que ninguno de los tratamientos evaluados, superan al control TO (93,3%) en la variable porcentaje de germinación (valor medio), el tratamiento T2 (86,6%), presentó el mejor comportamiento con respecto al control (TO), mientras que en los tratamientos T3 (60%) y T6 (40%), se presentó una caída de esta variable, en el caso del T6, la caída de esta variable, pudiera estar relacionado con la agresividad del efluente no diluido del CAI “Melanio Hernández” (compuesto por una mezcla de efluentes de la fabricación de azúcar más los residuales de la destilería asociada a este complejo agroindustrial), el T6 mostró que su paso por la laguna de oxidación y los filtros lentos de arena no disminuyó su agresividad; con respecto al tratamiento T3, quizás el grado de dilución utilizado afectó este resultado, pero este resultado no es concluyente, por lo que sería necesario continuar este tipo de investigación.
- Del análisis de las variables investigadas, se confirma que los resultados de los diferentes tratamientos evaluados muestran la viabilidad de utilizar los efluentes de la laguna de oxidación del “Carlos Baliño” para el fertirriego de la caña de azúcar de las áreas del complejo Agroindustrial, teniendo en cuenta lo normado por la norma cubana NC-855: 2011 (2011).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte de un Proyecto Institucional en desarrollo de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), con código: 10667.

REFERENCES

- ÁLVAREZ, A.O.: Evaluación de la biomasa del Bambú (*Bambusa vulgaris schrad* Ex Wendland) como una alternativa para la recuperación de suelos degradados, Universidad Central de Las Villas UCLV, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tesis presentada en opción académico de Máster en Agricultura Sostenible, Mención Fitotecnia, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 93 p., 2014.
- CAIRO, P.: Edaforología Práctica, Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 150 p., 2006.
- CAIRO, P.; FUNDORA, O.: Edaforología, Ed. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 476 p., 2005.
- CAMPOS, R.A.: Efecto de la fertilización alternativa en el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) sobre un suelo Pardo mullido carbonatado, Universidad Central de Las Villas UCLV Facultad de Ciencias Agropecuarias, Trabajo de diploma (en opción al título de Ingeniero Agrícola), Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 66 p., 2014.
- FABREGAT, S.J.: Tratamiento y uso de efluentes de biodigestores porcinos como abonos orgánicos, Universidad Central de Las Villas UCLV Facultad de Ciencias Agropecuarias, Trabajo de diploma (en opción al título de Ingeniero Agrícola), Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 64 p., 2019.
- FRANCESENA, Y.: Impacto ambiental provocado por efluentes de instalaciones de biogás de pequeña y mediana escala en las provincias de la región central de Cuba, Universidad Central de Las Villas UCLV Facultad de Ciencias Agropecuarias, Trabajo de diploma (en opción al título de Ingeniero Agrícola), Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 51 p., 2016.
- HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.; BOSH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.: "Nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba", Instituto de Suelos. AGRINFOR, Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana, Cuba, 64, 1999.
- LLAMA, D.A.: Evaluación del efecto del filtro lento de arena para el tratamiento de efluentes de lagunas de oxidación en la UCLV, Universidad Central de Las Villas UCLV, Trabajo de Diploma (en opción al título de Ing. Hidráulico), Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 54 p., 2019.
- MONTES DE OCA, C.A.: Efectos de abonos orgánicos a partir hojarasca de Marabú (*Dichrostachys cinérea* L.) sobre un suelo Pardo mullido medianamente lavado con problemas de compactación, Universidad Central de Las Villas UCLV Facultad de Ciencias Agropecuarias, Trabajo de diploma (en opción al título de Ingeniero Agrícola), Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 39 p., 2018.
- NC: 38: 1999: Calidad del suelo determinación de la acidez hidrolítica, de hidrógeno y aluminio cambiante, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Comité Técnico de Normalización No 3., Norma Cubana NC, La Habana, Cuba, 10 p., Vig de 1999.
- NC: 51: 1999: Calidad del suelo - análisis químico - y determinación del porcentaje de materia orgánica, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Comité Técnico de Normalización No 3., La Habana, Cuba, 9 p., Vig de 1999.
- NC: 52: 1999: Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio por Oniani, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Comité Técnico de Normalización No 3., Norma Cubana NC, La Habana, Cuba, 12 p., Vig de 1999.
- NC: 65:2000: Calidad del suelo. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes del suelo Método de Schachtschabel, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Comité Técnico de Normalización No 3., Norma Cubana NC, La Habana, Cuba, 10 p., Vig de 2000.
- NC: ISO-10390: 1999: Calidad del suelo. Determinación del pH, método potencio métrico, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Comité Técnico de Normalización No 3., ISO Norma Cubana NC, La Habana, Cuba, 11 p., Vig de 1999.
- NC: ISO-11464: 1999: Preparación de muestras, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Comité Técnico de Normalización No 3., ISO Norma Cubana NC, La Habana, Cuba, Vig de 1999.
- NC-27: 2012: Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Norma Cubana NC, La Habana, Cuba, 11 p., Vig de 2012.
- NC-855: 2011: Utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y de derivados en el fertirriego de la caña de azúcar, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Norma Cubana NC, La Habana, Cuba, 13 p., Vig de 2011.
- NRAG: 279: 1980: Suelos. Análisis químico, Inst. Oficina Nacional de Normalización, Norma NRAG, La Habana, Cuba, 60 p., Vig de 1980.
- SÁNCHEZ, J.: Uso de efluentes de lagunas de oxidación del CAI "Carlos Baliño" como abonos orgánicos, Universidad Central de Las Villas UCLV Facultad de Ciencias Agropecuarias, Trabajo de diploma (en opción al título de Ingeniero Agrícola), Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 92 p., 2020.
- VILLARREAL, V.M.A.: Evaluación de materiales locales en la fabricación de filtros para el tratamiento de agua potable., Universidad Central de Las Villas UCLV, Trabajo de diploma (en opción al título de Ingeniero Hidráulico), Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 50 p., 2018.

Carlos M. Martínez-Hernández, Prof. Titular. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuani km 5.5. CP: 54830. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. Tel: 53-42-281692. Fax: 53-42-281608. e-mail: carlosmh@uclv.edu.cu

Jesús A. Sánchez-Jassa, AZCUBA, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: carlosmh@uclv.edu.cu

Mario Reinoso-Pérez, Prof. Titular. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuani km 5.5. CP: 54830. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. Tel: 53-42-281692. Fax: 53-42-281608. e-mail: carlosmh@uclv.edu.cu

Alianny Rodríguez-Urrutia, Profesora, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuani km 5.5. CP: 54830. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. Tel: 53-42-281692. Fax: 53-42-281608. e-mail: carlosmh@uclv.edu.cu

Nilda Rosa Martínez-Flores, Centro Provincial de Higiene y Epidemiología. MINSAP, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, e-mail: carlosmh@uclv.edu.cu

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.