

CARRERA: Agronomía

TRABAJO DE DIPLOMA

**DISMINUCIÓN DE LOS EFECTOS DE SALINIDAD CON APLICACIONES DE
VINAZA EN UN SUELO DEL SUR DEL JÍBARO**

**DECREASE OF THE EFFECTS OF SALINITY WITH APPLICATIONS DE VINEGAR
IN A FLOOR OF THE SOUTH OF THE JÍBARO**

Autor: Leosdel Marín Ramos

Tutor: Dr.C. Miguel Salvat Quesada

Sancti Spíritus
Año 2022
Copyright©UNISS

Este documento es Propiedad Patrimonial de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, y se encuentra depositado en los fondos del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez” subordinada a la Dirección de General de Desarrollo 3 de la mencionada casa de altos estudios.

Se autoriza su publicación bajo la licencia siguiente:

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional

Atribución- No Comercial- Compartir Igual



Para cualquier información contacte con:

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación “Raúl Ferrer Pérez”.
Comandante Manuel Fajardo s/n, Olivos 1. Sancti Spíritus. Cuba. CP. 60100

Teléfono: 41-334968

Resumen

Los suelos del sur de Jíbaro cercanos a la costa, están presentando problemas de fertilidad por salinización, existen alternativas poco costosas y viables en nuestro contexto provincial como la Vinaza que pueden remediar estos defectos del suelo. Por lo que esta investigación tiene como Objetivo: evaluar los cambios de las propiedades físicas y químicas de un suelo afectado por sodicidad por aplicación de vinaza, en el lote K de la UBPC "El Cedro" Sur del Jíbaro. Para ello se desarrolla en una fase experimental de laboratorio en las instalaciones de la Universidad José Martí Pérez (Uniss) y colaboración y una parte donde se habilita un patio experimental cercano a la zona de estudio, donde se hacen los tratamientos a las muestras colectadas en el lote K perteneciente a la UBPC "El Cedro, La Sierpe, Sancti Spíritus con dos dosis diferentes de vinaza que representan los tratamientos (T1 y T2): y un tratamiento testigo (T0) solo agua de los canales de riego, donde se determinó antes de las aplicaciones y después de estas la textura, pH y Conductividad eléctrica, donde se pudo apreciar que la aplicación de dosis de Vinaza es suficiente para causar cambios favorables en estos indicadores en el suelo, originando el desplazamiento y lixiviación de las sales intercambiables y solubles.

Palabras claves: vinaza, remediación de suelos salinos, sodicidad.

Summary

The floors of the south of near Jíbaro to the coast, problems of fertility are presented by salinity, they exist alternative not very expensive and viable in our provincial context as the Vinegar that can remedy these defects of the floor. For what this investigation has as Objective: to evaluate the changes of the physical and chemical properties of a floor affected by sodium by Vinegar application, in the lot K of the UBPC "El Cedro" of "El Sur del Jíbaro. For it is developed it in an experimental phase of laboratory in the facilities of the University José Martí Pérez (Uniss) and collaboration and a part where a near experimental patio is enabled to the study area, where the treatments are made to the samples collected in the lot K belonging to the UBPC "El Cedro, The Serpent, Sancti Spíritus with two dose different from vinaza that represent the treatments (T1 and T2): and a treatment witness (T0) single water of

the watering channels, where it was determined before the applications and after these the texture, pH and electric Conductivity, where you could appreciate that the application of dose of Vinegar is enough to cause favorable changes in these indicators in the floor, originating the displacement and lixiviación of the interchangeable and soluble salts.

Key words: vinegar, remedy of saline floors, sodium.

Índice

INTRODUCCIÓN	6
MARCO TEÓRICO.....	9
1.1 La recuperación de suelos salinos enfocada desde la ciencia.	9
1.2. Los Suelos Sódicos.	9
1.3. La vinaza como enmienda de los suelos salinos	12
1.3.1. Composición de la Vinaza.....	12
1.3.2. Cambios en algunas propiedades del suelo por aplicación de Vinazas. ..	15
1.3.3. Algunos tratamientos que se le pueden dar a la vinaza	16
MATERIALES Y MÉTODOS	18
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	23
3.2 Características iniciales de la vinaza y el agua utilizadas en el experimento. .	25
3.2 Efecto de los tratamientos	25
3.3 Efectos sobre las aguas percoladas.	29
CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFIA	36

INTRODUCCIÓN

Estudios indican que la tercera parte de todos los terrenos bajo riego en el mundo (aproximadamente 70 millones de ha), presentan problemas de salinidad. (Batista *et al*, 2017) Esta salinidad es generada por tres principales causas naturales, las cuales son el intemperismo de los minerales, la precipitación atmosférica y las sales fósiles (quedan en el medio lacustre y marino).

Las numerosas formas de actividades del hombre han conllevado a la degradación de los suelos, por lo que constantemente se buscan alternativas, que posibiliten el mejoramiento de las propiedades del suelo y la obtención de altas producciones agrícolas. (Vázquez, 2014)

Entre las actividades humanas que también proporcionan la formación de sales en el suelo está el uso del agua de riego con alta salinidad y desechos industriales (Bohnet *al.*, 1993), como también la desecación de los humedales.

Mientras que en Cuba los procesos erosivos afectan a 2,5 millones de hectáreas de suelos del país, el alto grado de acidez alcanza alrededor de 3,4 millones de ha, la elevada salinidad y sodicidad influyen en alrededor de 1 millón de ha, la compactación incide sobre 2,5 millones de ha, los problemas de drenaje alcanzan 2,7 millones de ha y el 60% de la superficie del país se encuentra afectada por estos y otros factores (incluso por más de un factor a la vez) que pueden conducir a los procesos de desertificación (Vázquez, 2014).

Por estas razones, en la agricultura cubana constituye una necesidad la evaluación de diversas alternativas, en aras de ofrecer a los productores una variedad de prácticas que posibiliten hacer más económico el tratamiento de los suelos, logrando que las mismas estimulen la actividad microbiana y la producción de materia orgánica (Díaz-Viruliche, 2008)

En suelos con alta concentración de sodio en el complejo de cambio, se presenta un elevado pH y deterioro de sus condiciones físicas, especialmente de la

capacidad para conducir agua y gases, al tiempo que causa desbalances nutricionales que afectan las plantas. (Girón, 2019)

En regiones como la Caribeñas y latinoamericanas se encuentran amplias áreas con suelos afectados por sales y/o por sodio, esta problemática se restringe solo a las áreas más secas, características que imponen limitaciones fuertes para el uso agropecuario intensivo.(Herrada, 2009) estudió la distribución de diferentes formas de salinidad en los suelos de las regiones Caribe, se encontró que el 28.3% del área de ellas(3'506 033 ha) está afectada por algún grado de salinidad.

Los desechos de la industria azucarera y sus derivados pueden convertirse en subproductos con cierto valor económico y a la vez evitar el impacto al medio ambiente que ocasionaría su incorrecta disposición. La solución de esta problemática debe apoyarse fundamentalmente en medidas para la reducción del volumen y agresividad de los mostos, con el uso de alternativas de aprovechamiento como: utilización en el biogás, recirculación de un porcentaje de vinaza en la fermentación, como fertilizante orgánico, en la obtención de proteína celular, concentrándolo para alimento animal (Vázquez, 2014)

Los suelos del sur de Jíbaro cercanos a la costa como los pertenecientes al Lote K, están presentado problemas de fertilidad por salinización, existen alternativas poco costosas y viables en nuestro contexto provincial como la Vinaza que pueden remediar estos defectos del suelo. Actualmente son limitados los antecedentes concisos que indiquen el uso de la vinaza tratada sin o con aditivos en algún cultivo del arroz y en particular en La sierpe, solamente de la aplicación de esta sin tratamiento previo (Cordero, 2019) en otros cultivos como frijol y caña de azúcar. Por tal razón, los estudios de diagnóstico de los suelos de estos campos (Lote K) efectuados da la posibilidad de incluir estas determinaciones e investigar lo siguiente:

- El efecto de los tipos de vinaza (tratada y no tratada) como fertilizante en el cultivo del arroz, como acondicionador de suelo y
- No se conoce la dosis de vinaza tratada y pura para usarla como fertilizante en el cultivo de arroz.

La presente investigación tiene como problema científico: ¿Qué efectos por la aplicación de vinaza, provocará en las propiedades de los suelos afectados por sodicidad?

A partir del problema planteado se construye la siguiente hipótesis: La reducción de la sodificación y los cambios en algunas propiedades físicas y químicas del suelo pueden estar mediados por la aplicación de vinaza en ellos.

Los estudios se realizan en laboratorio y campo, donde se monitorean los procesos con el fin de extraer conclusiones válidas para el uso y aprovechamiento de la vinaza como enmienda al suelo.

Objetivo General

Evaluar los cambios de las propiedades físicas y químicas de un suelo afectado por sodicidad por aplicación de vinaza, en el lote K de la UBPC "El Cedro" Sur del Jíbaro.

Objetivos Específicos:

1. Diagnosticar las propiedades físico-químicas de un suelo con problemas de sodicidad del Lote K perteneciente a la UBPC "El Cedro" en la Empresa de Granos "Sur del Jíbaro".
2. Evaluar a nivel de laboratorio el efecto de la aplicación de dos concentraciones de vinaza (C.E. = 8.5 y 4.2 dS.m⁻¹) sobre algunas propiedades físico-químicas de un suelo con problemas de sodicidad del lote K perteneciente a la UBPC "El Cedro" que posibilite fijar dosis de vinaza más recomendadas para la enmienda de dichos suelos.

MARCO TEÓRICO

1.1 La recuperación de suelos salinos enfocada desde la ciencia.

Se han realizado diversos trabajos de investigación para el mejoramiento de los suelos salinos, tales como “Influencia de la naturaleza de la arcilla en las características y prácticas de recuperación de suelos salinos y/o alcalinos del Valle del Cauca” por García en el 2003, el cual tomó distintos tipos de suelo en cilindros hasta 60 cm de profundidad, para realizar pruebas físicas, químicas y mineralogía de arcillas para entender como la arcilla interactúa con las sales del suelo. A los suelos se aplicó yeso y ácido sulfúrico diluidos en agua destilada como enmienda de acuerdo al PSI. Teniendo mejor reacción en el suelo, el ácido sulfúrico que el yeso, debido al tipo de arcilla (mormorillonita) que reacciona con los elementos y la enmienda; recomienda el manejo físico del suelo (mecanización).

Hernández en 1993, estudio la “influencia de enmiendas químicas en la recuperación de suelos salinos y/o sódicos en el bosque seco tropical Colombiano”, trabajó en invernadero con doce tipos de suelos afectados por sales, a los cuales se les realizó análisis físicos y químicos, posteriormente se aplicó diferentes tipos de enmienda (yeso, ácido sulfúrico, azufre, carbonato de calcio, roca fosfórica y orgánicos), con el propósito de evaluar su eficiencia, llegando a resultados muy variados debido a la aplicación de diferentes enmiendas, como por factores edafológicos observados a través de la aplicación.

1.2. Los Suelos Sódicos.

Los suelos salinos contienen suficiente sodio adsorbido por el complejo de cambio para desarrollar propiedades físicas y químicas desfavorables, restringiendo el normal desarrollo de las plantas. La reacción varía según el PSI y la presencia de $\text{CO}_3^{=}$ ó CO_3H^- . El pH va desde 8 hasta más de 9.5 y el contenido en sales es generalmente bajo ($\text{CEc} < 2 \text{ dS.m}^{-1}$) (Pérez, 2014).

En estos suelos las arcillas se dispersan, son arrastradas por el agua de lavado y pueden acumularse a pocos centímetros de profundidad, formando una capa

pesada de estructura prismática o columnar, poco permeable y asfixiante. La capa superior presenta textura gruesa y quebradiza.

En los suelos con elevado PSI, la materia orgánica se dispersa y disuelve, depositándose en la superficie, tomando color oscuro y dando origen al “álcalinegro”. Un elevado PSI afecta las propiedades del suelo, e indirectamente los cultivos se ven perjudicados por el deterioro de ciertas propiedades como estructura, permeabilidad, etc. No obstante, hay algunos cultivos sensibles al sodio adsorbido por el complejo de cambio, cuya presencia provoca en ellos toxicidad (Batista *et al.*, 2017).

Por otra parte, suelos con pH elevado (>8,5), presentan acumulación de sales de sodio con hidrólisis alcalina (bicarbonatos y carbonatos) como lo señalan varios autores (Girón, 2019). Otros autores postularon que un inventario de los procesos que pueden determinar la magnitud de la alcalinidad (ALC), y consecuentemente de la alcalinidad residual (ALCR), deberían ser útiles para identificar los factores asociados con la formación de suelos alcalinos. Matemáticamente la ALCR puede ser expresada en diferentes formas y es totalmente equivalente al carbonato de sodio residual (CSR) propuesto desde 1950.

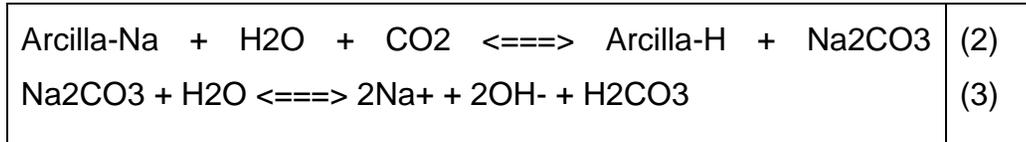
1.2.1. Efectos de Sodicidad en el suelo.

La alcalinización se desarrolla cuando en la solución del suelo existe una concentración elevada de sales sódicas capaces de sufrir hidrólisis alcalina, de tipo carbonato y bicarbonato de Na⁺. Junto a estas sales de base fuerte (NaOH) y ácido débil (H₂CO₃), existen importantes cantidades de sales sódicas neutras carentes de propiedades alcalinizantes, principalmente Cl⁻ y SO₄⁻², y sales de Ca⁺² y Mg⁺² (Herrada 2009).

Un elevado contenido de Na⁺ en la solución del suelo, en relación con el Ca²⁺ y Mg²⁺, da lugar al incremento de este ión en el complejo de cambio, lo que provoca, dada su baja densidad de carga (elevado radio de hidratación y baja carga), el aumento del espesor de la doble capa difusa, los efectos de repulsión entre los coloides y, con ellos la dispersión de la arcilla y la solubilización de la materia orgánica. Según varios autores, la concentración de Na⁺ frente al Ca⁺² y Mg⁺² en la

solución del suelo ha de ser superior al valor límite del 70%, para que el Na⁺ pueda desplazar al Ca⁺² y Mg⁺² en el complejo de cambio, dada la menor energía de adsorción del sodio (Girón, 2019).

Las arcillas saturadas de Na⁺ tienen propiedades particulares en presencia de agua lluvia, por tanto, con CO₂ disuelto, se hidrolizan, liberando Na⁺ y OH⁻ según la ecuación:



Como consecuencia el medio se alcaliniza rápidamente, alcanzándose valores de pH cada vez más altos. Las ecuaciones anteriores se pueden simplificar así: Arcilla-Na + H₂O <====> Arcilla-H + Na⁺ + OH⁻ (4)

La alcalinización del perfil produce una serie de consecuencias desfavorables para las propiedades fisicoquímicas del suelo. Así tanto las arcillas sódicas como el humus se dispersan, los agregados estructurales se destruyen. Las arcillas y los ácidos húmicos se iluvian, acumulándose en el horizonte B, formándose un horizonte de acumulación de arcillas sódicas, es decir, que se origina un horizonte nátrico (si la intensidad de la iluviación es suficiente).

Los cambios estacionales producen el hinchamiento y contracción de las arcillas sódicas (montmorillonita) formándose una estructura prismática fuertemente desarrollada. Finalmente, como el medio se torna fuertemente alcalino, la cristalinidad de las arcillas disminuye, se vuelven inestables, parte de ellas se descomponen, se destruyen los vértices y aristas superiores de los prismas originando una estructura muy peculiar llamada columnar que presenta la cara superior de los prismas redondeada. En ocasiones, los humatos sódicos iluviados se acumulan en estas superficies revistiéndolas de colores muy oscuros (Zuñiga *et al.*, 2011).

1.3. La vinaza como enmienda de los suelos salinos

1.3.1. Composición de la Vinaza

La vinaza es un subproducto de la fabricación de alcohol que se produce en proporción 13:1; es decir, por cada litro de alcohol se obtienen 13 litros de vinaza. De acuerdo con Ferreira y Montenegro (1987), esta proporción puede variar entre 10:1 y 15:1. Recientemente se han desarrollado cambios en el proceso de fabricación de alcohol para obtener vinaza más concentrada; en Colombia, por ejemplo, la Industria de Licores del Valle produce 2.5 litros de vinaza con 55% de sólidos totales por litro de alcohol.

La composición de la vinaza depende de las características de la materia prima usada en la producción de alcohol, en este caso melaza, del sustrato empleado en la fermentación, del tipo y eficiencia de la fermentación y destilación y de las variedades y maduración de la caña. La vinaza, resultante de la destilación de melaza fermentada, tiene una composición elemental interesante y contiene todos los componentes del vino que han sido arrastrados por el vapor de agua, así como cantidades de azúcar residual y componentes volátiles (García y Rojas, 2004). De manera general, los constituyentes son (tabla 1):

- Sustancias inorgánicas solubles con predominio de los iones K, Ca y SO₄.
- Células muertas de levadura.
- Sustancias orgánicas resultantes de los procesos metabólicos de levaduras y microorganismos contaminantes.
- Alcohol y azúcar residual.
- Sustancias orgánicas insolubles.
- Sustancias orgánicas volátiles.

Se estima que por una tonelada de caña destinada para la producción de azúcares obtienen 45 kg de melaza que pueden producir 12 lt de alcohol (Tuesta, 2017) y entre 30 y 156 lt de vinaza según los contenidos de sólidos totales.

Tabla 1. Propiedades químicas de la vinaza

Compuestos	Concentración (%)
Sólidos totales (m/litro)	214.7
Materia Orgánica (MO)	8.1
Carbono Orgánico (CO)	4.69
Nitrógeno (N)	0.3
Fósforo (P ₂ O ₅)	0.06
Potasio (K ₂ O)	1.79
Calcio (CaO)	0.39
Magnesio (MgO)	0.32
Sulfatos (SO ₄)	0.55
Elementos Menores	ppm
Manganeso (Mn)	5.60
Cobre (Cu)	2.56
Zinc (Zn)	3.73
Boro (B)	3.40
Características Adicionales	
Densidad (kg/m ³)	1084
pH	4.3 - 4.9
Conductividad Eléctrica (dS/m)	21.47
°Brix	20

Fuente: Laboratorio de campo Ingenio Providencia S.A. E.S.P.

Compuestos orgánicos en la vinaza.

Entre los compuestos los de mayor concentración está el glicerol, el ácido láctico y el sorbitol; debido a su importancia comercial, resulta interesante adelantar evaluaciones técnico-económicas para estudiar la ruta de extracción y su aprovechamiento (tabla 2)

Tabla 2. Composición de la vinaza concentrada (64. 8° Brix)

COMPUESTO	CONCENTRACIÓN (%m/m)
2,3 Butanodiol	0.01
2- metil-1,3-butanodiol	0.20
Glicerol	2.70
Sorbitol	1.40
Ácido láctico	1.30
Ácido Succinico	0.07
Ácido málico	0.23
Ácido Aspartico	0.05
Ácido Aconitico	1.80
Ácido Cítrico	0.80
Ácido Quínico	0.70
β-Fructofuranosa	0.50
α-glucopiranososa	0.30
Sacarosa	0.20
Trehalosa	0.30

Fuente: Korndofer; y Lara, 2004.

Otro estudio, consiste en identificar la asimilación y transformación que la flora microbiana de los suelos puede hacer a partir de los compuestos orgánicos e inorgánicos de la vinaza, y conocer su efecto en el mejoramiento de la productividad agrícola (Moran *et al.*, 2016).

La vinaza tiene sólidos orgánicos que, por su naturaleza, la carga superficial, el potencial de superficie y el espesor efectivo de la doble capa coloidal, cambian simultáneamente con la composición y el pH de la solución. En su estado natural, es ácida y por lo tanto su carga neta es positiva; de otra parte, suelos montmorilloníticos como el de este estudio, poseen carga neta negativa. Entonces, debido a las diferencias en tamaño entre estos coloides minerales del suelo y los materiales de bajo peso molecular de la vinaza, es posible concluir con (Cordero 2019), que los sólidos de la vinaza sufrirán un reverso de carga al contacto con estas superficies cargadas opuestamente

1.3.2. Cambios en algunas propiedades del suelo por aplicación de Vinazas.

La aplicación de vinaza al suelo genera cambios en las características físicas y químicas, tales como: pH, disponibilidad de nutrientes principalmente K^+ , materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica.

Cambios físicos.

Varios autores según Portocarrero en el 2028, estudiaron los efectos en un Oxisol arcilloso tratado con diferentes dosis de vinaza, y concluyeron que no hubo alteraciones de la arcilla dispersa en agua por la influencia del contenido de materia orgánica. El incremento de la actividad microbiológica está acompañado de la excreción de mucílago, que estimula la agregación de las partículas, además no hubo cambios significativos en la densidad y porosidad total del suelo.

Con respecto a la infiltración de agua en el suelo que recibe vinaza aumenta con respecto al control. Cordero en 2019, mostró que la infiltración en suelo arcilloso que recibió 1000 m³/ha de vinaza puede estar relacionada al aumento de la estabilidad de la agregación superficial.

Mazza *et al.* 1986, citados por Korndorfer 2004, encontraron que grandes aplicaciones de vinaza al suelo pueden aumentar el almacenamiento de agua, la cantidad de agua disponible y los niveles de tensión. Estos autores apreciaron cambio de color con la profundidad, y sugieren que esas modificaciones se dan por las formas de óxidos de hierro.

Cambios químicos.

Korndörfer 2004, indica que existe una variación en cuanto a los cationes intercambiables en diferentes tipos de suelos, lo que implica una alteración en la suma y porcentaje de saturación de bases.

Girón en el 2019, ha estudiando el K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2} , observaron aumento en la lixiviación de estos cationes debido al incremento de las dosis de vinaza y el Mg^{+2} proporcionalmente se lixivió más que el Ca^{+2} .

La aplicación de vinaza también causó la elevación del pH, de 4.4 a 6.0. Este aumento según diversos autores citados por Korndöfer 2004, es considerado por las condiciones anaeróbicas locales y temporales (disminución del potencial redox) y el aumento de la saturación de bases.

Camargo et al.1983, evaluaron la dinámica de las formas de nitrógeno y de azufre en suelo tratado con vinaza, el nitrato fue mayor que el de amoníaco, fenómeno que se explica por la velocidad de la reacción que favorece la nitrificación. También observó incrementos en la disponibilidad de los micronutrientes.

1.3.3. Algunos tratamientos que se le pueden dar a la vinaza

Con el fin de evitar un posible cambio de carga en los sólidos orgánicos de la vinaza al contacto con superficies de carga negativa y radicales OH⁻ que conlleve a su dispersión y acumulación en forma de sello, es posible someter la vinaza a una descomposición de su fracción orgánica mediante inoculación con cepas múltiples como las que utilizan algunos ingenios del Valle del Cauca, para mejorar su eficacia como enmienda y fertilizante de potasio.

Microorganismos eficientes (EM).

Los microorganismos eficientes (EM) fueron desarrollados en la década de los 70, por Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Japón. Este producto comercial está conformado esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería (tabla 3)

Inicialmente este producto fue desarrollado para el mejoramiento de suelos y el tratamiento de residuos agropecuarios, sin embargo en los últimos años se ha intentado extrapolar su aplicación al campo del tratamiento de aguas. En el caso específico de Colombia hay experiencias en sistemas de potabilización en el tratamiento de aguas residuales y en eliminación de olores en Bogotá y otros municipios (Cruz, 2009).

Tabla 3. Ficha técnica de los microorganismos EM

MICROORGANISMOS	Concentración microorganismos/ml
Levaduras	8*10 ⁶
<i>Azospirillum Brasiliense</i>	2 * 10 ⁷
<i>AzotobacterChroccocum</i>	3.4 * 10 ⁷
<i>AzotobacterVinelandii</i>	2.2 * 10 ⁷
<i>PseudomonaFluorensens</i>	2.3 * 10 ⁷
<i>LactobacillusCasei</i>	1 * 10 ⁹
<i>RhodoseudomonaPalustris</i>	5.30 * 10 ⁷
<i>PaecilomycesLilacinus</i>	1 * 10 ⁹ (es/gr)
<i>Trichoderma</i>	1* 10 ⁸

Fuente: Madigan, MartinkoyPacker (2014).

Los Microorganismos Eficaces EM® son una mezcla de bacterias fotosintéticas o fototróficas (*Rhodopseudomonassp.*), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillussp.*) y levaduras (*Saccharomycessp.*) en concentraciones superiores a 100.000 unidades formadoras de colonias por mililitro de solución. Los diferentes tipos de microorganismos en el EM, toman sustancias orgánicas y sustancias generadas por otros organismos. Durante su desarrollo los Microorganismos Eficientes sintetizan aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas benéficas para los animales (Madigan, MartinkoyPacker,(2014).

Cuando los Microorganismos Eficientes incrementan su población en el medio, la actividad como comunidad con los microorganismos naturales benéficos presentes es también incrementada y la microflora en general se enriquece, balanceando los ecosistemas, inhibiendo la proliferación de microorganismos patógenos, perjudiciales y/o que causan putrefacción, suprimiendo la generación de malos olores y las condiciones favorables para enfermedades (Madigan, MartinkoyPacker, (2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolla en una fase experimental de laboratorio en las instalaciones de la Universidad José Martí Pérez (Uniss) y colaboración con la Estación Experimental de grano del sur del Jíbaro donde se procesan los datos físicos del suelo y una parte donde se habilita un patio experimental cercano a la zona de estudio en el poblado Las Nuevas, Sur del Jíbaro, La Sierpe, donde se hacen los tratamientos a las muestras, las que fueron colectadas en el lote K (coordenadas geográficas 688.350 N y 215.800 E) perteneciente a la UBPC "El Cedro, La Sierpe, Sancti Spíritus. (Anexo 1)

Para la fase preliminar se analiza un suelo de tipo Vertisuelo no Gleyzado Pardo Oscuro (Hernández, 2016) cuyas características químicas son consideradas limitantes por su alto PSI, CE y PH de la zona de estudio, donde se toma una (parcela 1) de 10 x 10 m. Se colectan en total cinco muestras indisturbadas de suelo a 40 cm (Figura 2.1), que se añaden en cilindros de polietileno de alta densidad con borde biselado cuya dimensión es de 6" (13,25cm) de diámetro y 50 cm de profundidad; estas muestras son distribuidas de la siguiente manera: Por cada muestra de suelo se tomaron dos profundidades 0 a 20 cm y una a profundidad 20 a 40 cm, para su análisis. (Figura 2.1)



Figura 2.1. Muestreo en la en un transepto de la parcela Fuente: El Autor, 2022.

A cada suelo se aplica dos dosis diferentes de vinaza que representan los tratamientos (T1 y T2): diluida a C.E. de 8.5 dS.m⁻¹ (200mL de vinaza:100mL de agua) y diluida a C.E. de 4.2 dS.m⁻¹(20mL de vinaza:100mL de agua) y un tratamiento testigo (T0) que no se le aplico vinaza solo agua de los canales de riego, estas aplicaciones se realizaron en muestra y contramuestra de suelo para dos réplicas, ya que se consideró en esta fase experimental, las aplicaciones de la vinaza al suelo son las recomendadas como efectivas por la literatura consultada(Tuesta, 2017) con miras a formular la dosis y volumen adecuado a utilizar luego en la fase de campo por hectárea con el tipo de suelo estudiado.

Para las condiciones controladas en las pruebas de laboratorio, se dispuso de una estructura para soporte vertical de los cilindros (Figura 2.2.), cuya disposición en bloque permite la aplicación y el control de las dosis de vinaza y a su vez facilita la recolección de los efluentes de los distintos cilindros en prueba. Igualmente permite la medición y seguimiento a las variables en estudio.



Figura 2.2. Soporte vertical de los cilindros

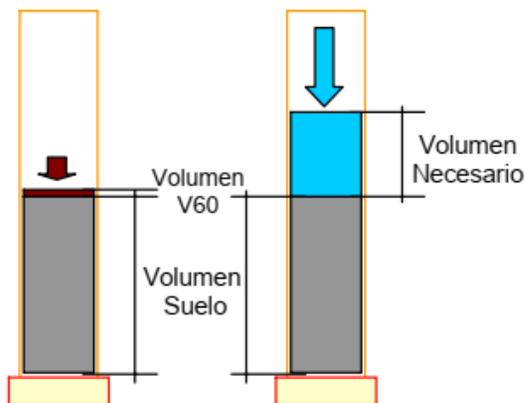
Los experimentos en los cilindros de suelo corresponden a las muestras tomadas de la parcela estudiada a cada una de ellas hechas en transeptos aleatorios en bandera inglesa. La densidad y la altura escogidas para empacar los suelos se basaron en los criterios dados en el manual 60 de salinidad del departamento de agricultura de los

E.U, los cuales establecen un promedio para la densidad aparente de suelo seco de 1333 kg/m y profundidades típicas a remediar que van de 15 a 30 cm. Para este caso la profundidad que se decidió recuperar fue de 40 cm.

La duración de la fase de laboratorio es de aproximadamente dos meses, tiempo durante el cual se hizo seguimiento de las siguientes variables: conductividad eléctrica (C.E.) y pH del efluente colectando.

La tasa de aplicación de las dosis de vinaza a las columnas de suelo, se hizo según la lámina de saturación y de lavado para cada suelo, teniendo en consideración sus características físico-químicas, con una cabeza hidráulica aplicada de la disolución de vinaza es de 14 a 15 cm. Figura 2.3

Figura 2,3. Cabeza Hidráulica Requerida para permitir el paso de la vinaza a través del perfil del suelo.



Al final del periodo de experimentación en laboratorio, se toman muestras entre 0-20 cm (15 cm) y 20-40 cm (30 cm), para su análisis en el laboratorio de la Uniss y la determinación de las propiedades químicas del mismo.

Se analizaron a parámetros físicos con base en la metodología IGAC 2006: caracterización fisicoquímica del suelo: textura, pH, conductividad eléctrica (CE). El pH y conductividad eléctrica (C.E.) se midió con (potenciómetro 1:1 en los suelos muestreados en cada cilindro de carga.

A continuación, se explican los procesos de determinación de cada indicador medido.

Textura

La textura del suelo fue determinada mediante el método de Bouyoucos en el laboratorio de la Estación Experimental de Granos del sur del Jíbaro. Se pesaron 100g de suelo, a la muestra se le adicionó agua destilada hasta cubrir la superficie, posteriormente se adicionaron 5 mL de $(\text{NaPO}_3)_6$ mezclándolo con la muestra. La

muestra mezclada se colocó en una probeta de 1 L en donde fue introducido un hidrómetro. La primera medición con el hidrómetro se realizó a los 40 segundos, para medir partículas de diámetro mayor a 0.05 mm. Después de 2 horas se realizó otra medición con el hidrómetro para medir partículas de diámetro mayor de 0.002 mm (NOM-021-SEMARNAT-2000). La textura se determina mediante lectura del hidrómetro, haciendo una corrección con las siguientes fórmulas para obtener los porcentajes de arcilla, limo y arenas:

$$\text{Lectura 40 segundos} * 2 = \% \text{ Arcilla} + \text{Limo}$$

$$\text{Lectura 2 horas} * 2 = \% \text{ Arcilla}$$

$$100 - (\% \text{ Arcilla}) + \text{Limo} = \% \text{ Arena}$$

$$(\% \text{ Arcilla} + \text{Limo}) - \% \text{ Arcilla} = \% \text{ Limo}$$

La textura fue clasificada de acuerdo con el triángulo textural (Figura 2.4).

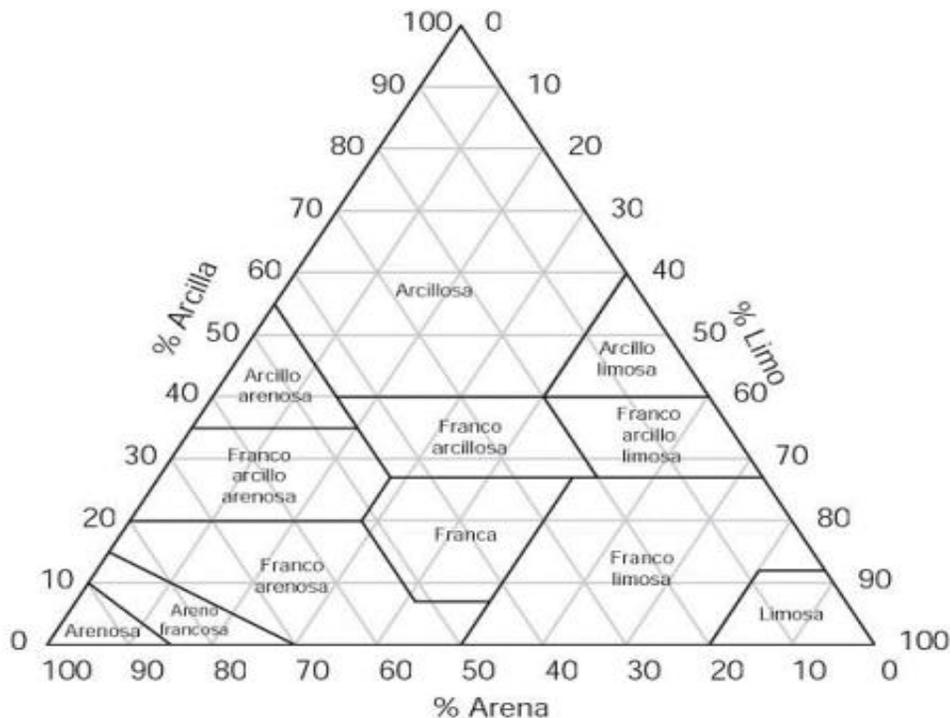


Figura 2.4 Triángulo Textural (FAO 2005 en Rojas 2005)

Se utilizó un diseño unifactorial completamente aleatorizado, con tres tratamientos, dos réplicas por cada uno de los cinco muestreos de sustrato en el área para un total de 15 columnas de sustrato.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa estadístico SpSS para Windows. Los datos cuantitativos de los indicadores se someten a un análisis de media de clasificación simple y los parámetros que presentaron diferencias significativas se le realizan la Prueba de comparación de rangos múltiple de Duncan con una probabilidad de error ≤ 0.05

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

En la tabla 3.1 se presentan las propiedades iniciales del suelo del lote K de la UBPC "El Cedro" Sur del Jíbaro, de acuerdo con los criterios para clasificación dados en el marco teórico, el suelo tiene una tendencia alta a la salinidad sódica, en las pruebas de laboratorio alcanzan una Conductividad Eléctrica como promedio de 10,5 mS/cm y una reacción muy fuertemente alcalinidad ($\text{pH} = 8,0$) condición que está asociada al alto contenido de sodio intercambiable (Bohn, H., Mcneal, B., O'connor, G., 1993). El catión dominante en la fase soluble por tanto es el Na^+ .

En condiciones naturales el pH del suelo puede variar en un rango de 4 a 11, en función del tipo de iones que predominen en la solución del suelo (Roja, 2005). En regiones áridas y semiáridas, las sales presentes en el suelo no son eliminadas por el agua de percolación y quedan acumuladas en el suelo. Si las sales predominantes son de calcio, el pH alcanza valores hasta 8, y si son de sodio hasta 11.

Por el contrario, en ambientes húmedos no salinizados como el suelo que se estudia, el pH no supera el valor de 7. El factor clave para establecer un nivel determinado de pH es la presencia o no de cationes, calcio y sodio para suelos alcalinos y ausencia de cationes o presencia de aluminio en los ácidos. El pH ejerce una notable influencia en aspectos de nutrición de las plantas ya que la capacidad de extraer determinados nutrientes del suelo queda limitada por aquél. Así los distintos elementos nutritivos para las plantas presentan unos valores óptimos de pH y en función de éste podrán ser absorbidos o no por el sistema radicular de la planta.

Se puede decir que el suelo de la zona de estudio, es de reacción alcalina ($\text{pH} \geq 8,00$) en los estratos menores de 15 cm; y salino ($\text{CE}_{e10,5} \geq 2,30 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$), por tanto, con contenidos muy elevados de Na^+ y Mg^{+2} intercambiables el catión dominante en la fase soluble es el Na^+ . (Vázquez, 2014)

Se puede apreciar, además, que hay una variabilidad química-física en un área relativamente pequeña, que se manifiesta en los valores de conductividad eléctrica y pH que se analizaron. En las observaciones visuales se aprecian "moteos" en las

terrazas, que experimentan cierta fertilidad al germinar arvenses en dichas áreas secas.

Tabla 3.1. Características químicas iniciales de los suelos usados en el experimento.

	Promedios de la parcela de estudio		Textura %			Clasificación textural
			A	L	Ar	
Profundidades	15 cm	30 cm	20	10	70	Ar.Mo.
pH	8.0	7.5				
CEedSm-1	10,51	7,20				

Ar. Mo. arcilla montmorillontica

Fuente: Laboratorio de suelos Uniss, 2022, Laboratorio de suelos Minagri, 2022

Dentro de otras características determinadas por el Programa Mapinfo tenemos que es medianamente humificado con un 3% de Materia Orgánica (MO), de pendiente llana y aunque es productivo para cultivar arroz con variedades resistentes a la salinidad, para otros cultivos es medianamente productivo, ya que tienen una productividad efectiva media baja.

Estos tipos de suelo suelen tener una elevada Capacidad de Intercambio Catiónico CIC, originada en el alto contenido de arcillas, el valor del PSI calculado es aparentemente inofensivo. (Roja, 2005)

Tal como se observa en la figura 2.1b, el estado vegetativo de las plantas según Tuesta, (2017), obedece a la cantidad de Na⁺ y Mg⁺² tóxico presente en estratos altos del suelo; igualmente las condiciones físicas del suelo indican carencia de drenaje lo que puede explicar las concentraciones de los iones Ca⁺², Mg⁺² y Na⁺ tan elevadas en la fase soluble.

En la Tabla 3.1 se presentan además la textura y la densidad real de los suelos usados para evaluar el efecto de la aplicación de vinazas, correspondiendo a un suelo *arcilloso montmorillonítico*.

Debido al contenido de arcillas el suelo presenta una baja permeabilidad ya que se encuentra completamente disperso y expandido por la acción del Na⁺; (Roja 2005) el nivel de salinidad presente no es suficiente para mantener el suelo floculado. La

impermeabilidad en este suelo es mayor que otros de la zonas más alejadas pero de la misma UBPC, según reportes de suelo de la Empresa de Granos Sur del Jíbaro ya que casi la mitad de su fase sólida está compuesta por arcillas (hasta 70,11%).Se plantea por algunos autores que respecto a la CIC no son despreciables como para dañar por completo la estructura del suelo por dispersión y expansión de las arcillas.

3.2 Características iniciales de la vinaza y el agua utilizadas en el experimento.

A continuación, se establecen las características medidas a la Vinaza (tabla 3.2) y al agua usadas en el experimento el cual fue determinado en los laboratorios de la destilería El paraíso, de Tuniucú, provincia de Sancti Spíritus.

Se puede observar que el contenido de K⁺ de la vinaza es apreciable, por lo que se espera que da lugar a un aumento del mismo en el suelo luego de su aplicación. También es importante resaltar sus concentraciones de Ca⁺², Mg⁺² ySO₄⁻².

En cuanto a la dureza del agua de los canales según Estación experimental de Granos de del sur del Jíbaro, es por debajo de 184 ppm la clasifican como semiblanda.

Según las observaciones y recomendaciones hechas por el laboratorio de suelos de la propia estación, de acuerdo al contenido de bicarbonatos, presenta una ligera restricción para su uso cuando se bombea en las extracciones de los pozos.

Tabla 3.2 Propiedades de la vinaza concentrada usada en el experimento.

pH	CE	Ca	Mg	Na	K	SO ₄
-	dS/m	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
4,60	16,80	14,96	9604,5	6718,6	43,45	32,98

Laboratorio destilería El Paraíso, Tuinucú

3.2 Efecto de los tratamientos

De acuerdo con lo discutido en el marco teórico, los efectos previsibles de la aplicación de vinaza a un suelo son de varios tipos:(Rojas, 2005, Vázquez, 2014, Tuesta, 2014)

- La elevada concentración electrolítica de la vinaza favorece el proceso de floculación o agregación de las partículas de suelo, promoviendo la formación de poros y facilitando el transporte de agua y la aireación. Al reemplazar al Na^+ y/o Mg^{+2} por el Ca^{+2} , el espesor de la doble capa difusa se disminuye con lo cual se reducen la dispersión y expansión del suelo.
- Debido al carácter ácido de la vinaza, los carbonatos que puedan estar presentes en el suelo reaccionarán liberando el Ca^{+2} , dejándolo disponible al lado del aportado por la propia vinaza para el proceso de intercambio catiónico y consiguiente desplazamiento del Na^+ y Mg^{+2} . Adicionalmente, se produce una moderación del pH en suelos alcalinos y la liberación de fosfatos y elementos menores que estaban haciendo parte de diversos precipitados.
- Debido a la concentración elevada de materiales orgánicos de alta solubilidad, se favorece la actividad microbiana la cual aumenta rápidamente después de la aplicación, promoviendo la agregación y cementación de partículas, con un efecto secundario importante por el aporte de CO_2 al medio lo cual contribuye a su acidificación.

Según los mismos autores, los procesos de humedecimiento y secado, la evapotranspiración y la absorción de agua por las plantas causan concentración de la solución del suelo y precipitación de sólidos de acuerdo con su producto de solubilidad. Así, es de esperarse que los carbonatos de calcio y magnesio con muy baja solubilidad en agua, sean en su orden los primeros en formarse. El sulfato de magnesio debido a su alta solubilidad permanece en solución y determina el comportamiento químico de las sales en el perfil del suelo.

Por tanto, en los suelos en experimento, el movimiento vertical descendente de carbonatos es el resultado de la progresiva infiltración de agua de precipitación atmosférica y/o de aguas para riego que paulatinamente han translocado como tales, o disueltos carbonatos en los horizontes superiores de los suelos, y los han depositado en los horizontes más profundos, donde se produce su acumulación y precipitación.

Estos procesos descritos alteran, por tanto, las propiedades químicas, físicas y biológicas y su recuperación implica un camino en sentido contrario que puede ser puesto en marcha por los efectos de la vinaza.

Primeramente, se apreció que la conductividad eléctrica en el suelo decreció en forma exponencial a los 30 días de aplicación y con el aumento en la cantidad de vinaza empleada, debido posiblemente, a que la cantidad de vinaza utilizada y su concentración en una cantidad baja de agua dieron lugar a una colmatación en el suelo por acción electrolítica y cementante de la vinaza; esto originó el menor lavado al emplear estas dosis (Tuesta, 2017). De cualquier forma, los valores obtenidos son menores en la dosis de vinaza que el valor original, presentando diferencias significativas entre el testigo.

Tabla 3.3. El pH y Conductividad eléctrica promedio en los suelos después de la aplicación de varias dosis de vinaza.

Dosis de vinaza	PH		CEe dS.m ⁻¹	
	Suelo a profundidad 15cm	Suelo a profundidad 30cm	Suelo a profundidad 15cm	Suelo a profundidad 30cm
Diluida a C.E. de 8.5 dS.m ⁻¹	7,02 ^a	6,89 ^a	2,10 ^a	2,50 ^a
Diluida a C.E. de 4.2 dS.m ⁻¹	7,15 ^{ab}	7,0 ^{ab}	3,10 ^b	3,20 ^{ab}
Testigo	8.2 ^c	7.59 ^c	9,89 ^c	7,99 ^c

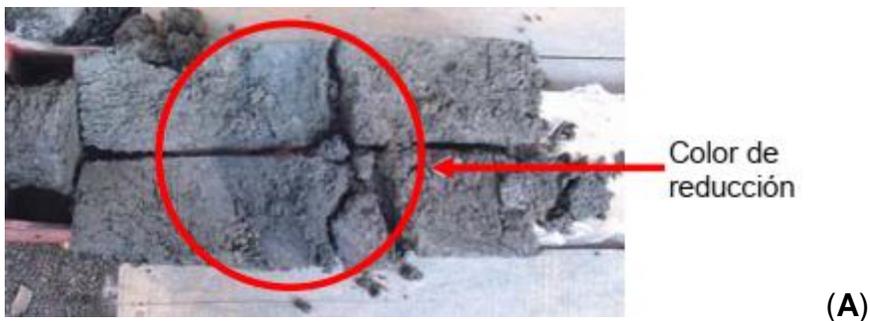
Se esperaba que la aplicación de vinaza causara cambios en el pH de los suelos debido a la disolución y dilución de materiales, debido a su carácter ácido. En el suelo el pH disminuyó en forma significativa al aumentar la cantidad de vinaza aplicada, pero sin que se presentaran diferencias significativas con las dosis. El valor inicial pasó de una condición alcalina a moderadamente alcalina a casi la neutralidad luego de la aplicación de esta dosis Ver tabla 3.2.

El testigo y la aplicación de vinaza para las dos concentraciones en la variable conductividad eléctrica del suelo, se diferenciaron significativamente, sin embargo, aunque se aprecia un efecto sobre el pH la diferencia no es altamente significativa.

Debido a que en las columnas se produjo una condición anaeróbica se dio lugar a la descomposición en condiciones de reducción de la vinaza cuyos efectos pudieron incluir la desaparición de los microorganismos aeróbicos. La producción de gases y productos de fermentación de la materia orgánica de la vinaza colmataron el medio, dificultando el transporte del agua de lixiviación.

En las figuras 3.1 se puede apreciar la coloración característica de la reducción del suelo con colores oscuros grisáceos, azulosos o verdosos. La formación de productos de la fermentación y gases se evidenció por los olores producidos al destapar las columnas y en los lixiviados obtenidos con posterioridad a 30 días.

Figura 3.1. Colores de reacciones de reducción en suelo.



Fuente: El Autor, 2022.



Fuente: El Autor, 2022.

La aplicación de vinaza concentrada a 2:1 V:V tal como se planteó en la presente investigación, es decir, la dosis completa en una sola aplicación inicial y seguida inmediatamente de lavados no resulta adecuada porque se limita el intercambio de oxígeno y se favorece la ocurrencia de reacciones de reducción en el suelo, las cuales promueven la producción de gases que interfieren en el transporte gravitacional del agua (actúan como tapones de los poros), según Tuesta en el (2017) pueden causar daño directo a la raíces de las plantas al afectar la respiración de las mismas lo cual se suma al efecto tóxico de los productos de fermentación (ácidos valérico, butírico, propiónico y alcoholes) que se generan bajo condiciones anaerobias.

Para complementar esta información se muestra, en los numerales siguientes, los resultados obtenidos al analizar los lixiviados.

3.3 Efectos sobre las aguas percoladas. A continuación, se presentan los gráficos correspondientes a las variables medidas en las aguas percoladas o lixiviados.

Tabla 3.4. Volumen promedio de agua adicionada a las columnas y de lixiviados obtenidos en los tres suelos.

Dosis de vinaza	Agua adicionada en mL	Lixiviado en mL	pH	CE dS.m ⁻¹
Testigo	10000	5000	6,87 ^a	10,2 ^a
Diluida a C.E. de 8.5 dS.m ⁻¹	10000	1110	8,29 ^b	8,7 ^b
Diluida a C.E. de 4.2 dS.m ⁻¹	10000	4021	8,0 ^{cb}	9,2 ^c

Fuente: El Autor, 2022.

El volumen se midió a lo largo de todo el experimento. En los suelos la tendencia general del agua de lixiviación fue la misma, iniciando con un volumen abundante de 10L el cual fue disminuyendo paulatinamente hasta estabilizarse y/o detenerse por completo.

Esto, como ya se discutió, obedeció a la colmatación producida por la vinaza en los suelos, lo que originó una condición anaeróbica y la producción de gases y productos de fermentación que obstaculizaron el movimiento del agua. Es importante destacar que, en el suelo, como consecuencia de lo anterior, los mayores volúmenes de lixiviados correspondieron a la aplicación de menores volúmenes de vinaza lo que comprueba el efecto anotado. Debido a su textura franco limosa tiene unos tamaños de poros más grandes que los otros suelos, lo que le permite un mejor intercambio gaseoso.

En la figura 3.4 la conductividad eléctrica muestra una tendencia a la disminución continuada a medida que se producía algún grado de lavado en el suelo. Estos resultados indican que se estaba lavando las sales antes de la colmatación de las columnas.

Las variaciones en el pH de los lixiviados del suelo muestran una tendencia que es independiente de las dosis de aplicación de la vinaza y que muestran una disminución inicial de 1 a 2 unidades, pero que posteriormente vuelve a aumentar con valores superiores al inicial. Estos resultados indican que en los días de tratamiento hubo procesos de disolución de sales de Na^+ , pero que, debido al proceso de colmatación ya mencionado, ese efecto no fue continuado, con lo cual el pH del agua de lavado empezó a dominar nuevamente.

La conductividad eléctrica en los lixiviados del suelo presentó una tendencia similar a la del suelo, es decir, la concentración de sales disminuyó con los lavados hechos al suelo.

A medida que las sales se van lavando el color de los lixiviados cambia. Inicialmente son de color oscuro debido a la presencia de materiales degradados provenientes de la vinaza, sulfatos en solución y partículas de suelo. Los colores claros son un buen indicador de que los iones dispersantes han salido. En la figura 3.5 se observa este comportamiento.

Figura 3.5. Coloración típica de los lixiviados obtenidos en los tratamientos con vinaza.



Fuente: El Autor, 2022.

La siguiente Figura presenta los lixiviados obtenidos de las distintas réplicas de columnas a las que se aplicó solamente agua de canales. De manera similar a los tratamientos con vinaza, la coloración inicial va disminuyendo en tonalidad a medida que aumenta el volumen percolado. Esta coloración obedece a los materiales colorantes del suelo que son arrastrados por el agua. Cabe resaltar que el agua de canales que se usó es incolora.

Figura 3.5. Coloración típica de los lixiviados obtenidos de las columnas testigo a las que se le aplicó agua de canales.



Fuente: El Autor, 2022.

Figura 3.6 Comparación de las coloraciones finales típicas obtenidas entre tratamiento con vinaza Vs. testigo



Fuente: El Autor, 2022.

En cuanto a la carga contaminante por materia orgánica en la vinaza, el presente estudio no arroja resultados concluyentes debido a las siguientes causas: los tiempos de recolección de muestras de lixiviados fueron demasiado largos para juntar muestras representativas y que no se degradaran con el paso del tiempo, con el fin de obtener datos confiables de DBO y DQO que no se hicieron dichas pruebas, a lo cual hay que sumar la descomposición de la materia orgánica en condiciones de reducción. Se cuenta con pocos datos, que corresponden a los primeros volúmenes recolectados de muestra.

El perfil de suelo que atravesó la vinaza en cualquiera de los tratamientos corresponde parcialmente (40 cm superficiales) al perfil de un suelo en recuperación en campo, ya que la tubería para drenar los terrenos agrícolas generalmente se instala a una profundidad mayor a 1,50 metros. Por tal motivo los resultados obtenidos no son representativos de una situación en campo y no reflejan la carga contaminante que se pueda aportar a cuerpos de agua subterráneos por efecto de la adición de la vinaza; ya que es de esperar que a mayor longitud de suelo a atravesar, menor debe ser la carga contaminante a la salida del perfil; a ello se suman los

materiales orgánicos dispersos por acción de Na^+ , que son solubles en agua y que tienen capacidad de reaccionar en el suelo por fenómenos de cambio.

Debido a la textura de este suelo, los microorganismos pudieron actuar más activamente descomponiendo la materia orgánica que ingresó en la vinaza, a diferencia de la formación de los ácidos grasos que se forman bajo condiciones anaerobias y que también suman a la hora de la determinación de la materia orgánica.

Los valores mencionados anteriormente son altos, sin embargo, se observa que en los primeros 40 cm. de suelo se obtiene una reducción de la materia orgánica presente en los colores de los primeros lixiviados. Estas concentraciones disminuyen paulatinamente por efecto de la dilución generada por la aplicación del agua de lavado. De igual manera, tal como se discutió antes, la aplicación de la vinaza debe hacerse fraccionada con el fin de permitir que su efecto recuperador se manifieste de una mejor manera sobre la conductividad hidráulica del suelo.

Esto trae como consecuencia lógica la disminución de la carga contaminante medida luego de que la vinaza haya pasado a través del perfil del suelo, dependiendo claro está, de la cantidad de materia orgánica presente en él.

CONCLUSIONES

En el suelo del lote K perteneciente a la UBPC "El Cedro de condición inicial salino-sódica, las muestras extraídas no presentaron diferencias estadísticamente significativas, en cuanto a su pH, su C_{Ee} y su textura.

La aplicación de dosis de Vinaza es suficiente para causar cambios favorables en el suelo, originando el desplazamiento y lixiviación de las sales intercambiables y solubles.

El uso de la Vinaza en la recuperación de suelos salino-sódicos en concentración 2:1 V:V (8.5 dS.m⁻¹) da lugar a una C_{Ee} residual cuyo valor aunque está por encima del nivel crítico de salinidad para un suelo normal, puede cultivarse especies tolerantes a niveles de salinidad, sin necesidad de efectuar lavados para eliminar las sales remanentes.

Se encontraron diferencias significativas de pH y CE, entre el tratamiento T2 (8.5 dS.m⁻¹) y los tratamientos T1 (4.2 dS.m⁻¹) y testigo.

El volumen de agua a adicionar es 2.5ml/m para el lavado de suelo provocó un desplazamiento de los valores de C_{Ee} que permite cultivar especies menos resistentes a la salinidad. Favorece la descomposición anaeróbica de la materia orgánica aportada por ésta, mediante de reducción química en el suelo.

RECOMENDACIONES

Es conveniente evaluar la aplicación de Vinaza en campo o en condiciones de laboratorio para determinar el tiempo que se debe dejar entre aplicación y aplicación de las fracciones de la dosis para que los microorganismos reaccionen bajo condiciones aerobias.

Debido a la conductividad eléctrica residual que deja el uso de la Vinaza en la recuperación de suelos salino-sódicos, es necesario efectuar lavados adicionales con el fin de reducir aún más la salinidad remanente a los niveles de tolerancia del cultivo que va a ser sembrado en dicho terreno.

BIBLIOGRAFIA

Batista Sánchez Daulemys et al. (2017) Mitigación de NaCl por efecto de un bioestimulante en la germinación de *Ocimum basilicum* L. TerraLatinoam vol.35 no.4 Chapingo oct./dic. 2017. versión impresa ISSN 0187-5779

Bohn, H., Mcneal, B., O'connor, G., 1993. Química del Suelo. Universidad Arizona, Florida, Nuevo México.

Cordero Llarena Juan Fernando. (2019) Evaluación de dos tipos de vinaza como fertilizante y acondicionador de suelo en el cultivo de frijol Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Cruz JR. (2009). Sistema planta-agua y su relación con la fertilización. Conferencia. Tecnicaña, Memorias Seminario Internacional de Fertilización y Nutrición de la Caña de Azúcar. Cali, Colombia. [Internet]. [Consultado 2021oct 01]. http://www.tecnicana.org/htm/eventos/2009/fertilizacion_sena_asocana/fertilizacion_sena_asocana_nov_2009.pdf#page=115.

Díaz-Viruliche, L. (2008): Alternativa de manejo para los sistemas de producción en cultivos hortícolas, En: III Congreso Agrociencia, San José de las Lajas, Cuba,

Espinosa Cuéllar A.E. (2009) Efecto de alternativas órgano minerales sobre la fertilidad del suelo Pardo mullido medianamente lavado y el rendimiento del plátano FHIA-21 en sistema extradenso. Tesis presentada para optar por el Título de Master en Agricultura Sostenible, FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS, Universidad Central Martha Abreu de Las Villas, Cuba,

Ferreira, S. E.; Montenegro, O. A. 1987. Efeitos da aplicacao da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo. Boletín Técnico Opersucar(Brasil) v.36, p.1-7.

García, A. 2003. Manejo integral de la fertilidad del suelo. Sociedad Colombiana de la Ciencia y el suelo. Tipos de Suelos Salinos Pág. 85.

García, O., Rojas, C., 2004. Posibilidades de uso de la vinaza en la agricultura de acuerdo con su modo de acción en los suelos. Nota técnica de Tecnicaña.

Girón Pinto, J. D. (2019). Evaluación documental de los métodos de restauración de suelos salinos, con influencia en el distrito de riego Uso chicamocha, departamento de Boyacá. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1170.

Hernández *et al.* (2016). Clasificación de los suelos de Cuba, 2015. Editorial Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 1era Edición, San José de las Lajas, Cuba. ISBN 978-959-7023-82-1

Herrada Urriago Jorge Julio. 2009. Disminución de los efectos de sodicidad con aplicaciones de vinaza en un suelo del valle del Cauca-Colombia. Trabajo de grado para optar al título de magíster en Ciencias Agrarias énfasis suelos, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Palmira, 2009

Korndofer; Nolla A; Lara CWaldo A. 2004. Impacto ambiental del uso de la vinaza en la agricultura y su influencia en las características químicas y físicas del suelo en: Encuentro sobre vinazas, potasio y elementos menores para una agricultura sostenible, Palmira, Colombia, 14 y 15 de mayo de 2004, Corpoica, 2004. 233 p.

Madigan, Michel T., Martinko J. M., Packer J. (2014). Biología de los microorganismos. 10ma Edición, editorial Pearson, Universida de Illionis, EE.UU.

Montenegro, S., (2008). Influencia de la aplicación de vinaza sobre la presencia, actividad y biomasa microbiana del suelo en el cultivo de maíz dulce (zeamays), Tesis magíster. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Moran Salazar, R.G., *et al* (2016). Utilization of vinasses as soil amendment: Consequences and perspectives. Springerplus 5.doi:10.1186/s40064-016-2410-3

Ortegon, G.P. et al. (2016). Vinasse application to sugar cane fields. Effect on the unsaturated zone and groundwater at Valle del Cauca (Colombia).Sci Total Environ 539:410–419.

Pérez Hernández Eudaldo (2014). Jornadas de interpretación de análisis de aguas y suelos Finca La Quinta (Garachico) – Tenerife, Servicio Técnico Agricultura y D. Rural 21 de noviembre de 2014. Agente de Extensión Agraria Cabildo de Tenerife, España.

Portocarrero Rocío, et al (2018). Salinidad por aplicación de vinazas de un suelo subtropical cultivado con caña de azúcar.<https://www.researchgate.net/publication/336412142>

Roja Cruz C.A 2005. Recuperación de suelos afectados por sales en el departamento del valle del Cauca mediante el uso de vinaza concentrada. Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Ambiental y Sanitario. Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Tuesta Popolizio D. A. 2017. Efecto de la aplicación de vinazas de la industria del tequila en el cultivo del maíz y en la asociación planta-hongos micorrízicos arbusculares (hma). Tesis que para obtener el grado académico de maestro en ciencia y tecnología en la especialidad de Ingeniería Ambiental. Guadalajara, México.

Vázquez BritoYosmel Lázaro 2014. Efecto de la aplicación de vinaza sobre algunos indicadores físicos de un suelo Pardo Sialítico carbonatado cultivado con tomate (*Solanumlycopersicum* L) cv. Amalia. Revista INGENIERÍA AGRÍCOLA, Vol. 4, No. 4 (octubre-noviembre-diciembre), pp. 24-29.

Zúñiga Escobar Orlando *et al.* (2011). Evaluación de Tecnologías para la Recuperación de Suelos Degradados por Salinidad. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín 64(1): 5769-5779.

Anexo 1 Croquis del lote K de la UBPC El Cedro.

