

***“Utilización de vinaza de caña de azúcar como fertilizante de lechuga y su efecto en el medio ambiente, en la ciudad de Mauricio José Troche, año 2021”***

***"Use of sugarcane vinasse as lettuce fertilizer and its effect on the environment, in the city of Mauricio José Troche, year 2021"***

Ing. Enzo Edén Pfefferkorn Cardozo

Ing. Miguel Andrés González

Prof. Mg. Carlos Miguel Santa Cruz Vera

Email: [carlosmiguelasantacruzvera18@gmail.com](mailto:carlosmiguelasantacruzvera18@gmail.com)

Prof. Dra. María Pablin Acosta

Email: [mapablinacosta@gmail.com](mailto:mapablinacosta@gmail.com)

Prof. Mg. Norma Estela Ramírez

Email: [norma.ramirez@unves.edu.py](mailto:norma.ramirez@unves.edu.py)

## **Resumen**

Este trabajo de investigación que se planteó como objetivo principal analizar la utilización de vinaza de caña de azúcar como fertilizante de lechuga y su efecto en el medio ambiente, en la ciudad de Mauricio José Troche, año 2021, tuvo enfoque metodológico mixto, con un diseño

experimental, se tomó como muestra 2kg de vinaza pura del tanque primario de Petropar, además de 200 ml de las aguas superficiales de río Tebicuary, como instrumento de recolección de datos fueron utilizados un instrumento de evaluación de ríos y de seguimiento del desarrollo de lechuga, así como análisis laboratoriales. Se evaluó la utilización de vinaza como

fertilizante en distintas dosis y se concluyó que su empleo no presenta una mejora estadísticamente significativa en el cultivo de la lechuga, de igual forma se analizó el efecto de la vinaza en el medio ambiente y se determinó que actualmente el río Tebicuary no presenta ninguna afectación por parte del vertido de vinazas en su afluente, comprobando de esta forma las hipótesis H0: No se observan efectos de fertilizantes con diferente concentración de vinaza sobre el desarrollo de la lechuga y H4: El río Tebicuary no se ve afectado por el vertido de vinaza en el mismo.

Palabras Clave: Vinaza, lechuga, impacto ambiental, ríos.

### **Abstract**

This research work that was raised as a main objective to evaluate analyze the use of sugar cane vinaza as a lettuce fertilizer and its effect on the environment, in the city of Mauricio José Tree, year 2021 he had mixed methodological approach, with an

experimental design, was taken as a sample 2kg of pure vinaza of the primary Petropar tank, plus 200 ml of the surface waters of the river Tebicuary, as a data collection instrument, a river evolution and monitoring of lettuce development were used, as well as laboratory analyzes. The use of vinaza as a fertilizer in different doses was evaluated and concluded that its employment does not present a statistically significant improvement in the cultivation of lettuce, in the same way the effect of vineza in the environment was analyzed and it was determined that the river Tebicuary does not present any affectation by the pouring of vinazas in its affluent, thus checking the hypotheses H0: No fertilizer effects are observed with different concentration of vinaza on the development of lettuce and H4: the river Tebicuary is not affected by the pouring of vinaza in it.

Keywords: vinaza, lettuce, environmental impact, rivers

## Introducción

En la época actuales en donde aumenta la conciencia medioambiental sobre el impacto de las industrias al ecosistema, se demanda métodos de tratamiento que mitiguen el efecto de los residuos industriales, uno de los métodos más antiguos de reutilización de dichos residuos es su incorporación a los suelos como fertilizante capaz de potenciar y sustituir otros fertilizantes. El suelo cuenta con un sistema de biodegradación capaz de asimilar residuos vegetales y de origen animal, sin embargo, la incorporación de estos residuos puede ser contraproducente sin el debido estudio y correcto tratamiento, aparte de sus evidentes beneficios.

Entre las razones que justifican el uso agrícola de la vinaza el cual es un subproducto de la destilación de etanol, es la posibilidad de reciclar los nutrientes y el agua que contiene, haciendo económicamente atractivo su

tratamiento, siendo una alternativa potencial a la solución de su eliminación como residuo.

## Materiales y métodos

La investigación es de enfoque mixto considerando que, consiste en la integración sistemática de los métodos cuantitativos, donde se pretende valorar por medio de la cuantificación de parámetros de laboratorio la situación en la que se encuentra el río Tebicuary y cualitativos con la ficha de evaluación de ríos, se pretende valorar el estado en que se encuentra el río de tal manera que ambos enfoques conserven su estructura y procedimientos originales.

Al ser esta una investigación en donde los investigadores manipularon intencionalmente las variables con el fin de observar el efecto provocado y determinar si existe relación entre las variables de estudio, la misma se ajusta al diseño experimental.

Para llevar a cabo la fase experimental de esta investigación se tomaron como muestra 2kg de vinaza pura del tanque primario de Petropar, además de 200 ml de agua superficial de río Tebicuary.

Los instrumentos utilizados considerando el estudio son; una planilla de registro de secuencias para el seguimiento del desarrollo de la lechuga, una matriz de observación de resultados, así como una ficha pre elaborada para recabar la información necesaria sobre el río Tebicuary.

Para la recolección de las muestras y datos para analizar de los efectos de la vinaza en el río se utilizaron los siguientes métodos:

a. Análisis laboratorial de aguas superficiales: se tomó como muestra 200 ml de agua del río Tebicuary, posteriormente dicha muestra fue utilizada para el análisis de los indicadores previamente establecidos.

b. Ficha de evaluación de ríos: aplico una ficha utilizando una encuesta mixta (**ver Anexo 1**), la cual fue aplicada una sola vez dicha ficha corresponde a la Guía de Evaluación del Estado de los Ríos elaborada por Celi, Guerra y Rodes (2018).

Para la manipulación de la variable **Pretratamientos de la vinaza** se tomó una muestra de 2kg de vinaza cruda, subproducto de la elaboración de etanol de caña de azúcar en la fábrica Petropar, se realizó un análisis laboratorial de dicha muestra para determinar las propiedades de los indicadores de la investigación.

Posteriormente se realizó una revisión bibliográfica con la cual se determinó que la dosis adecuada para el desarrollo de la fase experimental es de 100 kg de vinaza por hectárea a una razón de 2 aplicaciones por semana, teniendo en cuenta esta relación kg/ha se definieron 4 tratamientos con dosis

diferentes de vinaza y un grupo control sin la adición de vinaza para una duración de 30 días con 2 fertilizaciones por semana.

A continuación, se presentan y describen todos los tratamientos con sus respectivas dosificaciones;

**Tabla 1**

*Definición de tratamientos de vinaza*

Tratamientos	Concentración de vinaza	De Dosis semana
T1	(25%)	105 ml.
T2	(35%)	147 ml.
T3	(45%)	189 ml.
T4	(55%)	231 ml.
T5	(0%)	0 ml.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan de forma detallada las fertilizaciones realizadas a las plantas de lechuga durante 30 días a razón de 2 fertilizaciones por semana.

**Tabla 2**

*Dosificación de las fertilizaciones con vinaza*

Tratamientos	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
	D	D	D	D	D	D	D	D
T1 (25%)	13	13	13	13	13	13	13	13
	m	m	m	m	m	m	m	m
	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.
T2 (35%)	18	18	18	18	18	18	18	18
	m	m	m	m	m	m	m	m
	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.
T3 (45%)	23	23	23	23	23	23	23	23
	,6	,6	,6	,6	,6	,6	,6	,6
	m	m	m	m	m	m	m	m
	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.
T4 (55%)	28	28	28	28	28	28	28	28
	,8	,8	,8	,8	,8	,8	,8	,8
	m	m	m	m	m	m	m	m
	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.
T5 (0%)	0	0	0	0	0	0	0	0
	m	m	m	m	m	m	m	m
	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.	l.

\*D = Dosis o fertilización

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la variable **desarrollo de lechuga** se realizó el seguimiento de forma diaria, realizando la medición de las hojas tabulando la información en una planilla de seguimiento mensual (**Ver Anexo 2**), dicha medición se

realizó desde el primer día del trasplante de los plantines de lechuga.

En cuanto al análisis estadístico para la variable **Efectos de la vinaza en el río** se realizó un análisis de varianza teniendo en cuenta los resultados laboratoriales obtenidos, realizando una interpretación teniendo en cuenta los parámetros mínimos de calidad en aguas utilizando una escala de calificaciones de los parámetros analizados, dicha escala está valorada de la siguiente forma:

Menor que 19: Buen estado

Entre 20 y 26: Afectados

Mayor que 26: Críticamente afectado

Con respecto a las variables **Tratamientos de vinaza y Desarrollo de lechuga** también se utilizará el caculo estadístico de varianza bi factorial con varias muestras por factor, realizando un análisis individual a cada tratamiento teniendo en cuenta el seguimiento diario realizado utilizando los resultados obtenidos con la finalidad de determinar el efecto de la vinaza como fertilizante,

así como determinar cuál es la dosis con mejores resultados.

El trabajo se desarrolló entre el primer y segundo semestre del año 2021 entre los meses de abril y septiembre en el departamento del Guaira.

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la ciudad de Mauricio José Troche, departamento del Guaira, Paraguay.

El trabajo investigativo es viable y se cuenta con los recursos humanos, financieros, técnicos y logístico suficiente para la realización del trabajo planteado, la investigación se presenta de forma anónima para proteger la identidad de los colaboradores en el trabajo.

**Tebicuary.**

### *5.1.1.1. Ficha técnica de evaluación.*

**Tabla 3**

*Información general del río*

<b>Enunciado</b>	<b>Respuesta</b>
Nombre del río	Río Tebicuary
Lugar	Debajo de la planta Industrial Petropar

Fecha	18/10/2021
Hora	12:15
¿Ha llovido en las últimas semanas?	Sí
¿Está creciendo el río?	Sí

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 9 se puede observar la información general del río estudiado, destacamos que en las últimas semanas previas a la fecha de aplicación de esta ficha ha llovido de forma intermitente, con lo cual la turbidez y color del río pueden estar afectados a raíz de este fenómeno.

### Habitad físico

**Tabla 4**

*Evaluación del hábitat físico del río*

Enunciado	Respuesta	Puntaje
¿Qué tipo de paisaje observa?	Natural en ambos lados de la ribera	1
¿Qué tipo de vegetación hay?	Natural en ambos lados de la ribera	1
¿Cuál es la composición del sustrato?	Natural en ambos lados de la ribera	1

Fuente: Elaboración propia.

En relación al hábitad físico teniendo en cuenta los valores observados y documentados, se determina que esta se encuentra en óptimas condiciones con un puntaje total de 3 para esta subcategoría.

Sobre la importancia del hábitad físico, según Pardo, Álvarez y Casas (2002):

El hábitat físico suministra espacio físico además proporciona fuente de alimento para las especies. Estas características del hábitat forjan la evolución de estrategias de vida, la heterogeneidad del hábitat fluvial se considera actualmente como uno de los principales factores de influencia de la riqueza de especies de invertebrados acuáticos. (pág. 116)

### Hidrología y geomorfología.

**Tabla 5**

*Evaluación de la Hidrología y Geomorfología*

Enunciado	Respuesta	Puntaje
-----------	-----------	---------

¿Qué tipos de corriente hay?	Una corriente	1
¿Ha cambiado el ancho o profundidad con el tiempo?	Un poco	2
¿Hay erosión en la rivera?	Un poco	2
¿Hay puentes o muros de contención?	Ninguno	1
¿El río ha sido dragado?	Un poco	2
¿El río ha tenido alteraciones en el cauce?	Desvíos artificiales	2

Fuente: Elaboración propia.

En relación a la hidrología y geomorfología se observó un peor resultado, en relación a la evaluación del hábitat físico, si bien los valores obtenidos se encuentran en un nivel medio de la escala utilizada, es oportuno destacar cada enunciado debido a su importancia para el medio ambiente, además es importante señalar que se pudo observar una visible erosión en una de las riberas del río, sobre el puntaje en esta subcategoría se acumularon 10 puntos de un total de 18 posibles, significando el 60% de peligrosidad.

Para Gómez (2005), la geomorfología y la hidrología están estrechamente ligadas, es así que ante perturbaciones hidrológica el río perdería su equilibrio rompiendo con la adaptación del trazo hidrológico dando lugar a posibles problemas de diferente índole. (pág. 36)

### Calidad del agua y los sedimentos.

**Tabla 6**

*Evaluación de la calidad del agua y los sedimentos*

Enunciado	Respuesta	Puntaje
¿Hay fuentes de contaminación?	No hay	1
¿Cómo es el aspecto del agua?	Un poco turbia	2
¿Qué olor tiene el sustrato?	Inoloro	1

Fuente: Elaboración propia.

En a la evaluación de la calidad del agua y los sedimentos, en general se obtuvo un resultado positivo, el único enunciado a destacar es el aspecto del

agua que se encontraba un poco turbia con un color café oscuro, es importante señalar que a la fecha de realización de este análisis se produjeron lluvias en las últimas semanas anteriores, con lo cual se puede relacionar esta turbidez con este evento natural, aun así, no se descartan otras variables sobre el origen de la turbidez.

Sobre la turbiedad en aguas, Díaz (2013) definió que; la turbidez provoca en el agua dificultad en la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen los sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen los canales, así mismo la turbidez puede ser beneficiosa para lagos eutróficos, no obstante, muchos países reconocen que esta situación es perjudicial por razones estéticas y económicas. (pág. 6)

### **Biota acuática**

#### **Tabla 7**

##### *Evaluación de la Biota Acuática*

<b>Enunciado</b>	<b>Resultado</b>
Número total de macroinvertebrados encontrados	5
Número total de macroinvertebrados diferentes	3
Índice de variación en población de macroinvertebrados	Mayor a 0,3 (puntaje 1)
¿Cuántos tipos de macroinvertebrados de indicadores de calidad hay?	De 0 a 1 tipos (puntaje 2)
¿Cuántos tipos de macroinvertebrados de indicadores de mala hay?	Hay 1 (puntaje 2)

Fuente: Elaboración propia.

Se tomo una muestra de sustratos en la cual fueron identificados y separados 5 macroinvertebrados para su análisis correspondiente, se logró identificar primeramente a 4 macroinvertebrados indicadores de buena calidad (grupo plecópfera), además se logró identificar a 1 macroinvertebrado del grupo ceratopogónide, el cual es indicador de mala calidad.

Sobre los ceratopogónide según Ladera (2012) este grupo tiene especies que están adaptadas a vivir en zonas con

elevadas corrientes y concentraciones de oxígeno, mientras que otras son especies oportunistas, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas, por lo que hay especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua, lo cual es usado frecuentemente como indicador de la misma. (pág. 27)

**Tabla 8**

*Evaluación de la calidad del agua y los sedimentos*

<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Nitritos	mg/L	0,42
Nitratos	mg/L	0,002
Dureza	mg/L	22,49
Materia Orgánica	mg/L	32,16
Coliformes fecales	ufc/100ml	1.100
Coliformes totales	ufc/100ml	460

Fuente: Elaboración propia.

Con relación a los nitritos y nitratos se demostró que actualmente existe una baja concentración de estos componentes en el río Tebicuary,

estando ambos muy por debajo del límite admisible que es de 45mg/l.

De igual forma la dureza total CaCO<sub>3</sub> se encuentra en el rango de aguas blandas (0-149), cabe destacar que las aguas del río Tebicuary no son aptas para consumo humano sin antes realizar un tratamiento.

En lo que a materia orgánica se refiere, se determinó que con un resultado de 32,16 mg/L, las aguas del río Tebicuary están levemente contaminadas.

Según Rivas y Mileón (2014) la contaminación del agua por materia orgánica puede generarse por vertidos urbanos, actividades ganaderas, así como por escurrimientos agrícolas e industriales. La materia orgánica consiste en millares de componentes, como partículas macroscópicas, coloides o macromoléculas disueltas que pueden causar color, olor, sabor, el desarrollo de microorganismos patógenos o implicar

la presencia de materia no biodegradable. (pág. 54)

En cuanto a los coliformes fecales y totales ambos indicadores obtuvieron valores que se encuentran por encima de lo recomendados por la Organización Mundial de la Salud (2006) la cual indico que; La cantidad de coliformes fecales recomendada por las Guías de la OMS es de 0 UFC (unidades formadoras de colonias) /100ml. L, además en relación a la cantidad de coliformes totales se establece un parámetro de 0 UFC/ml para las bacterias coliformes totales, las cuales son adoptadas por países como Canadá, USA, Costa Rica, El Salvador, Bolivia, Brasil, Perú, Paraguay y Uruguay (pág. 123)

En relación al estado del río Tebicuary, la suma de calificaciones de la ficha aplicada es de 22 puntos en total lo cual lo sitúa en la escala de “afectado”, por lo cual es necesario tomar ciertas medidas correctivas teniendo en cuenta

toda la información recolectada y analizada, cabe resaltar el análisis químico realizado a las aguas superficiales donde se pudo observar niveles de coliformes fecales y totales superiores a lo recomendado, así como una alta concentración de materia orgánica.

**Tabla 9**

*Evaluación físico química de la vinaza pura*

<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>
Nitritos	mg/L	7
Nitratos	mg/L	0,002
Dureza	mg/L	567,27
Materia Orgánica	mg/L	11.293,33
Coliformes fecales	ufc/100ml	0
Coliformes totales	ufc/100ml	0
Acidez	pH	3,30
DQO	PPM	33.000
Turbidez	FAU	3,150
TSS	mg/l	3,650

Fuente: Elaboración propia.

Por medio de una caracterización físico-química de la vinaza cruda, se logró determinar los componentes de la muestra a utilizarse como fertilizante, a rasgos generales los indicadores como Nitritos, Nitratos, Dureza, Materia Orgánica, Coliformes fecales/totales y la Turbidez se encuentran dentro de los parámetros máximos recomendados, a excepción de DQO (PPM) que supera el rango máximo referenciado de 30.000 PPM, cabe resaltar que el pH se encuentra en un rango ácido de 3.30 unidades que se encuentra por debajo de las caracterizaciones químicas referenciadas que oscilaban entre 4,3 y 4,6 pH (Ver Tabla 1, Tabla 2).

Según la investigación realizada por Núñez y Valderrama (2018), se determinó que las condiciones de operación óptimas son una concentración máxima de 30 000 DQO (mg O<sub>2</sub>/l), las medidas de DQO se tomaron en un equipo HACH COD

Reactor realizando diluciones en agua destilada de 1:1.000. (pág. 24)

### Análisis diario del desarrollo de la lechuga.

**Tabla 10**

*Evolución de las lechugas en los primeros 10 días*

**Días (valores en centímetros)**

Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1T	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
T2T	0	0	1	2	2	3	3	4	4	5
T3T	8	9	9	0	0	1	2	2	3	3
T4T	1	2	3	3	4	4	5	5	7	8
T5T	0	0	1	1	3	3	3	4	4	5

\*T: Tamaño o longitud de la planta

Fuente: Elaboración propia.

El valor promedio de la longitud de los plantines al momento de su trasplante a 30 días después de sus

gemaciones fue de 10 cm, tomando medidas desde el tallo hasta la punta de la hoja más prominente, el tratamiento con menor tamaño inicial fue el T3, en contraste el T4T presento el mayor tamaño inicial, la primera fertilización fue realizada el día 3 después del trasplante, posteriormente se realizaron fertilizaciones los días 6 y 10 a razón de 2 fertilizaciones semanales, el T5T no recibió ninguna fertilización de vinaza fue utilizado como grupo control.

Alvarado (2012) obtuvo los siguientes valores en su investigación sobre el comportamiento de 4 variedades de lechuga sometidas a diferentes parámetros;

El valor promedio de altura de los plantines a los 30 días de su germinación es de 13,17 cm, mientras que la de menor altura fue de 11,89 cm, con una distancia de siembra 0,30 x 0,40 cm entre plantas. (pág. 17)

**Tabla 11**

*Evolución de las lechugas desde el día 11 hasta el día 20*

	<b>Días (valores en centímetros)</b>									
<b>Tratamientos</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>T1T</b>	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
<b>T2T</b>	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2
<b>T3T</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>T4T</b>	4	4	5	5	6	6	7	8	8	9
<b>T5T</b>	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
	6	8	0	0	1	1	2	3	3	4

Fuente: Elaboración propia.

Las lechugas se desarrollaron con normalidad, para el día 11 desde el inicio de la observación, las plantas sin fertilización de vinaza tenían una longitud en promedio 16 cm, de igual forma las plantas con fertilizaciones de vinaza presentaron un promedio de 16 cm, las fertilizaciones se realizaron los

días 13, 17 y 20 con las dosis correspondientes.

Al día 20 los mejores resultados fueron observados en el tratamiento T5 con una dosificación al 55% de vinaza y en el grupo control T5 con 24 cm respectivamente, cabe resaltar que el T4 fue trasplantado con 11 cm y presentó un crecimiento más acelerado, en cambio el T5 fue trasplantado con 10 cm inicialmente presentó un crecimiento más lento en relación al T4, pero al día 20 ambos ya tienen el mismo tamaño longitudinal.

**Tabla 12**  
*Evolución de las lechugas desde el día 21 hasta el día 30*

	Días (valores en centímetros)									
Tratamientos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
T1T	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5

T2T	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6

T3T	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4

T4T	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
	5	5	6	7	8	8	9	9	0	0

T5T	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8

Fuente: Elaboración propia.

Se tomaron las muestras al día 21, y se determinó que el promedio (longitud de hojas) de los tratamientos fertilizados con vinaza fue de 21,75 cm, en cambio el tratamiento sin vinaza T5 presentó un valor de 24 cm.

Realizando una comparación individual de los mejores resultados al día 30 marcado como el último día de observación, se determinó que el tratamiento con mayor longitud de hojas fue el T5T con un total de 30cm, dicho tratamiento fue fertilizado con una dosis de 55% de vinaza a razón de 100 kg por hectárea, el siguiente tratamiento con

mejor resultado fue el grupo control T5 con un promedio de 28 cm.

Se obtuvo una diferencia de 6,5 % en la longitud de las hojas en el tratamiento con mayor dosis de vinaza, comparado al T5, los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron valores inferiores comparados al grupo control, con lo cual se determina que la mejor dosificación es a razón de 55% teniendo en cuenta el valor de 100 kg por hectáreas.

Se realizó un análisis de varianza para determinar si la diferencia entre T4 y T5 es significativa estadísticamente (**Ver Anexo 5**) con lo cual se demostró que la diferencia del 6,5% no es significativa.

### **Resultados y discusión**

En cuanto a la ficha de evaluación de ríos aplicada al río Tebicuary, se realizó un análisis de los 4 indicadores enunciados en la ficha, se demostró que el indicador **Hábitat físico** se encuentra en óptimas condiciones, sobre el indicador **Hidrología** y

**Geomorfología** se determinó que esta tiene una afectación media, geomórficamente se pudo observar una visible erosión en una de las riberas, en cuanto a la profundidad y ancho se pudo evidenciar un cambio, así como alteraciones en el cauce por medio de desvíos artificiales.

Respecto al indicador **Calidad del Agua y los Sedimentos** se evaluó fuentes de contaminación visibles en el área estudiada descartando alguna, en cuanto al aspecto del agua se determinó que estaba un poco turbia con un color café oscuro, así mismo se evaluó el olor sensorialmente y se concluyó que esta fue inolora.

El último indicador evaluado en la ficha fue la **Biótica Acuática**, sobre la misma se demostró que el número total, así como la variedad de los macroinvertebrados se encuentra dentro del rango óptimo, es importante destacar que se tomaron 5 macroinvertebrados como muestra de forma aleatoria de los

cuales 1 fue del tipo “indicador de mala calidad” según la ficha de evaluación aplicada.

Sobre la interpretación de estos resultados, la ficha técnica consta de una escala de evaluación del puntaje obtenido, en ese sentido el sumatorio total obtenida por el río Tebicuary fue de 22 puntos, lo cual lo sitúa en la escala “afectado” que comprende la escala de 20 hasta 26.

En relación al estado del río Tebicuary, la suma de calificaciones de la ficha aplicada es de 22 puntos en total lo cual lo sitúa en la escala de “afectado”, por lo cual es necesario tomar ciertas medidas correctivas teniendo en cuenta toda la información recolectada y analizada, cabe resaltar el análisis químico realizado a las aguas superficiales donde se pudo observar niveles de coliformes fecales y totales superiores a lo recomendado, así como una alta concentración de materia orgánica.

De forma complementaria de realizo un **análisis químico** para caracterizar las aguas superficiales del río Tebicuary, análisis en cual se demostró que los indicadores Nitritos, Nitratos y Dureza se encuentran dentro del rango máximo recomendado/permitido, de igual forma se analizaron los coliformes totales y fecales sobre los cuales se concluyó que ambos se encuentran dentro del rango permitido.

Sobre los coliformes fecales/totales, de acuerdo con las normas internacionales citadas por Flores et. al. (2011):

El límite máximo permisible, es de 1000 y 2000 coliformes fecales por 100 ml, haciendo referencia a las aguas de ríos, cuyo conteo de coliformes totales y de E. coli, puede indicar reciente contaminación fecal del agua de diferentes fuentes y que, además puede contener otros patógenos. (pág. 34)

Referencia a la presencia de materia orgánica se obtuvo un resultado de 34,16 mg/l, es importante que en la Resolución N°222/02 de la Secretaría del Ambiente Paraguaya (2002), no se encontró ningún límite de concentración de materia orgánica en aguas.

Según Armados (2010)

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno es del 100%, el agua tiene una saturación igual a la atmosférica y es usado como valor de referencia. Pero cuando ésta es menor, es un indicador de que algunos microorganismos están utilizando el oxígeno para oxidar la materia orgánica con una tasa superior a la normal; es decir, en el río en estudio hay un uso de oxígeno superior al generado por el metabolismo de las algas que puede crear episodios de anoxia. Este hecho podría indicar un aumento en la concentración de

materia orgánica en el agua, originada por un vertido de aguas residuales. (pág. 17)

Teniendo en cuenta los resultados presentados anteriormente, primeramente, se determina que no se encontraron efectos negativos en el río relacionados al vertido o fuga de los efluentes de vinazas, aun así, se determinó que el río se encuentra actualmente afectado en los indicadores hidrología y geomorfología, los cuales no guardan relación directa con la contaminación de vinazas.

#### **Variable pretratamientos de vinaza:**

Primeramente se realizó un análisis físico-químico a nivel laboratorial donde se determinaron las principales características de la muestra utilizada, los componente analizados se encuentran dentro del rango referenciado, a excepción de DQO (PPM) que supera el rango máximo referenciado de 30.000 PPM, cabe resaltar que el pH se encuentra en un

rango ácido de 3.30 unidades que se encuentra por debajo de las caracterizaciones químicas referenciadas que oscilaban entre 4,3 y 4,6 pH (Ver Tabla 1, Tabla 2).

Se realizó una revisión bibliográfica sobre los pretratamientos de la vinaza, y se optó al uso de la vinaza cruda a la cual se aplicó el método de reducción de sólidos por medio de la dilución en agua para su posterior empleo como fertilizante líquido a razón de una dosificación menor a 100kg/l por hectárea, teniendo en cuenta una densidad de 1.3/1.4 kg/l.

La justificación de la utilización de la vinaza pura sin sometimiento a ningún proceso de concentración fue debido a las experiencias consultadas de varios autores, entre los cuales destacan:

Según Sánchez (1995) el uso de la vinaza cruda concentrada estabilizada puede dar lugar a la disminución de oxígeno a nivel radicular y

elevación de la temperatura del suelo que puede alcanzar niveles incompatibles con el desarrollo normal de la planta, debido a su alto contenido de materia orgánica. Por todo esto, es aconsejable someter la vinaza a un proceso de estabilización. (pág. 77)

En su investigación sobre el efecto de la vinaza concentrada o pretratada laboratorialmente sobre el cultivo de maíz Tuesta (2017) concluyó que;

La aplicación de vinazas de la industria del tequila como enmienda orgánica presenta efectos positivos y negativos en las plantas de maíz y el suelo. Algunos de los efectos negativos observados fueron la disminución tanto en la tasa de germinación y en el crecimiento de radícula e hipocótilo desde concentraciones de 25% de vinaza. Por lo que no se debe de irrigar vinaza a semillas. (pág. 75)

Sobre la dosificación utilizada, se tuvo en cuenta a los siguientes autores;

Según las recomendaciones de empleo realizadas por Urbano (2002); al no ser una enmienda no deben utilizarse dosis masivas de vinazas. Las dosis de 150, 200 o 300 t/a que en ocasiones fueron señalados deben ser rechazados. En los ensayos realizados utilizando una dosis de 60 t/ha. pero ha sido para poner en manifiesto los riesgos medioambientales que pueden generar estas aportaciones y comprobar, por otra parte, la inutilidad de estas dosis tan elevadas. (pág. 52)

En relación el uso de vinaza puras diluidas en agua según Sarria y Preston (1992) la vinaza pura se aplica directamente a los cultivos por medio de canales, tuberías de hierro fundido, maderas o materiales plásticos, etc. Se debe aplicar cada 4 a 5 años. En tierras con pH inferior a 4 se debe usar a razón de 1,100 m<sup>3</sup>/h, o 100 litros/m lineal de surco. Para pH entre 4 y 5, 850 m<sup>3</sup>/h, o

95 litros/m lineal de surco; y para pH superior a 5, 650 m<sup>3</sup>/h, o 70 litros/m lineal de surco. (pág. 63)

Según Berrocal (1998), determinó que la dosis de 120m<sup>3</sup>/ha fue la que produjo los mayores ingresos; aunque existes antecedentes de buenos resultados, a una dosis de 150 m<sup>3</sup>/h. La fertilización química sigue siendo la más económica; pero esta carece de los efectos benéficos residuales que sobre el suelo ejercen la vinaza. (pág. 79)

Aun así, cabe resaltar las tres desventajas del uso de vinazas diluidas señaladas por Sarria y Preston (1998):

Dificultad para dosificar la vinaza distribuida por canales o tubos, que se traduce generalmente en baja calidad del caldo obtenido y progresiva salinización del suelo.

Costo elevado del transporte de la vinaza diluida por carrotanques debido al número de viajes exigido por el volumen del líquido resultante.

El empleo racional de la vinaza exige que se conozca su composición y que la cantidad que se va a aplicar pueda ser controlada. Sólo conociendo el contenido de nutrientes y controlando la cantidad que se aplica puede sustituir la vinaza a los fertilizantes químicos. Dicha sustitución puede ser integral o parcial, dependiendo de las condiciones de fertilidad del suelo y de la composición de la vinaza. (pág. 27)

#### **Variable desarrollo de la lechuga:**

Sobre el desarrollo de la lechuga, se realizó un seguimiento diario durante los primeros 30 días desde su trasplante, gracias al seguimiento se determinó que, el mejor resultado en términos de crecimiento fue observado en el T4 que tuvo una dosificación de 55% de vinaza en relación a la proporción 100kg/l por hectárea, dicho tratamiento presentó un tamaño final en promedio de 30cm, el segundo mejor T5 el cual fue seleccionado como grupo control sin la

fertilización de vinaza, resultó con un promedio de tamaño final de 28 cm, se realizó una comparación estadística de estos valores (**ver Anexo 5**) en donde se determinó que no existe diferencia significativa entre estos valores, con lo cual se descarta que el empleo de vinaza como fertilizante mejora el desarrollo de la lechuga.

Como antecedentes teóricos y prácticos sobre el empleo de vinazas como fertilizante, los resultados obtenidos no presentaron un resultado negativo perceptible de forma sensorial, en contraposición en su investigación sobre la fertilización con vinaza Viteri (2015) concluyó que:

El desarrollo del Rábano, se ve afectado negativamente a una concentración de vinaza superior a 180 g/dm<sup>2</sup> teniendo efecto en diámetro, peso y altura del mismo y demuestra que a una concentración de 240 g/dm<sup>2</sup> se inhibe totalmente el desarrollo. Se evaluó la incorporación de vinaza de caña como

abono orgánico y se determinó que si existe efecto tóxico sobre las propiedades químicas del suelo utilizado para el cultivo de rábano. (pág. 50)

En contraste, Tuesta (2017) obtuvo resultados positivos en su uso como fertilizante, observados en el suelo:

Los efectos positivos de la irrigación de vinaza al suelo son que la materia orgánica si se mineraliza tal como fue demostrado por el alto contenido de nitrógeno inorgánico en formas asimilables por la planta ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ ), así como por un aumento en el contenido de carbono orgánico. (pág. 75)

Arcila (2017) presento resultados negativos en su evaluación de aplicación de vinaza como fertilizante de cilantro (*Coriandrum Sativum*) desde su germinación:

La vinaza disminuye la germinación de *C. Sativum*. El mayor porcentaje de germinación entre los tratamientos con vinaza se obtuvo en la

concentración al 5 % v/v. La germinación disminuyó al aumentar la concentración de la vinaza y para concentraciones superiores al 50% v/v se inhibió la germinación, esto indicó un posible efecto tóxico sobre las semillas de *C. Sativum*. (pág. 77)

Sin embargo, cabe resaltar los resultados positivos obtenidos por Hernández et. al. (2008) quienes concluyeron que:

En un año de observación, la aplicación de vinaza y composta de cachaza no afecta el pH, la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico. El contenido de materia orgánica mejora temporalmente con la aplicación de vinaza y composta. La dosis de vinaza de  $250\text{m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  incrementó el contenido de K y la composta de cachaza incrementa el contenido de P. El uso de fertilizaciones con vinaza resulta ser una alternativa viable para el aprovechamiento de este subproducto,

sin alterar el ambiente y con posibilidad de que su uso pueda satisfacer la demanda nutricional del cultivo de la caña de azúcar. (pág. 70)

En relación al objetivo general de esta investigación se analizó la utilización de vinaza como fertilizante de lechugas con diferentes tratamientos concluyendo que no presentan resultados positivos estadísticamente significativos, aun así, no se observaron resultados negativos, de igual forma en relación a los efectos de la vinaza sobre el medio ambiente, no fueron encontrados efectos negativos teniendo en cuenta los parámetros analizados.

Con estos resultados se acepta las hipótesis H0: No se observan efectos de fertilizantes con diferente concentración de vinaza sobre el desarrollo de la lechuga. Y H3: El río Tebicuary no se ve afectado por el vertido de vinaza en el mismo, rechazando las hipótesis H1 y H2.

Con respecto a los objetivos específicos se concluye cuanto sigue:

Se describieron los efectos de la vinaza en el río Tebicuary, descartando una afectación visible teniendo en cuenta la ficha técnica aplicada, así como el análisis laboratorial realizado a las aguas superficiales, aun así, se observó una afectación a causa de la erosión de las riberas, así como una disminución en la profundidad del río

Se estudió el desarrollo de la lechuga fertilizada con vinaza con 4 tratamientos distintos y un grupo control, se concluyó que el tratamiento T4 con una dosificación al 55% presentó los mejores resultados, aun así, este resultado no presentó un valor significativo estadísticamente con lo cual el uso de vinaza como fertilizante no potencia el cultivo de lechuga de la variedad Sativa L.

Sobre el estudio de los pretratamientos, se realizó una revisión bibliográfica analizando los principales

estudios relacionados al empleo de vinazas como fertilizantes en diferentes cultivos y se concluyó que, para su correcto empleo como fertilizante es necesario reducir o diluir los sólidos presentes en la misma para evitar problemas en los suelos, de igual forma se concluyó que el empleo de dosis superiores a 150 kg/l puede ser contraproducente teniendo en cuenta las investigaciones precedentes.

Agradecimientos

### Literatura Citada

Aguilar, J. (2001). Manual: Aplicación de Vinaza en el Suelo. Mexico D.F.

Ahmed, P. (2016). Biorremediación de vinaza de destilerías de alcohol, por microorganismos autóctonos aislados en ambientes contaminados. Tucumán.

Alvarado, R. C. (2012). Comportamiento agronómico y producción de cuatro variedades de lechuga [Tesis de Doctorado,

Universidad Técnica de Ambato]. Cevallos.

Arcila, A. (2017). Evaluación de la aplicación de vinaza en el suelo y su posible uso agrícola en plantas de cilantro (*Coriandrum sativum*).

Aristizábal, C. E. (2015). Caracterización físico-química de una vinaza resultante de la industria licorera. Lima.

Armados, M. (2010). Parametros Físicoquímicos de la calidad del agua. Madrid.

Armegol, J., & Fernandez, L. (2002). Utilización de vinaza como enmienda organica y su influencia en las propiedades químicas de vertisoles y en los rendimientos de caña de azúcar. La Habana.

Becerra, L. N. (2014). Clarificación de Vinazas de Caña de Azúcar por Tratamiento Físico-Químico. Bogota: UNC.

Benitez, E. P. (2010). Extracción y refinación de Azúcar : Deshidratación de vinazas. Mexico D.F.

- Berrocal, M. (1998). Efectos de los residuos de la industria azúcar-alcoholera en la producción de caña de azúcar en un vertisol de Guanacaste. México D.F.
- Callejas, R., Silva, A., Peppi, C., & Seguel, O. (2014). Factibilidad agronómica del uso de vinaza, subproducto de la fabricación del pisco, como biofertilizante en viñedos. Santiago de Chile.
- Camacho, J. G. (2015). Evaluación agronómica de cinco variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres ciclos de siembras consecutivos. San Carlos.
- Camacho, R., & Duarte, L. (2018). Caracterización Físico-Química de Vinazas de Destilería. La Habana.
- Camara De Comercio Bogota. (2015). Manual de Lechuga. Bogota.
- Cantero, S. (2015). Generación de Energía Eléctrica a partir del Biogás Proveniente de la Biodigestión Anaeróbica de Vinaza. Asunción.
- Cerón, V., & Gandini, M. A. (2012). Caracterización Ambiental de las vinazas de residuos de caña de azúcar para la producción de Etanol. Cali.
- Chaves, M. S. (2004). Antecedentes y Capacidad Potencial de Cogenerar Energía y Producir Etanol en el Sector Costarricense. Costa Rica: Dieca.
- Conil, P. (2009). Manejo de Vinazas: Metanización y Compostaje. La Paz: ECNI.
- Díaz, E. S. (2013). Efecto de la adición de la vinaza para la elaboración de compostaje, como alternativa al uso de los subproductos de la industrialización de la caña de azúcar. Escuintla.
- Díaz, L. S. (2013). Evaluación de la calidad en agua y sedimentos del Río Grande de Morelia. Morelia.
- Duarte, O. J., & Gonzalez, J. D. (2019). Guía Técnica : Cultivo de Caña de Azúcar. San Lorenzo: SC Imprendas.
- Escobar, J. L. (2019). Impactos ambientales ocasionados por la empresa maple etanol s.a. y propuesta de un plan de mitigación. Lambayeque.

- Facultad de Ciencias Agrarias  
Universidad Nacional de  
Asunción. (2014). Congreso  
Nacional de Ciencias Agrarias:  
Producción sostenible de  
alimentos para el desarrollo de  
Paraguay. San Lorenzo.
- Flores, J. P., Olivas, E., Serrano, M.,  
Soto, E., Iglesias, J., Salazar, E.,  
& Fortis, M. (2011). Indicadores  
fecales y patógenos en agua  
descargada al Río Bravo. Ciudad  
de Juárez.
- Frete, F., & Martínez, M. (2011).  
Hortalizas y Frutas: Análisis de  
la Cadena de Valor en el  
Departamento de Concepción.  
USAID.
- Friedman, A. (2009). Biocombustibles:  
Alternativa de Negocios Verdes.  
USAID.
- Galvao, A. C., & Poppe, M. K. (2008).  
Bioetanol de Caña de Azúcar.  
Rio de Janeiro: BID.
- Gomez, M. (2005). Geomorfología  
aplicada. Madrid: UDC.
- Gonzalez, G. (2020). Viabilidad  
económica de la vinaza como  
alternativa en el desarrollo y  
aprovechamiento agroindustrial  
para el valle del Cauca.  
Santiago de Cali.
- Gonzalez, J., & Buedo, S. (2018).  
Efecto de la vinaza sobre el  
crecimiento y productividad de  
la soja en condiciones  
semicontroladas. Tucumán.
- Hernández, G., Salgado, G., Palma, S.,  
Lagunes, D., Castelán, L. E., &  
Ruíz, O. (2008). Vinaza y  
composta de cachaza como  
fuente de nutrientes en caña de  
azúcar en un gleysol mólico de  
Chiapas. Chiapas.
- Hernandez, R., Fernandez, C., &  
Baptista, M. (2014). Metodología  
de la Investigación. Mexico  
D.F.: McGraw Hill.
- Hidalgo, K., Bocourt, S., Mora, L., &  
Albelo, A. (2017).  
Caracterización físico-química y  
microbiológica de la vinaza  
concentrada de destilería de  
etanol. La Habana: INCA.
- Hidalgo, K., Rodríguez, B., Valdivia, V.,  
& Febles, M. (2009). Utilización  
de la vinaza de destilería como  
aditivo para pollos en ceba. La  
Habana.
- Iniesta, J. L. (2016). Caracterización  
físico química de cutro

- variedades de naranja. Orihuela: UNMI.
- Instituto de Desarrollo Agropecuario. (2017). Manual de producción de lechuga. Santiago de Chile.
- Ladera, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Navarra.
- Lezcano, P., & Mora, L. (2014). Las vinazas de destilería: Contaminación ambiental o como evitarlo. La Habana.
- Machado, M. D., & Romero, S. D. (2019). Potencial del Biometano. Pastaza: UEA.
- Montoya, M., & Quintero, J. (2005). Evaluación del impacto ambiental del proceso de obtención de alcohol carburante utilizando el algoritmo de reducción de residuos. Manizales.
- Núñez, D. I., & Valderrama, J. L. (2018). Influencia de la temperatura y DQO en el tratamiento anaeróbico de vinazas de cartavio RUM Company usando un biorreactor UASB. Trujillo.
- Obregón, J. (2016). Minirevisión sobre el fertirriego de la caña de azúcar con vinazas de bioetanol. La Habana.
- Organización Mundial de la Salud . (2006). Guías para la calidad del agua potable . Ginebra.
- Ortega, E., & Galván, I. (2014). Elementos para la sostenibilidad y para la producción y uso de etanol para combustibles. Cartagena.
- Ortiz, R. (2017). Evaluación de la aplicación de vinaza sobre suelos del orden Inceptisol cultivado con caña de azúcar. Cali.
- Pardo, I., Álvarez, M., Casas, J., Moreno, J. L., & Vivas, S. (2002). El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat.
- Perez, M., Peña, M., & Alvarez, M. (2011). Agroindustria Cañera y el Uso del Agua. Bogota.
- Pirelli, T., & Rossi, A. (2018). Sostenibilidad de la biomasa forestal para energía y el etanol de maíz y caña de azúcar en Paraguay. Roma.

- Quintero, J. (1977). La Lechuga. Madrid.
- Rivas, R. M., & Moleon, M. C. (2015). Caracterización de la materia orgánica disuelta en aguas subterráneas del valle de Toluca media espectrofotometría.
- Salgado, J., & Iribarren, J. (2009). Guía técnica para la producción del cultivo de la lechuga. La Habana.
- Sanchez, M. I. (1995). Efecto residual del compostaje de vinaza sobre el cultivo del girasol y sobre las propiedades químicas del suelo. Sevilla.
- Sarria, P., & Preston, T. R. (1992). Reemplazo parcial del jugo de caña con vinaza y uso del grano de soja a cambio de torta en dietas de cerdos de engorde. Cali.
- Saulino, F. (2011). Implicaciones del desarrollo de biocombustibles para la gestión y aprovechamiento de la región. Santiago de Chile: LCW.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Vinazas: Alternativas de usos. Mexico D.F.: C.P. Print.
- Secretaría del Ambiente. (2002). Resolución N°222/02. Asunción.
- Trabuco, M., Guillen, O., Bozzano, L., Zarza, H., Pierrer, A., & Gomez, G. (2016). Manual de Cultivos Protegidos. San Lorenzo.
- Trujillo, J. (2011). Impacto ambiental de la actividad azucarera y estrategias de mitigación. Orizaba.
- Tuesta, D. A. (2017). Efecto de la aplicación de vinazas en el cultivo de maíz y en la asociación planta - hongos micorrízicos arbusculares. Guadalajara.
- Urbano, P. T. (2002). Fertilización orgánica con vinazas alcoholera.
- Valeiro, A., & Portocarrero, R. (2017). Gestión de las Vinazas Alcoholeras en Brasil. Inta Ediciones.
- Villareal, O. J. (2015). Cultivo de lechuga (*Lactuca saliva*) bajo condiciones del valle Rimac, Lima. Lima.
- Viteri, E. D. (2015). Evaluación de la vinaza de caña como abono orgánico y su posible efecto

tóxico en el cultivo de rábano (  
Raphanus Sativus). Quito.

Ysnagamy, V., Mora, L., & Hidalgo, K.  
(2013). Utilización de vinaza  
concentrada para la  
alimentacion de cerdos en ceba.  
Revista C.