

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y**  
**AGROPECUARIAS**  
**COORDINACIÓN DE POSGRADO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**EFFECTO DE LA VINAZA SOBRE LAS PROPIEDADES**  
**DIAGNOSTICADORAS DEL SUELO**

**Ramón Ceja Ramírez**

---

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial**  
**para obtener el grado de:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**EN**  
**MANEJO DE ÁREAS DE TEMPORAL**

---

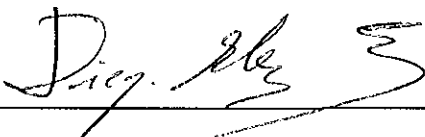
**Zapopan, Jal. Diciembre de 1998**

184680/021249  
P337  
25

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Consejo Particular Indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**EN**  
**MANEJO DE ÁREAS DE TEMPORAL**

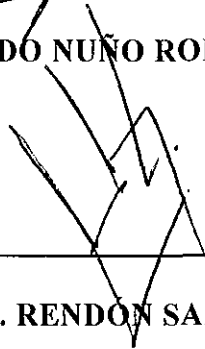
**CONSEJO PARTICULAR**

**DIRECTOR:**   
\_\_\_\_\_

**DR. DIEGO R. GONZÁLEZ EGUIARTE.**

**ASESOR:**   
\_\_\_\_\_

**M. C. RICARDO NUÑO ROMERO**

**ASESOR:**   
\_\_\_\_\_

**M. C. LUIS A. RENDÓN SALCIDO.**

**Zapopan, Jalisco, Diciembre de 1998.**

## AGRADECIMIENTOS.

Mi más sincero agradecimiento a la Universidad de Guadalajara de donde obtuve apoyo en el Programa de Formación de Profesores y al Grupo Cuervo, que proporcionó el equipo y materiales para la realización de esta investigación.

A la Facultad de Agronomía, hoy División de Ciencias Agropecuarias del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) y al cuerpo docente que impartieron los cursos, agradezco su desinteresada disposición en transmitirnos sus conocimientos y experiencias. Al personal del Laboratorio de Suelos que desarrollaron la parte analítica de esta investigación y a mis compañeros de curso, gracias por su amistad.

En esta parte, deseo patentar mis mejores consideraciones a mi Consejo Particular encabezado por el Dr. Diego R. González Eguiarte cuyo apoyo en las revisiones del escrito merecen todo mi agradecimiento.

Al M. C. Ricardo Nuño por sus aportaciones en la revisión y comentarios del borrador, reconozco y admiro su disciplina y atenta disposición.

Especial mención me merece el M. C. Luis Alberto Rendón Salcido quien ha sido un incansable promotor de líneas de investigación sobre el cultivo del agave y cuya participación fue decisiva en el convenio U de G - CRT del que se hace mención en este trabajo. Su persistencia y genuino interés por esta rama del conocimiento no pueden pasar desapercibidas.

Agradezco también al personal de campo de Consultora Regional del Agave que decididamente participaron en el desarrollo del experimento, colaborando en las diferentes faenas de campo.

A todos los que directa o indirectamente participaron en esta investigación; **Muchas Gracias !!!**.

## **DEDICATORIA**

### **A MIS PADRES:**

**Sr. Ignacio Ceja Garcia ††**

**Sra. Camerina Ramírez de Ceja ††**

A quienes recuerdo con mucho amor; por su trabajo, por su cariño, por sus valores y enseñanzas.

### **A MI ESPOSA:**

**Guillermina.**

Su amor ha sido un fuerte pilar en nuestra vida.

### **A MIS HIJAS.**

**Denisse Alejandra y**

**Gabriela Lizbeth**

A quienes muy especialmente dedico este trabajo, por ser motivo de superación, presente y futuro de ilusiones.

### **A MIS HERMANOS:**

**Luz María, María Isabel, Ignacio, José de Jesús, Bertha Leticia, Laura Margarita e Hilda Guadalupe.**

Porque de cada uno de ellos he tomado ejemplos de vida, ejemplos de desarrollo y a quienes siempre los llevo muy cerca en mis pensamientos y Oraciones.



## CONTENIDO

	<b>ÍNDICE DE CUADROS.</b>	<b>IV</b>
	<b>ÍNDICE DE FIGURAS.</b>	<b>VII</b>
	<b>RESUMEN.</b>	<b>IX</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>ANTECEDENTES.</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>7</b>
3.1	CONCEPTO DEL SUELO.	7
3.2	PROPIEDADES DIAGNOSTICADORAS DEL SUELO.	9
3.2.1	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.	11
3.2.2	CATIONES INTERCAMBIABLES O BASES INTERCAMBIABLES.	13
3.2.3	ACIDEZ INTERCAMBIABLE.	14
3.2.4	pH	14
3.2.5	MATERIA ORGÁNICA.	16
3.2.6	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	18
3.2.7	PORCIENTO DE SODIO INTERCAMBIABLE.	19
3.3	VINAZA.	20
3.3.1	OBTENCIÓN DE LA VINAZA	20
3.4	CONTAMINACIÓN DEL AGUA.	24
3.4.1	TIPOS DE CONTAMINANTES DEL AGUA.	25
3.5	LA VINAZA COMO AGENTE CONTAMINANTE.	27
3.6	EFFECTO DE LA VINAZA EN EL SUELO.	30
<b>4.</b>	<b>OBJETIVOS E HIPÓTESIS.</b>	<b>34</b>
4.1	OBJETIVOS.	34
4.2	HIPÓTESIS.	34

<b>5.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.</b>	<b>35</b>
5.1	UBICACIÓN DEL LOTE EXPERIMENTAL.	35
5.2	CONDICIONES AMBIENTALES.	35
5.2.1	CLIMA	35
5.2.2	VEGETACIÓN.	37
5.2.3	SUELOS.	37
5.2.4	GEOLOGÍA.	37
5.2.5	GEOMORFOLOGÍA.	37
5.2.6	TOPOGRAFÍA.	38
5.3	DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DEL SITIO EXPERIMENTAL.	38
5.3.1	SUELOS.	39
5.4	DESCRIPCIÓN DE LA VINAZA.	40
5.4.1	ORIGEN Y PROCESO DE OBTENCIÓN.	40
5.4.2	CARACTERÍSTICAS DE LA VINAZA.	42
5.5	DISEÑO EXPERIMENTAL.	44
5.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	46
5.7	DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.	47
5.8	EQUIPO Y MATERIAL.	48
5.9	ANÁLISIS DE SUELOS Y VINAZA.	48
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</b>	<b>52</b>
6.1	ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL PRIMER MUESTREO.	52
6.1.1	MATERIA ORGÁNICA.	53
6.1.2	pH.	56
6.1.3	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.	58
6.1.4	PORCIENTO DE SATURACIÓN DE BASES.	60
6.1.5	ACIDEZ INTERCAMBIABLE.	62
6.1.6	PORCIENTO DE SODIO INTERCAMBIABLE.	64
6.1.7	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.	66

6.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA TODOS LOS MUESTREOS.	68
6.2.1	MATERIA ORGÁNICA.	68
6.2.2	pH	72
6.2.3	CAPACIDAD DE INERCAMBIO CATIONICO.	75
6.2.4	PORCIENTO DE SATURACIÓN DE BASES.	78
6.2.5	ACIDEZ INTERCAMBIABLE.	81
6.2.6	PORCIENTO DE SODIO INTERCAMBIABLE.	84
6.2.7	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.	87
7.	CONCLUSIONES.	90
8.	CONSIDERACIONES GENERALES.	92
9.	BIBLIOGRAFIA.	93
	APÉNDICE.	

## ÍNDICE DE CUADROS.

<b>Cuadro 1.</b>	Valores de capacidad de intercambio catiónico de algunos minerales arcillosos del suelo (Fassbender 1975).	<b>12</b>
<b>Cuadro 2.</b>	Composición del constituyente orgánico del suelo.	<b>17</b>
<b>Cuadro 3.</b>	Clasificación de los contaminantes del agua.	<b>26</b>
<b>Cuadro 4.</b>	Niveles de control de contaminantes.	<b>27</b>
<b>Cuadro 5.</b>	Constituyentes del suelo.	<b>30</b>
<b>Cuadro 6.</b>	Algunas características de la vinaza utilizada obtenida en la fábrica la Rojeña de acuerdo con análisis practicados en diferentes laboratorios.	<b>43</b>
<b>Cuadro 7.</b>	Características de la vinaza utilizada en el estudio con relación a su aptitud al riego.	<b>44</b>
<b>Cuadro 8.</b>	Distribución de tratamientos en el lote experimental.	<b>45</b>
<b>Cuadro 9.</b>	Tratamientos y Niveles de Vinaza.	<b>45</b>
<b>Cuadro 10.</b>	Análisis de suelos, determinación y método.	<b>49</b>
<b>Cuadro 11.</b>	Análisis de vinaza; determinación y método.	<b>49</b>
<b>Cuadro 12.</b>	Análisis de vinaza con fines de riego; determinación y método.	<b>49</b>
<b>Cuadro 13.</b>	Resultados de laboratorio para el primer muestreo después de la aplicación de vinaza.	<b>53</b>
<b>Cuadro 14.</b>	Resultados de laboratorio para materia orgánica por bloques y tratamientos (primer muestreo).	<b>53</b>
<b>Cuadro 15.</b>	Análisis de varianza para materia orgánica (primer muestreo).	<b>54</b>
<b>Cuadro 16.</b>	Resultados de laboratorio para pH por bloques y tratamientos (primer muestreo).	<b>56</b>
<b>Cuadro 17.</b>	Análisis de varianza para pH (primer muestreo).	<b>56</b>
<b>Cuadro 18.</b>	Resultados de laboratorio para CIC por bloques y tratamientos (primer muestreo).	<b>58</b>

<b>Cuadro 19.</b>	Análisis de varianza para CIC (primer muestreo).	<b>58</b>
<b>Cuadro 20.</b>	Resultados de laboratorio para PSB por bloques y tratamientos (primer muestreo).	<b>60</b>
<b>Cuadro 21.</b>	Análisis de varianza para PSB (primer muestreo).	<b>60</b>
<b>Cuadro 22.</b>	Resultados de laboratorio para acidez intercambiable por bloques y tratamientos (primer muestreo).	<b>62</b>
<b>Cuadro 23.</b>	Análisis de varianza para acidez intercambiable.	<b>62</b>
<b>Cuadro 24.</b>	Resultados de laboratorio para el porcentaje de sodio intercambiable por bloques y tratamientos (primer muestreo).	<b>64</b>
<b>Cuadro 25.</b>	Análisis de varianza para el porcentaje de sodio intercambiable.	<b>64</b>
<b>Cuadro 26.</b>	Resultados de laboratorio para conductividad eléctrica por bloques y tratamientos (primer muestreo).	<b>66</b>
<b>Cuadro 27.</b>	Análisis de varianza para conductividad eléctrica.	<b>66</b>
<b>Cuadro 28.</b>	Valores medios por tratamientos y por muestreo para M. O.	<b>68</b>
<b>Cuadro 29.</b>	Análisis de varianza para M. O. por muestreos.	<b>68</b>
<b>Cuadro 30.</b>	Valores medios para pH por tratamientos y por muestreos.	<b>72</b>
<b>Cuadro 31.</b>	Análisis de varianza para pH por muestreos.	<b>72</b>
<b>Cuadro 32.</b>	Valores medios para CIC por tratamientos y por muestreos.	<b>75</b>
<b>Cuadro 33.</b>	Análisis de varianza para CIC por muestreos.	<b>75</b>
<b>Cuadro 34.</b>	Valores medios para porcentaje de saturación de bases por tratamientos y por muestreos.	<b>78</b>
<b>Cuadro 35.</b>	Análisis de varianza para el PSB por muestreos.	<b>78</b>
<b>Cuadro 36.</b>	Valores medios para acidez intercambiable por tratamientos y por muestreos.	<b>81</b>

<b>Cuadro 37.</b>	Análisis de Varianza para A. I. por muestreo.	<b>81</b>
<b>Cuadro 38.</b>	Valores medios para el PSI por tratamiento y por muestreo.	<b>84</b>
<b>Cuadro 39.</b>	Análisis de varianza para el PSI por muestreo.	<b>84</b>
<b>Cuadro 40.</b>	Valores medios para conductividad eléctrica por tratamiento y por muestreo.	<b>87</b>
<b>Cuadro 41.</b>	Análisis de varianza para C. E. por muestreos.	<b>87</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Croquis de localización del lote experimental.	<b>36</b>
<b>Figura 2.</b>	Pipa de 10,000 (10 m <sup>3</sup> ) utilizada para el transporte de la vinaza al lote experimental.	<b>50</b>
<b>Figura 3.</b>	Pipa de 2,000 l (2 m <sup>3</sup> ) para la aplicación de vinaza en las unidades experimentales.	<b>51</b>
<b>Figura 4.</b>	Efecto de la vinaza sobre el contenido de la materia orgánica del suelo al primer muestreo.	<b>55</b>
<b>Figura 5.</b>	Efecto de la vinaza sobre el pH del suelo al primer muestreo.	<b>57</b>
<b>Figura 6.</b>	Efecto de la vinaza sobre la capacidad de intercambio catiónico al primer muestreo.	<b>59</b>
<b>Figura 7.</b>	Respuesta del valor de PSB a los diferentes tratamientos de vinaza.	<b>61</b>
<b>Figura 8.</b>	Efecto de la vinaza sobre la acidez intercambiable al primer muestreo.	<b>63</b>
<b>Figura 9.</b>	Efecto de la vinaza sobre el porcentaje de sodio intercambiable al primer muestreo.	<b>65</b>
<b>Figura 10.</b>	Efecto de la vinaza sobre la conductividad eléctrica del suelo (primer muestreo).	<b>67</b>
<b>Figura 11.</b>	Distribución de valores medios de M. O por muestreo.	<b>70</b>
<b>Figura 12.</b>	Valores medios de materia orgánica por tratamiento.	<b>70</b>
<b>Figura 13.</b>	Distribución de valores medios de pH por muestreo.	<b>73</b>
<b>Figura 14.</b>	Valores medios de pH por tratamiento.	<b>73</b>
<b>Figura 15.</b>	Distribución de valores medios de CIC por muestreo.	<b>76</b>
<b>Figura 16.</b>	Valores medios de CIC por tratamiento.	<b>76</b>
<b>Figura 17.</b>	Distribución de valores medios del porcentaje de saturación de bases por muestreo.	<b>79</b>

<b>Figura 18.</b>	Valores medios del porcentaje de saturación de bases por tratamiento.	79
<b>Figura 19.</b>	Distribución de valores medios de acidez intercambiable por muestreo.	82
<b>Figura 20.</b>	Valores medios de acidez intercambiable por tratamiento.	82
<b>Figura 21.</b>	Distribución de valores medios PSI por muestreo.	85
<b>Figura 22.</b>	Valores medios del porcentaje de sodio intercambiable por tratamiento.	86
<b>Figura 23.</b>	Distribución de valores medios de conductividad eléctrica por muestreo.	88
<b>Figura 24.</b>	Valores medios de la conductividad eléctrica por tratamiento.	89



## RESUMEN

La industria tequilera ha tenido un importante crecimiento en las últimas décadas ya que de 10 millones de litros producidos en 1955 ha pasado a 65 millones de litros en 1994 y su tendencia va en ascenso.

La producción de tequila genera aguas residuales de destilación conocidas como vinazas que han sido descargadas a las corrientes fluviales generando contaminación que afecta la vida en los medios acuáticos y la calidad del agua para diferentes usos.

En Septiembre de 1995, La Cámara Regional de la Industria Tequilera estableció con la Universidad de Guadalajara a través del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias un convenio de investigación sobre el uso de las vinazas en la actividad agrícola y pecuaria.

Este trabajo, dentro del mencionado convenio, pretende determinar el efecto de la vinaza en suelo agrícola analizando diferentes propiedades del mismo: Propiedades Diagnosticadoras.

Para tal efecto se estableció un lote experimental en el potrero Buenos Aires de la localidad de Tequila, Jal. utilizando un diseño en Bloques al Azar con 5 tratamientos ( testigo, 200, 500, 900, y 1500 m<sup>3</sup>/Ha) y 4 repeticiones.

Se realizaron 5 muestreos de suelos en cada una de las 20 unidades experimentales. A cada muestra se le determinó: materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables, acidez intercambiable, conductividad eléctrica y porcentaje de sodio intercambiable; análisis que fueron realizados en el Laboratorio de Suelos del CUCBA.

Los resultados y el análisis estadístico reportaron que solo la materia orgánica mostró un cambio estadísticamente significativo con incremento de hasta el 1 %. El pH y la conductividad eléctrica también mostraron tendencia al incremento aunque no alcanzaron el nivel de significancia estadística en el análisis general. Las demás propiedades mostraron un comportamiento irregular no asociado a los niveles de vinaza aplicados.

Por lo tanto, como conclusión, se apreció que la vinaza no reporta efecto negativo al suelo y su uso en dosis de 200 a 500 m<sup>3</sup>/Ha son indicadas para minimizar el riesgo.

También se sugiere la caracterización del suelo previo a la aplicación de vinaza y abundar en el estudio de propiedades como pH y conductividad eléctrica por la tendencia reflejada.



## 1. INTRODUCCIÓN.

La actividad humana a través del tiempo, ha tenido una influencia importante sobre el ambiente en el cual se desarrolla. Para satisfacer sus necesidades de alimentación, salud y cobijo, el hombre ha hecho uso de los recursos naturales a su alcance; de la vegetación y animales para proveerse de alimentos, de los bosques para construir sus albergues y obtener energía de la madera, de los ríos y mares para sus requerimientos de agua, transporte y alimentación.

En sus inicios, los grupos humanos eran reducidos y la naturaleza proveía en forma abundante los elementos para satisfacer sus necesidades primarias. Conforme las sociedades crecieron, el uso de recursos se hizo cada vez más intenso; esta situación se aceleró a fines del siglo pasado con la invención de la máquina de vapor y la consecuente revolución industrial, lo que marcó una nueva etapa en la producción de bienes que satisfacían también nuevas necesidades para una vida más cómoda.

Junto con este fenómeno hubo un desarrollo generalizado en todas las ramas del saber humano. La medicina, con la aplicación de vacunas, uso de antibióticos y procedimientos quirúrgicos y terapéuticos evitó la mortandad infantil y alargó las expectativas de vida humana.

A finales del siglo pasado y durante el actual, el crecimiento industrial y el crecimiento demográfico han llevado una tendencia ascendente, especialmente el demográfico que mantiene vigentes los pronósticos de R. Malthus (1766-1834). De esta manera el uso de los recursos naturales se ha hecho cada vez más intenso llevando a dos situaciones, por un lado la sobreexplotación que conduce a la degradación del recurso, y por el otro a la contaminación que modifica negativamente las características del recurso. Estos dos aspectos, sobreexplotación y contaminación, pueden conducir a pérdidas irreversibles del recurso natural o a la no utilización del mismo. Dicho de otra manera, a medida que aumenta la población humana, la disponibilidad de recursos disminuye.

Esta situación con sus negativos resultados que han afectado la calidad de vida del hombre, ha provocado que la actividad científica tome un giro hacia la conservación de los recursos y su uso racional para mantener el abasto requerido y a la vez evitar el deterioro o pérdida de capacidad de uso.

Al presente, y dada la tendencia del crecimiento demográfico que en México se espera sobrepase los 100 millones de habitantes para el año 2000, tanto a nivel nacional como mundial se considera que se está en una situación de escasez, donde la disponibilidad de agua, tierra, bosques y especies es cada vez menor llegando en ciertos casos a situaciones críticas.

La economía de una sociedad pretende el desarrollo armónico de los tres sectores que la componen; el primario, que incluye la agricultura en su expresión amplia; el secundario, que se refiere a la industria de la transformación; y el terciario relativo a los servicios; comercio, banco, profesionales, etc.

Entre el sector primario y el sector secundario existe una relación de dependencia. La industria requiere de materias primas para su transformación en bienes de uso y la agricultura le proporciona esa materia prima.

En este proceso se obtienen bienes terminados para uso inmediato, bienes intermedios que requieren de una posterior transformación para considerarlos producto final, o bien, que son insumos que intervienen en la producción de otros productos; y residuos a los que generalmente no se les da valor y se desechan o tiran o se busca la forma de deshacerse de ellos.

Toda actividad de un organismo, sea biológico o sea un sistema de producción, genera residuos que pueden ser sólidos, como las basuras; líquidos, como las aguas residuales; o gaseosos, como los vapores y polvos. La acumulación o mala orientación de esos residuos es la causa de la contaminación ambiental que conlleva al deterioro y, en grado avanzado, a la inutilización del recurso.

A su vez, pensando en A. L. Lavoisier (1743-1794), todo residuo es materia (o energía) que no se destruye o desaparece, sino que sufre un proceso de transformación y que tarde o temprano se acumula a niveles nocivos que afectan el hábitat y a las especies relacionadas con éste, incluyendo al hombre.

La agricultura se relaciona con varias actividades industriales que utilizan los productos del campo para obtener, a través de su transformación, nuevos productos o para darle valor agregado al producto original modificando su presentación.

La industria vitivinícola, alcohol-azúcarera y tequilera, utilizan cultivos agroindustriales como la uva, caña de azúcar y agave, para producir bebidas espirituosas como el brandy, ron o tequila, cuyo componente importante es el alcohol etílico, ingrediente que en el caso de la caña de azúcar se obtiene para usarse en servicios hospitalarios, y últimamente como fuente de energía para vehículos automotores como ocurre en Brasil, lo que representa una alternativa ante la eventual escasez de energéticos derivados del petróleo.

Si bien el consumo en exceso de alcohol etílico como bebida en sus diferentes tipos conlleva riesgos para la salud, es también una verdad que éste se ha usado desde épocas antiguas en diferentes culturas en actividades ceremoniales, usado únicamente por sacerdotes, o como premio a los guerreros que regresaban de las batallas.

En el México prehispánico, en la parte centro del país, una especie de agave (*Agave sp.*) contribuyó a la alimentación, ya que son tierras semiáridas donde esta especie de

agave durante el período de estiaje, es el poco alimento que se podía conseguir, proporcionaba su savia para la obtención del aguamiel y de cuyo fermento se obtenía el pulque. Ambas sustancias tenían un efecto nutritivo que compensaba la escasez de alimento en el período seco, además de los diferentes usos que le daban a las pencas (hojas), fibras y púas.

Tradicionalmente en las sociedades modernas, el consumo de bebidas espirituosas se realiza en ceremonias, reuniones sociales o de esparcimiento y en cierta forma cubre una necesidad del ser humano que va más allá de sus necesidades primarias o fisiológicas y que A. H. Maslow (1954), estudioso de la conducta humana y de la motivación, en su pirámide de jerarquía de las necesidades incluye en las necesidades de grupo o sociales; de esta manera, el consumo moderado de este tipo de bebidas contribuye a mejorar las relaciones entre individuos en momentos de esparcimiento.

Es igualmente una realidad que ligado al crecimiento demográfico y a la apertura de nuevos mercados por el proceso de globalización de las economías, la producción de bebidas espirituosas lleva una tendencia ascendente. El caso de la producción del tequila no es la excepción, siendo su tendencia también ascendente. Por este motivo, la generación de aguas residuales de la destilación, conocidas como vinaza, se incrementará afectando negativamente a los medios acuáticos en los que se derrama.

La presente investigación está enfocada a estudiar el uso de la vinaza en suelos agrícolas como una alternativa de atenuar el impacto ecológico que ésta tiene en corrientes fluviales y cuerpos de agua en los que se descarga, y específicamente el trabajo se enfoca al estudio de la vinaza obtenida en la fábrica La Rojeña.

## 2. ANTECEDENTES.

La producción de bebidas alcohólicas data desde la época del México prehispánico. El pulque, resultado de la fermentación del jugo o savia del agave pulquero (*Agave sp.*), es una bebida con moderado contenido alcohólico que fue usada desde esos tiempos por los sacerdotes con fines ceremoniales y como premio a los combatientes por hazañas de guerra, pero era castigado severamente quien lo bebía fuera de estos personajes.

Con la conquista, el Español, acostumbrado a bebidas más fuertes obtenidas por la destilación del alcohol en mostos fermentados provenientes de jugos de uvas, introdujo esta técnica para obtener una bebida de mayor contenido alcohólico, más fuerte que el pulque que se conoció como mezcal o vino mezcal.

En el estado de Jalisco, en la zona actualmente comprendida por los municipios de Amatitán, Tequila y Magdalena, se hacía uso por los nativos de una variedad de maguey que a la postre se le clasificó como *Agave azul tequilana*, Weber, la cual se consumía en forma tatemada y su jugo de alto contenido de azúcares y minerales ayudaba a complementar la dieta de la población.

Con la experiencia de los españoles en obtener vino mezcal de los jugos fermentados del agave pulquero a su llegada a estas tierras de Tequila por el año 1600, se aplicó la técnica de la destilación a los jugos del agave azul obteniéndose también el vino mezcal. Se le atribuye esta participación a Don Pedro de Tagle, quien estableció la primera fábrica de vino mezcal habida en la Nueva Galicia.

Domingo Lázaro de Arregui en su Descripción de la Nueva Galicia escrita en 1921 y citada por Muria (1990), dice:

“Los mexcales son muy semejantes al maguey, y su raíz y asiento de las pencas se comen asadas, y de ellas mismas exprimiéndolas así asadas, sacan un mosto del que obtienen vino por alquitara, más claro que el agua y mas fuerte que el aguardiente y de aquel gusto. Y aunque del mexcal de que se hace se comunican muchas virtudes, úsanle en lo común con tanto exceso que desacreditaban el vino y aún la planta.”

De esta manera se presenta el inicio de la producción del vino mezcal, que en un principio era prácticamente de autoconsumo para hacendado y trabajadores o peones y que no obstante el mercado que representaba el asentamiento de la ciudad de Guadalajara, las prohibiciones emitidas por la Corona española sobre la producción y venta del vino mezcal para favorecer los aguardientes peninsulares hicieron que la producción de este vino fuera limitada y oculta.

Esta prohibición fue levantada en 1795; por este año José Ma. Guadalupe Cuervo obtiene licencia del Rey de España Carlos V para producir el vino mezcal a escala industrial, iniciándose así la producción formal industrial de este vino.

Otros personajes como José Ma. Castañeda, casi 100 años después estableció destilerías en los alrededores de Tequila y a su muerte le siguió en el negocio Cenobio Sauza quien tuvo la idea de exportar el vino mezcal al sur de los Estados Unidos. El éxito obtenido impulsó a otros productores a la exportación, traspasando así este vino las fronteras mexicanas.

De esta manera, este último siglo ha significado para la industria tequilera un desarrollo importante, tanto a nivel nacional como a nivel internacional, exportándose al presente a Estados Unidos y Canadá y con distribuidores, como ocurre en la empresa Cuervo, en Bélgica, Suiza, Austria, Australia y Sudamérica y con intenciones de promocionar en Rusia y China.

La producción en toda la industria, en 1955, se reporta de 10'643,000 l; para 1988 la producción fue de 53'528,000 l y para 1994 la producción se reporta en 66'500,814 l, de los cuales el 71.16 % fue para exportación y el 28.84 % para consumo nacional. Estos datos reflejan el incremento e importancia de la producción del tequila, la cual, desde 1955 se ha incrementado en un 600 % y con la perspectiva de un mercado creciente y más diverso, tanto a nivel nacional como internacional.

Este incremento en la producción industrial, característico de este siglo y en todas las ramas de la actividad económica, ha traído consigo un uso intensivo de los recursos naturales, así como la generación de desechos que se vierten al medio ambiente y que a niveles de la producción actual y prevista representan volúmenes que difícilmente pueden ser degradados en forma natural y cuya acumulación tiene efectos contaminantes nocivos.

En el medio ambiente, el incremento en la producción tequilera plantea la necesidad de abrir nuevas áreas al cultivo, que en ciertos casos incluye el desmonte y el establecimiento de plantaciones en laderas o faldas de cerros, lo que significa eliminar la cubierta vegetal y exponer al suelo a la erosión.

En el caso de las corrientes fluviales y cuerpos de agua, la producción de tequila trae consigo la liberación de aguas residuales de destilación a razón de 1:12, un litro de tequila genera doce litros de agua residual de destilación conocida como vinaza. Esta vinaza comúnmente se ha arrojado corrientes fluviales y de ahí a los cuerpos de agua, en los que se constituye como un agente contaminante debido a su temperatura alta y a sus contenidos en sólidos orgánicos en suspensión y en sólidos minerales disueltos.

Con la creación de la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología y la actual Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), el



gobierno federal ha tomado medidas hacia la industria tequilera para el control de sus efluentes, a lo que se ha respondido con alternativas como establecer lagunas de sedimentación o centrifugar la vinaza para separar el componente orgánico y reducir la demanda de oxígeno en los cuerpos de agua.

Posteriormente la Industria Tequilera, a través de la Cámara Regional del ramo y teniendo como antecedente el uso de la vinaza de la industria alcohol-azúcarera como mejorador de suelos agrícola en trabajos realizados en Brasil, presentó una propuesta técnica ante la Comisión Nacional del Agua para utilizar estos efluentes descargándolos en predios mezcaleros aprovechando la riqueza orgánica y mineral en contribuir a mejorar la fertilidad del suelo.

Para soportar técnicamente el uso de la vinaza en suelos agrícolas y generar información de los alcances de esta práctica, la Cámara Regional de la Industria Tequilera celebró, en septiembre de 1995, con la Universidad de Guadalajara a través de Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), un convenio para realizar investigación sobre el uso de vinazas en la actividad agrícola y pecuaria.

Dentro de este convenio se establecerán pruebas experimentales en campo para probar el efecto de diferentes niveles de vinaza en las propiedades del suelo, desarrollo de las plantas, y en el área pecuaria, en la alimentación de animales.

Por lo tanto, este trabajo está contemplado en el marco del convenio mencionado y pretende estudiar el efecto de la vinaza generada en la fábrica La Rojeña de Tequila Cuervo en propiedades del suelo relacionadas con su fertilidad y capacidad productiva, así como con su génesis o proceso de desarrollo.

CUCBA



BIBLIOTECA CENTRAL

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA.

Como se ha mencionado en la introducción, el propósito de este trabajo es estudiar el efecto de la aplicación de vinaza en las propiedades del suelo, y verificar que este efecto no represente riesgo de alteración negativa o desfavorable en las propiedades del suelo de valor agrícola, es decir, aquellas que tienen influencia en el desarrollo normal de la especies vegetales que sobre él crezcan.

En esta revisión se plantean los conceptos relativos al suelo y sus propiedades diagnosticadoras; a la vinaza y sus características; a los conceptos de contaminación o efecto probable en el medio ambiente, y a las cantidades de vinaza generadas, descargadas a arroyos o bien susceptible a utilizarse en suelos agrícolas. Así mismo, se analizan investigaciones que se han realizado sobre vinazas de la industria alcohol-azucarera y su efecto en los suelos.

#### 3.1 CONCEPTO DE SUELO.

El suelo como factor de producción agrícola y como medio natural par el desarrollo de la vegetación ha sido definido por diferentes autores y bajo diferentes puntos de vista, los cuales están ligados al desarrollo histórico de la Ciencia del Suelo.

De esta manera, las primeras definiciones respecto al suelo tenían bases meramente geológicas o agronómicas, de tal manera que los puntos de vista agrogeológicos o agronómicos dominaban el campo de la ciencia del suelo en el mundo occidental.

Ramman (1851-1926) geólogo alemán, citado por Joffe (1946), expone en 1917 el punto de vista geológico respecto al suelo al definirlo como la capa más superficial de la tierra, que consiste de rocas que han sido reducidas a pequeños fragmentos junto con los residuos de plantas y animales que vivieron de él y usaron de él.

Liebig (1803-1873), químico alemán, en 1840 al analizar las cenizas de plantas determinó sus constituyentes demostrando que los elementos inorgánicos extraídos del suelo por las plantas podrían ser reintegrados a éste por medio de fertilizantes inorgánicos obtenidos artificialmente y que de esta manera la fertilidad del suelo podría mantenerse en un nivel óptimo y aún incrementarse (Teuschler y Adler, 1981).

La investigación de Liebig establece un punto de vista agroquímico con respecto a la definición del suelo. Así, el suelo es considerado como un almacén estático de nutrimentos para las plantas que al ser usados por éstas y para evitar que el reservorio se agotara, tenían que ser repuestos mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos o químicos (Joffe, 1946).



Dokuchaiev (1846-1903) geólogo ruso, participó en la compilación del Primer Mapa de Suelos de la Rusia Europea y en la Investigación Fundamental sobre los Chernozems de Rusia.

En la realización del segundo trabajo, Dokuchaiev apreció características y rasgos (morfología) específicos en los suelos estudiados. De esta investigación, él estableció: "Los suelos son las formaciones minerales y orgánicas siempre más o menos coloreadas por el humus las cuales constantemente se manifiestan como resultado de la actividad combinada de las siguientes agencias; organismos vivos y muertos (plantas y animales), material parental, clima y relieve (Joffe, 1946).

Si los enfoques agrogeológicos y agroquímicos incluían a los fenómenos del suelo en el campo de la geología y de la química, la aportación de Dokuchaiev reconoce al suelo como un cuerpo natural independiente y crea una ciencia natural encargada de su estudio, la Pedología.

Con este nuevo enfoque, Joffe (1946), analizando las ideas de Marbut (1863-1935) define al suelo como un cuerpo natural de constituyentes orgánicos y minerales, variable en profundidad y que difiere del material subyacente en morfología, composición y propiedades químicas y características biológicas.

Por lo tanto, las anteriores definiciones del suelo expuestas por Dokuchaiev, Marbut, y Joffe las cuales se han enunciado en base a procesos de formación o en base a características (morfología) resultantes por la acción de estos procesos, ubican al suelo como un cuerpo natural independiente y evolutivo, excluyen su estudio del ámbito de la ciencia geológica y química y le dan a la Pedología su carácter de ciencia natural independiente encargada del estudio de suelo y su evolución.

En la década de los 30's y por la necesidad de contar con mapas de suelos de valor predictivo, el concepto de suelo fue revisado y de esto se consideró a los suelos como paisajes dinámicos tridimensionales y como un medio natural para el crecimiento de las plantas, se tengan o no horizontes genéticos.

Desde este punto de vista el suelo cubre la superficie de la Tierra como un continuo, exceptuando las pendientes rocosas, las regiones permanentemente cubiertas por hielo, las playas muy arenosas y donde sea que la cubierta del suelo desaparezca (USDA, 1962).

El concepto de suelo como paisaje tiene importancia cuando se quieren obtener predicciones acerca de su uso y manejo. Estas predicciones no se pueden hacer en forma completa y precisa a partir únicamente de los datos obtenidos de análisis de laboratorio, es necesario tomar en consideración las características del suelo como paisaje (USDA, 1962). Este enfoque se asemeja al concepto Tierra, el cual incluye al suelo más los factores del medio ambiente físico (Young, 1976).

Por otro lado, la idea de suelo como un continuo, aplicada con fines de manejo implica dividir ese continuo en clases de suelos individuales que conserven características similares.

Como un individuo en el continuo, el suelo se define como una parte tridimensional del paisaje que soporta plantas, su parte más superior es la superficie de la tierra, su límite inferior está definido por los límites más inferiores a donde llega la acción de los procesos de formación, y sus lados son límites con otras clases de suelos en donde se presentan cambios en una o más de las características diferenciadoras relacionadas a su vez con cambios en uno o más de los factores genéricos (USDA, 1951).

Las ideas expresadas anteriormente, desde los planteamientos de Dokuchaiev, a quien se le considera el padre de la Pedología genética al establecer las bases de la ciencia del suelo moderna, consideran al suelo como un cuerpo natural organizado, dinámico y evolutivo, con una constitución propia bien definida en base a características morfológicas, y propiedades químicas y biológicas que determinan su distintividad y la variabilidad del suelo en la naturaleza.

### **3.2 PROPIEDADES DIAGNOSTICADORAS DEL SUELO.**

Como todo cuerpo natural, el suelo presenta una constitución morfológica propia determinada por la sucesión de capas y horizontes expresadas en el perfil del suelo.

El perfil del suelo es un corte vertical expuesto desde la superficie hasta dos metros de profundidad o a la presencia de roca, tepetate o manto freático que limite su profundidad. El perfil del suelo es la unidad básica de estudio y es representativo del pedón, el cual comprende un volumen de suelo tridimensional donde las características del suelo son homogéneas.

Como un cuerpo natural, el suelo presenta una serie de características y propiedades por medio de las cuales es definido y que lo hacen distintivo. Algunas propiedades se pueden usar como criterios importantes de diferenciación, mientras que otras parecen ser de poca importancia pedológica pero que son importantes en la producción de cosechas (FitzPatrick, 1984).

Con respecto a este planteamiento, el estudio del suelo toma dos caminos con un propósito común: conocer al suelo para su mejor aprovechamiento.

Por un lado se tienen los estudios del suelo realizados con enfoque genético o tendencia evolutiva (ciencia pedológica); y por el otro, aquellos estudios enfocados a conocer el suelo con respecto a su influencia en el desarrollo de cultivos (ciencia edafológica).

Las propiedades de importancia pedológica se usan para establecer categorías de suelos (FitzPatrick, 1984). Para hacer una distinción entre los suelos más intemperizados de las regiones tropicales y los de otras zonas que se encuentran menos intemperizados y desarrollados, es necesario obtener información sobre las propiedades químicas de esta clase de suelo. El tipo de información más útil en este caso incluye medidas del contenido de hierro "libre" o extractable, la capacidad de intercambio catiónico, y el contenido de minerales intemperizables (Boul, 1983)

Las propiedades de importancia edafológica, en consecuencia, se usarán para establecer las medidas más convenientes para el uso y manejo del suelo con respecto a la producción agrícola.

Sea para un uso u otro, el conocimiento del suelo parte del análisis de su unidad básica de estudio. FitzPatrick (1984), define la unidad pedológica de estudio como una columna del suelo seleccionada que contiene suficiente material para efectuar su caracterización adecuada en el campo y el laboratorio.

Comúnmente, el estudio del suelo se realiza a través del análisis del perfil del suelo; según Boul (1983), el perfil del suelo completo es la exposición vertical de una porción superficial de la corteza terrestre que incluye todas las capas que han sido alteradas edafogénicamente durante el proceso de formación del suelo y, también, las capas más profundas que influyeron en la edafogénesis.

Ya sea que se considere la unidad pedológica de estudio o su manifestación en el perfil del suelo, su estudio parte de la identificación de los horizontes y capas que lo componen, así como de la determinación en campo y laboratorio de las propiedades del suelo para cada horizonte y capa.

Las propiedades del suelo comúnmente observadas en campo y presentadas por Boul (1983), son: naturaleza de los horizontes, color, textura, estructura, porosidad, consistencia, cutanes, nódulos, concreciones, reacción. Para análisis en laboratorio se considera la textura, constantes de humedad, extensividad lineal (contracción y expansión), capacidad de intercambio catiónico, cationes intercambiables, acidez cambiante, porcentaje de bases intercambiables (por cálculo), pH, materia orgánica y mineralogía.

Estas propiedades del suelo, entre otras, permiten tener elementos necesarios para cumplir con los propósitos mencionados con anterioridad: la caracterización pedológica del suelo con fines de clasificación y la caracterización edafológica con fines de manejo. Estos propósitos tienen como fin común, hacer el mejor uso y aprovechamiento del suelo, ya que el conocimiento de su génesis con fines de clasificación permite fraccionar el continuo en grupos de suelos con características y propiedades comunes que, a su vez, permitan proponer un mismo tipo de uso y manejo, o bien, transferir información generada en ciertas clases de suelos a otras regiones con suelos similares.

Las propiedades del suelo, como lo menciona Cline (1940), citado en USDA 1975, para fines de clasificación, pueden ser utilizadas como características diferenciadoras, es decir, aquellas seleccionadas como base de agrupamiento; características accesorias, son propiedades covariantes de las cuales es posible hacer declaraciones precisas; y características accidentales que son propiedades independientes de las bases de agrupamiento, en las que ningún juicio se puede hacer de ellas para la clase como un todo (USDA, 1975).

Para fines de esta investigación, se propone el concepto de **propiedades diagnosticadoras del suelo** a partir de las cuales es posible emitir juicios acerca de la génesis del suelo, del proceso de formación y de la clasificación, y al mismo tiempo, juicios acerca del estado productivo del suelo, es decir, de su fertilidad o capacidad de producir.

El suelo se ha definido como un sistema evolutivo, dinámico, que en condiciones naturales esta influenciado por la acción de las agencias naturales: clima, vegetación, organismos como factores activos de formación del suelo; y el material parental y el relieve, como factores pasivos, ambos actuando por períodos de tiempo.

En este trabajo se plantea el uso de aguas residuales de destilación alcohólica de la industria tequilera (fabrica La Rojeña de Tequila Cuervo) conocidas como **vinaza**, descargándolas en suelos agrícolas. El ingreso al suelo de este agente extraño a su condición natural debe implicar un efecto sobre el suelo y sus propiedades, propósito a evaluar en la investigación.

Por lo anterior, se han seleccionado algunas propiedades del suelo para evaluar el efecto que sobre éstas tenga la vinaza aplicada. Estas propiedades a las que se denominará como **propiedades diagnosticadoras**, son aquellas que usualmente se usan en el diagnóstico del suelo y que a su vez, de su conocimiento se pueden inferir otras propiedades del suelo. Entre éstas se estudiará **la capacidad de intercambio catiónico, las bases cambiables, la acidez cambiabile, el pH, la materia orgánica, la conductividad eléctrica, y el porciento de sodio intercambiable.**

Una revisión sobre estas propiedades diagnosticadoras se describe a continuación.

### **3.2.1 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO.**

El intercambio catiónico es una de las propiedades más importantes del suelo y tiene influencia sobre una gran cantidad de características, (Fassbender, 1975).

Se entiende por intercambio catiónico los procesos reversibles por los cuales las partículas sólidas del suelo adsorben iones de la fase acuosa, desadsorben al mismo tiempo cantidades equivalentes de otros cationes y establecen un equilibrio entre

ambas fases. Estos fenómenos se deben a las propiedades específicas del complejo coloidal del suelo que tiene cargas electrostáticas y una gran superficie. La materia orgánica, las arcillas y los hidróxidos funcionan como cambiadores, (Fassbender, 1975).

El complejo de intercambio del suelo, también conocido como el complejo de adsorción, está representado por la fracción fina coloidal del suelo que incluye a los coloides orgánicos (humus coloidal) y coloides inorgánicos (arcillas e hidróxidos).

La capacidad de un suelo para adsorber y retener cationes y para intercambiar especies de estos iones en reacciones químicas reversibles es de gran importancia, tanto para los estudios de nutrición y fertilidad de suelos como para el estudio de la génesis de los mismos. (Boul, 1983).

La capacidad de intercambio catiónico es variable en los suelos dependiendo del contenido y tipo de humus y arcillas, según se anota en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Valores de capacidad de intercambio catiónico de algunos minerales arcillosos del suelo (Fassbender, 1975).

Mineral	CIC meq/100 g de suelo*
Caolinita	3 - 15
Illita	20 - 50
Montmorillonita	100 -150
Mat. Orgánica	100 -250

\*Miliequivalentes por 100 gramos de suelo.

A través del valor de la CIC obtenido del análisis químico se pueden hacer inferencias sobre el grado de intemperización del material del suelo o el grado de desarrollo o sobre la fertilidad nativa; los valores altos de CIC reflejan una alta capacidad del suelo para retener nutrimentos. Sobre el tipo de suelo y a manera de ejemplo, una CIC menor a 16 meq/100 g de suelo se usa como criterio de diagnóstico para un horizonte B óxico y éste define al orden de los Oxisoles en la taxonomía americana.

Por la ascendencia que la CIC tiene sobre propiedades del suelo se le considera aquí como una propiedad diagnosticadora.

### 3.2.2 CATIONES INTERCAMBIABLES O BASES CAMBIABLES.

Como cationes cambiables en el suelo se presentan principalmente  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , e  $\text{H}^+$ . Ellos forman parte del enjambre de iones que cubre el complejo coloidal.

Estos iones cargados positivamente contrarrestan las cargas negativas de las arcillas y la materia orgánica; se les puede clasificar en dos grupos; bases intercambiables y cationes que generan la acidez intercambiable. (Boul, 1983).

Con respecto a las bases cambiables ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ), su proporción en el complejo de intercambio del suelo afecta la agregación de las partículas individuales del suelo, es decir su estructura.

Baver (1973), señala que el proceso de estructuración del suelo comprende dos etapas: la floculación que es la atracción mutua de partículas primarias en suspensión para formar un flóculo que se mantiene estable si se haya presente un agente floculante como cationes divalentes o trivalentes; la otra etapa es la cementación o enlace mutuo de las partículas floculadas.

Señala también, este autor, que se reconoce casi universalmente que la cal y la materia orgánica mejoran las propiedades físicas del suelo. La idea ampliamente aceptada, está apoyada en observaciones de laboratorio, en las que suspensiones de arcilla son floculadas por sales de calcio, lo que indica que los efectos beneficiosos de la cal se deben, en parte, a la floculación de los coloides del suelo por el calcio.

De esta manera los cationes divalentes como el  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  favorecen la estructuración del suelo y con ello mejoran las condiciones de permeabilidad, drenaje, aireación y movimiento mecánico de raíces.

Caso contrario, los cationes monovalentes como el  $\text{Na}^+$  propician la dispersión o defloculación del suelo con la consecuente pérdida de estructura.

Las propiedades del suelo se ven afectadas adversamente con el aumento en la dispersión como resultado del aumento en la proporción de sodio intercambiable con relación a otras bases (Boul, 1983).

Así, la relación entre las bases intercambiables son criterios de diagnóstico para:

- a) Separar epipedones mólicos de epipedones úmbricos.
- b) Definir la presencia de un horizonte nátrico en suelos sódicos.
- c) Determinar las condiciones físicas del suelo en cuanto estructura, porosidad, permeabilidad, aireación, etc,

- d) Diagnosticar el estado de fertilidad del suelo por la proporción de calcio y magnesio intercambiables con respecto a otros cationes.

### 3.2.3 ACIDEZ INTERCAMBIABLE.

Con respecto a la acidez intercambiable, Boul (1983), establece que ésta está representada por elementos del grupo ácido como el  $H^+$  y  $Al^{3+}$  comúnmente presentes en suelos ácidos. El mismo Boul, citando a Coleman y Thomas (1967), señala que esta acidez intercambiable es causada casi totalmente por iones aluminio. Igualmente, los términos: “hidrógeno intercambiable” y “acidez Intercambiable” señala que generalmente se usan como sinónimos.

Entre las interpretaciones que se llegan a hacer sobre la acidez intercambiable están las siguientes según Boul (1983):

- a) La acidez intercambiable aumenta con el aumento de la lixiviación y de la intemperización en ambientes de más humedad.
- b) Si el aluminio intercambiable ocupa más del 60 % de la CIC, origina niveles tóxicos de aluminio en la solución del suelo. Por este motivo, el contenido de aluminio intercambiable es de importancia y se usa mucho en nutrición de plantas como en estudios de génesis y clasificación de suelos.
- c) El hidrógeno intercambiable se encuentra en cantidades significativas solo si están presentes grandes cantidades de ácidos solubles (ácido sulfúrico, residuos vegetales muy ácidos, localmente aplicaciones fuertes de fertilizantes amoniacales en suelos arenosos) y ordinariamente se encuentran acompañados por valores de pH menores a 4.

### 3.2.4 pH.

Aplicado a soluciones acuosas, el pH es una de las propiedades más útiles para expresar la concentración del ion hidrógeno, bases y soluciones neutras.

El pH de una solución se define como el logaritmo de la recíproca de la concentración de iones hidrógeno.

$$pH = \log \frac{1}{[H^+]}$$

A pesar de que el concepto de pH se ha desarrollado para soluciones, sus bases teóricas permiten utilizarlo para determinaciones en suspensiones coloidales de suelos.

La reacción del suelo, es decir el que ésta presente un pH ácido, neutro o alcalino, según predomine la concentración de iones  $H^+$  o de iones  $OH^-$  en la solución del suelo, es una propiedad importante que influye en las condiciones del suelo, tanto físicas y químicas como biológicas.

La acidificación progresiva que se presenta de manera especial en suelos de áreas tropicales húmedas se debe al reemplazo paulatino de las bases cambiables  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , y  $K^+$  por iones  $H^+$  y  $Al^{3+}$ . Este reemplazo resulta de la percolación del agua, extracción de cationes básicos por las plantas y por el uso de fertilizantes de carácter ácido (Fassbender, 1975).

La expresión de la actividad iónica del  $H^+$  en forma de pH se ha generalizado para evitar el uso de decimales o de exponentes. De esta manera se evalúa la acidez o alcalinidad activa, o sea, los iones  $H^+$  y  $OH^-$  que se encuentran en la solución en equilibrio del suelo. La acidez activa es solo una parte de la acidez total o potencial del suelo que incluye al  $H^+$  y  $Al^{3+}$  cambiabile (Fassbender, 1975).

Es decir, en los suelos hay que distinguir la acidez “actual” y la acidez total o “potencial”. La primera expresa la concentración de iones  $H^+$  actualmente disociados y presentes en la solución del suelo; la segunda corresponde a la suma de los iones  $H^+$  de cambio (o de  $Al^{3+}$  que liberan iones  $H^+$ ) que acompañan a las moléculas adsorbentes o que no están actualmente disociadas pero que se disocian progresivamente a medida que procede la neutralización (Duchaufour, 1978).

La determinación del pH del suelo en suspensiones acuosas por métodos potenciométricos, como se realiza en forma rutinaria, es una medida de la actividad de ion hidrógeno, reportada en una escala logarítmica con rango de 0 a 14. En condiciones neutras el suelo tiene un pH de 7, en este caso, la concentración de iones  $H^+$  y  $OH^-$  en la solución del suelo es la misma. Un aumento en la concentración de iones  $H^+$  lleva al pH al ámbito de la acidez y un aumento en la concentración de  $OH^-$  lleva al suelo al ámbito de la alcalinidad (Fassbender, 1975).

Cajuste (1977), expone que el pH del suelo afecta la solubilidad de muchos elementos esenciales para las plantas; afecta también las propiedades de intercambio de cationes y aniones del suelo y las diversas actividades de los microorganismos que viven en el suelo.

Por lo tanto se pueden hacer algunas deducciones generales a partir del pH del suelo:

- a) En cuanto a la disponibilidad de nutrimentos, a pH ácido menor de 6.5, el contenido de bases Ca, Mg, y K disminuye.



- b) A pH neutro o ligeramente alcalino, pH 6.5 - 8.0, el complejo de intercambio está saturado de bases, no hay acidez intercambiable.
- c) Si el pH es mayor a 8.5 se tiene riesgo de salinidad y sodicidad.

La determinación del pH del suelo permite diagnosticar condiciones de acidez o alcalinidad e inferir sobre la disponibilidad de nutrientes, sobre la actividad microbiana, sobre las condiciones del complejo de intercambio y sobre la estructura del suelo.

A su vez, el pH es criterio diagnóstico para algunos ordenes de suelos como los Oxisoles y Ultisoles e Histosoles.

### 3.2.5 MATERIA ORGÁNICA.

Fassbender (1975), indica que la vegetación consta de tallos, hojas, flores y frutos que al depositarse en la superficie del suelo constituyen la hojarasca. Cada uno de los componentes de la vegetación tiene una composición química específica. Estos residuos son objeto de su degradación o descomposición hasta sus componentes elementales como proteínas y otros en el proceso de *mineralización*. Los productos resultantes pueden ser objeto de nuevos procesos de resíntesis y polimerización dando lugar a nuevos agregados químicos que reciben el nombre de **ácidos húmicos**, de características y propiedades específicas. Este proceso recibe el nombre de *humificación*.

Duchaufour (1978), considera que los restos vegetales de toda naturaleza que caen sobre el suelo constituyen la fuente esencial de la materia orgánica; desde su llegada al suelo son descompuestos mas o menos rápidamente por la acción biológica.

Es indispensable la distinción entre materia orgánica fresca (restos de cultivo, abono verde, abono orgánico), y materia orgánica transformada "humificada". Cuando se incorpora al suelo materia orgánica fresca se observa que del 60 al 70 % de la misma desaparece en un intervalo de dos años (fase de mineralización activa); luego los compuestos humificados que quedan son mucho más estables y se mineralizan lentamente, a ritmo del 1.5 a 2.0 % por año (Hénin y Dupuis, 1945, citado por Duchaufour, 1978).

Kononova (1982). Expresa que la materia orgánica del suelo representa en sí un sistema complejo de diversas sustancias; su dinamismo se origina de la incorporación al suelo de restos de origen animal y vegetal y la transformación de éstos bajo la acción de distintos grupos de microorganismos.

De esta manera el constituyente orgánico del suelo se presenta en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Composición del constituyente orgánico del suelo.

<b>Organismos Vivos</b>	Microorganismos y Mesofauna
<b>Materia orgánica Fresca</b>	Hojarasca (tallos, hojas, flores)
<b>Materia Orgánica en Descomposición</b>	Proteínas, Carbohidratos, Lignina
<b>Ácidos Húmicos</b>	Ácidos Húmicos, Ácidos Fúlvicos, Huminas

Los organismos vivos constituyen el edafón y representan del 10 al 15 % de la materia orgánica total (Fassbender, 1975).

La determinación del contenido de materia orgánica en el suelo se realiza de manera indirecta a través de la cuantificación del carbono orgánico, generalmente por combustión húmeda basada en la reducción del dicromato de potasio ( $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}$ ) y la determinación del dicromato no reducido por titulación. Los valores de C orgánico se expresan en porcentaje y también como porcentaje de materia orgánica (% M.O.) al multiplicarse el porcentaje de carbono por el factor convencional de van Vammelen de 1.74 (Fassbender, 1975).

El contenido de materia orgánica en el suelo tiene especial importancia debido a que influye favorablemente en las condiciones del suelo; favorece la estructuración o formación de agregados, aumenta la capacidad de retención de humedad y la capacidad de intercambio catiónico; favorece la disponibilidad de nutrimentos como nitrógeno, fósforo y azufre y regula el pH a través de su capacidad tampón o capacidad amortiguadora (Fassbender, 1975).

La porción principal de la materia orgánica del suelo está representada por las sustancias húmicas. Este grupo de sustancias constituye, en los suelos minerales, entre el 85 y 90 % de la reserva total de humus (Kononova, 1982).

El contenido de materia orgánica es un criterio de diagnóstico clave en suelos en los que su acumulación es un proceso dominante como ocurre en los suelos de pradera. Así como, para diferenciar horizontes de diagnóstico de superficie como los epipedones mólicos y los epipedones úmbricos de la taxonomía americana.

Igualmente, el contenido de materia orgánica se usa para diferenciar suelos orgánicos (histosoles) de suelos minerales (Boul, 1983).

La relación carbono-nitrógeno, C/N, es un índice útil del grado de descomposición de la materia orgánica en los suelos. El humus del suelo bien descompuesto tiene una

relación C/N entre 12 y 13; en cambio, la paja tiene una relación C/N de 40 (Boul, 1983).

### **3.2.6 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.**

La conductividad eléctrica es una medida indirecta de la presión osmótica en la zona radical, y ésta es afectada por una mayor o menor concentración de sales solubles en el suelo.

Richards, (1973), expone que cuando se investiga la salinidad del suelo con relación al desarrollo de las plantas se recomienda usar la conductividad eléctrica del extracto de saturación como un medio para evaluar la salinidad.

Palacios y Aceves (1970), mencionan que el efecto nocivo de las sales solubles del suelo sobre las plantas se debe a que producen presiones osmóticas en la solución del suelo que está en contacto con las raíces. Esta presión osmótica al pasar de ciertos valores ocasiona disminución en los rendimientos o pérdida total de las cosechas.

En forma natural, las sales se acumulan en los suelos bajo condiciones de clima seco donde la evaporación excede a la precipitación por lo que las sales solubles no son lavadas fuera del perfil del suelo. En condiciones influidas por el hombre, las sales se acumulan cuando los suelos son regados con aguas que las contiene en cantidades que afectan su calidad.

El contenido de sales de un suelo se puede estimar en forma aproximada de una medición de la conductividad eléctrica de una pasta de suelo saturada, en una suspensión más diluida o en un extracto (Richards, (1973)

Así mismo, Chavira y Castellanos (1987), mencionan que la medición del contenido de sales en el suelo se puede realizar sobre extractos acuosos de muestras de suelos, sobre muestras de soluciones del suelo obtenidas en campo, y por medio de mediciones *in situ* utilizando sensores porosos o sondas de cuatro electrodos o sistemas electromagnéticos. Este último proceso permite conocer la salinidad en condiciones reales de humedad del suelo; es de rápida medición, aunque tiene la desventaja de requerir de calibración por contenidos de humedad; no indica el tipo de suelo y el equipo requerido generalmente no está disponible en estaciones experimentales.

También mencionan estos autores que si se requiere conocer los constituyentes de las sales solubles del suelo, además del nivel general de salinidad se recomienda trabajar con extractos de saturación.

La conductividad eléctrica tiene las unidades de mhos/cm, aunque la mayor parte de las soluciones tienen una conductividad menor que dicha unidad, por lo que se emplean unidades menores que permiten una localización del punto decimal más adecuada para registrar estos valores. De esta forma, en suelos se utiliza el milimho y en aguas el micromho.

$$C E = \text{mho/cm}$$

$$C E \times 10^3 = \text{milimho/cm}$$

$$C E \times 10^6 = \text{micromho/cm}^*$$

(\* Últimamente se usa como unidad de medida de la C. E. el Siemmen.)

Para fines de clasificación de suelos, expone Boul (1983), se utiliza la conductividad eléctrica del extracto de saturación de 2 milimho/cm a 25 °C en la parte superior del perfil como uno de los criterios de diagnóstico para el reconocimiento del Orden de los Aridisoles. Una conductividad mayor a 4 milimho/cm a 25 °C se emplea para definir un suelo salino.

### 3.2.7 PORCIENTO DE SODIO INTERCAMBIABLE.

El sodio junto con el calcio, magnesio y potasio, constituyen los cationes básicos que en el complejo de intercambio conforman las bases cambiables.

Richards (1973), Exponen que los suelos sódicos se caracterizan por un porcentaje de sodio intercambiable mayor del 15 % con un contenido de sales reducido. Señalan los mismos autores que el porcentaje de sodio intercambiable es igual a 100 veces el contenido de sodio intercambiable dividido entre la capacidad de intercambio catiónico expresando ambos las mismas unidades.

Duchaufour (1978), menciona que los suelos sódicos se caracterizan porque su quimismo se encuentra bajo el predominio del ion sodio, ya sea en forma de cloruro sódico en las soluciones del suelo o de ion sodio de cambio.

Duchaufour (1978), expone que el predominio del ion sodio (acompañado por el ion magnesio) en el complejo de intercambio y en presencia de agua dulce, las arcillas sódicas se hidrolizan, liberando el ion sodio en solución ( $\text{Na}^+$ ), el pH se eleva a valores mayores a 9. En tales condiciones, las arcillas se dispersan y la estructura se degrada; en ciertos casos, las arcillas dispersas son lavadas y se forma el *horizonte nátrico*.

Por lo tanto, la presencia de sodio intercambiable reviste importancia en el diagnóstico del suelo. Por un lado, El pH elevado y la defloculación del suelo lo hacen inapropiado para el crecimiento de plantas de cultivo, demandando, entonces, su rehabilitación. Por otro lado, el reconocimiento del horizonte nátrico (tipo especial de horizonte argílico caracterizado por su contenido de sodio intercambiable) es un criterio de clasificación de suelos a nivel de Suborden en la Clasificación de Suelos Americana.

### 3.3 VIANZA.

#### 3.3.1 OBTENCIÓN DE LA VIANZA

La obtención de vinaza está íntimamente ligada al proceso de obtención de alcohol etílico y éste a su vez, se obtiene de la fermentación de azúcares por levaduras y de la destilación del material fermentado para la obtención del alcohol.

Luego entonces, para hablar de vinaza; su forma de obtención, sus características, usos y efectos sobre el medio ambiente, se requiere de mencionar los procesos mediante los cuales se obtiene el alcohol.

Como se ha mencionado, los azúcares son la principal fuente para la obtención del alcohol.

Químicamente, los azúcares entran en el grupo de los carbohidratos. Para clasificar apropiadamente al gran número de carbohidratos, sería necesario establecer seis clases y cuando menos 40 subclases. Esta clasificación se puede reducir en tamaño al tomar la siguiente forma:

#### 1. Monosacáridos

- |              |                  |
|--------------|------------------|
| a). Pentosas | $C_5 H_{10} O_5$ |
| b). Hexosas  | $C_6 H_{12} O_6$ |

#### 2. Disacáridos

- |                         |                        |
|-------------------------|------------------------|
| a). Unidades de Hexosas | $C_{12} H_{22} O_{11}$ |
|-------------------------|------------------------|

#### 3. Polisacáridos

- |                |                      |
|----------------|----------------------|
| a). Pentosanas | $(C_5 H_8 O_4)_x$    |
| b). Hexosanas  | $(C_6 H_{10} O_5)_x$ |

Dentro de estos grupos los que especialmente importan par la obtención de alcohol etílico son los monosacáridos y los disacáridos. en el primer grupo interesan las hexosas como la glucosa y fructuosa.

**Glucosa.** La glucosa,  $C_6 H_{12} O_6$ , (dextrosa, azúcar de uvas, azúcar de la sangre), que es una de las hexosas isoméricas, constituye un azúcar muy importante tanto porque se encuentra frecuentemente en la naturaleza, como por su prominencia en los procesos biológicos. Este es el azúcar en el cual se convierten los demás carbohidratos antes de ser oxidados en el organismo. La glucosa se encuentra como tal en las frutas maduras siendo especialmente abundante en las uvas. Existen otros muchos carbohidratos cuya hidrólisis produce glucosa; maltosa, sacarosa, almidón y celulosa, (Kennan y Wood, 1971).

**Fructuosa.** La fructosa,  $C_6 H_{12} O_6$ , (levulosa, azúcar de frutas), es un sólido cristalino que se encuentran junto con la glucosa en la miel y en las frutas. La diferencia estructural entre la glucosa y la fructuosa es que en la primera el grupo aldehído es sustituido por un grupo cetona. Por esta razón se le identifica como una cetohehexosa (Kennan y Wood, 1971).

Con respecto a los disacáridos, la sustancia que reviste especial importancia es la sacarosa,  $C_{12} H_{22} O_{11}$ .

La sacarosa, azúcar de mesa, está compuesta de dos unidades de monosacáridos. Estos monosacáridos están unidos por medio de enlaces que resultan de la eliminación de una molécula de agua; por ejemplo, la molécula de sacarosa esta compuesta de glucosa y fructuosa (Kennan y Wood, 1971).

Por lo tanto, estas sustancias: glucosa, fructuosa y sacarosa son los ingredientes más usados en la producción de alcohol etílico, la sacarosa utilizada de la caña de azúcar en la industria alcohol-azúcarera, y la fructuosa obtenida de las piñas de agave en la industria tequilera.

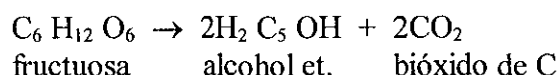
Para la obtención del alcohol etílico se requiere, después del cocimiento y molienda de la materia prima (piñas o cabezas de agave) para la extracción de las mieles o mostos, de dos procesos: fermentación y destilación.

La fermentación, cita Valenzuela (1994), con respecto a la obtención del tequila, es el proceso requerido para la transformación de los azúcares en alcohol etílico. Se realiza en depósitos de fermentación que son grandes tinas de acero inoxidable a las que se agrega el mosto, agua, levadura y nutrimentos.

Las levaduras son hongos unicelulares que difieren de las algas porque no realizan fotosíntesis, tampoco son protozoos porque tienen pared celular rígida, se diferencian

de la mayoría de las bacterias por su tamaño relativamente grande y su morfología (Pelczar, 1982).

Las levaduras han servido al hombre para fermentar jugos de frutas, pan o elaborar muchos y nutritivos alimentos. La especie *Saccharomyces cerevisiae* se usan en la industria tequilera para transformar la fructuosa en alcohol etílico mediante la reacción del catabolismo del azúcar en ambiente anaerobio (fermentación) por la siguiente reacción.



Por lo tanto, los productos de cualquier fermentación son: alcohol, bióxido de carbono, agua y energía que se desprende en forma de calor. El mosto en plena fermentación es efervescente y el movimiento cesa cuando las levaduras han terminado su trabajo. En ese momento, la fermentación termina y se acostumbra decir que el mosto está muerto, las levaduras terminaron la conversión del mosto en alcohol (Valenzuela, 1994).

Entonces, terminada la fermentación, lo que inicialmente se añadió como mieles o mosto, agua, levadura y sales nutritivas para favorecer la actividad microbiana, da como resultado una mezcla de alcohol, levaduras, agua y sales nutritivas. Se requiere separar de esta mezcla el alcohol que es la sustancia de interés industrial. Esto se realiza a través de la Destilación.

La destilación, Kennan y Wood (1971), la explican de la siguiente manera:

Cuando se hierve una mezcla de dos líquidos miscibles, el vapor que escapa del líquido tiene generalmente una composición distinta al líquido original. Lo más común es que el vapor sea más rico (más concentrado) en el componente más volátil. Hirviendo el líquido y condensando el vapor producido, la mezcla puede separarse en dos partes: el destilado que es más rico en el componente más volátil que el líquido original, y el residuo, que es más rico en el componente menos volátil. Esto se conoce como *destilación fraccionada*.

Para este caso, el líquido original es la mezcla resultante de la fermentación, el destilado son los vapores con riqueza alcohólica y el residuo, el líquido remanente agotado de alcohol que se conoce como **vinaza**.

Varela (1987), define a la vinaza, en relación a los jugos de la caña de azúcar, como el resultado de la fermentación alcohólica de las mieles incristalizables del jugo de caña

por la acción de levaduras. También cita este autor que en el proceso de fermentación por cada litro de etanol obtenido durante el proceso de destilación se eliminan de 10 a 12 litros de vinaza.

En la industria tequilera, la destilación es el proceso en el que los fermentos son separados mediante calor y presión en productos de riqueza alcohólica (tequila) y en vinazas, las cuales constituyen un producto de deshecho. Las vinazas son también llamadas lodos de fermentación y están compuestas por agua y levadura (Valenzuela, 1994).

Cedeño (1995), menciona que la destilación, en el proceso de producción del tequila, consiste en la separación y concentración de alcohol a partir del mosto fermentado; además de etanol y otros productos secundarios deseables, el mosto (wort) contiene partículas sólidas de agave, a base de celulosa y pectina, y células de levadura, además de proteínas, sales minerales y algunos ácidos orgánicos.

Para la elaboración del tequila son necesarias dos destilaciones; la primera es llamada destrozamiento y la segunda rectificación. Con la rectificación se incrementa la riqueza alcohólica y se eliminan los productos indeseables obteniéndose un fabricado de mayor pureza. Al tequila obtenido del destrozamiento o primera destilación se le llama "tequila ordinario" y al que termina la segunda destilación o rectificación es considerado ya como "tequila blanco" (Valenzuela, 1994).

Además de las vinazas existen otros subproductos del inicio y final de la destilación conocidos como "cabezas" y "colas", respectivamente. Estos productos (cabezas y colas) son fuertes solventes orgánicos que son controlados en la calidad del tequila (Valenzuela, 1994).

Como se mencionó al principio de este apartado, la vinaza está ligada a la producción de alcohol etílico, es un subproducto o un residuo de este proceso.

Cedeño (1995), indica que para una destilería de tequila típica, se producen de 7 a 10 litros de vinaza por litro de tequila.

Considerando el dato anterior, y si la producción anual de tequila para 1994 fue de 40 millones de litros, se debieron de haber producido de 280 a 400 millones de litros de vinaza, es decir,  $40\,000\text{ m}^3$  que en base a los 365 días del año representan poco más de  $100\text{ m}^3$  diarios.

Peraza (1994), considera que la carga orgánica de una destilería con producción típica de  $100\text{ m}^3$  por día equivale a la de un afluente doméstico de una población de 1.7 millones de habitantes.





### 3.4 CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

El agua es un elemento cotidiano en nuestra vida moderna cuya importancia no se valora en su verdadera dimensión.. No obstante, la vida depende del agua. El 70 % del peso del hombre es agua; en frutas y vegetales frescos el vital líquido representa un 75 a 95 %. El agua es un solvente universal y reactivo químico y medio en que se llevan a cabo las reacciones químicas que sostienen la vida, así como procesos industriales de los que se obtienen satisfactores (Masterton y Slowinski, 1974).

En el planeta, el agua se distribuye en un 97.3 % en los océanos, 1.9 % como hielo o nieve, 0.4 % en aguas subterráneas; a los lagos corresponde el 0.009 %, en la atmósfera representa el 0.0013 % y los ríos y arroyos constituyen el 0.0002 % (Masterton y Slowinski, 1974).

A escala mundial, no obstante que el agua superficial (ríos, arroyos y lagos) y atmosférica, representan porcentajes relativamente bajos con respecto al total del agua, éstos han contribuido en forma importante al desarrollo de la humanidad. Hay que recordar que los antiguos asentamientos humanos, como lo marca la historia, se hicieron junto a ríos o cuerpos de agua como el Eufrates, Tigris, Nilo o el Lago de Texcoco con los Aztecas.

La gran cantidad de agua que representan los océanos no es considerada para su uso inmediato humano, agrícola o industrial debido a su contenido de sales.

Sin embargo, el crecimiento de las sociedades humanas y el desarrollo industrial en el siglo actual por terminar, ha representado una fuerte presión para el medio ambiente en general. En el caso de las corrientes fluviales y cuerpos de agua, las descargas industriales y afluentes domésticos en ciudades y poblaciones representan una importante carga contaminante por los contenidos orgánicos, detergentes, solventes, etc.

El término *contaminación del agua* implica la presencia de materia extraña, indeseable en esa sustancia por demás pura y natural. El agua como tal es un compuesto simple que el químico la coincide como una sustancia que consta de moléculas de un solo tipo y que están representadas por la fórmula  $H_2O$ , dos átomos de hidrógeno por uno de oxígeno (Turk, 1973).

En estado natural, el agua que fluye en ríos, surge de manantiales o se encuentra en cuerpos de agua, contiene pequeñas cantidades de sales minerales disueltas que contribuyen a darle gusto o sabor (Turk, 1973). Bajo estas condiciones el agua es usada para fines humanos.

De esta manera, señala este mismo autor, la contaminación del agua es la adición a la misma de materia extraña indeseable que deteriora su calidad.

La calidad del agua puede definirse como su aptitud para usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado; esto es, para bebida del hombre y los animales, para soporte de una vida marina sana, para riego de la tierra, para recreación y otros usos domésticos

Masterton y Slowinski (1974) exponen que el agua contaminada es, en pocas palabras, el agua inadecuada para el uso que se destina. De esta manera, el uso determina el criterio de contaminación o la presencia del agente extraño.

El agua que contiene 0.05 ppm de ion plomo, se considera inadecuada para beber, pero es completamente satisfactoria para casi todos los usos industriales. El agua contaminada con 10 % de alcohol junto con pequeñas cantidades de azúcar y otros compuestos orgánicos no debe de emplearse para lavar vajillas o para regar espárragos; sin embargo, como bebida es preferible el vino al agua destilada.

### 3.4.1 Tipos de Contaminantes del Agua.

Bajo un esquema arbitrario (Turk, 1973) menciona que los contaminantes del agua pueden agruparse en tres clases dependiendo del tamaño de partículas:

- a) **Partículas Suspendidas:** con diámetro de aproximadamente un micrómetro, pero lo bastante grandes para depositarse a velocidades razonables y ser retenidas por filtros comunes. Son también lo suficientemente grandes para absorber la luz y hacer que el agua que contaminan se vea turbia y sucia (suelo, polvo y bacterias).
- b) **Partículas Coloidales:** Son tan pequeñas que su velocidad de depósito es insignificante y pasan a través de los orificios de la mayoría de los medios filtrantes. El agua con partículas coloidales se aclara en el trayecto directo de la luz, pero se verá turbia si se observa en ángulo recto al haz lumínico (partículas coloidales, negro de hollín, virus).
- c) **Partículas Disueltas:** No se depositan, no son retenidas por filtros, no son mayores a 1/1000 de micrómetro de diámetro. Si son eléctricamente neutras se llaman moléculas (azúcar), si llevan carga se conocen como iones (ion cloro, ion sodio).

Señala Turk (1973) que las sustancias extrañas (contaminantes) pueden clasificarse en base a otras propiedades diferentes al tamaño de partícula, como: vivas o inertes, orgánicas o minerales, radiactivas o no radiactivas, tóxicas o inofensivas, naturales o añadidas por el hombre. Pero que la atención se deberá poner en aquellas impurezas que afecten la calidad del agua definida con anterioridad.

Masterton y Slowinski (1974) exponen que el Servicio de Sanidad Pública de los Estados Unidos de Norteamérica, clasifica los contaminantes del agua en ocho categorías, según se expone en el siguiente Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Clasificación de los Contaminantes del Agua (según Masterton y Slowinski (1974)).

CONTAMINANTE	MATERIAL
Desechos que requieren de oxígeno	Excretas humanas y animales; vegetales en descomposición.
Agentes infecciosos	Bacterias y virus
Nutrientes de plantas	Nitratos y fosfatos
Moléculas orgánicas	Detergentes y plaguicidas
Otros minerales y compuestos químicos	CN <sup>-</sup> ; Pb; Hg
Materiales en suspensión	Sedimentos procedentes de la erosión de la tierra
Sustancias radiactivas	Lluvias y desechos radiactivos
Calor	Agua usada para enfriamiento de industrias

La Norma Oficial Mexicana [ NOM-34-ECOLOG-CCA/93] sobre contaminación del agua, establece límites máximos permisibles y procedimiento para la determinación de contaminantes en las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores provenientes de la industria vinícola, considera como aguas residuales de la industria vinícola aquellas que provienen del lavado de los tanques de fermentación, así como de los de almacenamiento y enfriamiento del proceso de destilación y sedimentos en las barricas. Establece como límites permitidos los expuestos en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Niveles de Control de Contaminantes (de acuerdo con NOM-34-ECOLOG-CCA/93).

PARÁMETRO	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	
	Promedio Diario	Instantáneo
pH	6 a 9	6 a 9
DBO (mg/l)	80	100
DQO (mg/l)	120	150
Grasas y Aceites (mg/l)	10	20
Sólidos Sedimentables (ml/l)	1.0	2.0
Sólidos Suspendidos Totales (ml/l)	80	100

### 3.5. LA VINAZA COMO AGENTE CONTAMINANTE.

Atendiendo a lo señalado, la vinaza es una sustancia contaminante en aguas fluviales y confinadas, debido a efectos de temperaturas, sólidos orgánicos en suspensión, sólidos minerales en solución. La vinaza no contiene detergentes, pesticidas u organismos infecciosos, ya que estas sustancias no intervienen en los procesos de fermentación y destilación.

Turk (1973), señala que cuando el calor se incorpora a un cuerpo o caudal vecino de agua, plantea un problema de contaminación térmica y tan grave como cualquier otro tipo de contaminación. También menciona este autor que la industria eléctrica, por ejemplo, requiere grandes cantidades de agua de refrigeración para condensar el vapor utilizado con el fin de generar energía eléctrica.

La llegada del agua caliente a un río o lago eleva su temperatura en forma típica de 5 a 10 °C; en ocasiones se han registrado temperaturas hasta de 60 °C. Incluso un aumento relativamente pequeño de la temperatura puede ejercer efecto nocivo sobre la vida acuática; el salmón y la trucha no pueden vivir en aguas a más de 25 °C. Temperaturas más altas aumentan el metabolismo y crean, por ende, mayor demanda de oxígeno. Por otra parte se dispone de menos oxígeno, ya que su solubilidad disminuye con el aumento de la temperatura (Masterton y Slowinski, 1974).

Valenzuela (1994), indica que mediante calor y presión, los fermentos (mosto fermentado), son separados en productos de riqueza alcohólica (tequila) y vinaza. Esto se realiza en alambiques de destilación donde los fermentos se calientan a altas temperaturas. Por ello, la vinaza sale del proceso productivo a temperaturas de 70 °C (dato de fábrica), convirtiéndose en un agente de contaminación térmica al descargarla en las corrientes fluviales.



Con respecto a los sólidos en suspensión, los de naturaleza orgánica están constituidos principalmente por partículas de agave (celulosa y pectina), células de levadura, así como proteínas y algunos ácidos orgánicos (Cedeño, 1995).

Estas sustancias orgánicas entran en el primer grupo del Cuadro 3, como desechos que requieren de oxígeno, es decir, se trata de materia orgánica nutritiva para organismos microscópicos como bacterias y protozoarios.

Turk (1973), menciona que la mayoría de la materia orgánica procedente de desechos de alimentos, aguas negras domésticas y residuos de fábricas es desintegrada en el agua por bacterias protozoarios y diversos organismos mayores. Semejante descomposición convierten sustancias ricas en energía, en sustancias pobres en energía mediante reacciones químicas que demandan oxígeno.

Masterton y Slowinski (1974), señalan que uno de los efectos más grandes de las aguas negras humanas e industriales es el incremento de la demanda bioquímica de oxígeno (BDO) por parte de los abastecimientos de agua natural. Las bacterias aerobias utilizan el oxígeno para degradar los compuestos orgánicos complejos de las aguas negras a especies más simples y finalmente a bióxido de carbono y agua. Este proceso disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, a veces hasta un punto en que no es posible la supervivencia de peces u otras formas de vida.

A diferencia de un medio edáfico, en el medio acuático el oxígeno es un elemento limitante que puede agotarse más rápidamente de lo que es reemplazado desde la atmósfera y por consiguiente, las bacterias, los protozoarios, los gusanos de lodo y las truchas compiten por oxígeno cuando los elementos orgánicos son abundantes.

Una medida apropiada de la contaminación del agua por elementos nutritivos orgánicos es la averiguación de la velocidad a la que su materia alimentaria puede consumir oxígeno por descomposición bacteriana. Esta velocidad, (de acuerdo con Turk, 1973) se designa como *demanda bioquímica de oxígeno* (BDO).

La BDO se conoce por medición de la cantidad de oxígeno consumido por una muestra de volumen conocido. En primer lugar se diluye el agua contaminada con otra destilada saturada de aire para asegurar un exceso de oxígeno. Se determina inmediatamente la concentración de oxígeno disuelto en la muestra diluida, y de nuevo cinco días después. Partiendo de la disminución de la concentración de oxígeno se puede calcular la BDO la cual se reporta en miligramos por litro (mg/l) o en partes por millón (ppm).

Análisis de laboratorio indican que la vinaza de primera destilación o vinaza de mosto tiene una BDO entre 23,000 y 35,000 mg/lit mayor que el valor máximo de 80 a 100 mg/lit aceptado por la Norma Oficial Mexicana para aguas residuales de destilación, (NOM-035-ECOLOG-CCA/93).

El componente orgánico de la vinaza aplicado al suelo no representa problema en la disponibilidad de oxígeno, ya que, como señala Turk (1973), el oxígeno en el suelo es reemplazado por difusión del oxígeno atmosférico y de esta forma no se agota como ocurre en el medio acuático.

Por lo tanto, es de esperarse que mientras el componente orgánico de la vinaza es contaminante en cuerpos de agua, sea benéfico al integrarse en el suelo agrícola.

Otro elemento contaminante de la vinaza en los cuerpos de agua son los sólidos minerales solubles como nitratos y fosfatos, los cuales son añadidos al mosto como nutrimentos para la levadura y favorecer su reproducción y acción sobre los azúcares.

Estos nutrimentos persisten en la vinaza ya sea como sólidos solubles o integrados en el cuerpo de la levadura susceptibles a mineralizarse por descomposición de la materia orgánica; constituyen nutrimentos que al integrarse en los cuerpos de agua son utilizados por organismos vegetales, como algas, para su desarrollo.

Señala Turk (1973), que las algas son plantas acuáticas que extraen energía de la fotosíntesis por lo que consumen  $\text{CO}_2$  en presencia de la luz solar y liberan oxígeno. Al igual que otras plantas acuáticas, las algas necesitan elementos nutritivos inorgánicos como nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, hierro, etc. ; la aportación de materia mineral por ríos a lagos o cuerpos de agua determina la capacidad de éstos para soportar plantas acuáticas.

La eutroficación es el proceso por medio del cual un cuerpo de agua aumenta sus niveles de elementos nutritivos aportados por las corrientes fluviales, favoreciendo el desarrollo de plantas acuáticas. De esta manera se dice que el lago o cuerpo de agua es *eutrófico*.

A medida que las algas mueren ya sea por agotamiento de algún elemento nutritivo indispensable o por otras razones, se convierten a su vez en alimento para bacterias u otros organismos. La descomposición bacteriana consume oxígeno de tal manera que el agua por debajo de la capa de plantas acuáticas es pobre en oxígeno y por consiguiente incapaz de soportar formas de vida que son útiles al hombre. De esta manera, las especies útiles ceden el paso a especies de animales menos deseables que se alimentan de basura como el siluro, la sanguijuela y gusanos (Turk, 1973).

El hombre acelera la eutroficación, que en condiciones naturales es lenta, siempre que le añada a los cuerpos de agua elementos nutritivos. Los fertilizantes químicos son elementos nutritivos para los vegetales y cuando se aplican a la tierra, algo de ellos podrá ser arrastrado por el agua corriente hacia los lagos. El empleo de detergentes modernos ha contribuido a la sobrealimentación de las algas debido a su contenido de fosfatos (Turk, 1973).

En el caso de la vinaza, los elementos nutrientes que se mantienen en solución, al ser incorporados a las corrientes fluviales tienen el mismo efecto contaminante señalado antes, favoreciendo el desarrollo de plantas acuáticas en cuerpos de agua y llevando a éstos a su eutroficación.

El contenido de nutrientes en la vinaza según indica Legorreta *et al.* (1990), en un m<sup>3</sup> equivale a 0.57 kg. de Nitrógeno, 0.045 kg. de fósforo y 0.69 Kg. de potasio, por lo que el mismo nutriente que es contaminante en cuerpos de agua puede ser benéfico en los suelos, contribuyendo a su fertilidad y posiblemente a reducir los costos de fertilización al cultivo.

### 3.6 EFECTO DE LA VINAZA EN EL SUELO.

Baver *et al.* (1973), expone que un volumen determinado de suelo está compuesto de materia sólida, líquida y gaseosa. La porción mineral consiste en partículas de varios tamaños, formas y composiciones químicas. La fracción orgánica incluye residuos en diferentes etapas de descomposición y organismos en estado de vida activa. La fase líquida es el agua del suelo que llena una parte o la totalidad de los espacios vacíos entre las partículas sólidas y que varía en su composición química. La fase gaseosa o de vapor ocupa aquella parte del espacio de poros entre las partículas del suelo que no está llena de agua.

Es decir, la composición del material del suelo ( de cualquier suelo) está expresada por materia mineral, materia orgánica, agua y aire; estos son los constituyentes del suelo cuya proporción la anota Duchaufour (1978) en los siguientes términos.

**Cuadro 5.** Constituyentes del Suelo de Acuerdo con Duchaufour, 1978.

Constituyentes del Suelo	
Materia Mineral	45 %
Materia Orgánica	5 %
Agua y Aire	50 %

Los contenidos de agua y aire del suelo varían dependiendo de su contenido de humedad.

La composición de la vinaza tequilera, según Legorreta *et al.* 1990, está representada por 95 % de agua y 5 % de sólidos totales. En los sólidos totales se consideran los sólidos orgánicos, los sólidos suspendidos y los sólidos disueltos; los dos primeros corresponden a compuestos orgánicos, materia orgánica, y el último corresponde a sustancias minerales.

Comparando la constitución del suelo y vinaza, básicamente están conformados por las mismas sustancias; sustancias orgánicas, sustancias minerales y agua. Por lo que la incorporación de vinaza al suelo a niveles apropiados, según resulte de esta investigación, podría integrarse al suelo sin representar efectos nocivos.

Valsechi y Gómez (1954), estudiando el contenido de bases en suelos a los que se les aplicó vinaza, encontraron que tanto la capacidad de cambio como la suma de bases aumentaron; este resultado fue corroborado con los trabajos de Magro (1978) y Nunes (1981), quienes notaron un aumento en la suma de bases de un Ultisol a los 305 días de incubación.

Camargo (1954), citado por Sidney (1982), constató un aumento en la población microbiana en suelos tratados con vinaza.

COPERSUCAR (1978), divulgó su primer estudio sobre Aprovechamiento de la Vinaza entre las cuales mencionan que los estudios de la vinaza "al natural" como fertilizante de suelos acabarán por caracterizarla como un importante potencial para la fertilización de los suelos. En su composición variable, dependiendo del mosto, indica que es rica en materia orgánica y potasio, relativamente pobre en nitrógeno y carente de fósforo, además presenta cantidades apreciables de calcio y magnesio, y otros minerales en menor cantidad. De las alternativas presentadas, ésta es la que muestra mejores ventajas a corto plazo.

Sidney *et al.* (1986), Estudiaron el Efecto Residual de la Vinaza en la población nativa del suelo, encontrando que a pesar de tener respuestas variables dependiendo del cultivo se tuvo incremento en la nodulación de *Crotalaria*, no se observaron efectos en frijol y en soya noduló solo en los tratamientos más altos sugiriendo que *Rhizobium japonicum* estaba presente en bajo número. En cacahuate se tuvo reducción en la nodulación. La aplicación de herbicida 2, 4, D parece favorecer la nodulación y consecuentemente la fijación biológica de nitrógeno.

Almeida, *et al* (1950) citado por Camargo (1984), demostró que, contrario a lo que se esperaba, el pH del suelo aumenta con la aplicación de vinaza.

Sidney *et al.* (1986), trabajando sobre la actividad respiratoria de un suelo tratado con vinaza y herbicida, instaló un experimento en suelo Latosol bermejo obscuro distrófico, de textura arcillosa en la Estación Experimental de Limeira en Cordeirópolis, S. P. , Brasil, para evaluar la actividad respiratoria de ese suelo tratado con vinaza y con herbicida 2, 4, D. Aplicó tratamientos de 0, 100, y 1000 m<sup>3</sup>/ha de vinaza cada seis meses en cuatro aplicaciones. De esta prueba se observó que se tuvo una mayor actividad respiratoria en los tratamientos con vinaza y que el herbicida a razón de 3 l/ha no influyó en la actividad respiratoria.



Brasil (1987) en un trabajo publicado por el Instituto Agronómico en el Boletín Científico # 9, sobre el efecto que produce en un Latosol bermejo oscuro la aplicación de vinaza ( de la industria alcohol-azucarera) en propiedades del suelo como *capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, acidez, y salinidad*, reporta que el contenido de cationes intercambiables y la suma de bases se incrementó en todos los tratamientos en comparación con el tratamiento testigo. Se presentaron pérdidas de potasio, calcio y magnesio en la mayoría de los lotes llegando a un 60 % en el tratamiento de 1000 m<sup>3</sup>/ha/aplicación, lo que indica que a niveles altos hay un desperdicio de elementos que podrían ser aprovechados por las plantas. No se registraron cambios en la capacidad de intercambio catiónico, no se presentaron valores de salinidad peligrosos para cultivos en el tratamiento de 100 m<sup>3</sup>/ha/aplicación y fueron raros en el tratamiento de 1000 m<sup>3</sup>/ha/aplicación y aunque se observaron cambios en el pH, sus valores fueron similares a los del tratamiento testigo un año después de la última aplicación de vinaza.

Señala este mismo autor que la utilización del suelo como receptor en gran escala de los residuos de la industria alcohol-azucarera, constituye una de las pocas opciones adecuadas y económicas para atenuar el impacto de la descarga de vinaza, conservación del medio ambiente y recuperación de sus elementos para la producción agrícola.

Camargo *et al.* (1984), estudió las alteraciones químicas de un Latosol rojo distrófico incubado con residuos de la industria alcohol-azucarera tales como ceniza de caldera, vinaza natural, vinaza concentrada, vinaza seca y torta de filtro. Estos residuos se usaron como fuente de potasio a razón de 300 y 750 kg./ha. Se observó una disminución en el pH entre el 30<sup>vo</sup> y 60<sup>vo</sup> día en todos los tratamientos a excepción del de ceniza de caldera, pero al final del ensayo después del 60<sup>vo</sup> día todos presentaron un pH mayor al testigo. El contenido de nitratos disminuyó con el tiempo para los tratamientos con vinaza seca, torta de filtro y ceniza de caldera; y el fósforo soluble en ácido sulfúrico 0.05 N aumentó en estos últimos tratamientos. Prácticamente todo el potasio, calcio y magnesio aparecen en forma soluble en ácido nítrico 0.05 N con excepción del potasio para la ceniza de caldera y calcio y magnesio para la torta de filtro.

Varela (1987), evaluó el uso de la vinaza de la caña de azúcar del ingenio Izucar en Matamoros, Puebla, como fertilizante orgánico sobre las características agroindustriales de la caña de azúcar. Los niveles usados fueron a razón de 300, 350, 400, 450, 500 y 550 m<sup>3</sup>/ha comparándolos con el testigo de fertilización inorgánica con fórmula 240-60-10 que es el óptimo económico de la región. Como resultado se observó mayor densidad de población del cultivo en parcelas donde se adicionaron diferentes niveles de vinaza; el porcentaje de sólidos totales (° Bx) y el porcentaje de sacarosa resultaron significativamente diferentes al abono químico. De estos resultados se plantea el uso de vinaza en sustitución del abono químico.

Rendón y Martínez (1991), en un trabajo sobre alternativas de uso de la vinaza tequilera presentado en el I Congreso Estatal de Ecología, exponen la posibilidad de uso de esta

vinaza en la fertilización de suelos debido a su contenido de materia orgánica y a los contenidos de nitrógeno, potasio, calcio, magnesio y fósforo, indicando que la aplicación de vinaza provoca en el suelo elevación del pH, aumento en la disponibilidad de algunos nutrimentos, aumento en la capacidad de retener humedad, aumento en la capacidad de intercambio catiónico y en los cationes intercambiables; mejora la estructura física, aumenta la población microbiana, aumenta la conductividad eléctrica, e inmoviliza algunos nutrimentos. Además señalan que en los cultivos en los que se ha utilizado, aumenta o mantiene la productividad, provoca atraso en la maduración (de la caña de azúcar que posiblemente no se de en agave), reduce el contenido de sacarosa (no reportado en los ingenios mexicanos) y provoca acumulación de almidón y ceniza.

Los trabajos presentados en esta revisión bibliográfica están referidos a la vinaza obtenida de la industria alcohol-azucarera y su uso en la actividad agrícola. El principio de la obtención de alcohol etílico a partir del azúcar de caña es el mismo en la obtención del alcohol etílico en la fabricación del tequila a partir del azúcar del agave.

En la presente investigación se pretende evaluar el efecto que sobre las propiedades del suelo tiene la vinaza tequilera tomando como base las experiencias ya referidas con respecto a la vinaza de la industria alcohol-azucarera.

Por ser el cultivo del agave azul y la fabricación del tequila una actividad netamente regional en la que parte de la zona Centro y Altos del Estado de Jalisco son las principales productoras, y al no haber experiencias sobre este material específico en ninguna otra parte del país y del mundo, los trabajos sobre este tema enmarcados en el convenio CRIT - U de G se pueden considerar como pioneros en esta rama del conocimiento.

Para el caso específico de esta investigación se plantean los siguientes Objetivos e Hipótesis.

#### **4. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.**

##### **4.1 OBJETIVOS:**

1. Evaluar el efecto de la aplicación de vinaza en suelos agrícolas sobre algunas de sus propiedades agronómicas probando diferentes tratamientos o volúmenes a aplicar.
2. Evitar el ingreso de aguas de destilación de la industria tequilera a corrientes fluviales, a través de la aplicación de la vinaza al suelo.
3. Mejorar las condiciones de productividad agrícola incrementando la fertilidad del suelo.

##### **4.2 HIPÓTESIS:**

1. Las sales nutritivas y sólidos orgánicos contenidos en suspensión en la vinaza se incorporan al suelo como cualquier otro de sus constituyentes, modificando sus propiedades de manera favorable.
2. El uso de vinaza aplicada al suelo no representa riesgo de contaminación.

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS.**

### **5.1 UBICACIÓN DEL LOTE EXPERIMENTAL.**

Debido a que esta investigación está enfocada a probar el efecto de la vinaza generada en la fábrica La Rojeña ubicada en la Cd. de Tequila, Jalisco, según se desprende del Convenio Institucional Cámara Regional de la Industria Tequilera - Universidad de Guadalajara, el lote experimental se ubicó en terrenos ocupados por el cultivo del agave y que abastecen de materia prima a esta fábrica.

El lote experimental, entonces, se localiza en el potrero, Buenos Aires a 8 km. al Este de la población de Tequila y próximo a la localidad de Santa Ana. Este potrero, junto con el potrero Todos Santos, comprenden una superficie de 415 ha. plantadas con agave azul (Figura 1).

El sitio preciso del lote experimental se localizó a 100 m del ingreso al potrero Todos Santos con coordenadas geográficas 20° 51' N y 103° 46' W. La Figura 1 muestra la ubicación del lote experimental, los potreros mencionados y la población de Tequila.

### **5.2 CONDICIONES AMBIENTALES**

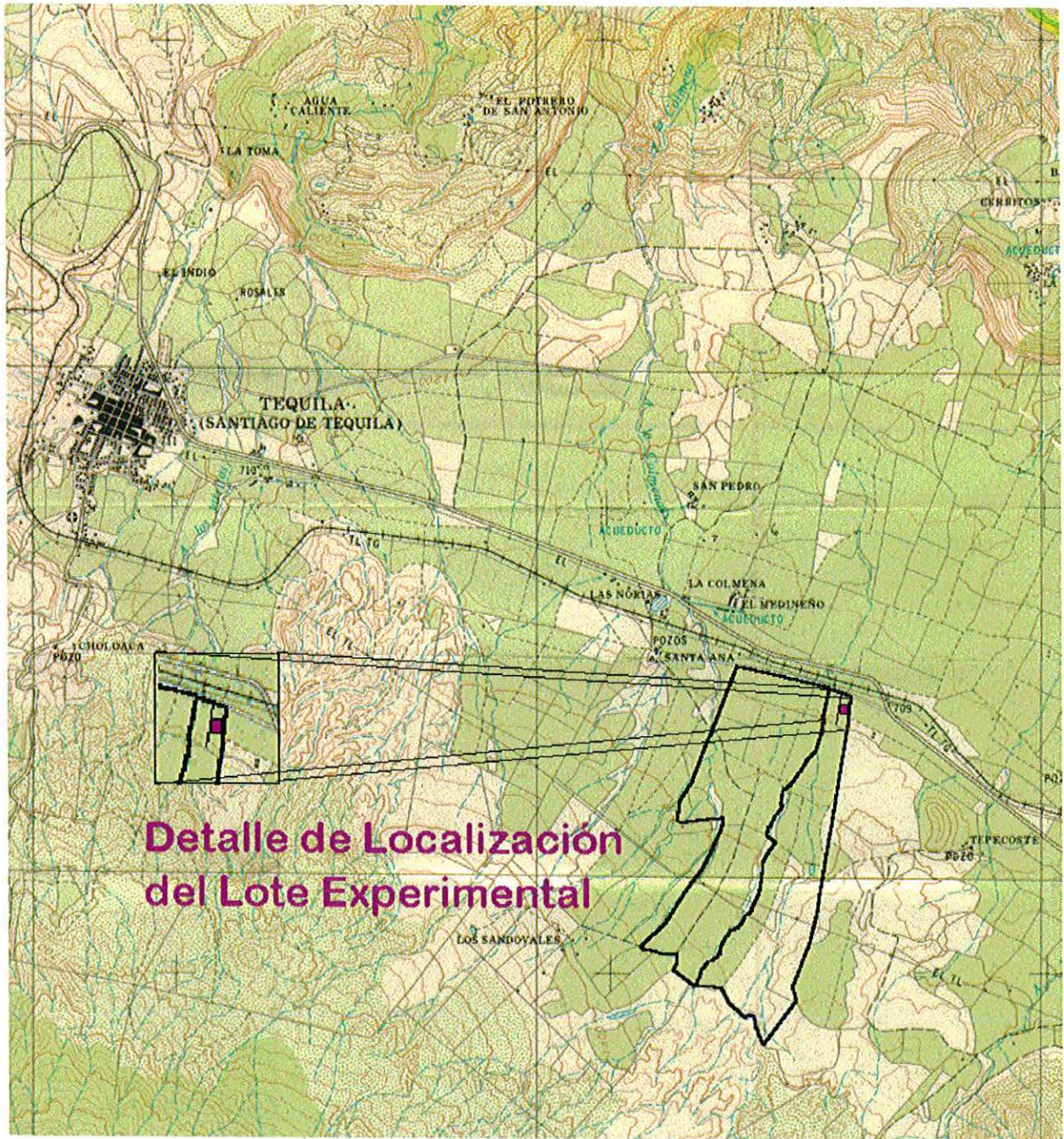
#### **5.2.1 Clima.**

Las características climáticas de una región están en función de la latitud y de la altitud. La primera referida a la distancia medida en grados de esa región con respecto al ecuador, y la segunda, que considera la altura con respecto al nivel del mar. De esta manera, en la región de Tequila con altura sobre el nivel del mar de 1200 a 1400 m. el clima es de tipo cálido y semi-cálido con lluvias en verano.

La caracterización de los tipos climáticos en México se ha realizado en base a la clasificación climática de Köeppen que toma como criterio la fisonomía de los grandes grupos de plantas superiores. Este sistema fue concebido para amplias zonas climáticas a nivel mundial y no se adapta a detalle para zonas relativamente pequeñas. Por ello en la definición de climas de México reportada en la carta climática de INEGI se utiliza la clasificación de Köeppen modificada por Enriqueta García.

En el área que incluye el lote experimental en la región de Tequila, se tiene clima tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano y con menos del 5 % de lluvias en invierno. Agrupa los tipos de humedad media de los semicálidos subhúmedos [(A)C(w<sub>1</sub>)w].





**Figura 1.** Croquis de localización del lote experimental: Carta INEGI F13-D-54 Tequila; coordenadas: 20° 51' N y 103° 46 'W.

### 5.2.2 Vegetación.

La vegetación primaria nativa se encuentra muy disturbada por el uso agrícola de las tierras; no obstante en los sitios donde prevalece la vegetación primaria, ésta se caracteriza en la región de Tequila por bosques de encino, bosque de pino-encino, selva baja caducifolia, y pastizal inducido. También se presentan especies aisladas de parota, tepezapote, sabino, guazima, huizache y otras. En el sitio del lote experimental, la vegetación primaria ha sido removida para usar el suelo en el cultivo del agave; existen algunos arboles aislados de tepezapote; el control de malezas a base de agroquímicos mantiene bajo control las especies herbáceas presentándose en este caso solo algunas especies de gramíneas como *Panicum hirticaule*, *Echinochloa colona*, y *Eragrostis pectinacea*.

### 5.2.3 Suelos.

La naturaleza de los suelos está representada por Luvisoles crómicos y verticos, Feozems háplicos y lúvicos, así como, Cambisoles crómicos. En las áreas próximas a las zonas cerriles y en éstas, se presentan fases líticas y pedregosas. El sitio del experimento, según la cartografía de INEGI, se ubica en la asociación de suelos Luvisol vértico con Luvisol crómico sobre topografía plana y textura arcillosa (Lv+Lc/3a).

### 5.2.4 Geología.

El lote experimental se encuentra situado dentro de la provincia fisiográfica conocida como Eje Transversal Neovolcánico, la cual se distribuye en la parte centro de la República atravezándola desde el occidente en los estados de Jalisco, Colima y Nayarit hasta el estado de Veracruz.

El área de trabajo se ubica en la subprovincia Guadalajara, y tiene una fuerte influencia volcánica que ha determinado la configuración de la superficie terrestre así como la naturaleza de los suelos existentes.

Las rocas dominantes son del tipo de las ígneas extrusivas de carácter básico y tienen en el basalto su ejemplar mas representativo y el cual se presenta como pedregosidad superficial, afloramientos rocosos, y lechos rocosos a poca profundidad.

### 5.2.5 Geomorfología.

La condición geomorfológica esta determinada por la influencia volcánica a través de procesos constructivos y la influencia del clima y corrientes superficiales a través de procesos erosivos. Así, el paisaje esta caracterizado por tierras planas o planicies de



tipo volcánico, lomeríos y mesetas en las partes cercanas a los conos volcánicos o a áreas con acción fluvial marcada. Existen cañadas donde las condiciones de pendiente o topográficas aumentan el poder erosivo de las corrientes, taludes que representan una discontinuidad topográfica entre tierras bajas y tierras altas; cañones, construidos por la acción de los ríos, y conos volcánicos, elevaciones cerriles que permanecen como relictos de actividades volcánicas pasadas. Estas diferentes condiciones geomorfológicas determinan en gran medida la orientación del uso de la tierra en actividades productivas.

El sitio experimental está ubicado en una planicie volcánica intermedia entre las tierras altas del Volcán de Tequila y las tierras bajas de la Barranca del Río Santiago, localizada al Norte del municipio de Tequila.

### **5.2.6 Topografía.**

En la región de Tequila, la altura sobre el nivel del mar en las tierras planas varía de 1200 msnm. a 1400 msnm. En el lote experimental se encuentra a 1370 msnm con superficie plana y pendiente menor al 3 %.

## **5.3 DESCRIPCIÓN DE LOS SUELOS DEL SITIO EXPERIMENTAL.**

El experimento se estableció en la asociación de suelos Luvisol vértico + Luvisol crómico que cubre gran parte de las tierras planas agaveras de los municipios de Tequila y Amatitán, según se reporta en la carta Edafológica editada por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

El Luvisol se caracteriza por tener un horizonte del subsuelo o de profundidad conocido como horizonte B que presenta acumulación de arcilla iluvial, es decir, arcilla que fue arrastrada por las aguas de infiltración hacia el interior del suelo y depositada en el horizonte B, al que por esta razón se le denomina B argílico;

Los Luvisoles crómicos (Lc) en general, son suelos de textura media (franco arcilloso), el contenido de arcilla aumenta con la profundidad y alcanza un máximo en el horizonte argílico; el pH varía de 5.5 a 6.5, el contenido de materia orgánica es bajo, la capacidad de intercambio catiónico es media y está determinada, principalmente, por el contenido de materia orgánica en superficie y por el contenido de arcilla en profundidad.

Uno de los requerimientos climatológicos para la formación de estos suelos es la ocurrencia de una estación seca bien definida seguida de una estación lluviosa; en estas condiciones el material es trascolado durante la estación lluviosa y en el período seco estos materiales (arcillosos) se depositan y acumulan en el interior del suelo formando

el horizonte B argílico. Se distribuyen en áreas planas de pendiente moderada y bien drenada.

Los Luvisoles vérticos (Lv) se caracterizan por presentar agrietamientos en el horizonte de profundidad B argílico lo cual está asociado a la presencia de arcillas expandibles en el material del suelo.

### 5.3.1. Suelos.

La descripción del perfil del suelo en el sitio experimental reporta la siguiente información:

Suelo profundo, presentando a la profundidad de 1.2 m tres horizontes o capas.

El horizonte superficial, de 0 a 32 cm, se encuentra seco de color café oscuro 10 YR 3/1, sin manchas o motas, poco compacto, no fisurado, con abundantes poros intersticiales finos, textura media a fina, estructura grumosa fina poco desarrollada, sin pedregosidad o grava, consistencia dura en seco y friable en húmedo, y plástica y adhesiva en mojado. No presenta cutanes, nódulos ni cementación, las raíces son finas y en cantidad moderada, reacción nula al ácido clorhídrico y a la fenolftaleína, moderada al agua oxigenada. La permeabilidad es moderada y el drenaje eficiente.

El segundo horizonte se distribuye de los 32 cm. a los 58 cm de profundidad. el límite entre horizontes es gradual, húmedo, de color café oscuro 10YR 3/2, sin manchas o motas, compacto, no fisurado, con abundantes poros intersticiales y pocos tubulares finos. Textura franco arcillo arenoso (al tacto), estructura grumosa fina a poliédrica subangular poco desarrollada. Este horizonte presenta grava y pedruscos de hasta 6 cm de diámetro. La consistencia es friable en húmedo, plástico y adhesivo en saturado. No presenta cutanes nódulos ni cementación, las raíces son pocas y finas. Sin reacción al ácido clorhídrico ni a la fenolftaleína, la reacción al agua oxigenada es ligera. La permeabilidad es moderada y el drenaje eficiente.

El tercer horizonte se distribuye de 58 a 1.2 m., húmedo, color café oscuro 10YR 3/2, sin manchas ni motas, compacto, no fisurado, con abundantes poros intersticiales finos. Textura de franco arcilloso a arcilla (al tacto), estructura grumosa fina a poliédrica subangular poco desarrollada, sin pedregosidad, consistencia friable en húmedo y plástica y adhesiva en saturado. No presenta cutanes nódulos ni cementación, no presenta raíces. Reacción nula al ácido clorhídrico, fenolftaleína y agua oxigenada. La permeabilidad es moderada y el drenaje eficiente.

En general el suelo del sitio experimental es profundo, de color café uniforme, con textura media a fina, y estructura grumosa fina a poliédrica subangular media, friable, plástico y adhesivo y sin problemas de drenaje.



Con respecto a sus horizontes genéticos, el horizonte superficial se considera como un horizonte Ap, por su coloración ligeramente más oscura que la de los horizontes subyacentes y perturbado por labranza.. El siguiente horizonte que incluye al estrato gravoso, se considera un horizonte B por condiciones de compactación y arcillosidad; éste se divide en B1 que subyace al horizonte A y en B2 que subyace a B1 y que es el que mejor manifiesta las características que definen al horizonte B, en este caso, mayor acumulación de arcillas.

En cuanto a los Horizontes de Diagnóstico, el horizonte superficial se define como un Epipedón Úmbrico por su contenido de materia orgánica y color oscuro, y el horizonte B de profundidad se define como un Endopedon B Argílico por la acumulación iluvial de arcilla.

El suelo por tanto, es considerado como un Luvisol vértico en la nomenclatura de FAO/UNESCO/INEGI.

## **5.4 DESCRIPCIÓN DE LA VINAZA.**

### **5.4.1 Origen y Proceso de Obtención.**

La vinaza utilizada se obtuvo de la planta La Rojeña ubicada en la población de Tequila. Esta fábrica genera diariamente 200,000 l de vinaza los cuales es factible descargar en suelos agrícolas productores de agave azul.

La obtención de vinaza, como se indica en la revisión de literatura, esta ligada a la producción, mediante de procesos de fermentación y destilación, de alcohol etílico que es la base del tequila en la industria tequilera. En términos generales el proceso de producción que sigue La Rojeña se desarrolla en las siguientes etapas:

**Jima:** Se refiere a la cosecha del agave; a la planta se le eliminan las hojas o pencas para dejar al descubierto, libre, la cabeza o piña que es la materia prima para la elaboración del tequila. Estas son trasladadas al patio de recepción de la planta donde por sorteo aleatorio en presencia del productor o un representante de él se seleccionan aleatoriamente aquellas piñas para tomarles muestra y determinar, mediante análisis químico, el contenido de azúcares reductores, ingrediente indispensable para la obtención del alcohol.

**Cocción:** Las piñas entran a horno de mampostería para su cocción a base de vapor de agua a temperatura de 120 °C durante 48 h Esta etapa tiene la función de desdoblar los carbohidratos de reserva, inulina, contenidos en la piña, a sus unidades básicas de fructuosa que en el caso del agave es el azúcar reductor que interviene en la fermentación para pasar de fructuosa a alcohol etílico. Durante este proceso de

cocción se recogen mieles del agave que son lavadas por el vapor de agua, las cuales entran posteriormente a un proceso de fermentación.

**Molienda:** Es el proceso por medio del cual se extraen los jugos de las piñas de agave ya cocidas. Transcurrido el tiempo necesario para la cocción del agave, éste se saca del horno, se deposita a una banda transportadora que lo lleva al área de molienda. En una primera etapa las piñas entran a la desgarradora que desmenuza en forma gruesa el material para facilitar su molienda, después pasa por ocho molinos de martillo que machacan el material para extraer el jugo facilitando esto con la adición de agua en el último molino la cual se va regresando a los molinos precedentes lavando las mieles del agave. Estas mieles se depositan en un canal que las conduce a un recipiente donde se formula y se homogeneiza convirtiéndose en un mosto al que se le da el nombre de “jugo de carga” o “jugo de fermentación”, que posteriormente se conduce a las tinas de fermentación. Antes de pasar a esta etapa del proceso, el jugo de carga se centrifuga para separar los sólidos orgánicos, fibras o celulosa del agave, y se envía a fermentación con una carga de sólidos del 8 al 9 %.

**Fermentación:** El jugo de carga se deposita en tinas de fermentación de 50,000 l. y se le añaden 5,000 l de levadura, *Saccaromyces cerviceae*, y nutrimentos según se requiera para mejorar el trabajo de la levadura. La fermentación es el proceso de carácter biológico mediante el cual las moléculas de fructuosa, azúcar del agave, son transformadas por la acción de la levadura, hongo unicelular microscópico, en alcohol etílico que es la base del tequila. Una vez que se fermentó y se produjo todo el alcohol etílico que se tenía que producir por la fermentación se tiene un mosto muerto al que se le da el nombre de **vino** que es una mezcla de agua, alcohol, levadura, sólidos minerales disueltos, y sólidos orgánicos sedimentables.

**Destilación:** Terminada la fermentación el vino resultante es conducido a los alambiques de destilación en donde es sometido a una primera destilación. La destilación es el proceso por medio del cual el alcohol existente en el vino es separado de éste mediante la aplicación de calor. Los alambiques de destilación tienen en su interior un serpentín por donde se circula vapor de agua que por conducción del calor el vino en su interior eleva su temperatura por arriba de los 80° C. Por propiedades físicas respecto al punto de ebullición del alcohol y el agua, se sabe que el primero evapora aproximadamente a los 70 ° C, y el agua tiene su ebullición arriba de los 96° C. El vino, como se obtiene de la fermentación, tiene una riqueza alcohólica del 10 al 11%. Lo que se pretende en la destilación, como se expuso en la revisión bibliográfica, es por un lado, separar el alcohol del vino y por el otro el aumentar la riqueza alcohólica. En la primera destilación al alcanzar el vino la temperatura de 70° C empieza el desprendimiento del alcohol en forma de vapor, el cual pasa a través de un refrigerante para condensarlo y pasarlo a estado líquido de nuevo. En este punto se considera un aspecto importante, los productos de la destilación se dividen en tres tipos: **Cabezas, Cuerpo y Colas**. Al iniciarse el desprendimiento de vapores en la destilación, lo primero que sale son las cabezas, mezcla de solventes orgánicos y alcoholes superiores; éstas se desechan, es muy poco el tiempo que duran saliendo y

no representan más de 150 litros por 24 h. En seguida viene el cuerpo que es propiamente el producto de interés; éste se recibe en un tanque de almacenamiento a 75 % v/v, es alcohol que se le da el nombre de **ordinario**. En seguida vienen las colas, las cuales también se recogen en otro tanque de almacenamiento, tienen una riqueza alcohólica similar al vino original por lo que son materia de otra destilación para obtener ordinario, y a su vez cabezas y colas. El remanente de esta primera destilación, a la que también se le llama **destrozamiento**, es la **vinaza** propiamente dicha que se conoce también como **vinaza de mosto**; este material fue el que se utilizó en la prueba experimental motivo de este trabajo. La vinaza de mosto representa aproximadamente 200,000 l/24 h. Además de ésta también se producen vinazas de ordinario y vinazas de colas en menor proporción, que no fueron motivo de este trabajo. El **ordinario** entra a una segunda destilación de la que se obtiene el **tequila** y a su vez, cabezas, colas y vinaza de ordinario.

**Reposo:** Después de que se obtiene el tequila en la segunda destilación, éste se almacena para su embotellamiento en el caso del tequila blanco o especial, o bien para su reposo en barricas de encino blanco para los tequilas reposado y añejo.

#### 5.4.2 Características de la vinaza.

La vinaza utilizada en este trabajo fue **vinaza de mosto** que, como se ha indicado, representa el mayor volumen de las vinazas generadas en La Rojeña. Las características de la vinaza son consideradas en base al medio en el que se descarga, sea acuático (corrientes fluviales y cuerpos de agua) o edáfico (suelos). En el primer caso, reviste especial importancia la **temperatura** y las variables de **demanda bioquímica de oxígeno (DBO)** y **demanda química de oxígeno (DQO)** debido al efecto que tienen en disminuir el contenido de oxígeno disuelto en el agua, necesario par la vida de organismos acuáticos tanto animales como vegetales. En el segundo caso interesan las propiedades que determinen su aptitud al riego como **pH**, **conductividad eléctrica**, **sales solubles** y especialmente **sodio soluble**.

A nivel de fábrica y en forma rutinaria, se analiza únicamente el contenido de alcohol etílico ya que este representa una pérdida en la eficiencia del proceso productivo. No obstante, La Rojeña envió muestras a analizar en diferentes laboratorios con el propósito de conocer las características de la vinaza de mosto desde el punto de vista de su efecto en medios acuáticos. Los resultados del laboratorio del Centro de Investigaciones y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. (CIATEJ) y el Centro de Investigaciones para el Desarrollo Industrial (CIDI) de la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG) se anotan en el Cuadro 6.

**Cuadro 6.** Algunas características de la vinaza utilizada obtenida en la fábrica la Rojeña de acuerdo con análisis practicados en diferentes laboratorios.

DETERMINACIÓN	CIATEJ	CIDI
pH	3.7	3.76
Conductividad. Eléctrica	3770 Microsiem/cm	7099 $\mu$ mhos/cm
DQO	72064 mg/l	7700 ppm
DBO	34431 mg/l	23400 ppm
Sólidos Totales	57775 mg/l	53344 mg/l
Grasas y aceites	202 mg/l	446 ppm

Entre las características de la vinaza que tienen un efecto contaminante en los medios acuáticos, y que se especifican en la revisión de bibliografía, se encuentran la **demanda bioquímica de oxígeno**, la **temperatura** y los **nutrimentos minerales en solución**. En los dos primeros casos el efecto, como se ha señalado, está en disminuir la concentración de oxígeno disuelto; por su parte, los nutrimentos en solución contribuyen a fertilizar las aguas incrementando la proliferación de plantas acuáticas y subacuáticas.

Se espera que estas propiedades de la vinaza no sean un factor contaminante de medios edáficos, ya que el suelo es un sistema poroso en el que se mantiene un intercambio de gases entre la atmósfera externa y la atmósfera del suelo; por tal motivo, el contenido de oxígeno en el suelo constantemente se está renovando y por lo consiguiente no es un factor demeritante en suelos bien aireados. Los minerales del suelo que componen el mayor porcentaje de la fase sólida son malos conductores del calor, de tal forma que la vinaza caliente, a temperaturas de 70 ó 80 °C, no difunde su calor y en el suelo se enfría relativamente rápido. Las sustancias minerales disueltas, que provienen de la misma materia prima o de los nutrimentos adicionados en la fermentación, se incorporan, al suelo como cualquier otro material fertilizante.

Con base a lo anterior, se tomó la decisión de analizar la vinaza en el Laboratorio Ambiental y Agrícola, dependiente de la Comisión Estatal de Ecología (COESE), como si fuera un agua de riego, considerando los parámetros de pH, Conductividad Eléctrica, Sales y Sodio Solubles, así como, algunos elementos como Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Los resultados se presentan en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Características de la vinaza utilizada en el estudio con relación a su aptitud al riego.

DETERMINACIÓN	RESULTADO	MÉTODO
pH	3.5	Potenc.
Conductividad. Elec.	6.4 mmohs/cm	Electrom.
Sol. Disueltos.	2.4 g/l	Electrom.
Sol.Totales.	62858 ppm	Res. Seco
Cationes Tot.	94 meq/l	Cálculo
Aniones Tot.	31 meq/l	Cálculo
RAS	0.87	Nomograma
Clasificación	C <sub>4</sub> S <sub>1</sub>	

De estos resultados la vinaza de La Rojeña es clasificada desde el punto de vista de su aptitud al riego como muy altamente salinas inapropiadas para el riego bajo condiciones ordinarias, pero que pueden ser usadas ocasionalmente bajo condiciones especiales. Así mismo, por su contenido de sodio se clasifican como S<sub>1</sub>, es decir, bajas en sodio que pueden ser usadas para el riego en prácticamente todos los suelos.

Desde el punto de vista nutricional, se determinó Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Calcio (Ca), reportándose 0.085, 0.0093, 0.065 y 0.055 % respectivamente.

## 5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.

Con el propósito de disminuir los efectos de heterogeneidad del suelo en las propiedades bajo estudio y tener un mayor control del efecto causado por los niveles de vinaza aplicados, se eligió el **Diseño Experimental de Bloques al Azar** utilizando 4 repeticiones (4 bloques) y 5 tratamientos, para tener 20 unidades experimentales.

La unidad experimental estuvo compuesta por 2 melgas de 3.80 m de ancho y 13 m de longitud para, lo que representa una superficie de 100 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Los tratamientos se ubicaron aleatoriamente en cada bloque por selección sin reemplazo. La distribución esquemática del lote experimental se presenta en el Cuadro 8.

**Cuadro 8.** Distribución de tratamientos en el lote experimental.

I	II	III	IV
1 0 m <sup>3</sup> /ha	4 900 m <sup>3</sup> /ha	5 1500 m <sup>3</sup> /ha	3 500 m <sup>3</sup> /ha
5 1500 m <sup>3</sup> /ha	5 1500 m <sup>3</sup> /ha	3 500 m <sup>3</sup> /ha	4 900 m <sup>3</sup> /ha
3 500 m <sup>3</sup> /ha	2 200 m <sup>3</sup> /ha	2 200 m <sup>3</sup> /ha	1 0 m <sup>3</sup> /ha
4 900 m <sup>3</sup> /ha	3 500 m <sup>3</sup> /ha	1 0 m <sup>3</sup> /ha	2 200 m <sup>3</sup> /ha
2 200 m <sup>3</sup> /ha	1 0 m <sup>3</sup> /ha	4 900 m <sup>3</sup> /ha	5 1500 m <sup>3</sup> /ha

Para un mismo bloque se permitió un espacio de 3 m entre unidad experimental y unidad experimental (tratamiento y tratamiento); y entre dos bloques se dejó una melga de descanso para permitir el tránsito del tractor con la pipa de 2 m<sup>3</sup> para la distribución de la vinaza según el nivel requerido. Los niveles ensayados se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 9.** Tratamientos y niveles de vinaza.

Tratamiento	Nivel en m <sup>3</sup> /ha
1	0
2	200
3	500
4	900
5	1500

Estos niveles fueron elegidos en función de la revisión de literatura y de los efectos esperados en el suelo.

**Nivel 1** Sin vinaza, es el tratamiento testigo con el cual se compara el efecto de los demás tratamientos.

**Nivel 2**, con 200 m<sup>3</sup>/ha, se considera como una dosis mínima de aplicación. A este nivel se espera que la vinaza pueda ser aplicada sin ningún riesgo para el suelo.

**Niveles 3 y 4**, con 500 m<sup>3</sup>/ha y 900 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente, se espera contribuyan a incrementar el contenido de materia orgánica, propiedad que es importante cuidar en los suelos agrícolas por su relación con la fertilidad de los mismos.

**Nivel 5**, con 1500 m<sup>3</sup>/ha, que equivale a un riego con una lamina de 15 cm; se considera como un nivel que pudiera alterar de manera negativa algunas variables del suelo como pH y acidez intercambiable.

## 5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS.

Para evaluar el efecto entre los tratamientos con respecto a las variables bajo estudio se realizó el análisis de varianza para cada propiedad del suelo y para cada muestreo, obteniéndose como resumen final el análisis estadístico en base a valores medios por tratamiento y por muestreo (medias de tratamiento y de muestreo). Estos análisis se acompañan con las gráficas respectivas en las que se muestra el efecto por tratamiento y por muestreo para cada propiedad diagnosticadora.

El análisis de varianza, para un diseño en bloques al azar, está determinado por el **modelo lineal aditivo** en el que una observación  $X_{ij}$  depende de la media  $\mu$  afectada por el tratamiento  $\tau_i$  y por el bloque  $\beta_j$  además del error experimental  $\epsilon_{ij}$ .

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Las hipótesis a probar son: La hipótesis nula  $H_0$  en la que todos los tratamientos son iguales, es decir, no hay diferencia entre tratamientos; y la Hipótesis alternativa  $H_A$  en la que los tratamientos son diferentes o tienen efectos diferentes al tratamiento testigo, o cuando menos un tratamiento es diferente.

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$$

$$H_A = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$$

El análisis de varianza para demostrar el efecto de tratamientos se basa en la distribución de F de Snedecor comparando la F calculada, por el análisis de varianza, con la F de tablas en base al siguiente criterio:

Si  $F_c < F_t \Rightarrow$  Se acepta la  $H_0$  de que las medias de tratamientos son iguales.

Si  $F_c > F_t \Rightarrow$  No se acepta la hipótesis nula  $H_0$ , y por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa de que hay diferencia entre medias de tratamientos, o cuando menos un tratamiento tiene efecto diferente.

## 5.7 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO.

**Selección del Sitio Experimental.** El lote experimental se seleccionó en terrenos productores de agave que abastecen la fábrica La Rojeña procurando que fueran de fácil acceso para las maniobras de aplicación de la vinaza; por este motivo, se consideró conveniente establecer el experimento en el potrero Todos Santos a 100 m, aproximadamente, del ingreso y en la tabla oriente. En este sitio se delimitó el lote experimental y las unidades experimentales utilizando estacas de madera. El lote experimental tiene plantado agave joven de un año de edad (plantación del 95) y para su establecimiento se realizaron labores de subsuelo, arado y rastreo.

**Muestreo Preliminar del Lote Experimental.** Con el propósito de conocer las características del suelo se realizó un primer muestreo de las 20 unidades experimentales, asimismo se hizo la descripción del perfil del suelo.

**Aplicación de la Vinaza.** La vinaza se aplicó a las unidades experimentales durante la última semana de enero y la primera semana de febrero de 1996. Se utilizó una pipa nodriza de 10 000 l ( $10 \text{ m}^3$ ) para transportar la vinaza de La Rojeña al lote experimental, y una pipa de 2 000 l ( $2 \text{ m}^3$ ), para descargar la vinaza en las unidades experimentales. Previo a la aplicación, se realizó la calibración de la descarga utilizando como referencia un tambo de 200 l marcando los volúmenes descargados en un nivel exterior de manguera adaptado en las dos pipas.

**Muestreo de Suelos.** Después de la aplicación de vinaza, y de acuerdo con el objetivo del trabajo, se realizaron muestreos de suelos a intervalos de un mes; en estas muestras, previamente preparadas, se hicieron las determinaciones correspondientes.



## **5.8 EQUIPO Y MATERIAL.**

- a) Estacas de madera para la delimitación del lote experimental y de las unidades experimentales.
- b) Pipa de 10 000 l (10 m<sup>3</sup>) revestida en su interior con acero inoxidable arrastrada mediante un acoplamiento de “cuello de ganso” por una camioneta de 3 toneladas (Figura 2).
- c) Pipa de 2 000 l (2 m<sup>3</sup>), revestida en su interior con acero inoxidable y arrastrada por tractor de 95 HP (Figura 3).
- d). Manguera industrial de 4 pulgadas y 15 m de largo para el llenado de las pipas y otra de 5 m de largo para la descarga en las unidades experimentales.
- e). Vinaza de mosto de la fábrica La Rojeña.
- f). Equipo de muestreo de suelos, pala, pico, barra, bolsas, ligas, y marcador de aceite.
- g). Análisis químicos realizados en el laboratorio del CUCBA (suelos) y COESE (vinaza).

## **5.9 ANÁLISIS DE SUELOS Y DE VINAZA.**

Las determinaciones en suelo se realizaron en los laboratorios del CUCBA. Por su parte, la vinaza se analizó en el Laboratorio Ambiental y Agrícola del la COESE. Las metodologías empleadas en cada determinación se especifican a continuación:

**Cuadro 10.** Análisis de suelos, determinación y método

<b>Determinación</b>	<b>Método</b>
Materia orgánica	Walkley-Black
pH	Potenciométrico
Capacidad de Intercambio Catiónico	Método de Kjendalh
Cationes Intercambiables	Método del Versenato y Flamometría
Porcentaje de Saturación de Bases	Cálculo
Acidez Cambiable	Calculo
Conductividad Eléctrica	Puente del Weathson
Porcentaje de Sodio Intercambiable	Cálculo

**Cuadro 11.** Análisis de vinaza; determinación y método.

<b>Determinación</b>	<b>Método</b>
Nitrógeno Total	Ácido Salicílico
Fósforo	Fosfomolibdovanadato
Potasio	Flamometría
Calcio	Permanganométrico

**Cuadro 12.** Análisis de vinaza con fines de riego; determinación y método.

<b>Determinación</b>	<b>Método</b>
pH	Potenciométrico
Conductividad Eléctrica	Electrométrico
Sólidos Disueltos	Electrométrico
Sólidos Totales	Residuo Seco
Cationes Totales	Cálculo
Aniones Totales	Cálculo
Relación de Adsorción de Sodio (RAS)	Nomograma
Clasificación	Nomograma



**Figura 2.** Pipa de 10,000 l (10 m<sup>3</sup>) utilizada para el transporte de la vinaza al lote experimental.



**Figura 3.** Pipa de 2,000 l (2 m<sup>3</sup>) para la aplicación de vinaza en las unidades experimentales.

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

La información se organizó por muestreos; para cada uno de éstos, se elaboró un cuadro con la información correspondiente a todas y cada una de las propiedades diagnosticadoras del suelo en las diferentes parcelas; posteriormente, y aún dentro de cada muestreo se tiene la información por propiedad del suelo para cada tratamiento y repetición; en dos cuadros adicionales y una ilustración gráfica se dan a conocer los resultados referentes al análisis estadístico. Finalmente se hace la interpretación con el apoyo de una gráfica que involucra los datos por tratamiento y por muestreo para la variable analizada. De toda esta información, solo la referente a los análisis estadísticos del primer muestreo se presenta en este capítulo de Resultados y Discusión.

Después de presentar la información para el primer muestreo, se presenta la información con la cual se hace la comparación de todos los muestreos; es ésta la información que ilustra sobre el efecto que se produce a través del tiempo.

Debido a la escasa información que existe en relación al tema investigado, se tomó la decisión de examinar y discutir los resultados obtenidos aún en aquellos casos en que las diferencias no alcanzaran significancia estadística.

### **6.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA EL PRIMER MUESTREO.**

En el Cuadro 13 se presentan los resultados de laboratorio para el primer muestreo después de aplicada la vinaza; con estos datos se realizó el análisis estadístico para cada una de las propiedades cuyos resultados, interpretación y gráficas se incluyen en este apartado.



**CUADRO 13.** Resultados de laboratorio para el primer muestreo después de la aplicación de vinaza.

Bloq- Trat-	Variable Diagnosticadora							
	M. O. %	CIC meq/100 g de S	Suma Bases meq/100 g de S	Ac. Interc. meq/100 g de S	PSB %	PSI %	pH	CE mmhos/cm
IA	2.52	36.50	12.31	24.19	33.73	1.89	6.07	0.38
IB	2.80	32.10	10.97	21.13	34.17	2.15	6.36	0.34
IC	3.07	34.40	12.29	22.11	35.73	2.41	6.38	0.50
ID	3.69	34.60	12.19	22.41	35.23	2.40	6.61	0.50
IE	2.33	35.40	14.78	20.62	41.75	2.26	6.95	0.70
IIA	2.87	30.50	12.15	18.35	39.84	2.26	6.46	0.40
IIB	2.87	33.60	13.66	19.94	40.65	3.01	6.46	0.36
IIC	2.87	33.40	13.20	20.20	39.52	1.65	6.54	0.36
IID	2.07	44.70	13.20	31.50	29.53	1.54	6.58	0.44
IIE	3.55	30.50	14.61	15.89	47.90	2.26	6.99	0.55
IIIA	2.33	34.00	14.63	19.37	43.03	2.44	6.52	0.36
IIIB	3.33	49.00	15.75	33.25	32.14	1.63	6.91	0.40
IIIC	2.95	34.80	14.61	20.19	41.98	1.98	6.23	0.38
IIID	3.20	35.30	10.69	24.61	30.28	1.95	6.37	0.42
IIIE	3.07	33.20	11.00	22.20	33.13	2.08	6.25	0.44
IVA	2.93	35.90	11.50	24.40	32.03	0.39	6.34	0.42
IVB	3.47	34.80	13.74	21.06	39.48	0.52	6.39	0.46
IVC	2.93	31.50	13.61	17.89	43.21	1.75	6.38	0.40
IVD	3.47	39.76	13.98	25.78	35.16	0.35	6.62	0.34
IVE	3.47	37.08	15.02	22.06	40.51	0.49	6.53	0.50

### 6.1.1 Materia Orgánica.

En los Cuadros 14 y 15 se presentan los resultados del análisis de laboratorio para materia orgánica, así como los correspondientes análisis estadísticos.

**CUADRO 14.** Resultados de laboratorio para materia orgánica por bloques y tratamientos (primer muestreo).

Bloques	TRATAMIENTOS					Σ	χ
	T1	T2	T3	T4	T5		
BI	2.52	2.8	3.07	3.69	2.33	14.41	2.88
BII	2.87	2.87	2.87	2.07	3.55	14.23	2.85
BIII	2.33	3.33	2.95	3.20	3.07	14.88	2.98
BIV	2.93	3.47	2.93	3.47	3.47	16.27	3.25
Σ	10.65	12.47	11.82	12.43	12.42	59.79	2.99
χ	2.66	3.12	2.96	3.11	3.11	2.99	

**CUADRO 15.** Análisis de varianza para materia orgánica (primer muestreo).

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
BLOQUES	3	0.51	0.17	0.79	3.49
TRATAMIENTOS	4	0.61	0.15	0.71	3.26
ERROR	12	2.58	0.21		
TOTAL	19	3.69			

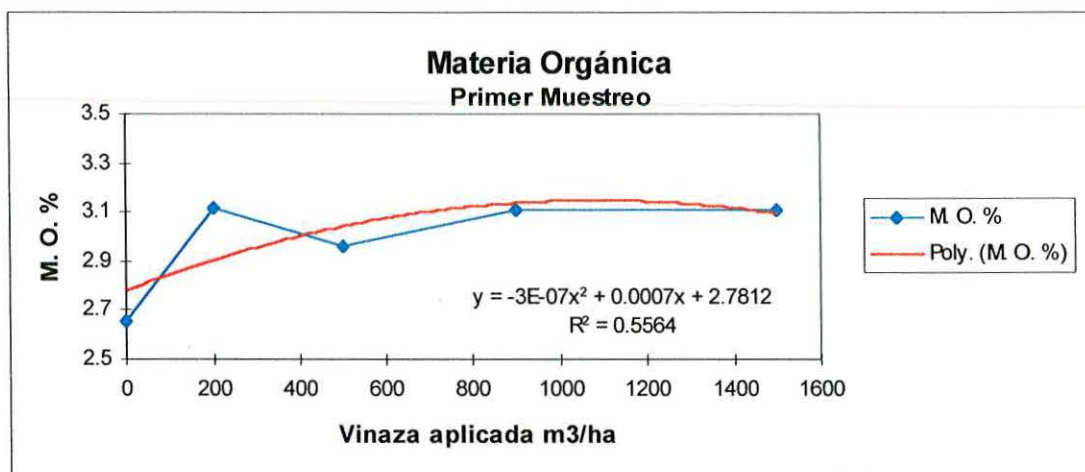
C. V. = 16 %

Debido a que la F calculada para tratamientos (0.71) es menor que la F de tablas al 5% (3.26) se establece que no hay diferencia significativa para los niveles de vinaza aplicados, y que por lo tanto, la vinaza, en este primer muestreo, no afectó, desde el punto de vista estadístico, el contenido de materia orgánica en el suelo.

No obstante, en la Figura 4 se aprecia la tendencia a incrementarse el contenido de materia orgánica del suelo con el incremento en el nivel de vinaza aplicado. Los datos se ajustaron a un modelo cuadrático y el coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.55$ ) indica que el incremento en el contenido de materia orgánica por la aplicación de vinaza se explica en un 55 %.

De acuerdo a los niveles de sólidos totales contenidos en la vinaza, reportados en el Cuadro 6, teóricamente se espera que por cada 500 m<sup>3</sup>/ha de vinaza aplicados la materia orgánica se incremente 1 % a una profundidad de 25 cm. En base a este modelo ajustado a los datos, el contenido de materia orgánica varió desde 2.78 % para el tratamiento testigo (0 m<sup>3</sup>/ha de vinaza) hasta 3.15 % para el tratamiento de 1,500 m<sup>3</sup>/ha de vinaza, lo que resulta en un incremento de 0.37 %. Estos valores se obtuvieron sustituyendo en el modelo los valores de X = 0 para T1 y X = 1,500 para T5.

**Figura 4.** Efecto de la vinaza sobre el contenido de la materia orgánica del suelo al primer muestreo.





### 6.1.2 pH.

En los Cuadros 16 y 17 se presentan los resultados del análisis de laboratorio, así como los correspondientes análisis estadísticos para la variable pH.

**CUADRO 16.** Resultados de laboratorio para pH por bloques y tratamientos. (primer muestreo).

Bloques	TRATAMIENTOS					$\Sigma$	$\chi$
	T1	T2	T3	T4	T5		
BI	6.07	6.36	6.38	6.61	6.95	32.37	6.47
BII	6.46	6.46	6.54	6.58	6.99	33.03	6.61
BIII	6.52	6.91	6.23	6.37	6.25	32.28	6.46
BIV	6.34	6.39	6.38	6.62	6.53	32.26	6.45
$\Sigma$	25.39	26.12	25.53	26.18	26.72	129.94	
$\chi$	6.35	6.53	6.38	6.55	6.68	6.50	

**CUADRO 17.** Análisis de Varianza para pH (primer muestreo).

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
BLOQUES	3	0.08	0.03	0.46	3.49
TRATAMIENTOS	4	0.29	0.07	1.24	3.26
ERROR	12	0.70	0.06		
TOTAL	19	1.07			

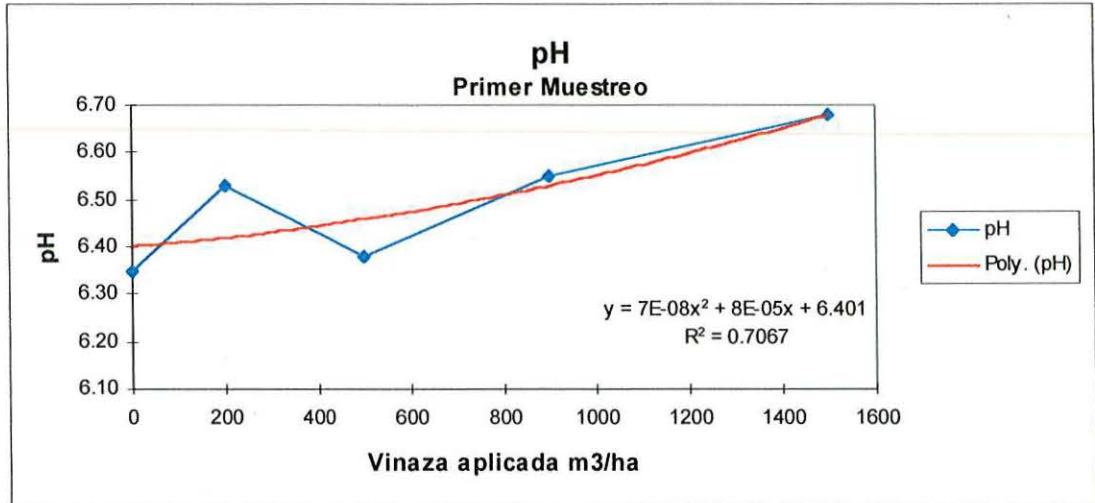
C. V. = 3.6 %

Se observa que la F calculada para tratamientos (1.24) es menor que la F de tablas al 5 % (3.26), lo que significa que no hay diferencia estadísticamente significativa por efecto de vinaza.

De acuerdo con la información proporcionada en el Cuadro 13, la vinaza utilizada tuvo un pH de 3.7, es decir, es un producto de reacción ácida, lo que sugiere en una primera instancia, que este material no produzca incrementos en el pH. No obstante, y de acuerdo con la Figura 5 el pH se incrementó en el presente estudio y también en los desarrollados por Almeida, citado por Camargo (1984) y Brasil (1987). De aquí que pueda suponerse que los incrementos registrados obedezcan a reacciones que pudieran ocurrir después de que la vinaza es incorporada al suelo.

Por lo que respecta al modelo ajustado a los datos observados, se aprecia que tiene una  $R^2$  de 70 % lo que significa que la función representa con un ajuste razonable al fenómeno ocurrido.

**Figura 5.** Efecto de la vinaza sobre el pH del suelo al primer muestreo.



### 6.1.3 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

En los Cuadros 18 y 19 se presentan los resultados del análisis de laboratorio, así como los correspondientes análisis estadísticos, para la CIC.

**CUADRO 18.** Resultados de laboratorio para capacidad de intercambio catiónico por bloques y tratamientos (primer muestreo).

Bloques	TRATAMIENTOS					$\Sigma$	$\chi$
	T1	T2	T3	T4	T5		
<b>BI</b>	36.50	32.10	34.40	34.60	35.40	173.00	34.60
<b>BII</b>	30.50	33.60	33.40	44.70	30.50	172.70	34.54
<b>BIII</b>	34.00	49.00	34.80	35.30	33.20	186.30	37.26
<b>BIV</b>	35.90	34.80	31.50	39.76	37.08	179.04	35.81
$\Sigma$	136.90	149.50	134.10	154.36	136.18	<b>711.04</b>	<b>35.55</b>
$\chi$	34.23	37.38	33.53	38.59	34.05	<b>35.55</b>	

**CUADRO 19.** Análisis de varianza para capacidad de intercambio catiónico (primer muestreo).

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
<b>BLOQUES</b>	3	24.57	8.19	0.35	3.49
<b>TRATAMIENTOS</b>	4	82.77	20.69	0.89	3.26
<b>ERROR</b>	12	277.47	23.12		
<b>TOTAL</b>	19	384.81			

C. V. = 12 %

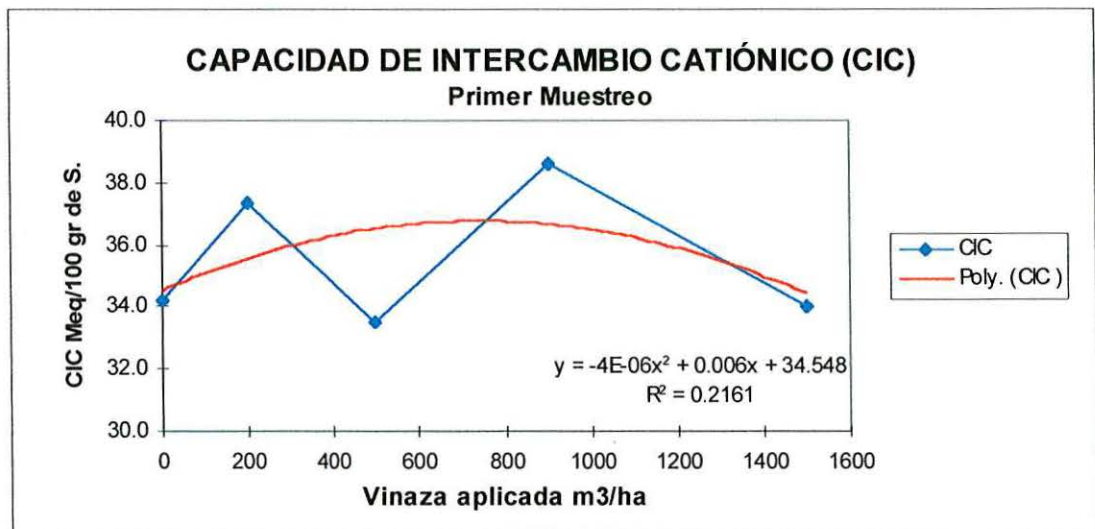
De acuerdo con los resultados del análisis de varianza, el efecto de la vinaza sobre la capacidad de intercambio catiónico no es estadísticamente significativo para este primer muestreo ( $F_c < F_t$ )

En la Figura 6 se reporta gráficamente el efecto de la vinaza sobre la CIC y se observa que no hay una tendencia definida razonable; así lo establece también la  $R^2$  del modelo ajustado con un valor apenas superior al 2 %. De acuerdo con la literatura, aunque la materia orgánica influye de manera importante en la CIC (Tisdale y Nelson, 1970), su acción es a través de cierto tipo de radicales orgánicos que se hacen presentes hasta que el material orgánico sufra un proceso de humificación (Duchaufour, 1978). Por tal motivo las reacciones que

se observan deben atribuirse más que a un efecto del material agregado, a la heterogeneidad espacial que presentan los suelos (Rodríguez y Burguete, 1987).

El valor de  $R^2$  de 0.21 indica que no hay relación entre los tratamientos de vinaza y los valores de la CIC.

**Figura 6.** Efecto de la vinaza sobre la capacidad de intercambio catiónico al primer muestreo.





#### 6.1.4 PORCIENTO DE SATURACIÓN DE BASES (PSB).

En los Cuadros 20 y 21 se presentan los resultados del análisis de laboratorio para el porcentaje de saturación de bases, así como los del correspondiente análisis estadístico.

**CUADRO 20.** Resultados de laboratorio para porcentaje de saturación de bases por bloques y tratamientos (primer muestreo).

Bloques	TRATAMIENTOS					$\Sigma$	$\chi$
	T1	T2	T3	T4	T5		
BI	3373	34.17	35.73	35.23	41.75	180.61	36.12
BII	39.84	40.65	39.52	29.53	47.90	197.44	39.49
BIII	43.03	32.14	41.98	30.28	33.13	180.57	36.11
BIV	32.03	39.48	43.21	35.16	40.51	190.39	38.08
$\Sigma$	148.62	146.45	160.44	130.21	163.29	749.01	
$\chi$	37.16	36.61	40.11	32.55	40.82	37.45	

**CUADRO 21.** Análisis de varianza para porcentaje de saturación de bases.

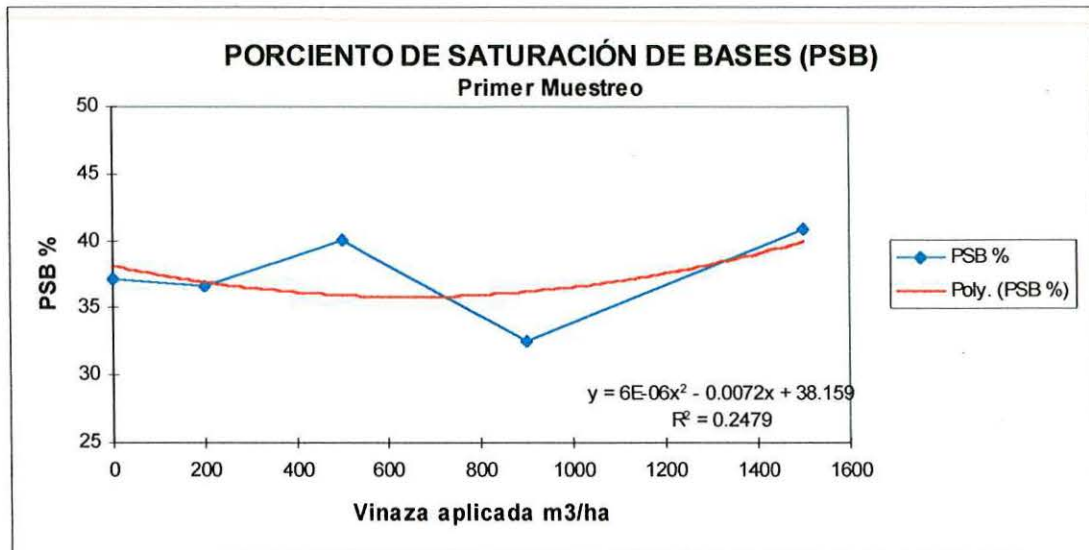
FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
BLOQUES	3	40.50	13.50	0.62	3.49
TRATAMIENTOS	4	172.93	43.23	1.99	3.26
ERROR	12	260.82	21.74		
TOTAL	19	474.24			

C. V. = 12 %

Debido a que la F calculada para tratamientos (1.99) es menor que la F de tablas al 5% (3.26) se concluye que no hay diferencia significativa en los niveles de vinaza aplicados, y que por lo tanto, la vinaza, en este primer muestreo no afectó, desde el punto de vista estadístico, el valor del PSB en el suelo.

La Figura 7 no refleja efecto definido de la vinaza sobre esta variable; además la  $R^2$  del modelo ajustado indica que el efecto de la vinaza no explica ni siquiera en un 25 % el fenómeno ocurrido. El posible efecto de la vinaza sobre el PSB tendría que ser, aparentemente, por una aportación de iones hidrógeno ( $H^+$ ) o de algunos cationes básicos; sin embargo, aunque esto pudo haber ocurrido, no se alcanza a reflejar en las mediciones hechas en el análisis químico del suelo.

**Figura 7.** Respuesta del valor de porcentaje de saturación de bases a los diferentes tratamientos de vinaza.



### 6.1.5 ACIDEZ INTERCAMBIABLE (A. I.).

En los Cuadros 22 y 23 se presentan los resultados del análisis de laboratorio, así como los del correspondiente análisis estadístico, para acidez intercambiable.

**CUADRO 22.** Resultados de Laboratorio para Acidez Intercambiable por Bloques y Tratamientos (primer muestreo).

Bloques	TRATEMIENTOS					$\Sigma$	
	T1	T2	T3	T4	T5		
BI	24.19	21.13	22.11	22.41	20.62	110.46	
BII	18.35	19.94	20.20	31.50	15.89	105.88	
BIII	19.37	33.25	20.19	24.61	22.20	119.62	
BIV	24.40	21.06	17.89	25.78	22.06	111.19	
$\Sigma$	86.31	95.38	80.39	104.30	80.77	447.15	
$\chi$	21.58	23.85	20.10	26.08	20.19	22.36	

**CUADRO 23.** Análisis de varianza para acidez intercambiable.

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
BLOQUES	3	19.67	6.56	0.38	3.49
TRATAMIENTOS	4	105.74	26.44	1.51	3.26
ERROR	12	209.49	17.46		
TOTAL	19	334.90			

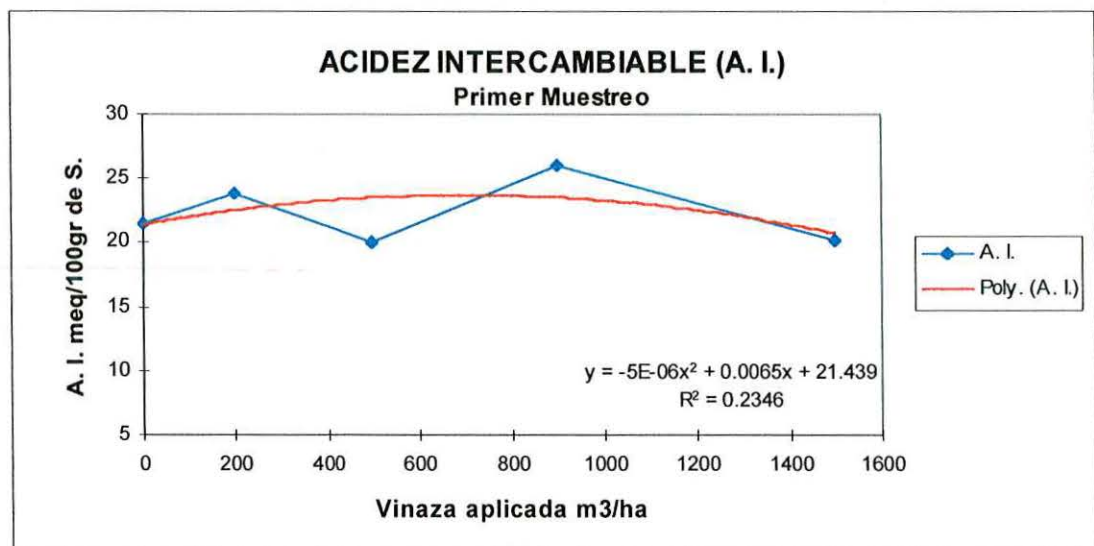
C. V. = 17 %

Debido a que la F calculada para tratamientos (1.51) es menor que la F de tablas al 5% (3.26) se concluye que no hay diferencia significativa en los niveles de vinaza aplicados, y que por lo tanto, la vinaza, en este primer muestreo no afectó, desde el punto de vista estadístico, el valor la Acidez Intercambiable del suelo.

Por sus características de reacción ácida de la vinaza, pH 3.7, es de esperarse, según menciona Cajuste (1977), que los iones hidrógeno se equilibraran con los sitios de carga que dependen del pH (materia orgánica y aristas o lados de los minerales) y los cationes metálicos fueran desplazados. Esto haría, por razones de equilibrio dinámico, que la acidez en la solución interna del suelo se incrementa, es decir, aumente la acidez potencial.

De acuerdo con la Figura 8, en el estudio no se presentó incremento consistente alguno de la acidez cambiante por efecto de la vinaza en los términos explicados: el modelo ajustado también así lo refleja también de acuerdo con el bajo valor de la  $R^2$ . Debe tomarse en cuenta la capacidad amortiguadora del suelo (Fassbender, 1975) que impide que, dentro de ciertos límites, no se presenten cambios aparentes en las variables de este tipo, como un efecto de agregar materiales con poder acidificante o alcalinizante.

**Figura 8.** Efecto de la vinaza sobre la acidez intercambiable al primer muestreo.





### 6.1.6 PORCIENTO DE SODIO INTERCAMBIABLE (PSI).

En los Cuadros 24 y 25 se presentan los resultados del análisis de laboratorio, así como los del correspondiente análisis estadístico para porcentaje de sodio intercambiable.

**CUADRO 24.** Resultados de laboratorio para el porcentaje de sodio intercambiable por bloques y tratamientos (primer muestreo).

Bloques	TRATAMIENTOS					$\Sigma$	$\chi$
	T1	T2	T3	T4	T5		
BI	1.89	2.15	2.41	2.40	2.26	11.11	2.22
BII	2.26	3.01	1.65	1.54	2.26	10.72	2.14
BIII	2.44	1.63	1.98	1.95	2.08	10.09	2.02
BIV	0.39	0.52	1.75	0.35	0.49	3.49	0.70
$\Sigma$	6.98	7.31	7.79	6.25	7.09	35.41	
$\chi$	1.75	1.83	1.95	1.56	1.77	1.77	

**CUADRO 25.** Análisis de varianza para el porcentaje de sodio intercambiable.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
BLOQUES	3	7.77	2.59	10.45	3.49
TRATAMIENTOS	4	0.31	0.08	0.32	3.26
ERROR	12	2.98	0.25		
TOTAL	19	11.06			

C. V. = 3.5 %

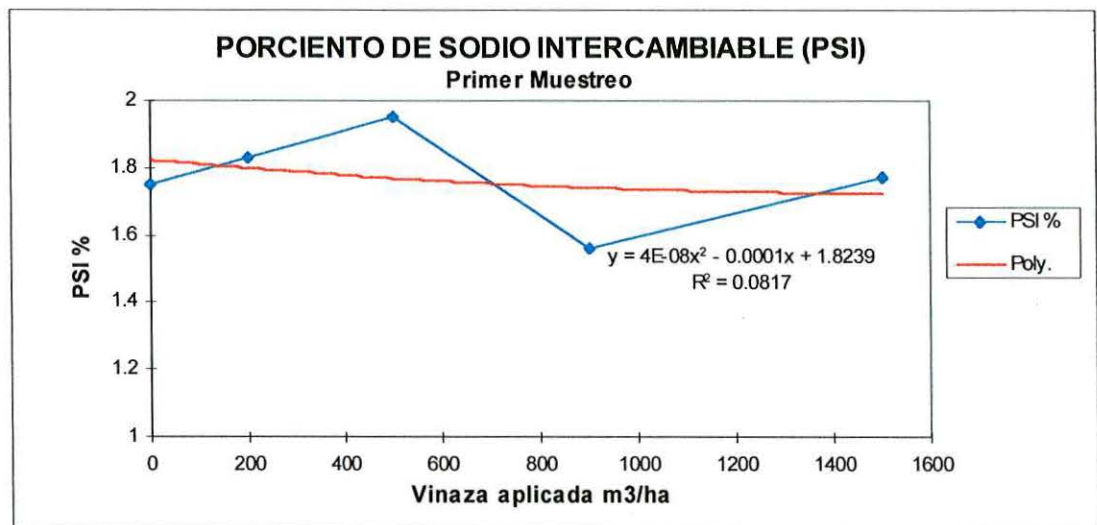
En el Cuadro 7, se presentaron los resultados de laboratorio para el análisis de la vinaza aplicada en este experimento con respecto a su aptitud al riego. De estos datos se observa que la vinaza es clasificada como baja en sodio; es decir, que por esta propiedad no tendría restricciones para su uso en suelos agrícolas. Por lo tanto, no se espera que la vinaza tenga un efecto significativo en el contenido de sodio del suelo.

El análisis de varianza para esa propiedad reporta que la F calculada para tratamientos (0.32) es menor que la F de tablas (3.26) al 5 %; de esto se establece que no hay diferencia significativa en los niveles de vinaza aplicados, y que por lo tanto, la vinaza, en este primer muestreo no afectó, desde el punto de vista estadístico, el valor del Porcentaje de Sodio Intercambiable del suelo.

De la Figura 9 conviene examinar que la función de respuesta que se ajusta al fenómeno observado es un modelo cuadrático (polinómico) en el que la relación entre variables es prácticamente nula como lo demuestra el coeficiente de determinación  $R^2$  de 0.08.

Por otro lado, si comparamos el testigo con el valor más alto reportado para tratamientos, que en este caso fue para el tratamiento de 500 m<sup>3</sup>/ha con 1.95, la diferencia en incremento es de solo 0.20 %. Aunado a esto se debe de tomar en consideración que el valor límite para un suelo sódico es mayor al 15 % (Richards, 1973); por lo que, los valores reportados en esta propiedad están muy por debajo del valor límite citado.

**Figura 9.** Efecto de la vinaza sobre el porcentaje de sodio intercambiable al primer muestreo.



### 6.1.7 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE).

En los Cuadros 26 y 27 se presentan los resultados del análisis de laboratorio, así como los del correspondiente análisis estadístico para conductividad eléctrica.

**CUADRO 26.** Resultados de laboratorio para conductividad eléctrica por bloques y tratamientos (primer muestreo).

Bloques	TRATAMIENTOS					$\Sigma$	$\chi$
	T1	T2	T3	T4	T5		
BI	0.38	0.34	0.50	0.50	0.70	2.42	0.48
BII	0.40	0.36	0.36	0.44	0.55	2.11	0.42
BIII	0.36	0.40	0.38	0.42	0.44	2.00	0.40
BIV	0.42	0.46	0.40	0.34	0.50	2.12	0.42
$\Sigma$	1.56	1.56	1.64	1.70	2.19	8.65	
$\chi$	0.39	0.39	0.41	0.43	0.55	0.43	

**CUADRO 27.** Análisis de varianza para conductividad eléctrica.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
BLOQUES	3	0.02	0.0065	1.48	3.49
TRATAMIENTOS	4	0.07	0.0174	3.96	3.26
ERROR	12	0.05	0.0044		
TOTAL	19	0.14			

C. V. = 0.004 %

Para condiciones de suelos salinos y sódicos, la conductividad eléctrica es una medida que relaciona el valor de la conductividad eléctrica expresado en mmhos/cm con el contenido de sales solubles en la solución del suelo o en el agua de riego, Richards (1973). En el Cuadro 7 se indica que la vinaza utilizada en este trabajo tiene una conductividad eléctrica de 6.2 mmhos/cm que la clasifica como altamente salina no propia para el riego en condiciones ordinarias. No obstante, en el resultado de laboratorio anexo en el apéndice, no se detectan carbonatos, bicarbonatos ni carbonatos de sodio residual, solo cloruros y sulfatos. Las sales derivadas de los cloruros, que para este caso serían cloruros de calcio y magnesio, principalmente, son muy solubles por lo que se lavan con facilidad. Los sulfatos de estos elementos precipitan a baja



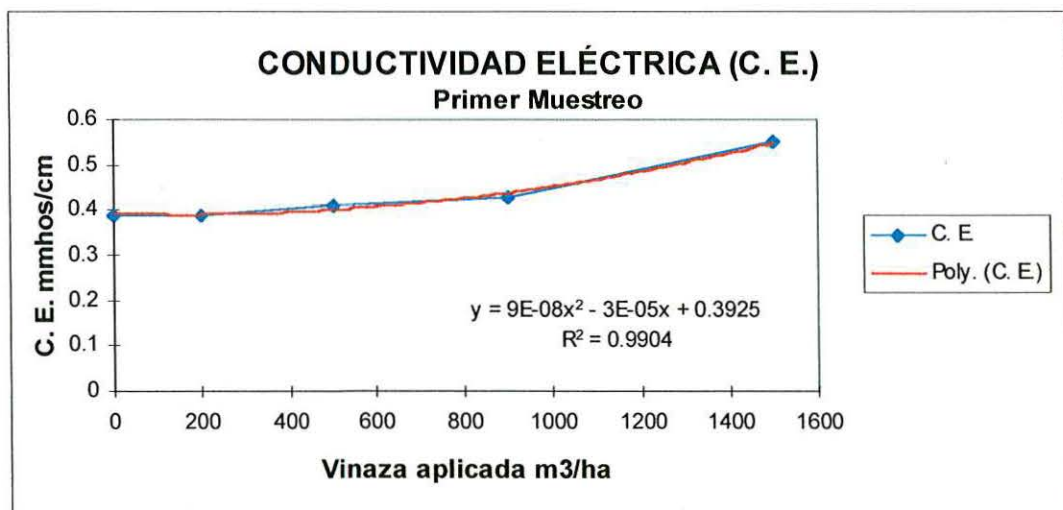
concentración y no participan en la solución del suelo. Por lo anterior, no se espera que la vinaza tenga un efecto permanente en el suelo desde el punto de vista de su salinidad. Además, es importante hacer notar que en ningún caso la conductividad eléctrica llegó a tener un valor cercano a la unidad.

Por otra parte, y de acuerdo con los valores de F para tratamientos (3.96) y de F para tablas al 5 % (3.26) sí es significativa para los niveles de vinaza aplicados; es decir. El producto sí tuvo influencia sobre esta característica del suelo.

En la Figura 10 se aprecia la tendencia ascendente del valor de conductividad eléctrica, con respecto al incremento en el nivel de vinaza aplicado, no obstante, este incremento no afecta desde el punto de vista práctico, ya que los valores se mantienen por debajo de la unidad, requiriéndose un valor mayor a 2 mmhos/cm en casos extremos ó 4 mmhos/cm, en términos generales, para considerar al suelo con efecto negativo por aplicación de vinaza. Por otro lado, la acidez de la vinaza debida a iones hidrógeno disociados es posible que contribuya a incrementar la conductividad eléctrica de la misma sin que esto tenga que estar relacionado con efectos de salinidad en el suelo.

Con respecto al modelo cuadrático para datos ajustados, éste explica en forma muy razonable el fenómeno como lo corrobora el coeficiente de determinación  $R^2$  de 0.99.

**Figura 10.** Efecto de la vinaza sobre la conductividad eléctrica del suelo (primer muestreo).



## 6.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS PARA TODOS LOS MUESTREOS.

Tal y como se anunció al principio del presente capítulo, la información correspondiente a los siguientes muestreos se manejó en la misma forma que se hizo para este primer muestreo. Por razones de espacio, y para lograr una discusión más acorde con los objetivos e hipótesis, la información ya no se seguirá examinando por muestreos sino que para cada variable evaluada se revisará la información correspondiente a todos los muestreos; dicho de otra forma, se discutirán los efectos que a través del tiempo produjeron los tratamientos sobre las variables, es decir, sobre las propiedades diagnosticadoras.

### 6.2.1 Materia Orgánica.

En los Cuadros 28 y 29 se presentan las medias por tratamiento y el análisis de varianza correspondiente para materia orgánica.

**CUADRO 28.** Valores medios por tratamiento y por muestreo para materia orgánica.

Muestreo	TRATAMIENTOS					$\Sigma$	$\chi$
	T1	T2	T3	T4	T5		
1	2.66	3.12	2.96	3.11	3.11	14.95	2.99
2	2.49	2.78	2.95	3.54	3.44	15.20	3.04
3	3.13	3.75	3.90	4.28	3.81	18.86	3.77
4	2.25	2.55	2.77	3.06	2.92	13.54	2.71
5	2.63	2.71	3.05	3.23	3.16	14.78	2.96
$\Sigma$	13.16	14.90	15.63	17.22	16.43	<b>77.33</b>	<b>3.09</b>
$\chi$	2.63	2.98	3.13	3.44	3.29	<b>3.09</b>	

**CUADRO 29.** Análisis de varianza para materia orgánica por muestreos.

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
MUESTREOS	4	3.20	0.80	<b>34.42</b>	3.49
TRATAMIENTOS	4	1.94	0.48	<b>20.81</b>	3.26
ERROR	17	0.40	0.02		
TOTAL	25	5.53			

C. V. = 4.52 %

Comparando los valores de Fc y Ft para muestreos y tratamientos, se concluye con un 5% de probabilidad de error, que la aplicación de vinaza tiene un efecto

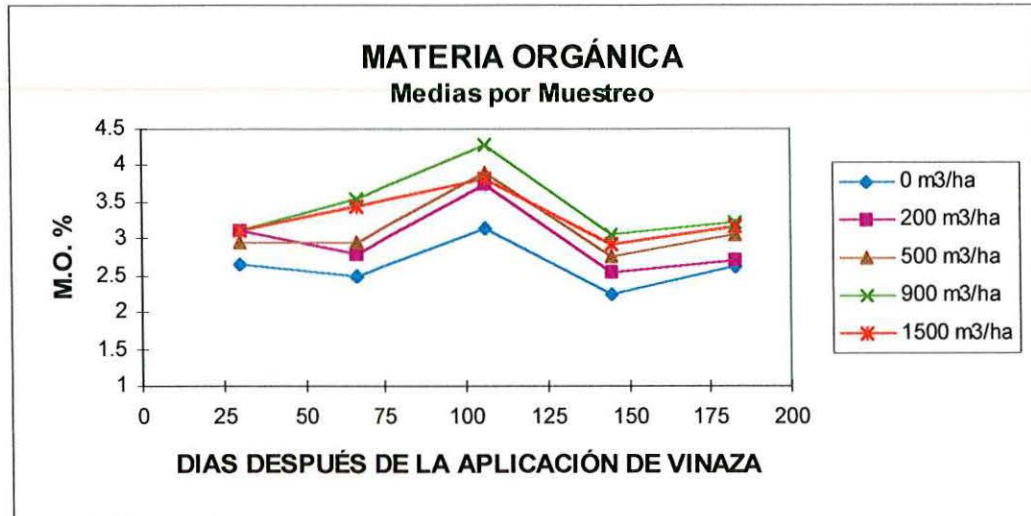
estadísticamente significativo para tratamientos; se acepta la hipótesis alternativa de que las medias de tratamientos son diferentes o por lo menos una de las medias de tratamientos es diferente.

Con un 95 % de confiabilidad la aplicación de vinaza reporta un incremento en el contenido de materia orgánica en el suelo.

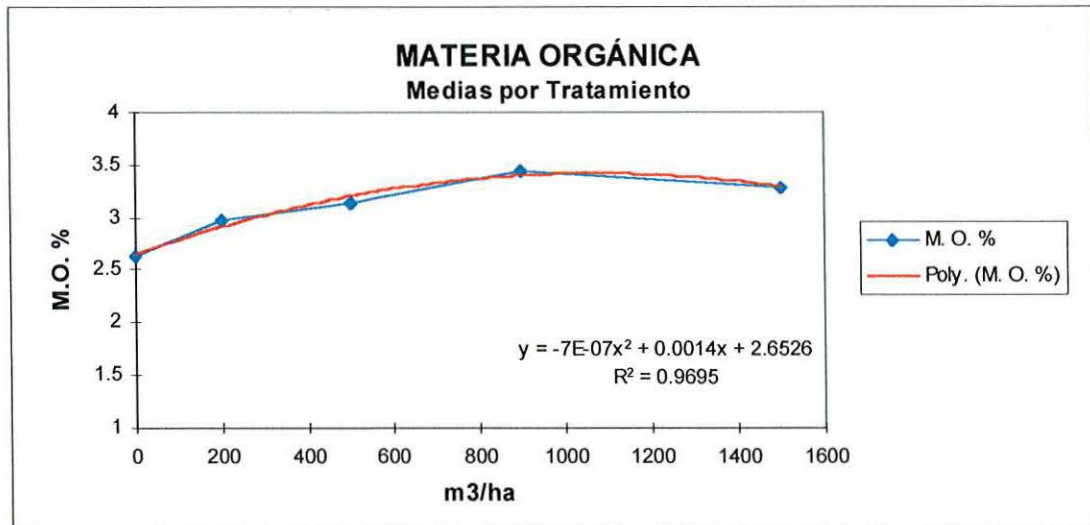
Así mismo, como se mencionó en el análisis de materia orgánica para el primer muestreo, la aplicación de vinaza significa agregar un 1 % de material orgánico por cada 500 m<sup>3</sup>/ ha de vinaza aplicados. En los resultados, los valores de materia orgánica reportan un incremento de hasta el 0.6 % con respecto al testigo. Duchaufour (1978), indica que, en términos generales se requiere de un lapso de 2 años para que el 70 % de los materiales orgánicos aplicados al suelo pasen a formar parte de la fracción húmica del suelo.

Por otro lado, este tipo de comparación denota la diferencia claramente significativa entre muestreos, es decir, que las propiedades del suelo cambian según la época del año como lo indica USDA (1975).

**Figura 11.** Distribución de valores medios de M. O. por muestreo.



**Figura 12.** Valores medios de materia orgánica por tratamiento.



En la Figura 11 se aprecia que al tratamiento testigo (0 m<sup>3</sup>/ha) corresponden siempre los valores más bajos en todos los muestreos. Al mismo tiempo es interesante observar que casi siempre son los tratamientos más altos (900 y 1500

m<sup>3</sup>/ha) los que propician los mayores incrementos de M. O. De aquí que se puede establecer que la vinaza aplicada al suelo incrementa los niveles de M. O. en éste y que estos incrementos son estadísticamente significativos en diferentes fechas después de la aplicación y también a través del tiempo.

En la Figura 12 están representados los valores correspondientes a cada uno de los tratamientos estudiados para el promedio de la totalidad de los muestreos. Es claro que conforme el nivel de vinaza se incrementa, aumenta también el contenido de M. O. La función que describe el fenómeno es un modelo cuadrático que se ajusta muy bien al fenómeno ya que la R<sup>2</sup> alcanza un valor del 97 %. De acuerdo con los datos observados y los que se pueden estimar con el propio modelo, el incremento de M. O. que llega a producirse va del 0.7 al 2 %, lo cual es de una notable significancia agronómica por el efecto profundo que ejerce sobre las propiedades físicas y químicas del suelo (Ortiz y Ortiz, 1987).



## 6.2.2 pH

En los Cuadros 30 y 31 se presentan las medias por tratamiento y el análisis de varianza correspondiente a la variable pH.

**CUADRO 30.** Valores medios para pH por tratamiento y por muestreo.

Muestreo	TRATAMIENTOS					$\Sigma$	$\chi$
	T1	T2	T3	T4	T5		
1	6.00	5.98	5.90	5.83	5.78	29.49	5.90
2	6.23	6.23	6.28	6.35	6.33	31.40	6.28
3	6.18	6.48	6.50	6.48	6.50	32.13	6.43
4	5.69	6.16	5.69	5.55	5.75	28.84	5.77
5	6.05	5.84	5.88	6.00	5.62	29.39	5.88
$\Sigma$	30.14	30.67	30.25	30.21	29.97	151.24	6.05
$\chi$	6.03	6.13	6.05	6.04	5.99	6.05	

**CUADRO 31.** Análisis de varianza para pH por muestreos.

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
MUESTREO	4	1.63	0.41	17.27	3.49
TRATAMIENTO	4	0.05	0.01	0.57	3.26
ERROR	17	0.40	0.02		
TOTAL	25	2.08			

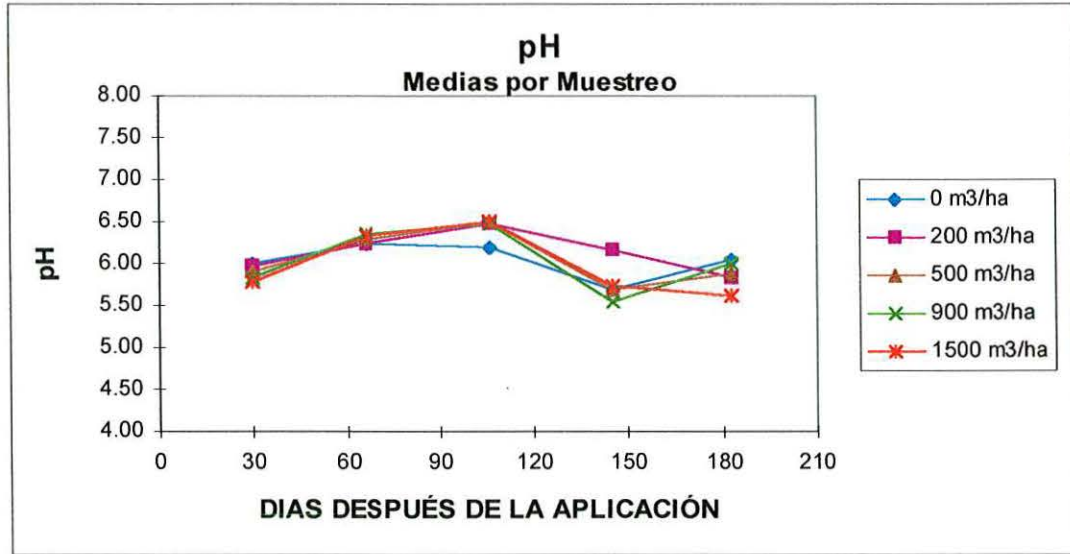
C. V. = 2.3 %

Comparando los valores de Fc y Ft para el concepto de tratamientos, el valor de F calculada (0.57) es menor que el valor de F tabulada (3.26), por lo que con una precisión del 5 % se acepta la hipótesis nula (H<sub>0</sub>), la cual plantea que las medias de tratamientos son iguales y no se acepta la hipótesis alternativa (H<sub>A</sub>) de que las medias son diferentes o al menos una es diferente. Por otro lado, con un nivel de confiabilidad del 95 %, se concluye que la aplicación de vinaza no tuvo efecto en el pH del suelo.

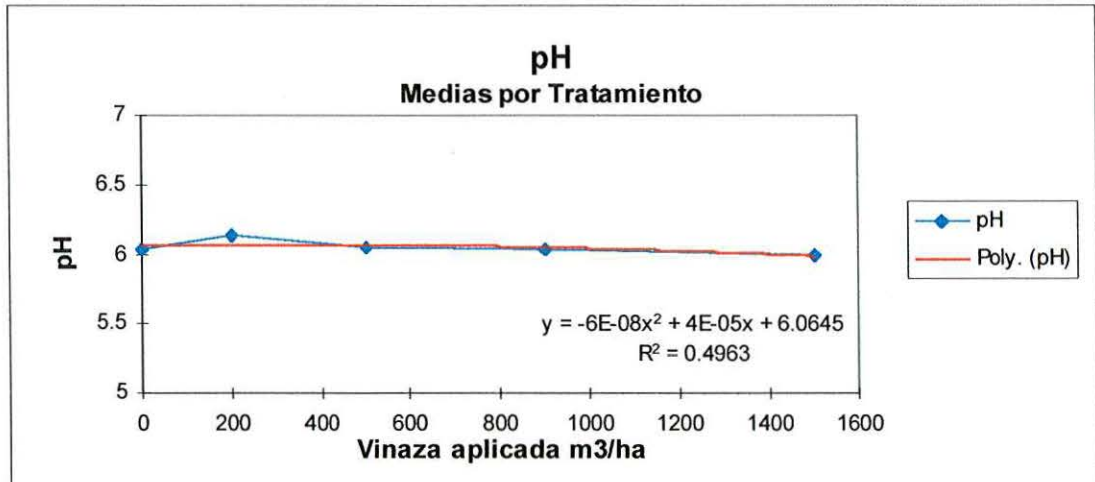
Como ya se mencionó en 6.2, se esperaba que el carácter ácido de la vinaza propiciara decrementos en el pH del suelo; sin embargo, ya se explicó en su oportunidad que otros investigadores también informan de un comportamiento

similar de la vinaza; más aún, se refieren a incrementos del pH cuando aplican estos productos.

**Figura 13.** Distribución de valores medios de pH por muestreo.



**Figura 14.** Valores medios de pH por tratamiento.



La Figura 13 muestra claramente que son de muy poca magnitud las diferencias entre tratamientos, y que cuando éstas se presentan en mayor escala (muestreos 1 y 4) no tienen mayor explicación. Esta situación es congruente con el análisis

estadístico, que reporta que entre tratamientos no existe diferencia significativa. En esta misma figura se aprecia una clara diferencia entre muestreos, factor para el cual el análisis sí reportó diferencias. Esta es una situación que debe esperarse, ya que es bien conocido que el pH varía considerablemente a través del tiempo aún en un mismo terreno. Estas variaciones se conocen como estacionales y las explica Cajuste (1977).

Con respecto a los valores promedio por tratamiento para todos los muestreos, se aprecia en la Figura 14 lo que ya se precisó con anterioridad: no existe efecto de la vinaza sobre el pH del suelo. La variación que se observa en esta gráfica entre los tratamientos 1 y 2 (T1 y T2) no merece ser examinada con mayor detalle ya que, además del escaso valor de la Fc, la diferencia es apenas superior a un décimo.

El valor de  $R^2 = 0.49$ , indica que el modelo polinómico de la curva de ajuste explica el fenómeno en un 49 % y que no es concluyente que las variables: pH y niveles de vinaza estén relacionadas entre sí

### 6.2.3 Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

En los Cuadros 32 y 33 se presentan las medias por tratamiento y el análisis de varianza correspondiente a capacidad de intercambio catiónico.

**CUADRO 32.** Valores medios para CIC por tratamiento y por muestreo.

	TRATAMIENTOS						
Muestreo	T1	T2	T3	T4	T5	$\Sigma$	$\chi$
1	34.23	37.38	33.53	38.59	34.05	177.76	35.55
2	36.19	35.45	34.46	34.45	34.88	175.42	35.08
3	31.44	32.37	35.04	35.28	33.86	167.98	33.60
4	35.90	36.16	36.16	36.46	36.46	181.13	36.23
5	28.53	29.09	31.02	29.37	29.72	147.72	29.54
$\Sigma$	166.28	170.44	170.19	174.15	168.96	<b>850.01</b>	<b>34.00</b>
$\chi$	33.26	34.09	34.04	34.83	33.79	<b>34.00</b>	

**CUADRO 33.** Análisis de varianza para CIC por muestreos.

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
MUESTREO	4	142.76	35.69	<b>19.39</b>	3.49
TRATAMIENTO	4	6.47	1.62	<b>0.88</b>	3.26
ERROR	17	31.29	1.84		
TOTAL	25	180.52			

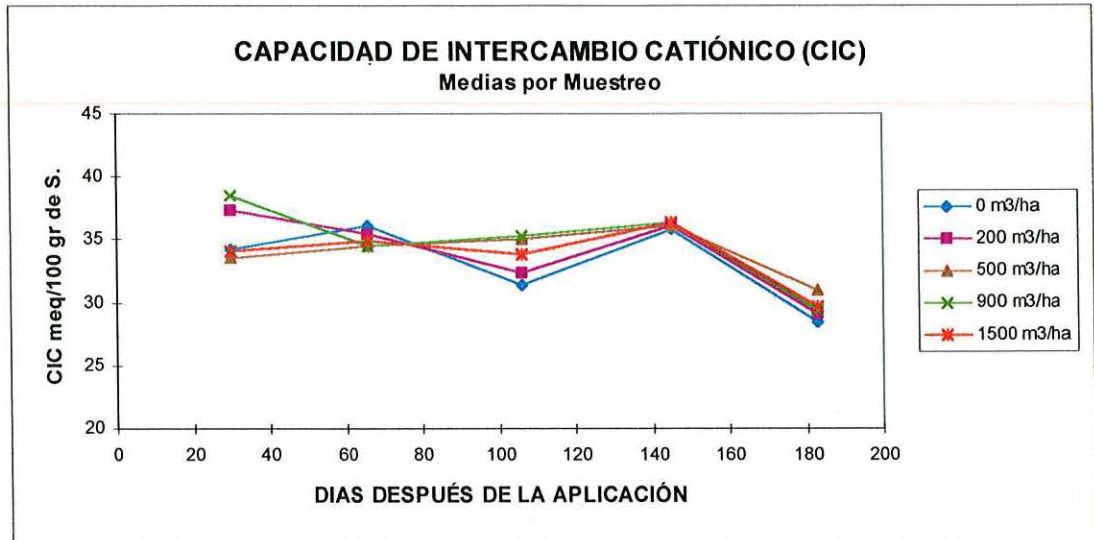
C. V. = 3.9 %

El valor de F calculada para tratamientos (Fc 0.88), en el análisis de varianza, resulta inferior al valor de F de tablas al 0.05 % (Ft 3.26), por lo que con un nivel de precisión del 5 % se acepta la hipótesis nula (Ho) en donde todas las medias son iguales; y no se acepta la hipótesis alternativa en la que existe diferencias entre medias o alguna es diferente; es decir, no existe diferencia significativa entre los tratamientos de vinaza y el testigo.

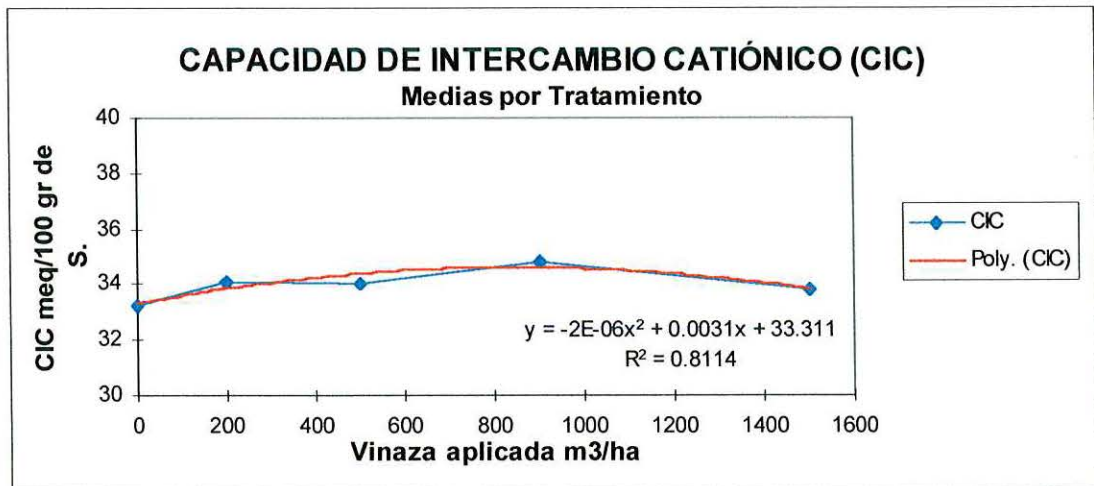
Por lo tanto, con una confiabilidad del 95 % se acepta que la aplicación de vinaza no tuvo influencia sobre la capacidad de intercambio catiónico del suelo.



**Figura 15** Distribución de valores medios de CIC por muestreo.



**Figura 16.** Valores medios de CIC por tratamiento.



En la Figura 15 se aprecia tal y como lo refiere el análisis de varianza con los valores de  $F_c$  y  $F_t$ , que para cada uno de los muestreos, las diferencias entre tratamientos son mínimas sobre todo para los muestreos 2 y 4. En cambio, las diferencias entre muestreos, es decir, aquellas que se producen a través del tiempo sí son de consideración, ya que los valores extremos se ubican entre 29.5 y 36.2, aproximadamente.

De cualquier manera, las variaciones a través del tiempo no se aprecian relacionadas con los tratamientos en estudio, por lo tanto éstas deberán ser atribuidas, más bien a variaciones estacionales, como las que ya se presentaron y discutieron para pH. En congruencia con esta interpretación está la gráfica de la Figura 16, en donde están representadas los valores promedio de cada uno de los tratamientos en la totalidad de los muestreos; es claro que la variación es de escasa significancia. Con respecto a estos hechos, debe tomarse en cuenta que la capacidad de intercambio catiónico está determinada por los coloides del suelo: arcillas silicatadas y humus coloidal; los primeros, producto de la alteración de los silicatos primarios (feldespatos y silicatos ferromagnesianos), y los segundos, producto de la descomposición de la materia orgánica del suelo, que como ya se mencionó, Duchafour (1978) expresa que el 70 % de la materia orgánica fresca del suelo se descompone en un lapso de 2 años en condiciones normales. En ese período de tiempo, se esperaría que la materia orgánica de la vinaza participara en la capacidad de intercambio del suelo.

### 6.2.4 Porcentaje de Saturación de Bases (PSB).

En los Cuadros 34 y 35 se presentan las medias por tratamiento y el análisis de varianza correspondiente al porcentaje de saturación de bases.

**CUADRO 34.** Valores medios para porcentaje de saturación de bases por tratamiento y por muestreo.

Muestreo	TRATAMIENTOS					$\Sigma$	$\chi$
	T1	T2	T3	T4	T5		
1	37.16	36.61	40.11	32.55	40.82	187.25	37.45
2	44.25	50.11	49.33	47.65	51.78	243.12	48.62
3	42.85	44.96	35.98	41.04	41.24	206.08	41.22
4	15.06	15.07	14.41	15.09	14.37	73.99	14.80
5	46.54	53.16	52.68	43.17	47.35	242.91	48.58
$\Sigma$	185.85	199.92	192.51	179.50	195.57	953.36	38.13
$\chi$	37.17	39.98	38.50	35.90	39.11	38.13	

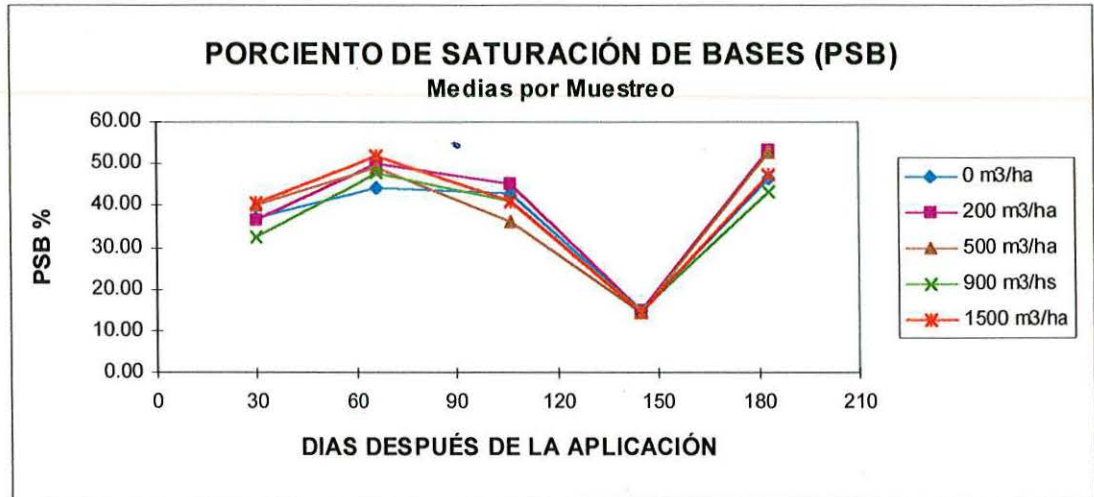
**CUADRO 35.** Análisis de varianza para el PSB por muestreos.

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
MUESTREO	4	3868.57	967.14	116.33	3.49
TRATAMIENTO	4	52.24	13.06	1.57	3.26
ERROR	17	141.34	8.31		
TOTAL	25	4062.15			

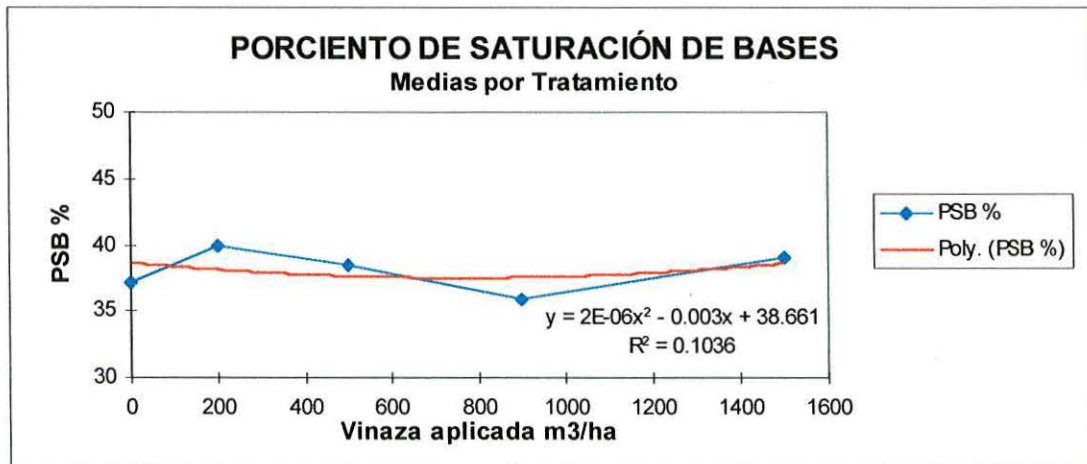
C. V. = 7.55 %

Una vez más, el análisis de varianza refleja, de acuerdo con los valores de Fc y Ft, que no existe diferencia significativa entre tratamientos y que ésta sí es altamente significativa para muestreos.

**Figura 17.** Distribución de valores medios del porcentaje de saturación de bases por muestreo.



**Figura 18.** Valores medios del porcentaje de saturación de bases por tratamiento.



La saturación de bases expresada en porcentaje, es una relación entre la suma de bases dividida entre la capacidad total de intercambio multiplicada por 100 (Duchaufour, 1978), Esta propiedad tiene una importancia en aspectos como el pH, la actividad microbiana y la estructuración del suelo. La aplicación de vinaza tanto por su reacción ácida como por su contenido de bases, se espera que modifique esta condición del suelo. El efecto, como se expresa en las Figuras 17 y 18 muestra una ligera tendencia a incrementar este valor, aunque estadísticamente no sea significativo.



En la Figura 17 se observa que las variaciones estacionales son muy fuertes, no así las variaciones que se observan en cada muestreo para los diferentes tratamientos. Se manifiesta con claridad un descenso considerable en el muestreo número 4, y, aunque no se descarta que esta variación obedezca a razones de muestreo y/o análisis, la situación pudiera asociarse con un descenso por lixiviación de bases en el periodo lluvioso. En la Figura 18 vuelve a ser claro que el efecto de tratamientos, además de ser de escasa magnitud no tiene una tendencia definida a través del tiempo. A pesar de estas apreciaciones, debe tomarse en cuenta que la saturación de bases, propiedad relacionada con pH, actividad microbiana, y estructura del suelo sí pudiera ser afectada por la vinaza, ya que ésta, además de contener bases, es de una reacción ácida.

### 6.2.5 Acidez Intercambiable.

En los Cuadros 36 y 37 se presentan las medias por tratamiento y el análisis de varianza correspondiente a la variable de acidez intercambiable.

**CUADRO 36.** Valores medios para acidez intercambiable por tratamiento y por muestreo.

	TRATAMIENTOS						
Muestreo	T1	T2	T3	T4	T5	$\Sigma$	$\bar{x}$
1	21.58	23.85	20.10	26.08	20.19	111.79	22.36
2	20.12	17.60	17.64	17.89	16.70	89.95	17.99
3	17.95	17.94	22.54	20.93	19.95	99.30	19.86
4	20.85	21.53	21.75	21.37	22.09	107.58	21.52
5	15.22	13.62	14.65	16.90	15.66	76.03	15.21
$\Sigma$	95.71	94.52	96.67	103.16	94.58	484.64	19.39
$\bar{x}$	19.14	18.90	19.33	20.63	18.92	19.39	

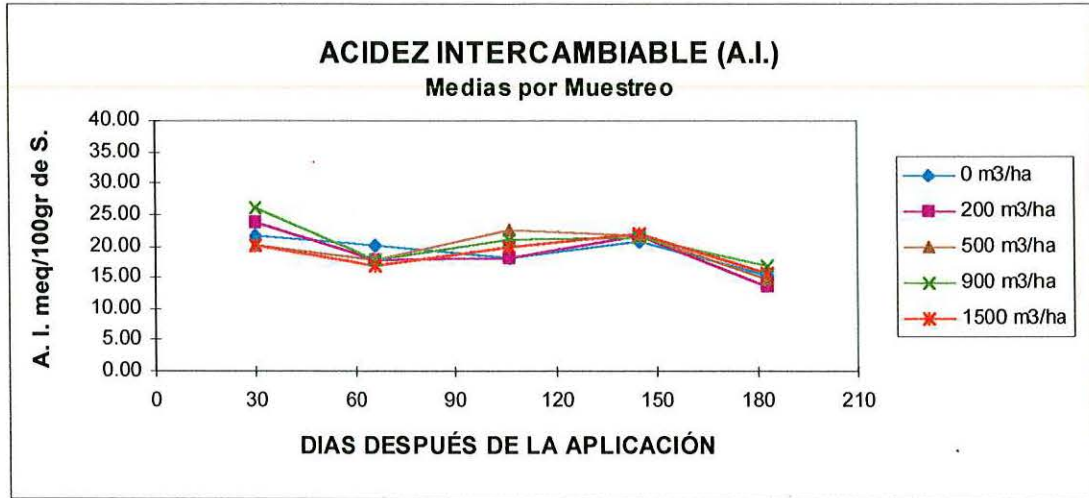
**CUADRO 37.** Análisis de varianza para A. I. por muestreos.

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
MUESTREO	4	165.10	41.27	15.58	3.49
TRATAMIENTOS	4	10.35	2.59	0.98	3.26
ERROR	17	45.05	2.65		
TOTAL	25	220.49			

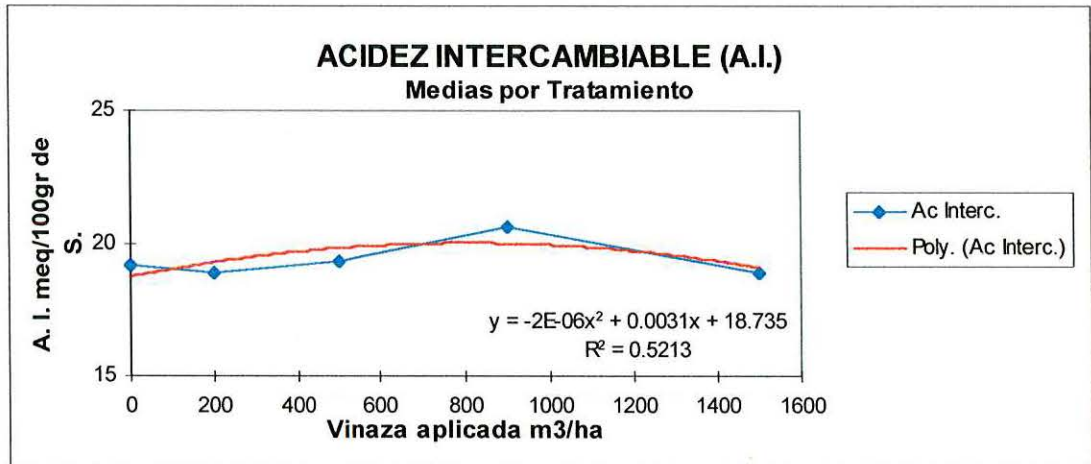
C. V. = 8.35 %

Al igual que ocurrió para el porcentaje de saturación de bases, el análisis de varianza refleja que los efectos producidos por los tratamientos no son de significancia estadística; en cambio, para muestreos las diferencias sí son significativas.

**Figura 19.** Distribución de valores medios de acidez intercambiable por muestreo.



**Figura 20.** Valores medios de acidez intercambiable por tratamiento.



Duchaufour (1978), menciona que la capacidad total de cambio (CIC) es la cantidad máxima de cationes metálicos que el suelo puede fijar; que la suma de cationes metálicos representa la cantidad total de cationes alcalinos y alcalinoterreos ( $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$  y  $Na^+$ ) actualmente retenidos; y que la diferencia

entre estas dos propiedades representa el conjunto de iones generadores de la acidez del suelo (acidez intercambiable).

La vinaza, por su reacción ácida, se espera que tenga un efecto acidificante en el suelo y que por lo tanto interactúe con el complejo de intercambio desplazando con sus iones hidrógeno a las bases adsorbidas.

En la Figura 19, y de acuerdo con lo que ya se apuntó, se observa que las mayores variaciones se presentan a través del tiempo; es decir, se refleja el efecto significativo del factor muestreo. Es interesante resaltar que para un mismo tratamiento la mayor variación se presenta entre el primer muestreo y el último, lo que pudiera indicar que un posible efecto de la vinaza recién aplicada tiende a neutralizarse con el tiempo. También llama la atención que este hecho no discrepe en mayor medida con lo que se observó para pH (Fig. 13), caso en el que se aprecia una variación claramente ascendente en los primeros tres muestreos.

En congruencia con lo anterior, y aunque no resultó estadísticamente significativa la diferencia entre tratamientos, la Figura 20 refleja que a las mayores cantidades de vinaza aplicada corresponden los más altos niveles de acidez intercambiable.

### 6.2.6 Porciento de Sodio Intercambiable.

En los Cuadros 38 y 39 se presentan las medias por tratamiento y el análisis de varianza correspondiente al porciento de sodio intercambiable.

**CUADRO 38.** Valores medios para el PSI por tratamiento y por muestreo.

Muestreo	TRATAMIENTOS					$\Sigma$	$\chi$
	T1	T2	T3	T4	T5		
1	4.54	4.85	4.92	4.87	4.40	23.59	4.72
2	4.19	4.17	3.55	3.75	4.05	19.71	3.94
3	3.51	3.48	4.67	3.73	3.68	19.06	3.81
4	2.86	2.74	2.46	2.77	2.62	13.46	2.69
5	2.25	2.23	2.98	2.49	2.42	12.37	2.47
$\Sigma$	17.36	17.47	18.58	17.61	17.18	<b>88.19</b>	<b>3.53</b>
$\chi$	3.47	3.49	3.72	3.52	3.44	<b>3.53</b>	

**CUADRO 39.** Análisis de varianza para el PSI por muestreos.

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
MUESTREO	4	17.39	4.35	<b>43.05</b>	3.49
TRATAMIENTOS	4	0.24	0.06	<b>0.59</b>	3.26
ERROR	17	1.72	0.10		
TOTAL	25	19.35			

C. V. = 8.78 %

Richards *et al.* (1973) señala que los suelos sódicos o suelos con problemas de sodicidad son aquellos cuyo porciento de sodio intercambiable es mayor al 15 %, o bien que los suelos sódicos se definen en términos del efecto del sodio intercambiable en su productividad. Igualmente señala que hay casos en que el valor de 2 a 3 miliequivalentes de sodio intercambiable por 100 gr. de tierra, tiene igual o mayor utilidad como límite crítico.

La vinaza, como se indica en el Cuadro 7, fue clasificada como baja en sodio por lo que podría ser utilizada para el riego en todos los suelos. Por esta razón no se espera que produzca un efecto en el contenido de sodio en los suelos tratados.

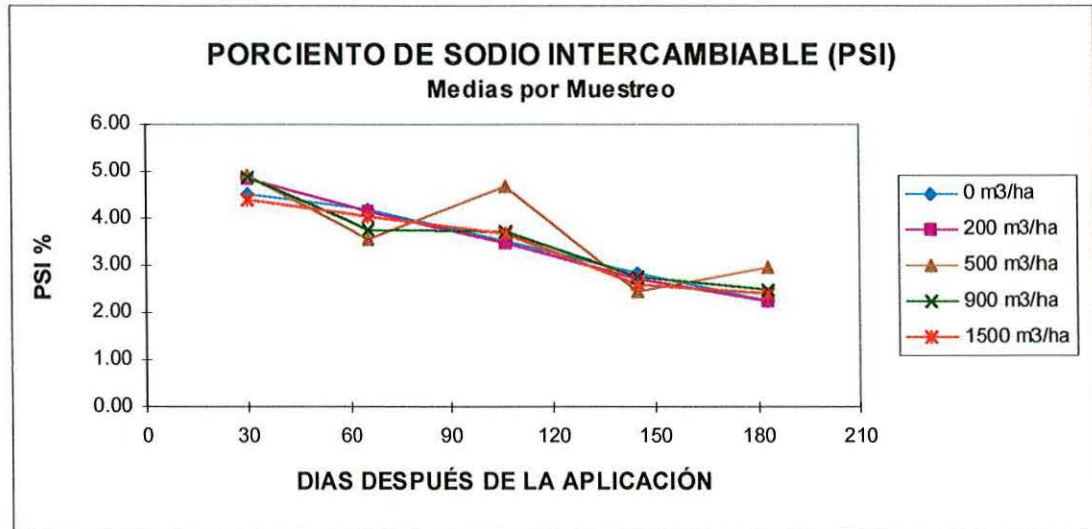
El análisis de varianza muestra que la F calculada al 0.05 % para tratamientos es de 0.59 y resulta menor que la F de tablas con valor de 3.26. De esta



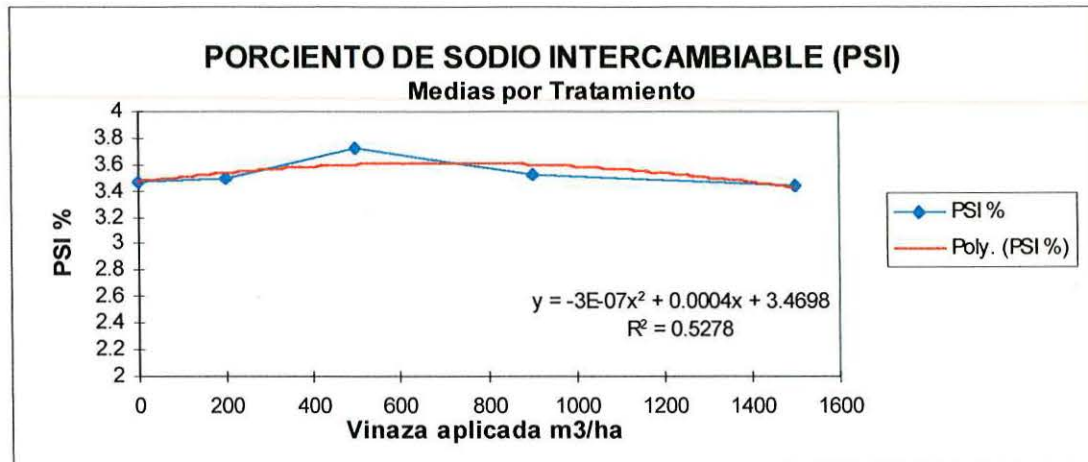
comparación, se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) la cual plantea que todas las medias de tratamientos son iguales y no se acepta la hipótesis alternativa ( $H_A$ ) en donde al menos una media de tratamientos es diferente. Es decir, no se tiene diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos aplicados.

Igualmente, con una confiabilidad del 95 % se concluye que la aplicación de vinaza no incrementa el contenido de sodio intercambiable por lo que no existe el riesgo de sodificación

**Figura 21.** Distribución de valores medios PSI por muestreo.



**Figura 22.** Valores medios del porcentaje de sodio intercambiable por tratamiento.



La Figura 21 muestra que a través del tiempo hay una disminución del porcentaje de sodio intercambiable, lo que se refleja prácticamente en todos los tratamientos; esta situación pudiera obedecer a un lavado del catión por acción de la lluvia.

Por lo que respecta a la Figura 22, es claro, tal y como se presentó en el análisis de varianza, que no hay efecto alguno de los diferentes niveles de vinaza estudiados.

Igualmente, el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.52$ , indica que la relación entre variables es incierta, por lo que el modelo polinómico de ajuste es igualmente aleatorio en definir el comportamiento de la variable dependiente (PSI) con respecto a la independiente (tratamiento o nivel de vinaza)

### 6.2.7 Conductividad Eléctrica (C. E.).

En los Cuadros 40 y 41 se presentan las medias por tratamiento y el análisis de varianza correspondiente a conductividad eléctrica.

**CUADRO 40.** Valores medios para conductividad eléctrica por tratamiento y por muestreo.

Muestreo	TRATAMIENTOS					$\Sigma$	$\chi$
	T1	T2	T3	T4	T5		
1	0.39	0.39	0.41	0.43	0.55	2.16	0.43
2	0.40	0.40	0.40	0.63	0.73	2.55	0.51
3	0.73	0.76	0.59	0.71	0.79	3.58	0.72
4	0.75	0.63	0.74	1.24	0.96	4.31	0.86
5	0.64	0.98	1.08	2.08	0.98	5.74	1.15
$\Sigma$	2.90	3.15	3.21	5.08	4.00	18.34	0.73
$\chi$	0.58	0.63	0.64	1.02	0.80	0.73	

**CUADRO 41.** Análisis de varianza para C. E. por muestreos.

FV	GL	SC	CM	Fc 0.05	Ft 0.05
MUESTREO	4	1.65	0.41	7.55	3.49
TRATAMIENTOS	4	0.63	0.16	2.90	3.26
ERROR	17	0.93	0.05		
TOTAL	25	3.20			

C. V. = 30.4 %

De acuerdo con el análisis de varianza, no hay efecto significativo entre tratamientos y sí entre muestreos. Por otra parte, se registra un coeficiente de variación sensiblemente alto debido a variaciones fuertes entre bloques para un mismo tratamiento.

Richards *et al.* (1973) señala que los suelos salinos o suelos con problemas de salinidad son aquellos cuya conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo es mayor a 4 mmhos/cm y que en caso de cultivos sensibles a las sales este valor puede bajar a 2 mmhos/cm. Es de esperarse que la vinaza por su alto valor de conductividad eléctrica tenga un efecto sobre la conductividad eléctrica del suelo. Si bien, en el análisis de varianza la F calculada fue menor que la de tablas, el valor se aproxima mucho lo que refleja el efecto de la vinaza.

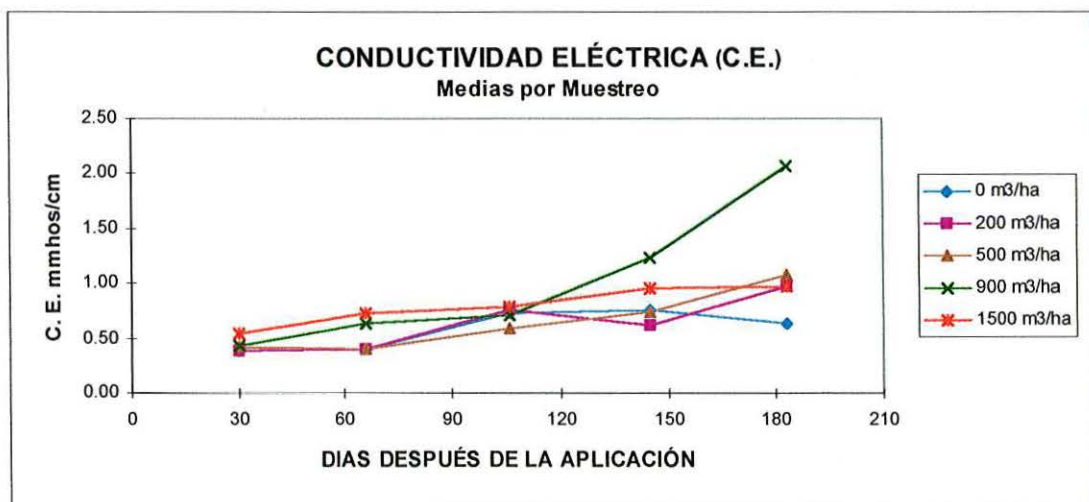


Asimismo, como se explica a continuación, existe una tendencia ascendente en la conductividad eléctrica por efecto de los tratamientos de vinaza, aunque no alcanza los valores críticos señalados arriba.

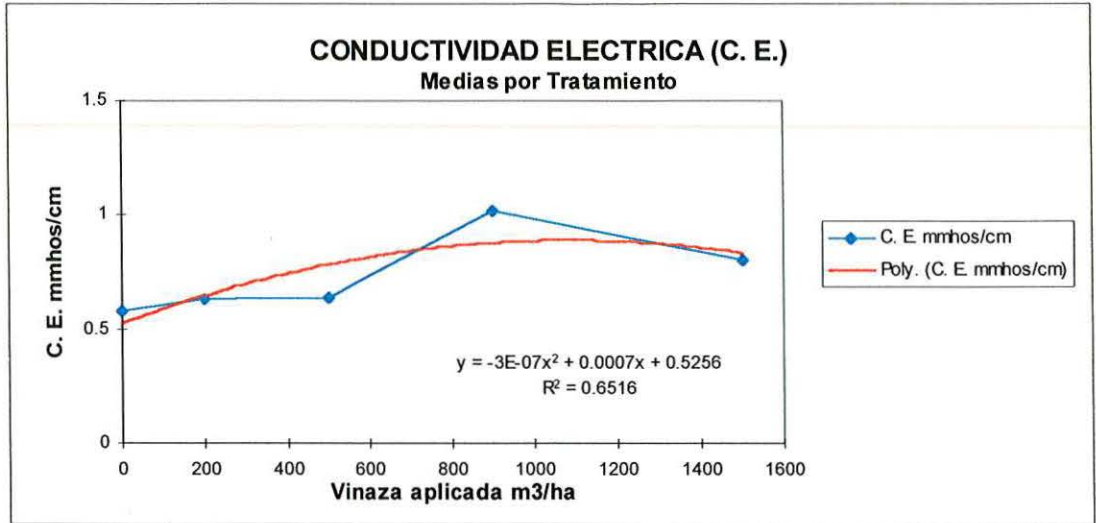
No obstante que la vinaza, de acuerdo con la información presentada en el Cuadro 7, fue clasificada como altamente salina, en base al criterio de clasificación de aguas, no se manifiesta una modificación de la conductividad eléctrica durante el período en que se estuvieron realizando muestreos. El efecto significativo para muestreos se debe exclusivamente al alto valor que se reporta en el último muestreo para el tratamiento de 900 m<sup>3</sup> de vinaza/ha. (Fig. 6.14); no obstante, por no tratarse del tratamiento más alto, este valor debería ser atribuible a causas aleatorias. La interpretación del fenómeno en general, es en el sentido de que la cantidad total de sales que se incorporan al suelo a través de la vinaza es insuficiente para modificar significativamente la conductividad eléctrica; esto debido, fundamentalmente, a razones de volúmenes.

La representación gráfica referente a tratamientos (Figura 24) contiene como dato interesante que a los dos máximos niveles de vinaza corresponden los valores más altos de conductividad eléctrica.

**Figura 23.** Distribución de valores medios de conductividad eléctrica por muestreo.



**Figura 24.** Valores medios de la conductividad eléctrica por tratamiento.



## 7. CONCLUSIONES.

Como conclusiones más relevantes, con respecto a las variables diagnosticadoras se derivaron las siguientes, las cuales están referidas a los fenómenos ocurridos y analizados a través del tiempo.

**Materia orgánica:** La aplicación de vinaza originó incrementos estadísticamente significativos de hasta un 0.6 % en el contenido de materia orgánica del suelo, lo que significa una aportación importante para la fertilidad del suelo.

**pH:** No se registraron efectos significativos de la vinaza sobre el pH del suelo. Los efectos que se apreciaron se consideran atribuibles a variaciones de carácter zonal que son frecuentes al evaluar esta variable. Entre muestreos sí se presentan diferencias que al no ser consistentes se consideran debidas a variaciones de carácter estacional.

**Capacidad de intercambio catiónico:** En esta variable ocurrió algo similar a lo que se concluyó para el pH, es decir, se establece que hasta los 180 días después de aplicada la vinaza, no se reflejan efectos significativos de ésta sobre la capacidad de intercambio catiónico.

**Porcentaje de saturación de bases:** Con respecto a la saturación de bases, el efecto de la vinaza no resultó estadísticamente significativo; no obstante, se observó una tendencia ligeramente ascendente que se vió afectada en el cuarto muestreo, a los 150 días de la aplicación, con un descenso importante para todos los tratamientos; hecho que se atribuye a la heterogeneidad del suelo y al período lluvioso.

**Acidez Intercambiable:** Como en los casos anteriores, desde el punto de vista estadístico, no se registró efecto significativo con la adición de vinaza en la acidez intercambiable del suelo. Aunque la vinaza es de reacción ácida, el efecto amortiguador del suelo debió de tener influencia para que únicamente se notara apreciara a nivel gráfico un efecto ligeramente descendente, que también pudo estar influenciado por el efecto estacional ya comentado.

**Porcentaje de sodio intercambiable:** Sobre esta propiedad, no se presentó efecto entre tratamientos, lo cuál es congruente con el bajo contenido de este elemento en la vinaza usada lo que la hace un producto sin riesgo con respecto a esta propiedad. Las variaciones que se presentaron entre muestreos, además de no tener una explicación viable, no llegan a límites en el que el sodio pudiera representar riesgo a los cultivos.

**Conductividad eléctrica:** La vinaza fue clasificada como altamente salina debido al valor alto en esta determinación reportado en el análisis de laboratorio. Los

datos de conductividad eléctrica manejados a través del análisis de varianza, no resultó significativo desde el punto de vista estadístico. La cantidad de sales adicionada con la vinaza no modifica su contenido en el suelo a niveles que representen un riesgo de salinización.

## 8. CONSIDERACIONES GENERALES.

Los niveles de vinaza utilizados en este trabajo se diseñaron con el propósito de evaluar el efecto de la vinaza desde niveles bajos como 200 m<sup>3</sup>/ha a niveles altos como 1500 m<sup>3</sup>/ha. Los resultados en algunas propiedades como bases cambiables o acidez cambiante, no fueron consistentes con el nivel de vinaza aplicado, por lo que no se puede hacer referencia a tratamientos preferenciales. No obstante, sí es posible considerar que a fin de aliviar la descarga a los ríos, es factible aplicar la vinaza en suelos a niveles bajos 200 ó 500 m<sup>3</sup>/ha, de tal manera que se minimicen posibles efectos adversos

Con un tratamiento de 200 m<sup>3</sup>/ha y una producción de 200 mil litros por día (200 m<sup>3</sup>/día) generados por la fábrica La Rojeña, se podría descargar la vinaza en una hectárea de terreno por día. Si se considera que los potreros Buenos Aires y Todos Santos que abastecen de agave a La Rojeña cubren una superficie de 430 ha, la producción de vinaza de La Rojeña se ocuparía solo en estos potreros.

Como se señaló en la introducción de este trabajo, no se tienen experiencias sobre los efectos de la vinaza tequilera descargada en los suelos, por lo que la información presentada aquí son los primeros intentos de conocer el comportamiento de este material con respecto al suelo; de tal manera, que en la aplicación de la vinaza en forma regular será conveniente caracterizar al suelo en cuanto a su variabilidad puntual y estacional, utilizar dosis bajas (200 m<sup>3</sup>/ha), como se menciona arriba y monitorear el suelo y planta con muestreos anuales para corroborar la ausencia de cambios adversos en las propiedades del suelo y en el desarrollo del cultivo.

Con respecto a la variabilidad o heterogeneidad del suelo, es conveniente realizar estudios al respecto, es decir, obtener información sobre las condiciones que presenta el suelo en las diferentes épocas del año, ya que tomando en cuenta el análisis estadístico por muestreo, en todos los casos resultó significativo, lo cual significa que las propiedades del suelo varían de una época del año a otra; esta variación es importante conocerla y considerarla para no confundirla con un efecto de la vinaza, o cualquier otro material incorporado al suelo

En los días siguientes a la aplicación de vinaza se observó un desarrollo micelial importante así como la acumulación de los sólidos de la vinaza en forma de costra sobre la superficie, por lo que es conveniente, también estudiar la relación de estos organismos con la microflora nativa del suelo, así como el efecto del encostramiento sobre la permeabilidad del suelo.

En lo referente a la reacción del suelo o pH, tanto en la solución interna del suelo como en la solución externa, es conveniente estudiar a mayor detalle este efecto para prevenir una acidulación del suelo a grado que sea negativa al cultivo, aún considerando que agave azul desarrolla mejor en suelos moderadamente ácidos.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Aguilar, S. A., Etchevers B. J. y Castellanos R. J. 1987. Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo. SMCS, U. A. Ch. México.
- Baver, L. D. *et al.* 1973. Física de Suelos. Ed. U.T.E.H.A. México.
- Boul., S. W. *et al.* 1983. Génesis y Clasificación de Suelos. Ed. Trillas, México.
- Brasil, Inst. Agronómico, 1987. Aplicación de Vinazas en Suelo y su Efecto en la Cantidad N, P y S, y de algunos Metales Pesados. Boletín Científico # 8. IAC Campiñas.
- Brasil, Inst. Agronómico, 1987. Alteración de Las Características Químicas de un Latosol Bermejo Oscuro por la Aplicación de Vinazas. Boletín Científico # 9. IAC Campiñas.
- Cajuste, J. M. 1977. Química de Suelos. Ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- Camargo, *et al.*, 1984. Alteración de las Características Químicas de un Latosol Rojo Distrófico Incubado con Residuos de la Industria Alcohólico-azucarera. Bragantia, Campina 43(I) 125-139.
- Cedeño C. M. 1995. Tequila Production. Rev. Critical Reviews in Biotechnology, 15(1):1-11. CRC Press Inc.
- Ceja, R. R. 1985, Caracterización de los Suelos del Ejido de Tequila. Laboratorio Regional de Suelos. SARH. Guadalajara, Jal. México.
- Chavira, R. J. y Castellanos, J. Z. 1987. Sales Solubles. En: Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo. Eds. Aguilar S. A. , J. E. Etchevers y J. Z. Castellanos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial No. 1 P. 109-124.
- COPERSUCAR, 1978. Aproveitamento da Vinhaca: Viabilidade Técnico-Econômica. Asesoria da Diretoria Centro de Tecnologia. Sao Paulo, Brasil
- Duchaufour, P. 1978. Manual de Edafología. Trad. Carballas Fernández. Ed. Toray-Masson, S. A. Barcelona, España.
- Joffè, S. J, 1949. Pedology. 2ed. Pedology, Publications. New Brunswick, N. J.

- Fassbender, H. W. 1975. Química de Suelos. Inst. Interam. de Ciencias Agríc. O.E.A. Turrialba, Costa Rica.
- FitzPatrick, E. A. 1984. Suelos, Su formación clasificación y distribución. Ed. C.E.C.S.A. México.
- Keenan, W. Ch. y Wood, H. J. 1971. Química General Universitaria. 3 ed. C.E.C.S.A. México
- Kononova, M. M. 1982. Soil Organic Matter (trad. del Ruso). Pergamon Press, New York, N. Y.
- Luna, Z.R. 1991. La Historia del Tequila, de sus Regiones y sus Hombres. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México.
- Legorreta, P. E. *et al.* 1990. Perpectivas de Uso de las Vinazas en Suelos Agrícolas. Trabajo en cartel presentado en el XXIII Congreso de la Sociedad Nacional de la Ciencia del Suelo celebrado en Torreón, Coahuila, México.
- Martinez, G. G. 1993. Uso de las Vinazas de Tequila como Mejorador de Suelos Agrícolas.
- Masterton W. L. y Slowinsky E. J. 1974. Química General Superior. Ed. Nueva Edirorial Interamericana. México.
- México, SEDESOL. 1993. Norma Oficial Mexicana, NOM-034-ECOLOG-CCA/93. Contaminación del Agua-Límites Máximos Permisibles y Procedimientos para la Determinación de Contaminantes en Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos ReceptoresProvenientes de la Industria Vinícola.
- Muria, J. M. 1990. El Tequila, boceto histórico de una industria. Cuadernos de Difusión Científica No.18. Universidad de Guadalajara. Jalisco. Mex.
- Odum, P. E. 1987. Ecología. Ed. C. E. C. S. A. México.
- Ortiz, V. B. y Ortiz, S. C. Edafología. 6<sup>ta</sup> Ed. Dpto de Suelos. U. A. de Chapingo, México



- Palacios V. O. y Aceves N. E. 1970. Instructivo para el Muestreo, Registro de Datos e Interpretación de la Calidad del Agua para Riego Agrícola. Rama de Riego y Drenaje. Serie de Apuntes No. 15 . CP, ENA, Chapingo, Mex.
- Pelczar. M. J. *et al.* 1982. Microbiología. Ed McGraw-Hill. México.
- Peraza, F. L. 1994. Estudio de Alternativas Tecnológicas para el Tratamiento de Vinazas de la Industria Azucarera y Tequilera. CIATEJ, A. C.
- Rendón, S. L. A. 1991. Alternativas de Uso de las Vinazas en B. Gallardo y Cia. Panzacola, Tlax. Consultora Regional del Agave. Investigación Agrícola. Tequila, Jal. Mex.
- Rendón S. L. y Martínez, G. G. 1991. Alternativas de Uso de Vinazas. I Congreso Estatal de Ecología. Guadalajara, Jal.
- Richards L. A. *et al.* 1973. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Manual No. 60 USDA. (Trad. INIA), Ed. LIMUSA, México.
- Rodriguez, N. S. Y Burguete, F. H. 1987 Muestreo de Suelos. En: Análisis Químico para Evaluar la Fertilidad del Suelo. Eds. Aguilar S. A. , J. E. Etchevers y J. Z. Castellanos. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación Especial No. 1 p. 1-15.
- Sidney, L. E. *et al.* 1986. Actividad Respiratoria de Suelo Tratado con Vinhaca e Herbicida. IAC. Campinas, Brasil.
- Teuscher, H y Adeler, R 1981. El Suelo y su Fertilidad. Ed. C. E. C. S. A. México.
- Tisdale, S. L. Y Nelson W. L. 1970. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Ed. Montander y Simón S. A. Barcelona.
- Turk, A. *et al.* . 1973. Ecología, Contaminación y Medio Ambiente. Ed. Interamericana. México.
- U. S. Department of Agriculture. 1975. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agriculture Handbook No. 436. Washintong, D. C.

- U. S. Department of Agriculture. 1962. Soil Survey Manual. Agriculture Handbook # 18. Washinton, D. C.
- Valenzuela Z. A. 1994. El Agave Tequilero: su cultivo e industrialización. Monsanto. México.
- Valschi, O y Gomez, F. P. Solos Incorporados de Vinhaca e seu Teor de Bases. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiros" Piracicaba II : 135-158.
- Varela F. M. 1987. Evaluación de la Fertilización Orgánica (vinaza de Melaza) en las Características Agroindustriales de la Caña de Azucar en Izucar de Matamoros, Puebla.
- Young, A. 1976. Tropical Soils and Soil Survey. Ed. Cambridge University Press. Cambridge.

## APÉNDICE

**CUADRO 1A.** Resultados de laboratorio para el segundo muestreo después de la aplicación de vinaza.

Bloq- Trat-	Variable Diagnosticadora						
	M. O. %	CIC meq/100 g de S	Ac. Interc. meq/100 g de S	PSB %	PSI %	pH	CE mmhos/cm
<b>IA</b>	<b>3.09</b>	<b>39.91</b>	<b>22.80</b>	<b>42.87</b>	<b>3.21</b>	<b>6.30</b>	<b>0.48</b>
IB	3.09	38.64	16.52	57.25	2.49	6.30	0.50
IC	3.23	42.08	24.97	40.66	3.21	6.10	0.36
ID	3.50	39.00	16.88	56.72	2.49	6.60	0.50
IE	3.90	39.91	16.91	57.63	3.61	6.10	0.65
<b>IIA</b>	<b>2.22</b>	<b>38.82</b>	<b>19.61</b>	<b>49.48</b>	<b>3.59</b>	<b>6.10</b>	<b>0.32</b>
IIB	2.83	36.64	18.84	48.58	3.09	6.10	0.40
IIC	2.29	33.38	13.21	60.43	2.73	6.30	0.40
IID	3.57	33.38	18.80	43.68	3.77	6.30	1.00
IIE	3.16	33.20	16.89	49.13	4.23	6.40	1.00
<b>IIIA</b>	<b>2.42</b>	<b>33.56</b>	<b>19.09</b>	<b>43.12</b>	<b>3.80</b>	<b>6.30</b>	<b>0.50</b>
IIIB	2.49	33.52	16.61	50.45	4.08	6.30	0.46
IIIC	2.49	31.52	17.17	45.53	3.83	6.40	0.42
IIID	3.79	31.75	18.04	43.18	4.38	6.20	0.55
IIIE	3.04	32.29	17.52	45.74	4.67	6.30	0.60
<b>IVA</b>	<b>2.22</b>	<b>32.47</b>	<b>18.99</b>	<b>41.52</b>	<b>6.16</b>	<b>6.20</b>	<b>0.28</b>
IVB	2.72	33.01	18.43	44.17	6.31	6.20	0.24
IVC	3.79	30.84	15.20	50.71	4.41	6.30	0.42
IVD	3.31	33.65	17.83	47.01	4.36	6.30	0.46
IVE	3.65	34.10	15.47	54.63	3.70	6.50	0.65

**CUADRO 2A.** Resultados de laboratorio para el tercer muestreo después de la aplicación de vinaza.

Bloq- Trat-	Variable Diagnosticadora						
	M. O. %	CIC meq/100 g de S	Ac. Interc. meq/100 g de S	PSB %	PSI %	pH	CE mmhos/cm
<b>IA</b>	<b>3.13</b>	<b>31.58</b>	<b>18.45</b>	<b>41.58</b>	<b>3.50</b>	<b>5.90</b>	<b>0.60</b>
IB	3.74	35.14	22.72	35.34	3.70	6.40	0.55
IC	4.62	35.53	25.18	29.13	5.31	6.50	0.55
ID	5.03	36.52	22.86	37.40	4.03	6.40	0.60
IE	4.28	35.93	22.96	36.10	4.24	7.00	0.70
<b>IIA</b>	<b>3.13</b>	<b>31.19</b>	<b>19.53</b>	<b>37.38</b>	<b>3.77</b>	<b>6.00</b>	<b>0.75</b>
IIB	3.80	32.37	18.87	41.71	4.07	6.20	1.30
IIC	3.54	36.72	27.82	24.24	6.18	6.50	0.55
IID	4.49	37.30	24.10	35.39	4.17	6.60	0.70
IIE	4.47	34.15	21.73	36.37	3.70	6.40	1.00
<b>IIIA</b>	<b>3.13</b>	<b>30.60</b>	<b>17.23</b>	<b>43.69</b>	<b>3.29</b>	<b>6.40</b>	<b>0.85</b>
IIIB	3.74	31.98	16.02	49.91	3.45	6.70	0.55
IIIC	3.54	33.95	17.85	47.42	3.42	6.70	0.70
IIID	3.88	31.98	15.42	51.78	2.78	6.50	0.80
IIIE	4.01	32.18	18.23	43.35	3.94	6.20	0.75
<b>IVA</b>	<b>3.13</b>	<b>32.37</b>	<b>16.59</b>	<b>48.75</b>	<b>3.49</b>	<b>6.40</b>	<b>0.70</b>
IVB	3.70	30.00	14.13	52.90	2.90	6.60	0.65
IVC	3.90	33.95	19.31	43.12	3.76	6.30	0.55
IVD	3.70	35.33	21.34	39.60	3.93	6.40	0.75
IVE	3.47	33.16	16.86	49.16	2.82	6.40	0.70

**CUADRO 3A.** Resultados de laboratorio para el cuarto muestreo después de la aplicación de vinaza.

Bloq- Trat-	Variable Diagnosticadora						
	M. O. %	CIC meq/100 g de S	Ac. Interc. meq/100 g de S	PSB %	PSI %	pH	CE mmhos/cm
<b>IA</b>	<b>2.19</b>	<b>38.24</b>	<b>23.89</b>	<b>37.53</b>	<b>2.58</b>	<b>5.50</b>	<b>0.90</b>
IB	2.12	33.15	20.57	37.95	1.83	5.11	0.48
IC	2.60	39.26	26.59	32.27	2.92	4.84	0.90
ID	3.35	38.84	26.51	31.75	3.00	4.99	1.30
IE	2.67	32.54	21.52	33.87	3.36	5.94	0.80
<b>IIA</b>	<b>2.53</b>	<b>32.54</b>	<b>18.14</b>	<b>44.25</b>	<b>2.57</b>	<b>5.66</b>	<b>1.00</b>
IIB	2.39	34.58	21.44	38.00	2.82	7.05	0.85
IIC	2.73	37.43	24.00	35.88	1.71	5.73	0.50
IID	2.60	31.73	17.26	45.60	2.56	5.39	1.50
IIE	2.53	39.87	27.29	31.55	1.83	5.39	1.30
<b>IIIA</b>	<b>2.19</b>	<b>36.61</b>	<b>20.94</b>	<b>42.80</b>	<b>2.81</b>	<b>5.75</b>	<b>0.70</b>
IIIB	2.53	38.24	22.64	40.79	2.37	6.03	0.75
IIIC	2.73	33.36	16.34	51.02	2.17	6.03	0.85
IIID	2.87	38.65	22.48	41.84	3.40	6.06	0.75
IIIE	3.01	40.27	23.84	40.80	2.68	5.93	0.90
<b>IVA</b>	<b>2.08</b>	<b>36.21</b>	<b>20.41</b>	<b>43.63</b>	<b>3.48</b>	<b>5.85</b>	<b>0.40</b>
IVB	3.14	38.65	21.45	44.50	3.20	6.44	0.42
IVC	3.01	34.58	20.06	41.99	3.03	6.16	0.70
IVD	3.43	36.61	19.24	47.45	2.13	5.77	1.40
IVE	3.47	33.16	15.71	52.62	2.64	5.75	0.85



**CUADRO 4A.** Resultados de laboratorio para el quinto muestreo después de la aplicación de vinaza.

Bloq- Trat-	Variable Diagnosticadora						
	M. O. %	CIC meq/100 g de S	Ac. Interc. meq/100 g de S	PSB %	PSI %	pH	CE mmhos/cm
<b>IA</b>	<b>2.20</b>	<b>30.10</b>	<b>14.66</b>	<b>51.30</b>	<b>2.27</b>	<b>6.10</b>	<b>0.30</b>
IB	2.40	29.29	5.42	81.50	1.17	5.06	1.60
IC	3.78	31.93	7.78	75.63	1.16	5.07	2.60
ID	4.12	31.73	22.34	29.59	3.73	6.42	3.80
IE	3.57	31.53	17.93	43.13	2.06	6.34	1.70
<b>IIA</b>	<b>2.82</b>	<b>28.48</b>	<b>17.04</b>	<b>40.17</b>	<b>2.45</b>	<b>5.80</b>	<b>0.65</b>
IIB	2.75	27.86	14.84	46.73	2.15	6.08	0.90
IIC	2.73	30.92	18.40	40.49	2.80	5.73	0.60
IID	2.68	25.54	11.94	53.25	2.06	5.05	2.80
IIE	2.82	27.76	14.99	46.00	2.74	5.39	0.50
<b>IIIA</b>	<b>2.54</b>	<b>25.63</b>	<b>13.96</b>	<b>45.53</b>	<b>2.40</b>	<b>5.75</b>	<b>0.80</b>
IIIB	2.82	29.90	17.08	42.88	2.18	6.03	0.80
IIIC	2.61	29.49	13.69	53.58	5.82	6.61	0.60
IIID	3.30	28.07	14.47	48.45	2.06	6.16	1.10
IIIE	3.16	29.70	17.25	41.92	2.25	5.29	0.75
<b>IVA</b>	<b>2.95</b>	<b>29.90</b>	<b>15.20</b>	<b>49.16</b>	<b>1.90</b>	<b>6.56</b>	<b>0.80</b>
IVB	2.88	29.29	17.12	41.55	2.30	6.17	0.60
IVC	3.09	31.73	18.71	41.03	2.15	6.11	0.50
IVD	2.82	32.14	18.84	41.38	2.11	6.38	0.60
IVE	3.09	29.90	12.45	58.36	2.64	5.44	0.95





**CIDI**

Centro de Investigación  
para el  
Desarrollo Industrial

Guadalajara Jal. a 6 de octubre de 1994.

EMPRESA : TEQUILA CUERVO, S.A. DE C.V.  
PERSONA : ING. SANTIAGO MARQUEZ GONZALEZ  
TELEFONO : 631 30 91  
DIRECCION: CIRCUNVALACION SUR 44-A, FRACC. LAS FUENTES  
CIUDAD : ZAPOPAN, JAL.

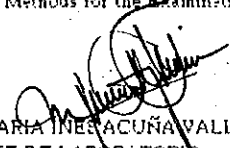
FECHA DE  
MUESTREO: 20 de septiembre de 1994.

FECHA DE  
RECEPCION: 21 de septiembre de 1994.

CARACTERISTICAS : Una muestra de vinazas, proporcionada por el mismo cliente,  
para la determinación de los siguientes parámetros.

PARAMETRO	MUESTRA
pH	3.7
Conductividad Eléctrica	7099 $\mu$ mhos/cm
Demanda Química de Oxígeno	77000 ppm
Demanda Bioquímica de Oxígeno	23400 ppm
Sólidos totales	57344 ppm
Sólidos suspendidos	1600 ppm
Grasas y Aceites	446 ppm
Color	18500 U Pt-Co
Sustancias Activas al Azul de Metileno	0.83 ppm

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA: Standard Methods for the Examination of Water and  
Wastewater 17th. Edition.

  
Q.F.B. MARIA INES ACUÑA VALLE  
JEFE DE LABORATORIO

612

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA**

Av. Patria 1201 Lomas del Valle 3a. Sección C.P. 44100 Apdo. Postal 1-440. Guadalajara, Jal. México  
Tels: 641-50-51 y 641-70-51 Ext. 32662 Fax. 642-54-27



CENTRO DE INVESTIGACION Y ASISTENCIA EN TECNOLOGIA  
Y DISEÑO DEL ESTADO DE JALISCO A.C.

DIVISION DE BIOTECNOLOGIA  
DEPTO. DE QUIMICA ANALITICA  
LIC. SANTIAGO S.S.A. No. 005/40-R  
No. de Entrega 029606

01/10/94  
U.V. 13248-0

Tequila Cuervo S.A.  
24 de enero No. 73  
Tequila, Jal.

PERSONA DE REFERENCIA : Ing. Santiago Márquez G.

DESCRIPCION DE MUESTRAS Una muestra de Vinaza del día 20/09/94

CONDICIONES DE MUESTREO Muestra proporcionada e identificada por el cliente el 21/09/94

DETERMINACIONES	RESULTADOS	UNIDADES
pH	5.70	U.F.
Grasas y Aceites	202.0	mg/l
Color	27,000	chazen
Sólidos Totales	57,770.0	mg/l
Demanda Química de Oxígeno	72,064.0	mg/l
Sólidos Suspendidos Totales	1,430.0	mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno	34,431.00	mg/l
Substancias Activas al Azul de Metileno como ABS		mg/l
Conductividad	2,770	Microsiemens/cm

REFERENCIA ANALITICA  
STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 17th EDITION 1989, APHA -  
AWWA-WPCF

*S. A. Gil*  
ANALISTA  
O.F.E. SUSANA GIL TORRES.

*[Signature]*  
VO. BO.  
O. F. E. ELSON R. RAMIREZ CERDA

AV. NORMALISTAS No. 800 C.P. 44270 APDO. POSTAL 2-191 GUADALAJARA, JALISCO, MEXICO  
TELEX CIATME 0684256 TELS: (3) 6243366, 6243314, 6243612, 6241130, 6233620 Y 6240034



Hoja 1  
**GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO**  
 LABORATORIO AMBIENTAL AGRICOLA  
**LABORATORIO PARA LA CALIDAD DEL AGUA**  
 ANALISIS FISICO-QUIMICO DE RIEGO \*

Guadalajara, Jalisco. Octubre 16 de 1995.

No. DE ORDEN **485**

MUESTRA No. Unica \_\_\_\_\_ FECHA DE MUESTREO: 13/09/95 'FECHA DE ANALISIS: 19/09/95

REMITE: ING. RAMON CEJA

PROCEDENCIA:

MUESTRA: VINAZA

DETERMINACIONES	RESULTADOS	METODO	DETERMINACIONES	RESULTADOS	METODO
pH	5.5 Unidades	Potenciométrico	Potasio	18 meq/l	Flamometría
Conductividad	6.4 mmho/cm	Electrométrico	Sodio	5.2 meq/l	Flamometría
Conductividad	6400 umho/cm	Electrométrico	RAS	0.87	Nomograma
Sol. Disueltos	2.4 g/l	Electrométrico	Cloruros	2.2 meq/l	Argentométrico
Sólidos Totales	62858 ppm	Residuo Seco	Sulfato	9.0 meq/l	Espectrofotométrico
Cationes Totales	84 meq/l	Cálculo	Carbonatos	N.D. meq/l	Warder. Fenolftaleína
Aniones Totales	31 meq/l	Cálculo	Bicarbonatos	N.D. meq/l	Warder-A. de Metilo
Calcio + Magnesio	70.85 meq/l	EDTA	Hidroxilos	N.D. meq/l	Warder-Cálculo
Calcio	39.78 meq/l	EDTA	Iones (CO3 + HCO3)	N.D. meq/l	Cálculo
Magnesio	31.07 meq/l	EDTA	Carbonato de Na, Res.	N.D. meq/l	Cálculo
Materia Orgánica	70.7 %	Walkley-Black	Boro	N.D. meq/l	Electrométrico

CLASIFICACION: **C4 S1**

**C4- SON AGUAS MUY ALTAMENTE SALINAS INAPROPIADAS PARA EL RIEGO BAJO CONDICIONES ORDINARIAS, PERO QUE PUEDEN SER USADAS OCASIONALMENTE BAJO CONDICIONES MUY ESPECIALES. LOS SUELOS DEBEN SER PERMEABLES; EL DRENAJE DEBE SER ADECUADO; EL AGUA DE RIEGO SE DEBERA APLICAR EN EXCESO PARA PROPORCIONAR UN LAVADO CONSIDERABLE Y SE DEBERA SEMBRAR CULTIVOS MUY TOLERANTES A LAS SALES.**

**S1- SON AGUAS BAJAS EN SODIO QUE PUEDEN SER USADAS PARA RIEGO EN PRACTICAMENTE TODOS LOS SUELOS CON MUY PEQUEÑO PELIGRO DE QUE SE CREEN NIVELES DE SODIO INTERCAMBIABLE.**

ANALISTAS: QUIM. VALENTIN HERNANDEZ TRUJILLO

JEFE DEL LABORATORIO

Q.F.B. EVANGELINA ESTRADA AHUMADA

DIRECTOR OPERATIVO

ING. ALICIA GALLARDO TORRES

\*.- PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE REPORTE SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO



GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO  
LABORATORIO AMBIENTAL Y AGRICOLA

ANALISIS DE FERTILIZANTES

Hoja No.

Fecha: 28 / 09 / 95  
ORD. 0485

Descripción: VINAZA.

Prosedencia: GUADALAJARA, JAL.  
RAMON CEJA R.

MUESTRA	UNICA				
HUMEDAD					
NITROGENO (N)	0.085 %				
FOSFORO (P) <del>(N, P, K)</del> P	0.0093 %				
POTASIO (K) <del>(N, P, K)</del> K	0.065 %				
OTRAS DETERMINACIONES:					
CALCIO Ca	0.055 %				

ANALISTAS: ING. PEDRO CAMACHO R.  
T.Q.A.A. M. EVELIA MARTINEZ A.

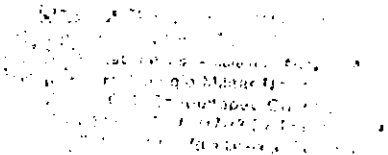
NOTA: PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO.

EL ENCARGADO DEL LABORATORIO  
DE FORRAJES Y ABONOS

Vo. Bo.  
EL RESIDENTE DEL LABORATORIO

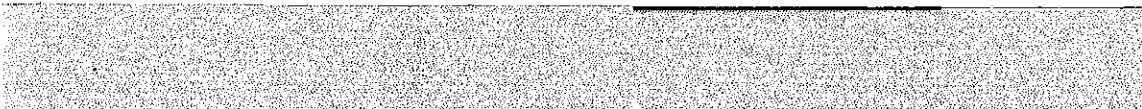
*M. Evelia Martínez A.*  
T.Q.A.A. M. EVELIA MARTINEZ A.

*Alicia Gallardo Torres*  
ING. ALICIA GALLARDO TORRES.



H. COLEGIO MILITAR No. 1111 COL. AYUNTAMIENTO GUADALAJARA, JAL., MEXICO TELS. 817-15-70 817-37-52

BLANCO - ORIGINAL - AZUL - ARCHIVO - VERDE - JEFE DE AREA - AMARILLO - CONTROL INTERNO





**Figura 1A.** Lote experimental, aplicación de vinaza, bloque IV.





Figura 2A. Calibración de la pipa de 2 m<sup>3</sup>.





Figura 3A. Muestreo del Suelo.



**Figura 4A.** Aplicación de la vinaza.





**Figura 5A.** Detalle de la aplicación de la vinaza