

# FERTIRRIGACIÓN CON VINAZA: ALTERACIONES QUÍMICAS DEL SUELO Y CONTAMINACIONES DE AGUAS SUBTERRANEAS

\* C. P. Figueiredo Filho (Ingenio Trapiche S.A. – Sirinhaém – PE - Brasil)

\*\* J. F. W. F. Lima (Universidad Federal Rural de Pernambuco - Brasil)

\*\* A. T. Rocha (Universidad Federal Rural de Pernambuco - Brasil)

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue ponderar los efectos en las características químicas de suelos y la calidad de las aguas filtradas en áreas que reciben permanentemente adición de vinaza y la utilización de ese residuo en áreas marginadas. Para esto, han sido instalados pozos de observación y recogidas muestras de suelos de las áreas de sacrificio en planicies, en áreas inundables de las cercanías y en áreas de aplicación racional de la vinaza. En estas muestras de suelo y agua, se determinaron las siguientes variables: demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica (CE), pH, calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). Los valores observados en las muestras de agua (lixiviación) recogidas en los pozos de la planicie para DQO, DBO, Ca, Mg, K y C.E, están arriba de los valores considerados adecuados, aunque puedan ser considerados normales por el uso dado al área. En las áreas inundables los valores de DQO, DBO, Ca, Mg, K e C.E, muestran tendencia de contaminación de estas áreas, abajo de histórica área de sacrificio. La aplicación de vinaza en los suelos de la planicie no provocó aumentos contrastantes de los índices de Ca, Mg, K y valores de pH cuando se compararon con la situación del área, antes de la aplicación. Los aumentos verificados en los índices de Ca, Mg y K en los suelo inundables, destacan una leve contaminación en esas áreas que no reciben vinaza directamente y que existe posibilidad de contaminación de los cursos de agua por la aplicación de vinaza en áreas adyacentes (áreas accidentadas). El posible desequilibrio en la relación Ca/Mg del área fértil- irrigada racionalmente con vinaza alerta la posibilidad de contaminación, en el caso de que no exista un buen monitoreo.

## ABSTRACT

The goal of this work was to evaluate the effects in the chemical characteristics of soils and the quality of waters move in areas that receive permanently stillage addition, and in marginal areas the utilization of this residue. For so much were installed shaft observation and collected samples wells of sacrifice areas in flat top, in meadow of the proximities, and, in area of rational application of stillage. In this samples the soil and water, were certain the next variables: chemical demand of oxygen (DQO), electric conductivity (CE), pH, calcium (Ca), magnesium (Mg) and potassium (K). The values observed in water samples (leached soil) collected in the wells of flat top for DQO, DBO, Ca, Mg, K and C.E, they are above of the adequate considered values, although they can be considered normal by the given use to area. In meadow areas DQO's values, DBO, Ca, Mg, K and C.E, they show contamination this tendency areas, below the sacrifice historical area. Stillage application in the soils of flat top did not provoke contrasting increases of the contents of Ca, Mg, K and pH values when compared with the situation of the area, before the application. The increases verified in Ca's contents, Mg and K in the soils of meadow, highlight a light contamination in this areas that do not receive stillage directly and that there is contamination possibility of the courses water`s by stillage application in adjacent areas (hilly area). The possibly unbalance in the relation Ca/Mg of the area irrigation fertile rationally with stillage alert for the contamination possibility, in case there is not a good attendance.

**Palabras-Claves:** Fertirrigación, calidad de la materia-prima, suelo, contaminación, aguas subterráneas.

## INTRODUCCIÓN

La utilización de residuos de la industria como la vinaza, es rutina en las regiones de producción de caña del país, con aumentos notorios en la producción de caña-de-azúcar. La vinaza, residuo de la fabricación del alcohol, se destaca en el sector del azúcar y del alcohol como material fertilizante, considerando la variedad de sustancias sólidas disueltas que incluyen macro-nutrientes,

sobresale el potasio, además de magnesio, calcio, fósforo e nitrógeno; micronutrientes y otras sustancias en solución. La vinaza tiene también efecto positivo en las propiedades físicas y bioquímicas del suelo ya que adiciona materia orgánica, material predominante en su composición.

Aún con todo ese potencial fertilizante y acondicionador de suelo, con la ventaja de fértil-irrigar, resolviendo el problema común en las agroindustrias que es la acumulación de residuos, el uso de la vinaza presenta otro lado: el de material contaminante del suelo y de los recursos hídricos.

La vinaza puede asumir la condición de contaminante de varias formas distintas, pero siempre asociada al volumen aplicado al suelo. En este contexto, Centurión (1989) destaca efectos indeseables obtenidos con la utilización de vinaza, como el compromiso de la calidad de la caña para la producción de azúcar, contaminación de aguas subterráneas y salinización del suelo. En cuanto a la contaminación de las aguas subterráneas, la aplicación de vinaza puede elevar los índices de nitrato, potasio y la demanda bioquímica de oxígeno a niveles que pueden llegar a las aguas subterráneas causando alteraciones en sus valores naturales. Además, la vinaza se destaca por su acción reductora que, por ser elevada, exige gran cantidad de oxígeno para descomposición de su materia orgánica, condición de alta nocividad que se tira directamente en los cursos de agua.

En cuanto a la acción de la aplicación de la vinaza al suelo, la literatura científica disponible presenta datos diferentes en cuanto a la contaminación por metales o desequilibrio nutricional causada por las elevadas dosis de nutrientes aplicado. En ese aspecto, el suelo se destaca como sistema de tratamiento de efluentes, sea para vinaza u otro residuo, reduciendo considerablemente el impacto de efluentes utilizados en la agricultura, evitando contaminación por metales o elementos presentes en exceso en esos residuos.

En ese contexto, el objetivo de este trabajo fue valorar los efectos en las características químicas de suelos y la calidad da agua filtrada en áreas que reciben permanentemente adición de vinaza y la utilización de ese residuo en áreas marginales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El dispositivo experimental utilizado está compuesto por pozos de monitoreo, confeccionados con tubos de PVC de 75 mm y 3 m de largo conforme modelo propuesto por Lyra, 2002 (Foto 1). Al momento de la perforación de los pozos y después el período de valoración fueron recogidas muestras simples de suelo a cada 30 cm de profundidad hasta 300 cm, las cuales formaron las muestras compostas de caracterización del área antes y después de la aplicación del período de aplicación de la vinaza. Fueron determinados los valores de pH y los índices: calcio, magnesio y potasio en las muestras de suelo antes y después de la aplicación de vinaza en la profundidad de 300 cm, todos de acuerdo con los métodos propuestos por EMBRAPA (1997). Los suelos fueron clasificados de acuerdo con el Sistema Brasileño de Clasificación del Suelo (EMBRAPA, 1999).

La vinaza utilizada en el área experimental fue producida por el Ingenio Trapiche, obtenida a partir de la melaza y conducida por un canal principal hasta la laguna de distribución y entonces distribuida vía fertirrigación. La caracterización de la vinaza fue realizada conforme metodología propuesta por Brasil (1983) y los resultados de esta caracterización están presentados en el Cuadro 2.

Las muestras de la lixiviación fueron recolectadas con un conjunto de manguera y jeringa, condicionadas en tubos plásticos de 200 mL y almacenadas en caja térmica con hielo para el transporte hasta el laboratorio. En estas muestras fueron determinadas las siguientes variables: demanda química de oxígeno (DQO), conductividad eléctrica (CE), pH, calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K); todos según APHA, (1995). La Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) fue estimada conforme propuesto por Lyra (2002).

Los datos obtenidos en los pozos de observación a lo largo del tiempo, fueron sometidos al análisis de variancia y a la estadística descriptiva. La “ prueba t ” pareado ha sido utilizado para comparar las variables de suelo y aquellas determinadas en los pozos antes y después del período de aplicación de la vinaza. Para la comparación de medias entre pozos fue utilizado el teste de tukey al nivel de 5 % de probabilidad.

El área en estudio abarca los Ingenios Buranhém y Palma del ingenio Trapiche – Sirinhaém-PE. Los suelos están relacionados con el relieve fuertemente ondulado del Litoral Sur de Pernambuco.

De este modo fueron caracterizados dos Latossuelos Amarillos de ocurrencia diseminada en los tercios superiores y tope de las elevaciones (planicies) e dos Gleissuelos Háplicos, en las posiciones más rebajadas del vale (Várzea). Los Latossuelos Amarillos derivan, probablemente, de gnaisses y granitos con posible participación de sedimentos de la formación barreras; y los Gleissuelos Háplicos se desarrollan a partir de sedimentos alúvio-coluvionares recientes.

. Valoración de áreas debidamente fértil-irrigadas con vinaza

Luego del experimento en área de sacrificio, fue montado otro ensayo para valorar la aplicación de vinaza en áreas debidamente manejadas para este fin. Así, fue elegida un área de Várzea del Ingenio Palma, que recibe anualmente aproximadamente  $150 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ . El área se ubica a las márgenes del Rio Sirinhaém, separada del cauce del rio por mata ciliar reforestada por la empresa, con un ancho de aproximadamente 30 m. Fueron instalados 11 pozos de observación, 5 paralelos al rio, 10 m alejados de la mata ciliar y 6 perpendiculares al rio, siendo el primero a 10 metros y el último a 120 m de la mata ciliar, distribuido en formato de T en relación al rio representando un área de 1,2 ha. Todos los pozos están a una distancia de 20 m entre sí. Se hicieron tres muestras de la lixiviación en los pozos, los primeros 2 días antes de la aplicación de la vinaza y los últimos 120 días después de la aplicación del residuo.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados encontrados para pH, Ca, Mg y K del suelo de la planicie en el Ingenio Buranhaém, o sea, Latossuelo Amarillo que recibe vinaza de más de 15 años, fueron similares a aquellos encontrados por Orlando Filho, Zambello Júnior & Agujaru (1982), que trabajando en suelos sometidos a condiciones parecidas, observaron que no hubo mayores variaciones en los valores de pH, K, Ca y Mg en relación al testigo. En el caso de la planicie del Ingenio Buranhaém, se observó diferencia estadísticas apenas para los valores de potasio que, aunque sean más elevados las diferencias con relación al testigo (antes de la aplicación de vinaza) no fue tan contrastante (Cuadro 3). Se observa en el área de sacrificio que debido a elevadas dosis de vinaza aplicadas por largos

períodos y, consecuente aplicación de altas dosis de materia orgánica y de cationes básicos, el pH promedio del área permaneció próximo a la neutralidad.

En los suelos de áreas inundables, el pH se mantuvo en los padrones esperados para los suelos ácidos representativos de la región, sin embargo, se pudo observar que aun con niveles inferiores a aquellos observados en la planicie, el desequilibrio entre bases parece más evidente antes de la aplicación de vinaza en las áreas vecinas (cuestas y planicie), haciendo con que los índices de magnesio superaran los de calcio, situación anormal cuando se compara con suelos de fertilidad equilibrada (Cuadro 4). Después del período de intensa aplicación de vinaza en las áreas vecinas, los índices de Ca, Mg y K se elevaron casi proporcionalmente, reforzando la hipótesis de la influencia por la aplicación de vinaza en áreas adyacentes. Estadísticamente, esa diferencia fue comprobada para los índices de calcio.

El potasio siendo el elemento aplicado en mayor cantidad en función de su mayor concentración en la vinaza, el calcio y magnesio muestran mayores incrementos en los índices del suelo después de la aplicación del residuo, motivado por la adsorción preferencial de esos elementos en relación al potasio, facilitando así su lixiviación y disponibilidad al cultivo justificando así, los menores incrementos en los índices de potasio en el suelo en relación al calcio y magnesio.

. Valoración de áreas debidamente fértil-irrigadas con vinaza:

Valorando los resultados obtenidos para DBO antes y después de la aplicación de la vinaza, se observó diferencias no significativas entre esas medidas, resultado este motivado probablemente por la gran diferencia de tiempo entre las medidas (120 días), como también se tuvo en este período la disminución de elementos ocasionados por la utilización de nutrientes consumidos por el propio cultivo, a ejemplo del potasio, una vez que solo se aplica un complemento de fertilizante químico a base de nitrógeno. La baja pluviosidad del período, que hizo con que las aguas subterráneas mermaran en relación a profundidad de los pozos, ese factor sumado a la elevada aireación del suelo en función de la “seca” potencializó la oxidación de la materia orgánica bajando consecuentemente la DBO del

residuo aplicado al suelo (Figura 1), mostrando que, la aplicación racional de la vinaza en áreas adecuadas se equilibran al medio ambiente.

Por lo tanto, aun en áreas en donde la aplicación de vinaza es hecha de forma planeada, el monitoreo debe ser permanente, considerando que la aplicación del residuo de forma errónea puede ocasionar problemas futuro al ambiente y al propio cultivo, por la elevación de índices de algunos nutrientes en el suelo, contribuyendo al aumento de la lixiviación de esos nutrientes, como mayor disponibilidad de absorción por la caña-de-azúcar, alterando su calidad industrial.

## **CONCLUSIONES**

1. Los valores observados en las muestras recogidas en los pozos de la planicie para DQO, DBO, Ca, Mg, K e C.E, están arriba de los valores considerados adecuados, aunque puedan ser considerados normales por el uso dado al área;
2. Los valores observados en las muestras recogidas en los pozos de las Várzeas para DQO, DBO, Ca, Mg, K e C.E, muestran la tendencia a un aumento de estos valores;
3. La aplicación de vinaza en los suelos de la planicie no provocó aumentos contrastantes de los índices de Ca, Mg, K y valores de pH cuando se compararon con la situación del área antes de la aplicación;
4. Los aumentos encontrados en los índices de Ca, Mg e K en los suelos de Várzea del Ingenio Buranhém, destacan la contribución en esa área que no recibió vinaza directamente;
5. Los resultados muestran que existe posibilidad de contaminación de los cursos de agua por la aplicación de vinaza en áreas adyacentes, si se hace de forma irracional y no monitoreada;
6. El desequilibrio en la relación Ca/Mg en áreas fértil-irrigadas, aun de forma considerada racional con la vinaza, debe ser alerta para hacer monitoreos;
7. La fertirrigación con vinaza reduce el uso de los fertilizantes químicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, J. R. **O problema da vinhaça em São Paulo.** Boletim do Instituto Zimotécnico, Piracicaba, n.3, p.1-9, 1952.

APHA. **Standart methods for the examination of water and wastewater.** 19 ed. American Public Health Association, American Water Works Association, Water pollution Control Federation, Washington, D.C., 1995.

ARCEIVALA, S. J. **Wastewater treatment and disposal.** In: Dekker, M Engineering and ecology in pollution control. New York: 1981, p. 429- 527.

BENKE, B. B. **Characterization and interation of sugarcane industry residues with soil, kaolinite and Fe-oxides.** 1998, 139f. thesis (Doctorate in Soil Science), University of Sakatchewan, Ottawa.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes:** métodos oficiais. Brasília: Laboratório Nacional de Referência Vegetal, 1983. 104p.

CAMARGO, O. A. **Metodologia de análise química, mineralógica e física de solos do instituto agrônômico de Campinas.** Campinas: instituto agrônômico de Campinas, 1986. (boletim técnico 106).

CAMPOS, J. R. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo.** Rio de Janeiro: PROSAB. 1999. 435p.

CENTURION, R.E.B. Destinação Final da vinhaça produzida por destilarias autônomas e anexas, enquadradas no pró-álcool. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola e Ambiental, **anais**, São Paulo: CETESB, 1989, p.07.

CETESB. **Conselho Estadual de Recursos Hídricos: primeiro plano do estado de São Paulo.** São Paulo: DAEE. 1990. p. 41 – 42.

EMBRAPA. **Manual de Métodos da análise de solos.** Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FREIRE, W. J.; CORTÊZ, L. A. B. **Vinhaça de cana de açúcar.** Guaíba: Agropecuária, 2000. 203p.

GLOEDEN, E. **Monitoramento da qualidade de água das zonas não saturada e saturada em área fertirrigada com vinhaça.** São Paulo, 1994, 158f. Dissertação (Mestrado em Geociência), Universidade de São Paulo.

HASSUDA, S. **Impacto da Vinhaça de cana no aquífero Bauru.** São Paulo, 1989. 92f Dissertação (Mestrado em Geociência), Universidade de São Paulo.

JACOMINE, P. K. T.; CAVALCANTI, A. C.; BURGOS, N.; PESSOA S. C.; SILVEIRA, C. O. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos de Pernambuco. Divisão de Agrologia DRN-SUDENE, série pedológica no. 14, Recife, Brasil, 1973.

LONGO, R. M. **Efeito da vinhaça “in natura” e biodigerida em propriedades de um solo cultivado com cana de açúcar.** Campina, 1994. 98f (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas.

LYRA, M. C. R. R. **Qualidade de águas subterrâneas em solos fertirrigados com vinhaça.** Recife, 2002. 104f. (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco.

MAZZA, J. A. **Variações em algumas propriedades de solos com cana de açúcar (*Saccharum spp*): tratados com doses maciças de vinhaça.** São Paulo, 1985. 104f. (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade de São Paulo.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELO JR, E.; AGUJARU, R. Efeitos da aplicação prolongada da vinhaça nas propriedades químicas do solo com cana de açúcar, Estudo exploratório. STAB, Piracicaba, v.1, . 28-33, 1983.

ORLANDO Filho, J.; SILVA, G. M. A.; LEME, J. A. L. **Utilização Agrícola dos resíduos agroindustriais canavieira,** Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba, IAA-Planalsucar, 1983, cap-10, p. 229-64.

PESSOA, C. A.; JORDÃO, E. P. **Tratamentos de esgotos domésticos, concepções clássicas de tratamento de esgoto.** Rio de Janeiro. ABESAL, 1982. v.1.

RAZANI, G. Conseqüência da aplicação de restilo ao solo. **Anais da Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz,** v.12, p.57-68, 1956.

RESENDE, J. O. **conseqüências da aplicação de vinhaça sobre algumas propriedades físicas de um solo aluvial: Estudo de um caso.** Piracicaba, 1979. 114f. (Tese de doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

ROSSIELO, R. O. P.; FERREIRA, W. A.; FERNANDES, M. S. Resposta de milho a salinidade do solo induzida por aplicação de vinhaça: produção de carboidratos solúveis e absorção de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, p. 176-181, 1981.

RUAS, D. G.; LEME, E. J. utilização da vinhaça como fertilizante na região centro-sul safra 1986/87. **Álcool e açúcar**, São Paulo, v.8, n.42, p.26-32, 1988.

SABADIA, J. A. **impactos da estocagem de vinhaça e das águas de lavagem da cana de açúcar nos domínios do aquífero Bauru-Dobrada/São Paulo.** São Paulo, 1994. 123f. (Mestrado em Geociências). Universidade de São Paulo.

SENGIK, E.; RIBEIRO, A. C.; CONDE, A. R. Efeito de vinhaça em algumas propriedade de amostras de solos de viçosa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.12, p. 5-11, 1988 .

## ANEXOS

**CUADRO 1.** Composición promedio de la vinaza de diferentes tipos de mosto

Indicador	Mosto		
	Melaza	Caldo	Misto
pH	4,2 – 5,0	3,7 - 4,6	4,4 – 4,6
DBO (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )*	25.000	100 – 16.500	19.800
DQO (mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub> )**	65.000	15.000 – 33.000	45.000
Sólidos fijos (mg L <sup>-1</sup> )	21.500	3.700	12.700
Potasio (mg L <sup>-1</sup> K <sub>2</sub> O)	3.740 – 7.830	1.200 – 2.100	3.340 – 4.600
Calcio (mg L <sup>-1</sup> CaO)	450 – 5.180	130 – 1.540	1.330 – 4.600
Magnesio (mg L <sup>-1</sup> MgO)	420 – 1.520	200 – 490	580 – 700
Relación C/N***	16 -16,7	19,7 – 21	16,4

Fuente CETESB (1981). \* Demanda bioquímica de Oxígeno; \*\* Demanda química de Oxígeno; \*\*\* Carbono/Nitrógeno

**CUADRO 2.** Resultados da caracterización físico-química de la vinaza diluida

Indicador	Unidad	Muestra
DBO*	mg L <sup>-1</sup>	510
DQO**	mg L <sup>-1</sup>	3400
PH	-	8,7
C E***	mS cm <sup>-1</sup>	4,42
Potasio	mg L <sup>-1</sup>	2800
Calcio	mg L <sup>-1</sup>	1,90
Magnesio	mg L <sup>-1</sup>	5,30

\* Demanda bioquímica de Oxígeno; \*\* Demanda química de Oxígeno; \*\*\* Conductividad eléctrica.

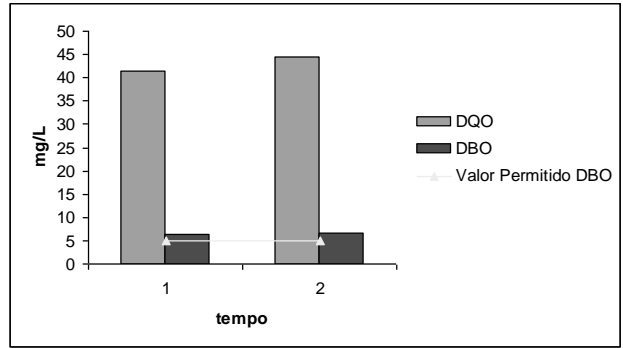
**CUADRO 3.** Valores promedios de pH, calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), determinados en el suelo de la planicie del Ingenio Buranhaém, Ingenio Trapiche

Tempo	pH	Ca	Mg	K
			cmolc dm <sup>3</sup>	
Antes	7,6	3,7	1,69	0,12 b
Después	7,7	3,0	1,36	0,18 a

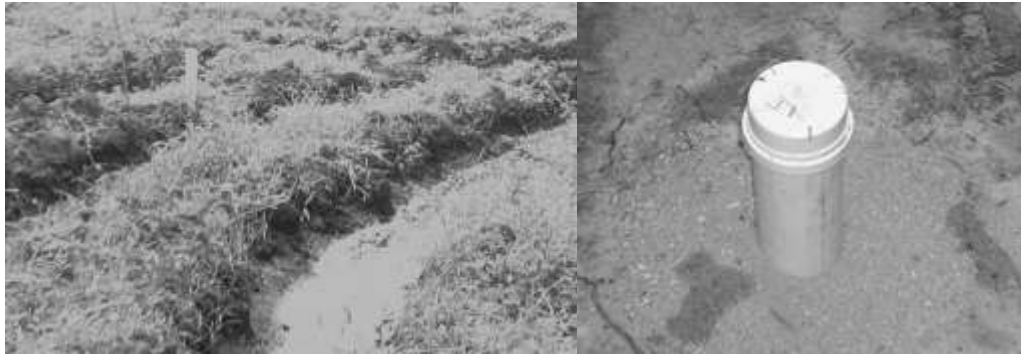
**CUADRO 4.** Valores promedios de pH, calcio (Ca), magnesio (Mg) e potasio (K), determinados en el suelo de las áreas inundables del Ingenio Buranhaém, Ingenio Trapiche

Tempo	pH	Ca	Mg	K
		cmolc dm <sup>3</sup>		
Antes	5,4	0,16 b	0,37	0,02
Después	4,9	0,68 a	0,64	0,05

**FIGURA 1.** Valores promedios de DQO e DBO obtenidos en los pozos instalados en el Ingenio Palma antes (1) y después (2) de la aplicación de vinaza.



**FOTO 1.** Vista del pozo de monitoreo instalado en la planicie (izquierda) y en suelos inundables (derecha).



**FOTO 2.** Área experimental en el Ingenio Buranhaém, y ubicación dos pozos (puntuacion)

