

## La Gestión Ambiental, paradigma para el ajuste del fertirriego con residual líquido en áreas cañeras

### The Environmental Administration, paradigm for the adjustment of the fertirriego with residual liquid in areas cañeras

*Leonides Peña Rivera, Agustín Cobas Elías, Jesús Matos García, Salvador Ril Midiala Peña Prades, Marta Barrera Fontanet, Odalis Barquié Pérez, Silvina Cuscó Ramírez, Hugo Gamez Rodríguez*

#### **Resumen.**

Con el objetivo de ajustar eficientemente el fertirriego en caña de azúcar con residuales líquidos proveniente de la destilería (vinaza) y de la fabricación de azúcar crudo se determinó un conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente manteniendo un enfoque interdisciplinario donde se fusionan los servicios, como el de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas” (SERFE) y el de ordenamiento territorial (OT) utilizando como herramienta de trabajo un Sistema de Información Geográfica (SIG) (MAPINFO) constituyendo una herramienta novedosa para los programas de manejo integral del fertirriego para la toma de dediciones y la implementación del pronóstico de riego (¿cuánto y cuándo regar?), así como, el monitoreo a la caracterización del residual líquido, para la búsqueda de soluciones y alternativas sobre la planificación y operación de los mismos con políticas y medidas que propicien la restauración del ambiente, la prevención y control de su deterioro con el apoyo de un conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad, con la finalidad de obtener impactos económico ambientalmente favorables.

**Palabras clave:** Ajuste del fertirriego, fertilización, Gestión Ambiental.

#### **Abstract.**

With the objective of adjusting the fertirriego efficiently in sugar cane with residual liquids coming from the still (vinaza) and of the production of raw sugar a group of stocks was determined guided to achieve the maximum rationality in the relative decision-making process to the conservation, defense, protection and does it improve of the environment maintaining an interdisciplinary focus where they fuse the services, as that of “Recommendations of Fertilizers and Amendments” (SERFE) and that of territorial classification (OT) using as working tool a Systems of Geographical Information (SIG) (MAPINFO) constituting a novel tool for the programs of integral handling of the fertirriego for the taking of dediciones and the implementation of the watering presage (how much and when to water?), as well as, the monitoring to the characterization of the residual liquid, for the search of solutions and alternatives on the planning and operation of the same ones with political and measures that propitiate the restoration of the atmosphere, the prevention and control of their deterioration with the support of a group of stocks guided to achieve the maximum rationality, with the purpose of obtaining economic impacts environmentally favorable.

Password: it Adjusts of the fertirriego, fertilization, Environmental Administration.

## **INTRODUCCIÓN.**

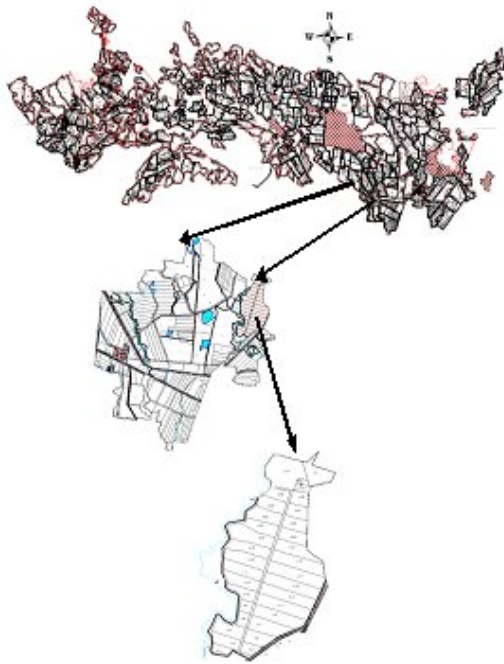
Los residuales líquidos de la industria azucarera y sus derivados son fuentes de contaminación ambiental por su contenido de materias orgánicas, debido a su alta carga orgánica Demanda química de oxígeno (DQO) y Demanda biológica de oxígeno (DBO). Estos residuales contienen cantidades apreciables de nitrógeno, fósforo y potasio y otros nutrientes beneficiosos para el crecimiento y desarrollo de las plantas, los que constituye un valioso recurso para regar y fertilizar la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) y otros cultivos, pero su uso indiscriminado originan graves daños a los suelos, al entorno, a la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, agravando y sin resolver los problemas ambientales MINAZ, (2002).

Según Rodríguez, (2001) los modernos conceptos acerca de la agricultura sostenible y de la necesidad de proteger el medio ambiente y los recursos naturales han situado en el orden del día, el problema del manejo de los residuales líquidos, buscando la preservación de los suelos en los territorios irrigados. De ahí la necesidad de lograr la máxima eficiencia en el aprovechamiento de los residuales líquidos en la conservación del suelo en la agricultura. D.Npriánishnikou, (1952) señaló que la aplicación racional de fertilizantes es posible solamente cuando existe gran coordinación con la química del suelo y la fisiología vegetal, expresó además gráficamente la correlación entre los tres principales objetos de la agroquímica: planta, suelo y fertilización.

Esta es la razón por lo que deben perfeccionarse de continuo los sistemas de riego, es decir, el *Como, Cuánto y Cuándo regar*, con el propósito de introducir tecnologías de avanzadas que garanticen un manejo racional del residual disponible, para no afectar el suelo, ni el entorno y mantener un enfoque interdisciplinario donde se fusionen servicios como Riego y Drenaje, Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE) y un Sistemas de Información Geográfica (SIG), para corroborar los estudios realizados donde se demuestra que estos sistemas poseen una gran capacidad de gestión para relacionar y procesar datos georreferenciados principalmente para la toma de decisiones, lo que constituye una herramienta novedosa para los programas de manejo integral del fertirriego, con vistas a incrementar la eficiencia económica que permita minimizar el riesgo ambiental. (Utset, 2002)

### **Materiales y métodos.**

El área de estudio esta localizada en la provincia de Guantánamo municipio de Manuel Tames en la Empresa Azucarera y Mielera Argeo Martínez (figura 1). El estudio se enmarca en la etapa del 2010 al 2011, el mismo se realizó en el bloques 19 de la UBPC Álvaro Reynoso con un área total de 67 ha con predominio de la variedades C 88-380 (retoño) y en menor extensión una caña nueva de frío y primavera de la C90-647; sobre un suelo Pardo con Carbonato (Agrupamiento, Sialitizados Cálcidos) perteneciente al grupo II, con una topografía ligeramente ondulada (tabla 1).



**Figura 1.- Catastro de la empresa, unidad y bloque.**

**Tabla 1. Propiedades hidrofísicas del suelo.**

| Prof (cm) | Da (g/cm <sup>3</sup> ) | CC (PSS) | Vi (mm/h) |
|-----------|-------------------------|----------|-----------|
| 0-20      | 1.2                     | 38.4     | 24.2      |
| 20-40     | 1.25                    | 34.4     |           |
| 40-60     | 1.32                    | 33.6     |           |
| 60-80     | 1.32                    | 27.2     |           |

Se utilizó para regar el residual, la técnica de riego por aspersión de alta carga, Enrolladores Viajeros.

Para realizar este trabajo, se tuvo en cuenta los resultados del contenido de nutrientes del suelo que arrojó el monitoreo, realizado campo a campo, el procedimiento que se llevó a cabo por las normas y procedimientos para el muestreo de suelo del SERFE según INICA (1997). Una vez obtenidos los resultados el Servicio de Recomendación de Fertilización (SERFE) emitió las necesidades de fertilizantes campo a campo según la guía de cálculo para estimar las necesidades por cada portador, como rendimiento esperado, tipo de suelo (factores limitantes, hidromorfía o compactación), contenido de nutriente en el suelo y la cepa. (Cuellar y col 2002).

Los mapas temáticos (catastro especializado, de suelos y cartográfico) a escala 1:10000 fueron digitalizados por la Empresa GEOCUBA y georreferenciados en todos los casos toda la información según la Proyección Cónica Conforme de Lambert, Sistema Cuba Sur.

La base de datos resultante de la evaluación del suelo fue importada por el sistema de información geográfico MAPINFO ver. 8.1. For Windows, el cual permitió la generación de diferentes mapas temáticos.

A partir de los resultados de la caracterización química de los residuales, se realizó una evaluación para el riego según los criterios de Richards (1954), Israelsen y Hansen (1967), Jackson (1970) y Pizarro (1985) para determinar la aptitud de su uso como fertirriego. Con los datos obtenidos se programó la planificación, ordenamiento y el manejo del fertirriego campo a campo, utilizando el programa informático CROPWAT, para la elaboración de proyectos de riego. (Smith, 1992), FAO, reportados por Doorembos y Pruitt (1977).

- **Manejo del residual.**

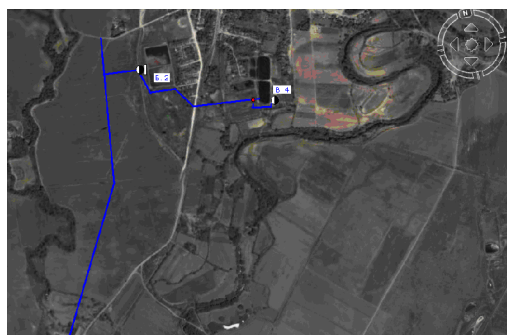
El manejo de residual se realizará de la siguiente manera:

En los campos donde los niveles de fósforo y potasio en el suelo se comporten con niveles medios se mezclará un m<sup>3</sup> de vinaza por 8 m<sup>3</sup> de residual de industria, y en los campos donde los niveles sean altos en fósforo y potasio en el suelo se regará solamente con residual de industria, según los resultados obtenidos por Cuellar (2002) mostrados en la tabla 2.

La figura 2 muestra proceso de recirculación del residual de fabricación de azúcar crudo, proviene del cuarto vaso que se mezcla con la vinaza o se riega directamente en el campo.

**Tabla 2.- Aporte en Kg/ m<sup>3</sup> de N, P, K.**

| Residuales             | Aporte en Kg/m <sup>3</sup> |       |      |
|------------------------|-----------------------------|-------|------|
|                        | N                           | P     | K    |
| Vinaza                 | 1.8                         | 1.5   | 4.5  |
| De Industria Azucarera | 0.05                        | 0.075 | 0.05 |



**Figura 2.- Circulación del residual. De derecha a izquierda lagunas con residual de fabricación de azúcar crudo y luego la de vinaza.**

- **Análisis económico.**

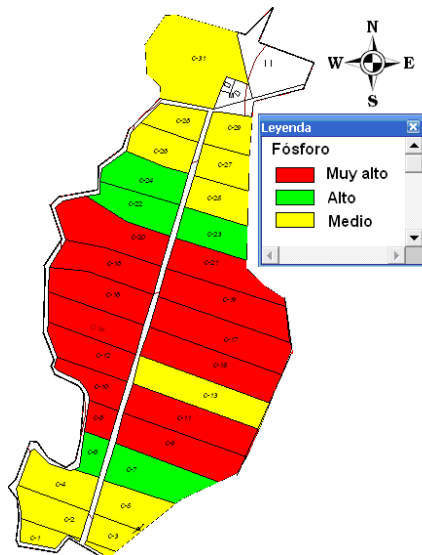
El análisis económico se realizó para determinar cuánto se puede ahorrar en divisa por concepto de aplicación del fertirriego, teniendo en cuenta los costos de los fertilizantes en el mercado mundial (tabla 3).

**Tabla3.- Comportamiento de los precios de los fertilizantes.**

| Fertilizante ( t ) | MN      | USD     |
|--------------------|---------|---------|
| Nitrógeno (N)      | 465.61  | 427.69  |
| Fósforo (P)        | 1035.67 | 1012.09 |
| Potasio (K)        | 729.39  | 710.01  |

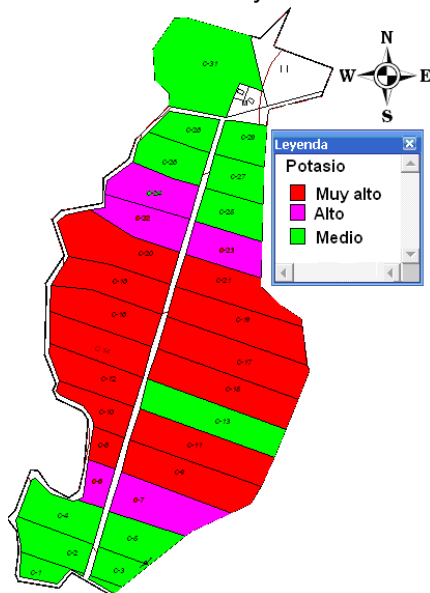
**Resultados y discusión:**

La figura 3 muestra el comportamiento de los niveles de fósforo y potasio en el suelo campo a campo, según SERFE (2010).



**Figura 3.- Comportamiento de los niveles de fósforo en el suelo.**

Como muestra la figura 3, el resultado que arrojó el comportamiento de los niveles de fósforo demostró que en los campos 1, 2, 3, 4, 5, 13, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 los niveles son medios; en los campos 6, 7, 22, 23, 24 están altos y en los campos 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 los niveles de fósforo están Muy altos.



**Figura 4. Comportamiento de los niveles de potasio en el suelo.**

En la figura 4 se muestra el resultado que arrojó el comportamiento de los niveles de potasio en el suelo demostrando que en los campos 1, 2, 3, 4, 5, 13, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31 los niveles son medios; en los campos 6, 7, 22, 23, 24 los niveles son altos mientras que en los campos 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 los niveles son muy altos.

- Necesidad de fertilizantes campo a campo.

**Tabla 4.- Campos con niveles medios de fósforo (P) y potasio (K). Necesidad de fertilizante.**

| Campo | Área (ha) | N kg | P kg | K kg |
|-------|-----------|------|------|------|
| 1     | 0.7       | 35   | 42   | 45.5 |
| 2     | 1.5       | 75   | 90   | 97.5 |
| 3     | 0.7       | 35   | 42   | 45.5 |

| Campo        | Área (ha)   | N kg        | P kg        | K kg          |
|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
| 4            | 1.8         | 90          | 108         | 117           |
| 5            | 2.7         | 135         | 162         | 175.5         |
| 13           | 3.3         | 165         | 198         | 214.5         |
| 25           | 1.6         | 80          | 96          | 104           |
| 26           | 1.4         | 70          | 84          | 91            |
| 27           | 1.4         | 70          | 84          | 91            |
| 28           | 1.2         | 60          | 72          | 78            |
| 29           | 1.2         | 60          | 72          | 78            |
| 30           | 4.3         | 215         | 258         | 279.5         |
| 31           | 4.6         | 230         | 276         | 299           |
| 30           | 5.3         | 265         | 318         | 344.5         |
| <b>Total</b> | <b>31.7</b> | <b>1585</b> | <b>1902</b> | <b>2060.5</b> |

Estos campos mostrados en la tabla 4, necesitan 50 kg/ha de Nitrógeno, 60 kg/ha de fósforo y 65 kg/ha de potasio según recomendación del SERFE (2010).

**Tabla 5.- Campos con niveles altos de fósforo y potasio. Necesidad de fertilizante.**

| Campo | Área (ha) | N (kg) | P (kg) | K (kg) |
|-------|-----------|--------|--------|--------|
| 6     | 0.4       | 20     | 10     | 0      |
| 7     | 2.7       | 135    | 67.5   | 0      |
| 22    | 2.3       | 115    | 57.5   | 0      |
| 23    | 1.8       | 90     | 45     | 0      |
| 24    | 1.6       | 80     | 40     | 0      |
| Total | 8.8       | 440    | 220    | 0      |

Los campos que se presentan en la tabla 5, necesitan 50 kg/ha de nitrógeno, 25 kg/ha de fósforo y no se le recomienda aplicación de potasio y según recomendasen del SERFE (2010).

**Tabla 6.- Campos con niveles muy altos de fósforo y potasio.**

| Campos | Área (ha) | Campos | Área (ha) |
|--------|-----------|--------|-----------|
| 8      | 1.3       | 16     | 2.5       |
| 9      | 1.3       | 17     | 2.3       |
| 10     | 1.8       | 18     | 2.3       |
| 11     | 1.3       | 19     | 2.3       |
| 12     | 2.3       | 20     | 2.4       |
| 14     | 2.3       | 21     | 2.1       |
| 15     | 2.3       |        |           |
| Total  |           | 26.5   |           |

A los campos que se relacionan en la tabla 6, no se le recomiendan fertilización.

Una vez obtenidos los resultados del comportamiento de N, P, K en el suelo y la necesidad de nutrimento campo a campo entonces se ajustan las normas de riego en cada unidad mínima de manejo agrícola (el campo) donde se determina la cantidad de residual líquido a utilizar (**cuánto** m<sup>3</sup>).

- **Manejo del fertirriego.**

En la tabla 7 se presenta la caracterización de los residuales, donde en el depósito 2<sup>do</sup> el residual se valora de regular pero no constituye una restricción para su utilización, según criterios de Richards

(1954), Israelsen y Hansen (1967), Jackson (1970) y Pizarro (1985) para su utilización en el riego de la caña de azúcar.

**Tabla 7.- Resultado del análisis del residual.**

|                                       | Depósitos                                 |                              |
|---------------------------------------|---|------------------------------|
|                                       | 2 <sup>do</sup><br>Destilería<br>(vinaza) | 4 <sup>to</sup><br>Industria |
| Conductividad Eléctrica (CE) mmhos/cm | 1.48                                      | 1.21                         |
| Sales solubles Totales (SST) Ppm      | 1120                                      | 943                          |
| Relación de Abs. De Sodio (RAS)       | 6   | 3                            |
| pH                                    | 7.48                                      | 8.26                         |

- **Demanda de riego según la necesidad del cultivo.**

Para la realización un riego óptimo para cumplir con las necesidades hídricas del cultivo el mismo se determinó según resultados del programa informático CROPWAT (tabla 8).

**Tabla 8.- Demanda de riego**

| Norma neta         | Norma bruta        | Inte de riego | Int.med.aspe |
|--------------------|--------------------|---------------|--------------|
| <b>368.64</b>      | <b>433.69</b>      | <b>13</b>     | <b>7.70</b>  |
| m <sup>3</sup> /ha | m <sup>3</sup> /ha | Días          | mm/horas     |

Una vez conocido el comportamiento de fósforo y potasio en el suelo, los requerimientos nutricionales de la planta, la calidad del residual a utilizar y su aporte en nitrógeno, fósforo y potasio y la necesidad de riego por el cultivo, entonces se ajustó el fertirriego campo a campo de tal forma que existiera correlación entre los tres principales objeto de la agroquímica: planta, suelo y fertilización y de esta forma contribuir a lograr la máxima racionalidad en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del agroecosistema cañero basándonos en una coordinada información multidisciplinaria con el objetivo de prevenir impactos negativos ambientales.

- **Normas de riego ajustadas según la necesidad de nutrimento del cultivo campo a campo.**

**Tabla 9.- Campos con niveles medios de fósforo y potasio. Mezcla 1m<sup>3</sup> de vinaza por ocho de residual de fabricación de azúcar.**

| Campo | Área (ha) | Norma neta m <sup>3</sup> | residual total m <sup>3</sup> | Nitrógeno kg | Fósforo kg | Potasio kg |
|-------|-----------|---------------------------|-------------------------------|--------------|------------|------------|
| 1     | 0.7       | 180.0                     | 126.0                         | 48.6         | 45.8       | 109.6      |
| 2     | 1.5       | 240.0                     | 360.0                         | 64.5         | 60.8       | 145.5      |
| 3     | 0.7       | 180.0                     | 126.0                         | 48.6         | 45.8       | 109.6      |
| 4     | 1.8       | 368.6                     | 663.6                         | 99.1         | 93.3       | 223.5      |
| 5     | 2.7       | 368.6                     | 995.3                         | 99.1         | 93.3       | 223.5      |
| 13    | 3.3       | 368.6                     | 1216.5                        | 99.1         | 93.3       | 223.5      |

|              |                  |                                 |                                     |                     |                   |                   |
|--------------|------------------|---------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| 25           | 1.6              | 250.0                           | 400.0                               | 67.2                | 63.3              | 151.6             |
| 26           | 1.4              | 200.0                           | 280.0                               | 53.8                | 50.6              | 121.3             |
| 27           | 1.4              | 200.0                           | 280.0                               | 53.8                | 50.6              | 121.3             |
| 28           | 1.2              | 180.0                           | 216.0                               | 48.6                | 45.8              | 109.6             |
| 29           | 1.2              | 170.0                           | 204.0                               | 45.7                | 43.0              | 103.1             |
| 30           | 4.3              | 368.6                           | 1585.2                              | 99.1                | 93.3              | 223.5             |
|              |                  | 100.0                           | 430.0                               | 26.9                | 25.3              | 60.6              |
| <b>Campo</b> | <b>Área (ha)</b> | <b>Norma neta m<sup>3</sup></b> | <b>residual total m<sup>3</sup></b> | <b>Nitrógeno kg</b> | <b>Fósforo kg</b> | <b>Potasio kg</b> |
| 31           | 4.6              | 368.6                           | 1695.7                              | 99.1                | 93.3              | 223.5             |
|              |                  | 130.0                           | 598.0                               | 34.9                | 32.9              | 78.8              |
| 30           | 5.3              | 368.6                           | 1953.8                              | 99.1                | 93.3              | 223.5             |
|              |                  | 200.0                           | 1060.0                              | 53.8                | 50.6              | 121.3             |
| <b>Total</b> | <b>31.7</b>      |                                 | <b>12190.1</b>                      | <b>1140.6</b>       | <b>1074.3</b>     | <b>2573.1</b>     |

La tabla 9 muestra, que la utilización del residual, no supe totalmente la necesidad de todos los nutrientes, por ejemplo el nitrógeno generalmente se queda por debajo de la dosis recomendada, debido a que no se puede regar más por que el aporte de potasio es muy alto y de seguir regando incurriríamos en daño al cultivo y al suelo, por lo que se recomienda suplir este déficit con fertilizante mineral.

**Tabla 10.- Campos con niveles altos de fósforo y potasio. Solamente se regaran con residual de fabricación de azúcar**

| Campo        | Área (ha)  | Norma neta m <sup>3</sup> | residual total m <sup>3</sup> | Nitrógeno kg | Fósforo kg   | Potasio kg   |
|--------------|------------|---------------------------|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| 6            | 0.4        | 145.0                     | 58.0                          | 7.3          | 10.9         | 7.3          |
| 7            | 2.7        | 368.6                     | 995.2                         | 18.4         | 27.6         | 18.4         |
|              |            | 250.0                     | 675.0                         | 25.0         | 37.5         | 25.0         |
| 22           | 2.3        | 368.6                     | 847.8                         | 18.4         | 27.6         | 18.4         |
|              |            | 216.0                     | 496.8                         | 21.6         | 32.4         | 21.6         |
| 23           | 1.8        | 368.6                     | 663.5                         | 18.4         | 27.6         | 18.4         |
|              |            | 145.0                     | 261.0                         | 14.5         | 21.8         | 14.5         |
| 24           | 1.6        | 368.6                     | 589.8                         | 18.4         | 27.6         | 18.4         |
|              |            | 145.0                     | 232.0                         | 14.5         | 21.8         | 14.5         |
| <b>Total</b> | <b>8.8</b> |                           | <b>4819.0</b>                 | <b>156.6</b> | <b>234.9</b> | <b>156.6</b> |

Quintero (2004) con dosis de 30 a 45 m<sup>3</sup> / ha sin aplicar fertilizantes obtuvo altos rendimientos en planta y 1er retoño, mientras que diluida con el agua de riego evitó la necesidad de usar fertilizantes potásicos.

Los estudios de Cuellar y col. (2002) en aplicaciones de vinaza después del corte de la caña dulce, afirmaron que en las aplicaciones de preplantación, donde la dosis fue de 50 a 60 m<sup>3</sup> por hectárea,



se reportan los mayores beneficios, citándose el aumento del número de plántones y la longevidad del cultivo.

La tabla 10 muestra cómo manejar el fertirriego campo a campo.

Un resumen con relación a la fertilización potásica en los principales suelos cañeros de Cuba, los dieron Cuellar y col. (1981) cuando al referirse a los suelos pardo con carbonato lavado, recomendaron entre 75 y 150 Kg/ha desde el primer retoño. Dosis altas entre 300 y 320 Kg/ha el efecto es negativo con respecto a la respuesta en azúcar.

Con relación a la influencia de la fertilización fosfórica en los rendimientos Villegas y col. (1981), resumieron los resultados de la fertilización fosfórica en Cuba e hicieron recomendaciones para los distintos tipos de suelos donde se refirieron que las aplicaciones continuadas de más de 100 Kg/ha, disminuye la producción de caña y azúcar en más de un 10 %.

- **Análisis económico.**

El empleo de los residuales líquidos como vía de fertilización en los campos que necesitan de estos nutrientes trae consigo un ahorro de dinero apreciable, que totalizan en el estudio realizado \$ 4 210.7 y 4 065.9 USD, hoy cuando en el mercado mundial el precio de los fertilizantes es tan caro; mientras que se ahorra en los campos que presentan las características de presentar niveles medios de fósforo y potasio al no comprar fertilizantes químicos y utilizar el residual líquido como fertilizantes. En los campos con niveles altos de fósforo y potasio según la demanda de fertilización se ahorra \$432.7 y 410.9 USD. Los detalles se muestran en la tabla 11.

**Tabla 11.- Ahorro de dinero por concepto del uso del fertirriego.**

| Fertilizante ( t )                        | MN            | USD           |
|---|---------------|---------------|
| <b>Niveles medio de fósforo y potasio</b> |               |               |
| Nitrógeno (N)                             | 738.0         | 677.9         |
| Fósforo (P)                               | 1969.8        | 1925.0        |
| Potasio (K)                               | 1502.9        | 1463.0        |
| <b>Total</b>                              | <b>4210.7</b> | <b>4065.9</b> |
| <b>Niveles altos de fósforo y potasio</b> |               |               |
| Fertilizante ( t )                        | MN            | USD           |
| Nitrógeno (N)                             | 204.9         | 188.2         |
| Fósforo (P)                               | 227.8         | 222.7         |
| Potasio (K)                               | 0.0           | 0.0           |
| <b>Total</b>                              | <b>432.7</b>  | <b>410.9</b>  |
| <b>Total del ahorro</b>                   | <b>4643.4</b> | <b>4476.8</b> |

**Conclusiones.**

- El empleo de la información multidisciplinaria: monitoreo de suelo y recomendación de fertilización, utilización de un sistema de información geográfico, la caracterización del residual líquido y la implementación del pronóstico de riego nos facilitó el ajuste eficientemente del fertirriego campo a campo, lo que permite a nivel de campo conservar y preservar, con diferente grado de uso la protección del medio ambiente.
- La utilización del residual no supe totalmente la necesidad de todos los nutrientes, por lo que se debe cumplir con la correlación suelo-planta-fertilización.

- El estudio permitió entregar al productor, un paquete tecnológico para ser utilizado como herramienta de trabajo para el manejo del fertirriego en el agroecosistema cañero.
- La aplicación de los residuales líquidos como una vía de fertilización ahorró 4643.4 en MN y 4476.8 en USD en el área de estudio.

## Referencias.

- **Cuellar, I., Pérez, H., Villegas, R. De León, M.** Manual de Fertilización de la caña de azúcar en Cuba. 127 p año 2002.
- **Cuellar, I., R. Villegas, H. Pérez y E. García** (1981). "Quince años de investigaciones de la fertilización de la caña de azúcar en Cuba. III Potasio
- **Doorenbos, J y W.Pruitt.** 1977. Las necesidades de agua de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje 24. 193 pp
- **Israelsen D.W,** Principios de Aplicaciones del Riego, D.W Israelsen, V.E. Hansen. - La Habana: Ed. Revolucionaria. 1969.
- **Jackson M. L. Análisis Químico del Suelo** M. L. Jackson - La Habana: Ediciones Revolucionarias . 1970.
- **López, G.; A. Castellanos; J. Herrera y L. Torres.** (1998). Aplicación de los Sistemas de Información Geográficos (SIG) en el desarrollo de la actividad de riego. **Revista Voluntad Hidráulica** No. 89 – 90, p. 44 – 51
- **MINAZ, 2002** Metodología. Utilización de los residuales de la industria azucarera en el fertirriego de la caña de azúcar 50 pp.
- **Perdigón, S., R. De La Cruz, J. Obregón e I. Curbelo.** 2005. Las vinazas de los jugos de caña energética y su impacto sobre el medio ambiente en la destilería Paraíso de la Provincia de Santi Spiritus. Observatorio de la Economía Latinoamericana 46:12-23.
- **Pizarro F.** - Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos - F. Pizarro. - Madrid: Ed. Agrícola España. 1985.
- **Priánishnikov.** Agroquímica obras escogidas tomo III 1952 633 PP
- **Quintero D., R. 2004.** Perspectivas acerca del uso y manejo de vinazas aplicadas al suelo. En: Encuentro sobre vinaza, potasio y elementos menores para una agricultura sostenible. Palmira (Colombia) 13-14 mayo, 2004. Memorias. Palmira. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS). (Disco compacto).
- **Richards, L.A,** Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil. Agriculture Hand Book (Washington) 60. 1954.
- **Rodríguez, M. (2001).** Estudio de diferentes variables agro botánicas y de calidad del jugo en la variedad comercial de caña de azúcar (saccharum spp. híbrido) ja60-5.
- **Smith, M. 1992.** Cropwat. A computer program for irrigation planning and management. FAO: Irrigation and Drainage Paper 46. 126 pp.
- **Utset, A., Ruiz, M., Medina, H. y Carea, E.** 2002. Utilización de un modelo de simulación en unión a un Sistema de Información Geográfica para estimar los rendimientos de la Caña de Azúcar en algunos suelos cubanos. Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 11, 1/2002, p 33-45.
- **Villegas, R.I. Cuellar, H. Pérez y E. Pérez** (1981). Quince años de investigaciones de la fertilización de la caña de azúcar en Cuba. II Fósforo. Resúmenes 43 Conferencia ATAC