

**II CONGRESO NACIONAL DE LA CANA DE AZUCAR Y SUS DERIVADOS**  
**25 - 27 Mayo 2011, Guayaquil, Ecuador**

**EXPERIENCIAS DE CULTIVARES DE CANA DE AZUCAR BAJO RIEGO  
POR GOTEO EN CAMPOS DE AGROINDUSTRIA PARAMONGA, LIMA  
PERU.**

**H. Tello, M. Canamero, F. García, A. Chumpitaz, L. Benites, E. Sato**

hatello@agroparamonga.pe , miguel\_kerla@lamolina.edu.pe, fgarcia@agroparamonga.pe, achumpitza@agroparamonga.pe,  
lbenites@agroparamonga.pe, esato@agroparamonga.pe  
AIPSA, UNALA MOLINA, AIPSA, AIPSA

**I.- INTRODUCCION.-**

La empresa azucarera Agroindustrial Paramonga S.A está conformada por el conjunto de tres administraciones de campo: Administración de Cerro Blanco, Administración de Paramonga, Administración de Upaca-Huayto-Otopongo, que ocupan un área promedio de 6,350 ha de las cuales bajo riego por goteo se tiene 584.82 has netas en Cerro Blanco y 112.55 has netas en Otopongo. Se encuentran ubicadas en la región Lima, departamento de Barranca, Solamente las Administraciones de Paramonga y Cerro Blanco presentan continuidad espacial.

Las variedades instaladas en estos campos de riego por goteo son la PR 1111 con 183.28 has, Mex 73-523 con 404.29 has, la H68 con 55.09 has y otras con 13.66 has, V71-51 41.05 ha.

Una de las características principales del área donde se encuentran los cultivares de cana de azúcar es: precipitación nula, la evaporación promedio anual es baja de 1,056 mm, ocurriendo su máxima entre el mes de febrero con 121.6 mm y su mínima ocurre en junio con 202.6 mm. La temperatura máxima oscila entre 24°C - 26°C, la mínima entre 14°C-16°C. La oscilación térmica máxima ocurre entre los meses de Noviembre a Abril 5 - 5.5°C

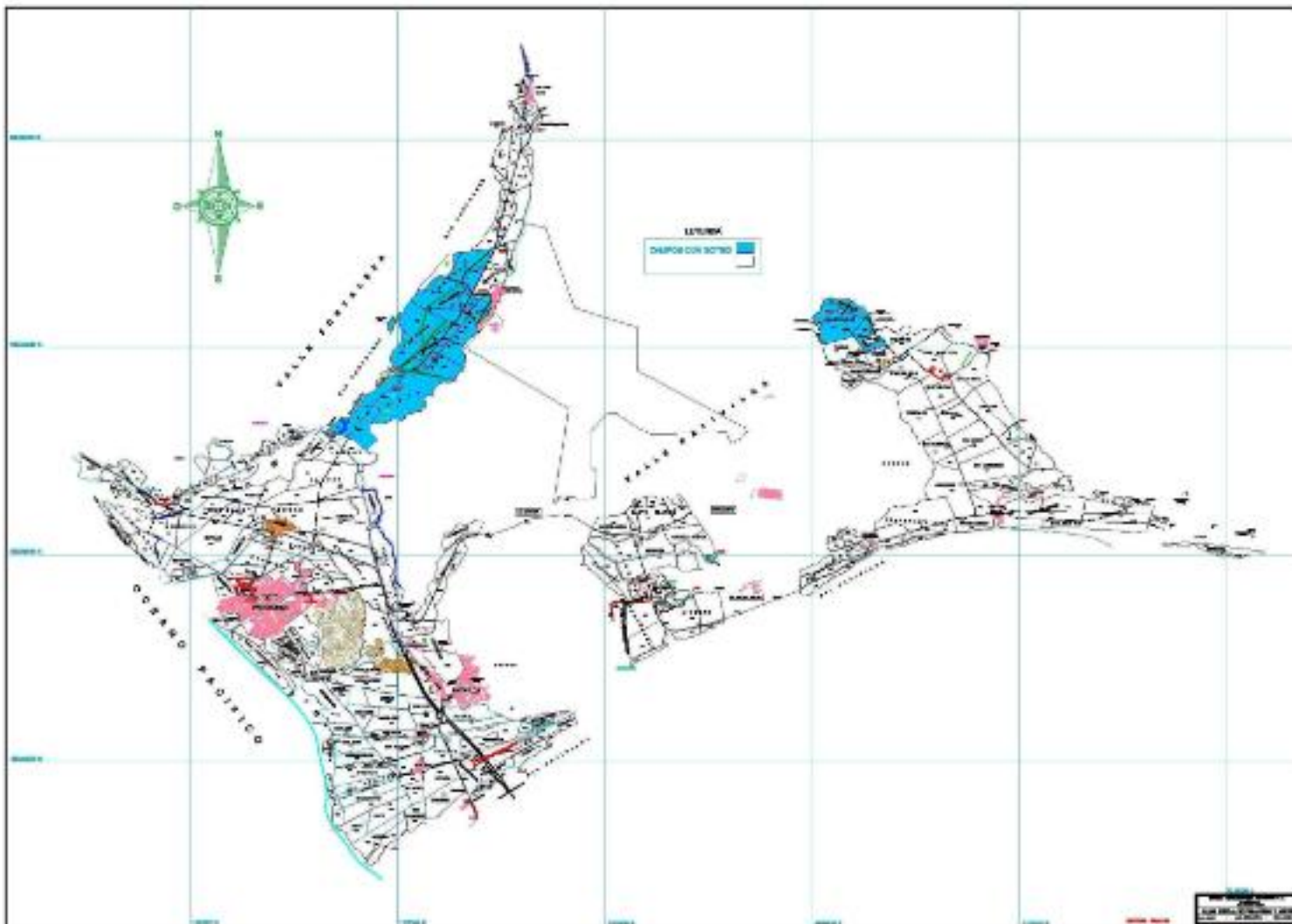
Estas características asociadas a lo limitante del recurso agua orientaron la política de la empresa a buscar una alternativa más rentable en el riego altamente tecnificado.

Los primeros pasos se dieron en el año 2000 en 89 has en suelos de textura arenosa a franco arenosa del campo Manzuelo donde se instaló el primer sistema de riego por goteo con espaciamiento entre manguera de 3.00 metros y surco tipo piña o surco mellizo con espaciamiento entre ellos de 0.80 m, con la variedad H32-8560.

Las áreas donde están ubicadas los sistemas de riego por goteo tienen como principal restricción el recurso hídrico, al extremo que el Valle Fortaleza donde se encuentran la Administración de Cerro Blanco solo recibe agua escasamente uno o dos meses al año, lo que ha obligado a tener instalado 25 pozos tubulares para el riego oportuno y eficiente.

El riego por goteo supone una mejora tecnológica sustancial que contribuye a mejorar la producción y productividad, basada en una técnica que persigue un ahorro efectivo de agua y entrega oportuna en cuanto a cantidad suficiente y necesaria para un desarrollo óptimo del cultivo, siendo esta es una de las razones principales por la cuales la empresa ha programado un crecimiento anual de 400 has, cuyo objetivo es incrementar la producción, productividad optimizando el uso limitado del recurso hídrico

**FIGURA No. 1: PLANO GENERAL DE PARAMONGA CON AREAS DE GOTEO**



## II.- MATERIALES Y METODOS

Los sistemas de riego por goteo requieren de equipos para la eficiente distribución del agua de riego y fertirriego, pero igualmente requiere de equipos y accesorios de seguimiento y monitoreo al cultivo que aseguren un óptimo aprovechamiento del agua y nutrientes por el cultivar.

### a.-)Equipo de riego y Fertirriego

La empresa azucarera adquirió vía licitación equipos de riego tecnificado teniendo en cuenta su funcionalidad, y vida útil. La procedencia de los principales equipos y accesorios es israelita y americana, con servicio post venta que garantice accesorios, repuestos y visitas de campo con personal calificado.

#### a.1 Reservorio de regulación y/o almacenamiento.-

A excepción del sistema de riego del campo Canaval - Don Pepe, todos los demás sistemas de riego fueron concebidos para trabajar con reservorios algunos como reservorios de almacenamiento y regulación y otros solo como reservorios de regulación.

Reservorio de Julquillas con capacidad para almacenar unos 40,000 m<sup>3</sup> y al mismo tiempo regular el flujo de agua, impermeabilizado con geomembrana de espesor 0.5 mm. Permite almacenar agua unos cuatro días

Reservorio de Manzuelo permite regular el sistema y tiene una capacidad de 9,500 m<sup>3</sup>, sin geomembrana pero con alta eficiencia de almacenamiento con pérdidas despreciables por percolación.

Reservorio de Don Fernando con capacidad aproximada de 50,000 m<sup>3</sup>, funciona como regulador de los sistemas de riego de Don Fernando, Don Andrés, Canaval y Don Pepe.

#### a.2 Equipo de Impulsión.-

Conformado por motores, bombas centrifugas, bombas verticales cuya presión y cuya potencia obedecen al requerimiento de presión del diseño del sistema de riego por goteo. En la gran mayoría de casos el requerimiento de potencia oscila entre 0.9 a 1 HP/ha. En todos los casos con válvula sostenedora de presión.

#### a.3 Equipos de filtrado.-

A pesar que la principal fuente de agua es de subsuelo, dada la calidad del agua, oportunidad de abastecimiento temporal con otra fuente de agua, etc, los sistemas de filtrados los hay en diferentes configuraciones:

i-)Filtrado primario con filtro de grava y filtrado secundario con filtro de anillos, Campo Manzuelo, primer equipo de riego por goteo.

ii-)Filtrado primario Hidrociclón y filtrado secundario con anillos, campo Canaval, fuente de agua principal de Subsuelo.

iii-)Filtrado primario conformado por baterías de cinco a seis cuerpos filtros de anillos encapsulados, los cuales están conformados por cinco cartuchos de filtros Spin Klin, cuya capacidad de filtrado oscila entre 60 m<sup>3</sup>/h y superficie de filtrado iguala 4400 cm<sup>2</sup>, tal como se muestra en la figura adjunta. Estos sistemas de filtrados son los más recientes. Campos Don Pepe, Don Andrés.

Todos los sistemas son de limpieza automática, con temporizador y diferencial de presión.

#### a.4 Equipo de inyección de fertilizantes.-

Conformado en todos los casos por inyector tipo venturi con capacidad de inyección de 1200 litros/h. Con accesorio buster-electrobomba para la inyección y así evitar la

pérdida de carga del sistema. Los tachos para la solución madre los hay desde 2 m<sup>3</sup>, 5 m<sup>3</sup>, 1 m<sup>3</sup> y 2.5 m<sup>3</sup>, generalmente este último es el tacho para mezclar y batir la solución madre. El tacho de aplicación del calcio está totalmente independizado con su filtro de anillos antes de ser inyectado el producto, así doblemente protegido el sistema. Se dispone de un medidor del flujo de entrada de la solución madre.

#### a.5 Accesorios.-

Tanto el manifold de entrada como el de salida contempla válvulas de aire, puntos de medición de presión, tubines, etc. La programación de los turnos de riego se comunica a los arcos de riego a través electroválvulas, de tubines vía hidráulica y también a control remoto.

#### a.6 Infraestructura de distribución.-

Conformada por tuberías principales, secundarias y terciarias con unión-junta hidráulica según normas ISO. Conexión a la unidad de riego vía Arco de riego con su protector de cemento y tapa de hierro, conformado reductoras de presión conformadas por la válvula hidráulica, piloto, punto de medición de presión y válvula de aire, y/o válvula anti succión

#### a.7 Unidades/sub unidades de riego.-

Conformada por las mangueras de riego por goteo enterradas y con goteros a diferentes espaciamientos que van desde 0.40 a 0.50 metros. Descargas variables según sea el caso específico, los hay con flujo turbulento y goteros integrales de 1.68 lts/h, 1 lt/h auto compensados. Las longitudes varían igualmente según van desde 100 metros hasta 200 metros.

La configuración del surco o marco de plantación igualmente variables

Campo Manzueto A, laterales de riego a 2.4 metros, surco mellizo a 0.80 m

Campo Manzueto B, laterales de riego a 3.0 metros, surco mellizo a 0.80 m

Campo Canaval, laterales de riego a 2.4 metros, surco mellizo a 0.80 m

Campo Don Pepe, laterales de riego a 2.4 metros, surco mellizo a 0.80 m

Campo Don Andrés, laterales de riego a 1.8 metros, surco mellizo a 0.60 m

Campo Don Fernando, laterales de riego a 2.4 metros, surco mellizo a 0.80 m

Campo Julquillas, laterales de riego a 2.4 metros, surco mellizo a 0.80 m

Todos los casos con flushing al final del lateral de riego o manguera de goteo.

#### b.) Equipo y tablas de seguimiento y monitoreo

Entre los principales equipos que en el tiempo se han ido incorporando para el seguimiento y monitoreo del manejo del agua de riego y fertirriego, para incrementar la eficiencia en la aplicación de nutrientes y agua tenemos:

- Ø Tanque o Tina tipo "A" muy útil para la programación del riego, especialmente para el cálculo de la ET potencial de cultivo puntual del cultivar de caña de azúcar.
- Ø Estación meteorológica, igualmente importante que permite estimar las ET potencial del cultivo en base a información climática medida. Específicamente usa la formula de Christiansen
- Ø Full Stop, útil para detectar el flujo de agua o frente de humedecimiento y evitar riego de percolación profundo. Además permite analizar y detectar trazas de nutrientes que se estén perdiendo durante el fertirriego.
- Ø Sonda de succión, va permitir a una determinada succión muestrear la calidad del agua y sus componentes que están en la rizósfera, nutrientes, etc.

- Ø Tensiómetros, muy útil para determinar la tensión de humedad presentes al momento, antes y después del riego en las tres principales profundidades de suelo.
- Ø Sonda capacitiva, también conocida como FDA, conformada por sensores que van a permitir vía un chip el almacenamiento de la información detectada a través de ellos. Tres Sensor de humedad en base a volumen, un sensor de conductividad eléctrica, un sensor para determinar temperatura en suelo, un sensor libre que puede usarse para pH. y un dispositivo que permite cuantificar la descarga del gotero. Este equipo permite conocer la humedad presente en el suelo a intervalos de tiempo deseados desde el minuto hasta mayores tiempos. La información la recogemos vía Computador portátil del campo y el software ECH2O Data Trac grafica la información, convierte la data a porcentaje de Agua fácilmente aprovechable y permite programar el riego vía Balance de Agua.
- Ø Conductímetro y medidor de pH digital y manómetro, son equipos que en el manejo de cultivares de caña de azúcar bajo riego por goteo no son opcionales, son obligatorios, para tener el control del riego y fertirriego.
- Ø Fotómetro, instrumento que permite calcular cantidades de nutrientes en muestras obtenidas con los equipos anteriores
- Ø Tablas de Kc, solubilidad y fertirriego

La operación de los procedimientos o metodologías para el manejo eficiente del riego y fertirriego, del mantenimiento del sistema se responsabilizó y se creó el área de Riego Tecnificado cuyas responsabilidades abarcan

- Programación del riego
- Programación de fertirriego
- Programación del mantenimiento rutinario y preventivo de los equipos y accesorios del sistema de riego por goteo, como de los reservorios de almacenamiento y regulación, en lo referente a la calidad que estos deben tener para la operación.
- Chequeo del correcto levantamiento de la información diaria de los parámetros: pH, tensión de humedad suelo, conductividad eléctrica, frente de humedecimiento, nutrientes a nivel radicular del agua aplicada.
- Correcta operación del riego, determinada en base a los equipos de seguimiento, de ser necesario definir fraccionamiento del riego diario.
- Correcta operación del fertirriego, especialmente durante la aplicación del calcio y del cumplimiento de los tiempos de fertirriego.
- Capacitación continua al personal responsable de riego y fertirriego.

Como apoyo para el aprovechamiento óptimo del recurso agua y fertirriego por el cultivar, los departamentos de Agronomía e Ingeniería Agrícola y la Administración de Campo apoyan en todos los requerimientos de infraestructura de riego, en el cálculo y seguimiento biométrico a los cultivares,. Igualmente las Administraciones apoyan en forma programada el cálculo del Coeficiente de Uniformidad de Riego en todas las unidades o sub unidades de riego por goteo.

### III.- RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados muestran algunos rendimientos bajos ocasionados por la deficiente operación de los sistemas de riego debido a las texturas de los campos y calidad de agua de riego no tomadas en cuenta en el diseño del sistema de riego, las variaciones e incremento fuerte en el pH del agua de riego durante largos periodos de desarrollo del

cultivo y altas concentraciones de hierro en el agua de pozo, la ausencia de equipos de seguimiento y monitoreo que no han permitido en algunos casos aplicar con eficiencia el agua en el perfil enraizado generando bajas eficiencias de absorción de los nutrientes por pérdidas de percolación profunda, presencia de enfermedades como la roya, ataques de pulgones y la presencia de bajas temperaturas muy por debajo del promedio de los últimos 20 años en dos grados.

a-) Rendimientos de campo Manzueto A, Variedad Mex73-523, sistema de riego por goteo

Año	ha	Edad	TCH	TCHA	TCHM	SAC	TAH	TAHA	TAHM	N°cte
2007	100.03	14.60	174.25	143.22	11.94	12.87	18.24	14.99	1.25	1.00
2008	100.03	12.79	147.38	138.28	11.52	13.30	15.85	14.87	1.24	2.00
2009	100.03	13.56	140.32	124.18	10.35	13.74	17.03	15.07	1.26	3.00



b-) Rendimientos de campo Don Andrés, variedad MEX73-523, sistema de riego por goteo

Año	ha	Edad	TCH	TCHA	TCHM	SAC	TAH	TAHA	TAHM	N°cte
2010	73.39	14.84	139.78	113.03	9.42	12.91	15.57	12.59	1.05	1.00
	<b>73.39</b>	<b>14.84</b>	<b>139.78</b>	<b>113.03</b>	<b>9.42</b>	<b>12.91</b>	<b>15.57</b>	<b>12.59</b>	<b>1.05</b>	<b>1.00</b>

c-) Rendimientos de campo Don Pepe, variedad MEX73-523, sistema de riego por goteo, no se tuvo en cuenta la calidad de agua y la presencia del hierro ocasiono obstrucción de los emisores y por ende baja uniformidad en la distribución del agua y nutrientes, además de un excesivo agoste de dos meses

Año	ha	Edad	TCH	TCHA	TCHM	SAC	TAH	TAHA	TAHM	N°cte
2009	97.76	14.82	142.00	114.98	9.58	13.22	15.65	12.67	1.06	1.00
2010	92.96	13.98	118.38	101.61	8.47	14.36	14.90	12.79	1.07	2.00
	<b>97.76</b>	<b>14.40</b>	<b>130.19</b>	<b>108.30</b>	<b>9.02</b>	<b>13.79</b>	<b>15.28</b>	<b>12.73</b>	<b>1.06</b>	

d-) Rendimientos de campo Canaval, variedad MEX73-523, sistema de riego por goteo, pérdidas de nutrientes y agua por debajo del perfil enraizado

Año	ha	Edad	TCH	TCHA	TCHM	SAC	TAH	TAHA	TAHM	N°cte
2009	71.73	15.55	117.19	90.43	7.54	14.42	14.17	10.94	0.91	1.00
	<b>71.73</b>	<b>15.55</b>	<b>117.19</b>	<b>90.43</b>	<b>7.54</b>	<b>14.42</b>	<b>14.17</b>	<b>10.94</b>	<b>0.91</b>	<b>1.00</b>



Fig 2.- Variedad H68 con Hidróxido de Calcio



Fig 3.- Variedad Mex 73-523 con Hidróxido de Calcio

e-) En el seguimiento que se ha iniciado en el periodo reciente se ha observado físicamente tanto con el Full Stop como con la Sonda de Succión, que la dosis de riego aplicada como los nutrientes se está detectando por debajo del sistema radicular tanto en la Administración de Cerro Blanco como en Huayto Otopongo

f-) Producto del seguimiento también se detecto altos valores de pH, por encima de 8.8, en el sistema de riego del sector Julquillas, durante cuatro meses.

g-) En la evaluación del clima se ha detectado valores de temperaturas por debajo del promedio de los últimos 20 anos, del orden de dos grados centígrados.

h-) En los sistemas de riego por goteo se ha observado excesiva rigidez en su manejo, a extremos que dificulta realizar ensayos comerciales para buscar alternativas a los bajos rendimientos durante el mismo periodo o zafra.

i-) Los diseños de la mayoría de los sistemas de riego por goteo no han tenido en cuenta los criterios agrónomos como profundidad y tamaño radicular, ni edáficos como la textura presente y profundidad de los suelos de los suelos ni la calidad de agua.

j-) Se observa que existe una gran diversidad de marcos de plantación, espaciamientos entre mangueras de riego, descarga de goteros, espaciamiento entre goteros, etc.

#### IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis y discusión de los resultados se concluye que es necesario continuar con el seguimiento y monitoreo permanente tanto de las operaciones de riego y fertirriego, como de la continua información actualizada de las tendencias en las variaciones climáticas, pues inciden fuertemente en los rendimientos en el tiempo.

En este contexto se recomienda lo siguiente

1-) Programar los riegos de acuerdo a un balance hídrico, teniendo en cuenta que no se debe continuar regando cuando se detecte a través de los equipos anteriormente

descritos, que el perfil de humedecimiento está muy por debajo del sistema radicular, para lo cual el fraccionamiento del riego es muy importante.

2-) Programar el fertirriego de forma tal que este enmarcado dentro las necesidades volumétricas de agua del cultivar de caña de azúcar, fraccionando igualmente al máximo el nutriente, y por ningún motivo continuar aplicando el nutriente o fertirrigando cuando se esté detectando nutrientes igualmente por debajo del sistema radicular.

3-) Continuar con evaluaciones biométricas, incluyendo en estas la evaluación la medida y crecimiento radicular, de forma tal que sirva de insumo para la programación del riego y fertirriego.

4-) Normar definitivamente para la época fría, es decir otoño e invierno la aplicación de fuente nitrogenada de mas fácil asimilación y disponibilidad, en este caso aplicar en vez de UREA, la solución BIG N (UAN), en su defecto Nitrato de Amonio, controlando los niveles de salinidad.

5-) Activar e incentivar el crecimiento radicular ayudándose con productos reguladores de fácil asimilación, de preferencia productos ya probados en caña de azúcar, que han generado crecimiento rápido de raíces. Para el caso de Paramonga se ha probado con el Hidróxido de Calcio con resultados positivos.

6-) Ante la presencia de bajas temperaturas extremas, dejar de aplicar o minimizar las dosis de aplicación de nitrógeno al 50%. (mayo – julio)

7-) Tener en cuenta la información histórica de la variación del pH, y asegurarse que la dosis de aplicación del nitrógeno (220 kg/ha) se haya completado eficientemente, de preferencia antes del inicio de la elevación del pH del agua, caso Huayto Otopongo.

8-) Orientar los nuevos diseños del sistema de riego por goteo, a que no ignoren la diversidad de texturas de suelo y la profundidad de los mismos. Igualmente que el diseño sea lo suficientemente flexible para poder realizar los ensayos comerciales y los requerimientos de potencia sean los óptimos.

## V.- BIBLIOGRAFIA

Cadahia, C. (1998). "Fertirrigación". Ediciones Mundi-Prensa.

Cadahia, C.& Hassan, L. (1995). "Incidence of the potassium/calcium plus magnesium ratio on the conifer fertigation for peat substrates". J. Plant Nut., pp 1-23.

Canamero, M & Laguna T., (2003), "Kgotee Software para el diseño de sistemas de riego por goteo". 1ra Ed. CONCYTEC, Lima .125 p.

Canamero M & Rodríguez L. (1998), "Proceso de formación de Sacarosa en Cultivares de Caña de Azúcar en el Valle del Río Turbio. Edo. Lara, Venezuela", Seminario Interamericano de la Caña de Azúcar, Universidad de Miami, Miami Fla.

Eppink, L.D.,(1972), “Las bases del Servicio de Control de Humedad y sus Aplicaciones Prácticas”. Boletín Técnico ICIA 1(2):1-55 p.

Husz, G.S., (1977), “Cuantificación del régimen de agua en el suelo para la optimización del riego”. Proc. ISSSCT 16.

Vásquez, .A. & Iglesias W.,(1978)., “Pautas para una programación del riego”. Boletín Técnico ICIA 7 (1-2):69-77.

Vásquez, A. & Hoekstra, A. (1975). “El servicio de Control de Humedad y sus Fases de Investigación”. Boletín Técnico ICIA 4 (3-4):85-115.