

**X CONGRESO ATALAC
MEXICO 2016, Ago.-Set.**

**EXPERIENCIAS DEL RIEGO POR GOTEO EN CULTIVARES DE CANA DE AZUCAR
EN LA COSTA PERUANA**

DRIP IRRIGATION EXPERIENCES IN SUGARCANE CULTIVARS IN THE PERUVIAN

M. Cañamero Kerla, S. Helfgott Lerner, M. Barreno Rojas

miguel_kerla@lamolina.edu.pe, shelfgott@lamolina.edu.pe, mbarreno@ana.gob.pe

UNA-La Molina, UNA-La Molina, Administrador Local del Agua, Huaral

RESUMEN

Los primeros sistemas de riego por goteo se instalaron en los Ingenios Azucareros de Paramonga y Andahuasi, ubicados en el norte chico de la costa Peruana, a fines de la década del noventa. El objetivo del presente trabajo es mostrar la experiencia peruana en el manejo y la innovación tecnológica del riego por goteo en los cultivares de caña de azúcar. La metodología consistió en evaluar lo ocurrido en estos últimos quince años con las variables agronómicas e hidráulicas en cuanto al cultivo y equipos. Los resultados obtenidos muestran mejores respuestas, respecto a la ubicación y/o profundidad del enterrado de las mangueras de goteo así como del marco de plantación, cuando se tiene en cuenta la textura, profundidad y la pendiente del terreno. En lo referente a la modalidad, dosis de riego y fertirriego, se encontró que a mayor fraccionamiento el bulbo húmedo tiende a mejorar su capacidad de almacenamiento, intercambio y ancho de humedecimiento, mejorando su eficiencia. En cuanto a la longitud de surcos, se optimizó las labores de mecanización llegando a diseños de hasta 400 metros, alimentados por punto intermedio y goteros tipo auto compensado. Con este método de riego, la edad de cosecha se redujo y la automatización del riego migró hasta mandos remotos. Para la investigación se diseñaron e instalaron subsistemas de áreas pequeñas. En conclusión, en suelos de textura franco arenoso a arenoso, los primeros marcos de plantación fueron de 3.0 y 2.4 metros entre laterales de riego sobre surcos mellizos a 0.80 y posteriormente migraron a surcos mellizos de 0.60 metros. Con manguera enterrada en lomo de surco y en terrenos con pendientes fuertes y suelos poco profundos, los laterales de riego o mangueras de goteo se colocaron sobre la superficie del suelo. El diámetro interno de los laterales ha permanecido constante e igual en promedio a 16 mm y los goteros han sido tipo integrales con descargas de 1.6 y 1.0 lph con uniformidad de riego mayor a 85% y sin obturaciones significativas. Finalmente, se migró a goteros tipo auto compensados de 1 lph con uniformidad mayor a 90%, pero con incremento de hasta 15% descarga al finalizar el tercer corte. La dosificación de riego y fertirriego se fraccionó, en fertirriego pasando de 5 o 6 aplicaciones durante toda la campaña a aplicaciones en forma diaria o interdiario; en suelos poco profundos y de textura gruesa el riego también se fraccionó a dos aplicaciones. Los volúmenes de riego se redujeron en promedio de 18 mil a 12 o 13 mil m³/ha en soca y 13-14,000 m³/ha en planta, y en promedio se obtiene 120 t-cana/ha-año y 1.10 t-azúcar/ha-mes. Actualmente existen 21320 ha con cultivares de caña de azúcar.

Palabras claves: fertirriego, lateral de riego, bulbo húmedo, gotero auto compensado, surco mellizo

Keywords : fertigation, irrigationlateral, wet bulb, self-compensatingdripper, twingroove

I.- Introducción

Las áreas de riego por goteo con caña de azúcar que se encuentran en el norte chico de la costa Peruana están ubicadas en los Valles de Fortaleza, Pativilca y Huaura, perteneciente al departamento Lima. Las variedades instaladas en estos campos son principalmente Mex 73523, PR 1111, H68 y V71-51.

Una de las características principales del área donde se encuentran los cultivares de caña de azúcar es: precipitación prácticamente 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 y 26°C, la mínima entre 14°C y 16°C. La oscilación térmica máxima ocurre entre los meses de Noviembre a Abril 5 - 5.5°C

Estas áreas tienen como principal restricción el recurso hídrico, en especial el Valle del río Fortaleza solo conduce agua escasamente uno o dos meses al año, razón por la cual existe una batería de 25 pozos tubulares para el riego oportuno y eficiente.

Estas características asociadas a lo limitante del recurso agua orientaron la política agraria azucarera a buscar alternativas más rentable en el riego altamente tecnificado.

Los primeros pasos se dieron en 89 has en suelos de textura franco a franco arenosa del campo Manzuelo, valle Fortaleza, Paramonga 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 y el segundo campo fue Santa Rosa, ubicado en el Valle de Huaura, Andahuasi con la variedad H50-7209 en 80 ha y espaciamiento entre manguera de 2.40 metros y surco tipo piña o surco mellizo con espaciamiento entre ellos de 0.80 m. El objetivo del presente trabajo es mostrar la experiencia peruana en el manejo y la innovación tecnológica del riego por goteo en los cultivares de caña de azúcar ubicados en el norte chico, costa central..

II.- Materiales y Métodos

La metodología para medir el progreso del proceso tecnológico en los últimos 16 años, tuvo en cuenta los cambios ocurridos en el tiempo con los equipos y accesorios de riego, así como la ubicación en el campo de las mangueras de riego vinculados con el diseño y dimensionamiento de estos sistemas. Esta operación y seguimiento se inicia en los cultivares a nivel comercial en la zona de Andahuasi y Paramonga, ubicados en la costa central del Perú. Se tuvo en cuenta:

1.- Equipos de filtrado, tipos de mangueras y emisores de riego por goteo.

El seguimiento se realizó a la variación de los tipos de sistemas de filtrado, al espesor de las paredes de las mangueras, a su diámetro interno principalmente, y a las descargas y espaciamiento entre los emisores en el tiempo

2.- Marco de plantación de la caña de azúcar y su adaptación del cultivo al sistema de riego.

a-) Tipo de surco

Se evaluó el cambio en el espaciamiento del surco tradicional y su adaptabilidad de este al sistema de riego. Los cambios en su dimensionamiento, especialmente en el ancho, y espaciamiento entre las hileras de caña, simple o doble.

b-) Longitud de surcos

Se evaluó los cambios en la longitud de los surcos en función al diseño del sistema. Los primeros alimentados en su mayoría por un extremo y con el transcurrir del tiempo los nuevos diseños alimentados por puntos intermedios

c-) Profundidad y ubicación de manguera

Esta peculiaridad agronómica tuvo cambios importantes, se evaluó los casos en que se ubico la manguera sobre la superficie del suelo y los casos cuya ubicación tuvo diferentes profundidades de enterrado de la manguera.

3.- Modalidades de aplicación del riego y fertirriego

Se evaluó principalmente para una misma lámina el tiempo de aplicación del riego cuando este era continuo en su turno (en sus inicios), y los tiempos de aplicación y numero de fraccionamientos del riego por turno-día.

La evaluación del fertirriego en los cultivares de caña fue por su dosis de aplicación y por su numero de fraccionamientos

4.- Periodo vegetativo del cultivo

Se pudo medir la variación en meses ocurrida con el periodo vegetativo de los cultivares, desde la introducción del sistema de riego hasta la situación actual. Especialmente debido al manejo y variedades introducidas

5.-) Dosis y volúmenes aplicados

Como en los casos anteriores se midió la dosis y aplicación inicial o tradicional, la aplicación y dosis a mediados del 2004 y la aplicación y dosis a la fecha. En las últimas aplicaciones se detectaron equipos y accesorios de seguimiento.

6.- Habilitaciones para la investigación

Se comprobó en los primeros campos con cultivares de caña de azúcar bajo riego por goteo, las dificultades para realizar ensayos, pues no consideraban en su sistema bloques de ensayos. Es a partir del 2013 que algunos nuevos sistemas incorporan en promedio áreas de 10 ha con diseño incorporado independiente, bajo la modalidad de bloques completamente randomizados.

III.- Resultados

1.- Equipos de filtrado, tipos de mangueras y emisores de riego por goteo.

Los primeros sistemas de riego por goteo tenían como filtrado primario filtros del tipo Grava y como filtrado secundario filtros de Anillos, con una eficiente respuesta al problema de algas en general, retro lavado automático, muy usado en la inyección de fertilizantes el tipo Venturi. En el Valle de Fortaleza y en el sector Santa Rosa con aguas provenientes del Valle Huaura, agua almacenada en reservorios y en campos de aproximadamente 100 ha se uso kit de 8 tanques de grava de 30 pulgadas y 8 filtros de anillos de 2 pulgadas, la solución madre se aplicaba al sistema con inyector tipo Venturi.



Fig 1.- Kit 8 filtros de grava con 8 filtros de anillos

Posteriormente se migro a sistemas de filtrado tipo Anillos con Kit de 4 a 6 filtros, con retro lavado automático e inyector de 2 pulgadas (aplicaciones de 1000 l/h).

El diámetro interno de las mangueras de goteo no sufrió variaciones sensibles de 15.2 a 16 mm. El espesor de las paredes de estas mangueras en promedio fue de 16 mil. Las descargas de los primeros sistemas fueron goteros de 1.68 y/o 1.60 l/h. Respecto al tipo de emisor los primeros han sido Integrales, flujo turbulento. A partir del 2007 muchos campos fueron incorporados al riego por goteo con goteros autos compensados y descargas de 1 l/h.



Figura 2.- Manguera con gotero de 1.68 l/h, diámetro interno 15.2 mm, espesor pared 16 mil

Evaluaciones realizadas a estos goteros encontraron una alta uniformidad de riego, mayor a 90%, sin embargo en diferentes marcas se observo un incremento en la descarga de estos emisores de alrededor del 10% a partir del tercer corte. La medida correctiva fue la de implementar un cuarto turno de riego, en busca de minimizar su efecto negativo en el incremento del consumo de energía y pérdida de presión en algunos sectores o turnos de riego.

2.- Marco de plantación bajo riego por goteo

La configuración del surco en lo referente a la adaptación del cultivo al sistema de riego, presento importantes cambios en mejora del rendimiento de los cultivares, teniendo en cuenta principalmente que en la costa Peruana predominan suelos de textura gruesa a media



Figura 3.- Surco mullizo, 0.6 m, 2.40 m, flushing

a-) Tipo de surco

En la costa Peruana predominan los suelos de textura gruesa a media y en las nuevas áreas predomina la textura gruesa. El primer sistema de riego por goteo uso surcos mellizos distanciados 0.90 m, posteriormente se migro a surcos mellizos con distanciamientos entre ellos a 0.80 m y 0.60 m. Actualmente predomina el surco mellizo a 0.60 m. y espaciamiento entre hileras de 2.40 m. En la figuras 3 se muestra un surco mellizo a 0.60 m y 2.40 m entre las hileras de cana, variedad Mex 73 523, valle Fortaleza, y en la figura 4 se muestra un surco mellizo a 0.80 m y 3.0 m entre hileras de cana, variedad H32 8560, fundo El Doral, Chavimochic, Trujillo.

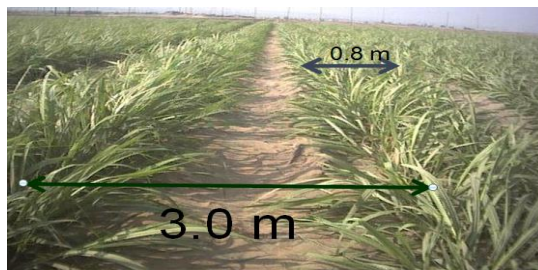


Figura 4.- Surco doble hilera, 0.8 m * 3.0 m

b-) Longitud de surcos

La longitud de surcos, a fines de la década de los 90, se diseño alimentado por un extremo a 100 m. y alimentado por un punto intermedio hasta 180 m. Posteriormente se lograron surcos de 200 m alimentados por un extremo. Actualmente hay surcos alimentados por punto intermedio cuya longitud es de 400 m. En la figura 5 se muestra un surco alimentado por un extremo, con 100 m de longitud, variedad H32 8560, valle Fortaleza y en la figura 5A se muestra surco alimentado por punto intermedio, con 400 m de longitud, variedad Mex 73 523.



Figura 5A.-Manguera punto intermedio, 400 m

c-) Profundidad y ubicación de manguera

La manguera de riego va ubicada al interior del lomo del surco mellizo. Esta ubicación no ha cambiado a la fecha. También se ubica la manguera de riego sobre la superficie del suelo en los casos donde el suelo es poco profundo o esta en pendiente fuerte, generalmente va sobre la superficie en áreas pequeñas donde se ha focalizado algún problema. La profundidad de la manguera inicialmente fue de 0.25 m, posteriormente se fue disminuyendo el espaciamiento entre surcos mellizos y automáticamente fue disminuyendo la profundidad a 0.16 m en promedio. En la figura 5 se muestra una calicata sobre el surco mellizo, observándose la manguera de goteo a 0.16 m por debajo de la superficie.

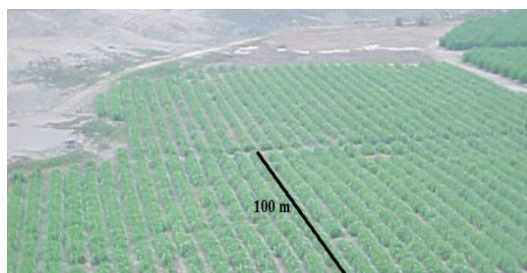


Figura 5.- Manguera alimentada por un extremo, longitud 100 m

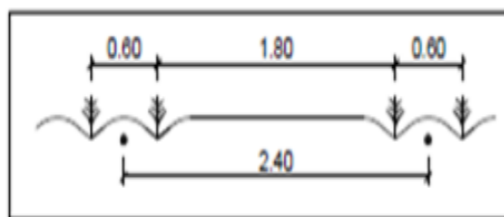


Figura 6.- Manguera goteo en lomo de surco, eje de hilera de plantas

3.- Modalidades de aplicación del riego y fertirriego

a-) Tiempo continuo de riego

En los sistemas de riego por goteo se procede a la aplicación de la dosis de riego, apoyados en el levantamiento de la información del tanque tipo “A”, estaciones climáticas, edad cultivo, Kc y humedad presente del suelo principalmente. Esta dosis o lámina de riego requerida por el cultivar, es llevado a tiempo de riego o volumen a aplicar. Asumiendo que bajo este método de riego las perdidas eran mínimas (Alta eficiencia de aplicación). En las visitas de campo se comprobó que en los primeros sistemas la aplicación de la dosis de riego se realiza diariamente en un solo tiempo continuo, no fraccionado indistintamente del factor suelo, ya sea de textura gruesa o media.



Figura 7.- Manguera de riego por goteo enterrada a 0.16 m

b-) Tiempo fraccionado del riego

A partir del 2011 aproximadamente, apoyado en instrumentos de seguimiento tales como Full Stop, Sonda de Succión, Tensiómetros, FDR y acciones como habilitación continua de calicatas de observación, etc., se comprobó en campo que las dosis de riego aplicados a los cultivares era fraccionada, especialmente en los suelos de textura gruesa. Actualmente el fraccionamiento se esta aplicando. Objetivo fue evitar perdidas de agua y nutrientes, se comprobó a través del Full Stop.



c-) Aplicación cuantitativa ligeramente fraccionada

A inicios del 2000 de acuerdo a las visitas de campo se pudo verificar que el fraccionamiento de la aplicación de los fertilizantes disueltos en agua (solución madre), aplicado a los cultivares de caña de azúcar fue mínimo, del orden de 5 a 6 aplicaciones por corte. Aplicaciones uniformes aproximadas a 60 o 50 unidades de nitrógeno, fuente urea. Mínima o nula aplicación de potasio vía sistema, por temores de obturación de goteros. Cortos tiempos de aplicación del fertirriego del orden de 15 a 20 minutos. No se realizaban análisis de suelos o análisis foliar, las dosis obedecían a valores de riego tradicional gravedad o superficial. Edad final de aplicación 3 a 4 meses, según estación climática de la fecha de inicio del cultivo. Aplicación total 300 unidades de nitrógeno (300,0,0)

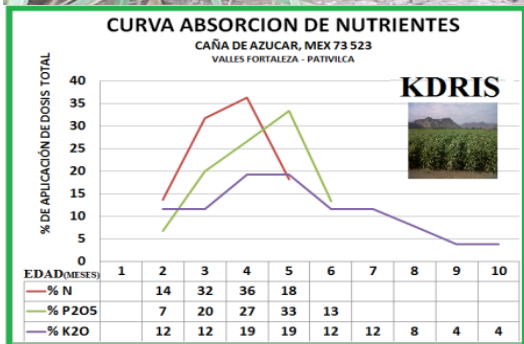


FIGURA 9.- CURVA ABSORCION NUTRIENTES

d-) Aplicación cuantitativa fraccionada (Curva de absorción de nutrientes, Análisis foliar)

En la medida que fueron aumentando las áreas bajo riego por goteo, fueron fraccionando las aplicaciones de fertilizantes, incluyendo potasio y fosforo. Este ultimo con doble fin, requerimiento del cultivo y como parte del mantenimiento del sistema. Se muestreaban en forma dirigida algunos campos y se realizaban análisis foliares y de suelo. Aplicaciones totales de 220 a 250 unidades de nitrógeno, 30 unidades de fosforo, de 70 a 130 unidades de potasio según resultados de análisis. La

aplicación del nitrógeno hasta los 5 meses, la aplicación del fósforo hasta los 6 meses y la aplicación del potasio hasta los 10 meses, toda aplicación sustentada en un análisis representativo. La distribución porcentual en el tiempo del total de la aplicación se muestra en la figura 9.

4.- Periodo vegetativo del cultivo

Se observaron cambios en la respuesta del cultivo al riego por goteo, especialmente en la reducción del periodo de agoste, periodo vegetativo. A menor edad de lo tradicional se lograba la cosecha, en menor tiempo se maduraba el cultivar, tanto en variedades de periodo vegetativo largo y corto

a-) Variedades de periodo vegetativo largo (Maduración tardía)

A finales de los noventa e inicios del 2000 en la costa Peruana predominaban variedades Hawaianas cosechadas desde los 16 a 20 meses, con dos picos de maduración. Se verifico en campo que la presencia de los sistemas de riego por goteo, lograba madurar estas variedades entre los 14 a 16 meses. Fundo La Mina en Chavimochic, Fundo Santa Rosa en Andahuasi lograron cosechar sus campos entre 14 y 15 meses de edad, variedades H32 8560 y H50 7209 respectivamente. Igualmente y de acuerdo al cuadro N°1A, en el Valle de Fortaleza zona de Cerro Blanco y Valle de Pativilca zona de Otopongo las variedades Hawaianas H68 y H32 lograban cosecharse en su primer corte a edades superiores a los 14 meses.

Año	Area (ha)	VARIEDAD	Edad	Corte
2008	19.95	Mex 73523 / H 68	14.28	1
2009	22.30	V7151	15.84	1
2008	21.52	Mex 73523	14.24	1
2009	97.76	Mex 73523	14.82	1
2010	36.71	Mex 73523 / H 328560	14.52	1
Total/Media	198.24		14.76	1

Cuadro N° 1A.- Variedades y edad de cosecha promedio 1er corte

b-) Variedades de periodo vegetativo Corto

Con el ingreso de nuevas variedades bajo este sistema de riego por goteo, se inicia un nuevo manejo del cultivo. Lográndose en campo cosechas entre los 12 y 14 meses de edad, con agoste de 15 a 45 días, dependiendo principalmente de la variedad, textura y profundidad del suelo.

Del seguimiento realizado en campo y en base a la información estadística e histórica del área respectiva, podemos observar en el cuadro N°1 edades de cosecha entre 11.9 y 14.6 meses, rendimientos promedios en toneladas de caña por hectárea año de 131.1 y toneladas de azúcar por hectárea mes de 1.18, para la variedad Mex-73523, en suelo de textura franco a franco arenosa.

Año	Edad	TCHA	TAHM	Corte
2007	14.60	143.22	1.25	1
2008	12.82	137.94	1.24	2
2009	13.56	124.18	1.26	3
2010	12.33	117.72	1.03	4
2011	12.06	133.79	1.19	5
2012	11.91	146.12	1.23	6
2013	13.58	115.54	1.07	7
MEDIA	12.97	131.17	1.18	

Cuadro N° 1.- Variedad Mex 73 523, Area 107 ha

5.-) Dosis y volúmenes aplicados

Inicialmente la aplicación de la dosis diaria de agua o lamina de riego a aplicar al cultivar, se calculaba teniendo en cuenta la información climática del mes anterior, posteriormente se fue ajustando los cálculos llegando a usar (actualmente) la información climática de los 3 últimos días antes del riego para la programación semanal.

a-) Aplicación tradicional

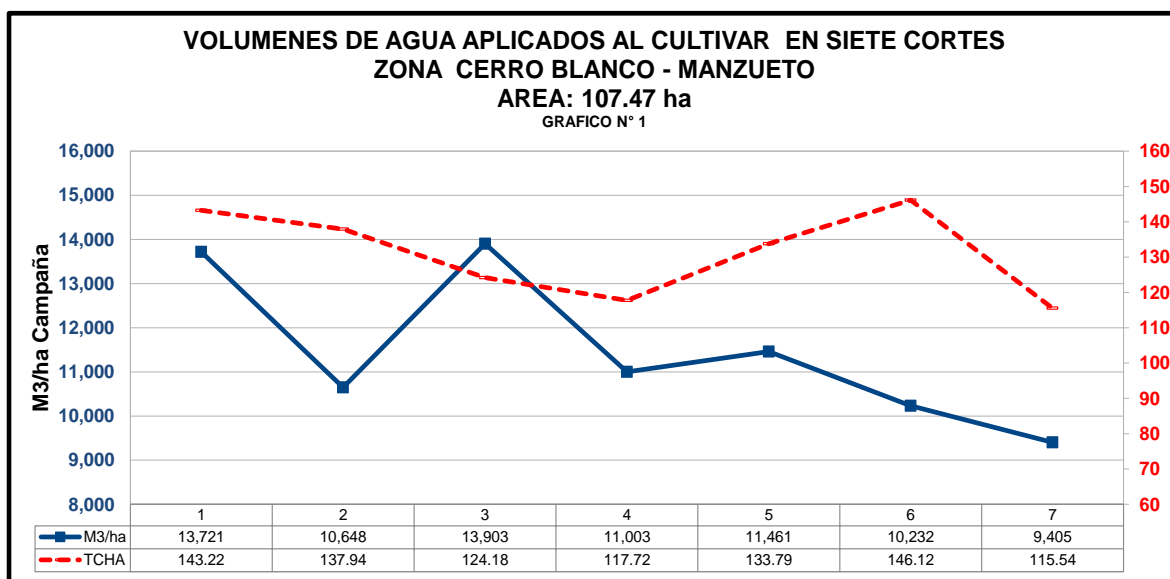
De las verificaciones de campo y la información estadística de volúmenes aplicados en el Valle de Fortaleza y Pativilca, en un inicio ha sido del orden de los 18 mil m³/ha. Según cuadro N° 2 para el muestreo realizado se obtuvo por campana una aplicación promedio de 17,904 m³/ha.

Año	ZONA	TCHA	TAHM	m ³ /ha
2008	Cerro Blanco	106.24	1.07	18,817
2009	Cerro Blanco	111.61	1.19	14,662
2009	Cerro Blanco	99.23	0.95	18,374
2008	Cerro Blanco	97.96	0.98	16,972
2009	Cerro Blanco	114.98	1.06	17,567
2010	Otopongo	98.91	0.87	20,531
MEDIA		107.92	1.02	17,904

b-) Aplicación con seguimiento

Con la implementación de un conjunto de protocolos y medidas de seguimiento al riego y fertirriego, a través de equipos y accesorios tales como Full Stop, Tensiómetros, Sonda de succión, FDR (sensores de humedad, conductividad, pH, descarga de goteros), así como habilitaciones continuas de calicatas de control y análisis de suelo y foliares, permitieron disminuir la aplicación total de agua al cultivar, sin

Cuadro N° 2.- Volúmenes aplicados en m³/ha campaña



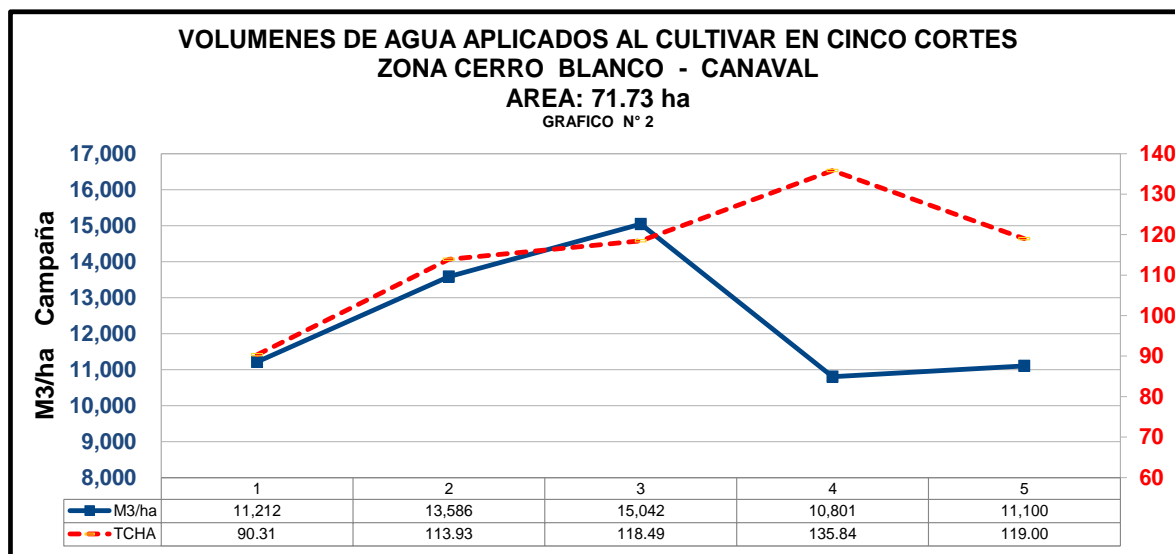
afectar el rendimiento. En el grafico N°1 se puede observar que a pesar de haber reducido los volúmenes de aplicación desde el primer corte, se logro en los siguientes cortes continuar optimizando el recurso hídrico sin afectar la producción, en la variedad Mex 73523, aplicando los protocolos de seguimiento.

De la evaluación del cuadro N°3, sobre volúmenes de agua aplicados a la variedad Mex 73 523, en un área de 107.47 ha, en suelos profundos de textura media (franco a franco arenoso) y durante siete cortes, se obtuvo un rendimiento promedio de 131.17 Toneladas de caña por hectárea año, una edad promedio de cosecha 12.97 meses y una aplicación promedio de 11,446 m³/ha por campana.

Año	Edad	TCHA	Corte	m ³ /ha
2007	14.60	143.22	1	13,721
2008	12.82	137.94	2	10,648
2009	13.56	124.18	3	13,903
2010	12.33	117.72	4	11,003
2011	12.06	133.79	5	11,461
2012	11.91	146.12	6	10,232
2013	13.58	115.54	7	9,405
MEDIA	12.97	131.17		11,446

Cuadro N°3.- Volúmenes aplicados, Mex 73 523, 107.47 ha

En el grafico N° 2 se puede observar el incremento del volumen de agua aplicado al cultivar, desde el primer corte con 11,212 m3/ha hasta el tercer corte con 15,042 m3/ha y los rendimientos siguen la misma tendencia, sin embargo entre el cuarto y quinto corte el volumen de agua aplicado se reduce a 10,801 y 11,100 m3/ha campaña respectivamente y los rendimientos en Toneladas de caña por



hectárea año se mantiene en su tendencia creciente. Esta respuesta esta vinculada a la variedad, textura y profundidad de suelo, clima, control fitosanitario, fertirriego y al seguimiento apoyado con equipos y accesorios de control.

De la evaluación del cuadro N°4, sobre volúmenes de agua aplicados a las dos variedades existentes en este campo (Mexicana y Puerto Rico), en un área de 71.73 ha, con suelos profundos de textura gruesa 55% del área y suelo de textura media un 45 % del área, durante cinco cortes se obtiene un rendimiento promedio de 115.51 Toneladas de caña por hectárea año, una edad promedio de 14.18 meses y una aplicación promedio de 12,348 m3/ha campaña.

Año	Edad	TCHA	Corte	m3/ha
2009	15.57	90.31	1	11,212
2010	13.96	113.93	2	13,586
2011	14.94	118.49	3	15,042
2012	12.73	135.84	4	10,801
2013	13.69	119.00	5	11,100
MEDIA	14.18	115.51		12,348

Cuadro N°4.- Volúmenes aplicados, Mex 73 523, PR 1111, Area : 71.73 ha

VI.- Habilitaciones para la investigación

Los trabajos de investigación bajo riego por goteo, en lo referente a volúmenes de agua y diferentes dosis de fertilizantes o productos a aplicar previos al agoste (fertirriego), se dificultaba en un inicio, debido a las dificultades para las correctas aplicaciones. Esta dificultad genero una necesidad y resultado de ello es que los últimos sistemas de riego ya habilitan pequeños bloques de ensayos para la investigación, sin comprometer grandes extensiones. De las visitas de campo se pudo verificar la existencia de diseños estadísticos con independencia en la aplicación de los productos. El mas común ha sido el diseño de bloques completamente randomizados (BCR), generalmente se han encontrado con 4 tratamientos y seis repeticiones.

IV.-Conclusiones

- 1.- Los dos primeros sistemas de riego por goteo a nivel comercial en caña de azúcar se instalaron en el Ingenio Azucarero de Paramonga campo Manzuelo y en Ingenio Andahuasi campo Santa Rosa, ubicados en el norte chico de la costa Peruana, con las variedades de periodo vegetativo largo la H-328560 y H-507209 respectivamente.
- 2.- Los primeros sistemas de riego por goteo en caña de azúcar, instalados en la costa Peruana en suelos de textura gruesa tuvieron un marco de plantación de 3 metros entre el eje de los doble surco o surco mellizo, y estos surcos mellizos distanciados entre si 0.80 metros. Posteriormente en el norte chico se probaron diferentes marcos de plantación incluyendo 1.80 metros entre eje de los doble surcos, quedando finalmente a la fecha el marco de plantación a 2.40 metros entre el eje de los surcos mellizos o doble surco, y los surcos mellizos distanciados entre ellos 0.60 metros. Este último marco de plantación es el que prevalece actualmente.
- 3.- Desde el inicio las mangueras de riego por goteo se enterraron en el lomo del surco mellizo, labor que se realizaba simultáneamente al surcado del terreno. La profundidad final a la que han quedado las mangueras es en promedio 16 centímetros. En laderas o terrenos con pendientes fuertes y suelos poco profundos, las mangueras de goteo se colocaron sobre la superficie del suelo.
- 4.- El diseño de la longitud de las mangueras de riego por goteo o longitud del surco vario en función a la necesidad de mecanización del campo, los primeros diseños fueron mangueras alimentadas por un extremo con longitud de hasta 100 metros de surco y las mangueras alimentadas por un punto intermedio con longitud de surco hasta 180 metros, manteniendo una uniformidad de riego mayor o igual a 85%. Las características hidráulicas de estas condiciones fueron goteros distanciados 0.40 a 0.50 m, con descargas de 1.68 a 1 lph. con diámetro interno promedio de la manguera igual a 16 mm. Posteriormente con goteros auto compensados, espaciados 0.50 metros, descargas de 1 lph, igual diámetro interno, se diseñaron e instalaron mangueras alimentadas por un extremo hasta 200 metros de surco y alimentados por un punto intermedio hasta 400 metros de surco.
- 5.- Los volúmenes de riego aplicados inicialmente en promedio estuvieron a niveles de 18 mil m³/ha campaña, y a medida que se fueron implementando medidas de control y monitoreo, los volúmenes aplicados se fueron reduciendo en promedio a 14 mil m³/ha campaña, posteriormente con el manejo y reducción de edades de cosecha, aplicación de madurantes y la eficiencia de la aplicación los volúmenes aplicados han estado entre 12 y 14 mil m³/ha campaña.
- 6.- La dosificación total de fertirriego se fraccionó, inicialmente de 5 o 6 aplicaciones durante toda la campaña, a aplicaciones diarias o interdiario; en suelos poco profundos y de textura gruesa el riego diario también se fracciona a dos aplicaciones.
- 7.- La dosis total de N, P, K. aplicada en los primeros proyectos de riego fue de 300, 0, 0; y en los proyectos últimos se hacen aplicaciones de 220, 30, 70 y/o 250, 30, 130. Estas aplicaciones se realizan hasta los 5, 6 y 10 meses de edad respectivamente (N,P,K) y los porcentajes máximos se aplican a los 4, 5 y 5 meses de edad respectivamente.
- 8.- Del seguimiento realizado a los últimos sistemas de riego por goteo con emisores auto compensados se obtuvieron uniformidades de riego mayores o iguales a 90% y en cuanto a la descarga, se encontró

que después del tercer corte del cultivar se produjo incremento del caudal promedio en 10%. La medida de contingencia tomada en estos casos fue aumentar un turno de riego.

- 9.- La evolución en los sistemas de filtrado fue de filtros tipo tanque de grava a filtros de anillos, ambos controlados automáticamente, y en el caso de agua de subsuelo se usó hidrociclón. La inyección de fertilizantes no sufrió cambios importantes, se mantuvo el inyector tipo Venturi, con descarga de 1000 a 1200 l/h.

V.-Referencias

Cadahia, C. (1998). "Fertirrigación". Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 689 p.

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

Cañamero, M. & Laguna, T. (2012). Innovación Tecnológica en Riego. 1ra. Ed. CONCYTEC, Lima, Perú. 189 p.

Departamento de Estadística. (2014). Reportes de campo. Empresa Agroindustrial Paramonga, Perú.

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

Helfgott, L. S., (2003), "Cultivo de la Caña de Azúcar", Ed. Yyyyyy, zzz pag.

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

Kahlon, M.S., Khera, K.L. & Josan, A.S. (2004). Salt and moisture distribution in rhizosphere under drip and furrow methods of irrigation. Journal of Soils and Crops, 14 (2) 224-229.

Pizarro, F. J., (1996), "Riegos localizados de alta frecuencia", Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España, 514 p.

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

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

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