

## EVALUACIONES SOBRE LA EXPLOTACION DE LOS EQUIPOS DE RIEGO OACRIS

ING. RAFAEL VIGO HERNANDEZ

### RESUMEN

Por la importancia que tiene explotar adecuadamente las instalaciones de riego por aspersión en las áreas cañeras y teniendo en cuenta la gran cantidad de equipos de largo alcance que para este objetivo existen en todo el país, se presentan los resultados de las evaluaciones de laboratorio y de campo realizadas a varios agregados OACRIS instalados en las áreas de la Empresa Cañera "30 de Noviembre" en la provincia de Pinar del Río.

### INTRODUCCION:

*Este artículo se elaboró a partir de los resultados fundamentales sobre el Trabajo de Diploma "Soluciones de la Técnica de Riego en la Empresa Cañera 30 de Noviembre" (4)*

*Como se conoce, la caña es un cultivo resistente a la falta de agua y, que además, se puede cultivar comercialmente en nuestro clima en condiciones de secano. Esas cualidades de la dulce gramínea han sido las causantes principales de que sea el regadío la actividad que más problemas confronta dentro de la agrotecnia cañera.*

*Así vemos que se ofrecen datos de rendimiento agrícola de la caña "de regadío" similares y a veces inferiores a los de la caña "de secano". No es la intención de este trabajo entrar a analizar estas causales en detalle. Por ejemplo, a veces nos conformamos con inundar de agua partes de un campo cañero 1 ó 2 veces al año y considerar eso como "área bajo riego".*

*Al usar los aspersores de largo alcance (cañones) consideramos que se está entregando una lámina de agua uniforme a toda el área, quedando en realidad grandes franjas de terreno sin recibir los beneficios del riego y, aquellas zonas que se humedecen, reciben el agua con tan poca frecuencia (intervalos muy grandes) que no logran incrementos de producción notables.*

*Es muy justo decir que estos equipos de riego con aspersores "gigantes" han jugado un papel fundamental en el desarrollo de la agricultura cañera en los últimos 7 u 8 años. Han servido además, para garantizar muchos planes de siembra, mantener una supervivencia del cultivo, lograr incrementos importantes de producción en muchos casos y contribuir a crear masivamente la conciencia y el hábito de regar la caña!*

*Sin embargo, el país se encuentra en una etapa de perfeccionamiento de la agricultura y debemos trabajar para que el regadío juegue su verdadero papel, haciendo de él una actividad clara, imprescindible para asegurar grandes cosechas y, rentable económicamente.*

### CONSIDERACIONES NECESARIAS

Es necesario señalar que en todo equipo de riego por aspersión, el elemento fundamental a partir del cual se realizan todos los cálculos del esquema o sistema de riego, es el aspersor. Esto es aún más significativo cuando se trata de equipos que utilizan aspersores de largo alcance o alta presión. Por lo tanto, no sería lo mismo hablar de equipos OACRIS con aspersores "XIII Congreso" y boquilla porta arandelas, que hablar de equipos OACRIS con aspersores R-50 y, tampoco sería igual, si el aspersor en cuestión es la copia de producción nacional (MAR -50).

De igual forma, es muy importante, tanto en un tipo de aspersor como en otro, tener en cuenta las variaciones de operación que se reflejan en la motobomba al cambiar el diámetro de la boquilla o el número de laterales que trabajan a la vez.

Esas diferencias tienen su influencia directa en el espaciamiento efectivo entre aspersores y laterales, en la norma o lámina de agua neia garantizada, en los cálculos hidráulicos del sistema (gasto en las tuberías, pérdidas por fricción) y en el punto de operación verdadero del equipo de bombeo, entre otros.

Otra cuestión que es necesario abordar es la que se refiere a la eficiencia de aplicación del agua en la aspersión, aspecto que tampoco ha sido es-

tudiado convenientemente en nuestro país, pero no por eso se debe subestimar su efecto real.

Las pérdidas de aguas en la aspersión dependen del clima (temperatura del aire y humedad relativa) y del tipo de cultivo que se riega (can-

tidad de agua que puede ser interceptada por las hojas). Existe una pérdida de agua por evaporación cuando la lluvia artificial está en el aire y otra que se produce directamente desde la superficie mojada (suelo y cultivo) mientras dura la aplicación del agua por el aspersor.

CARACTERÍSTICAS DEL ASPERSOR XIII CONGRESO (boquilla de arandela)

Tabla No. 1

Díámetro boquilla mm	Presión m	Gasto l/s	Alcance (R) m
32 Cg = 0,65	35	14,5	32
	40	15,5	36
	45	16,5	39
	50	17,4	40
	55	18,2	41
	60	19,0	44
	65	19,8	47
	70	20,6	49
36 Cg = 0,69	75	21,3	—
	35	18,4	34
	40	19,7	37
	45	20,9	40
	50	22,0	42
	55	23,0	44
	60	24,1	46
	65	25,1	49
38 Cg = 0,70	70	26,0	—
	35	20,5	35
	40	21,9	37
	45	23,2	40
	50	24,5	44
	55	25,7	46
60	26,8	48	

$$C_g = \frac{Q_r}{Q_t}$$

donde:

Cg — es el coeficiente de gasto

Qr — el gasto real medido

Qt — el gasto teórico calculado

---

Esas características generales que inciden en las pérdidas de agua durante la aplicación de la lluvia artificial varían con el tipo y modelo de aspersor. Mientras más tiempo esté el chorro expuesto al aire, mayores serán las pérdidas. No sería lo mismo la eficiencia de aplicación de un aspersor de baja presión (pequeño alcance) que la de un aspersor gigante (largo alcance).

Por todo lo anterior, no se debe calcular, en las condiciones climáticas de Cuba, una aplicación por aspersión con eficiencias mayores de un (80-85 %) como promedio en el día y en los diferentes cultivos (11).

Por lo tanto, en el caso de aspersores gigantes cuando decimos que aplicamos por ejemplo, una norma bruta de 40 mm, debemos estar conscientes de que el suelo no almacenará más de 32 mm efectivos a la planta.

Lo expuesto anteriormente cobra mayor vigencia si se tiene en cuenta que todos los aspersores que se están utilizando en el país son de producción nacional, de los cuales ninguno cuenta con un certificado de evaluación de sus parámetros básicos de funcionamiento.

#### PRUEBAS DE LABORATORIO

Los equipos OACRIS evaluados trabajan con aspersores "XIII Congreso" y boquillas porta arandelas

Los únicos antecedentes de evaluaciones de este tipo de aspersor, realizadas por el CIH (3), (5) no reflejan el rango completo de diámetros de boquillas que resultaban de interés (32 a 38 mm). Debido a esto y a la posibilidad que existía de ampliar la información de los parámetros reales de funcionamiento de ese aspersor, se procedió a realizarle las pruebas de gastos y alcance en la plaza de evaluaciones del CIH.

Los gastos medidos, así como los alcances para las diferentes boquillas y presiones ensayadas, se muestran en la tabla No. 1.

Como puede observarse, este tipo de boquilla y en este aspersor específicamente, origina coe-

ficientes de gastos ( $C_g$ ) bastante bajos. No obstante, los valores de gasto medidos se corresponden con los de aspersores similares (2), (3) (8), (9).

No sucedió lo mismo con el radio de alcance, pues en todos los casos los valores medidos (promediando 2 diámetros perpendiculares y con velocidades de viento menores de 0,5 m/s), están por debajo de los que se ofrecen en catálogos de aspersores similares (9), acercándose más estos valores a los encontrados por García, et al (3).

#### ESQUEMAS DE RIEGO POSIBLES

Partiendo de los parámetros medidos a los aspersores en las pruebas de laboratorio, se calcularon varios esquemas de riego para llegar a conocer sus posibilidades desde el punto de vista de proyecto.

Se trabajó con los siguientes criterios de diseño:

- a) Espaciamiento para lograr solape mínimo en condiciones normales de viento:

$$E_a \leq 0,60 D; \quad E_l \leq 0,70 D, \text{ donde:}$$

$E_a$  – es el espaciamiento entre aspersores.

$E_l$  – el espaciamiento entre laterales.

$D$  – el diámetro de alcance del aspersor.

- b) Tiempo de puesta:

El tiempo de puesta del aspersor estará limitado por la necesidad de cambiar el lateral diariamente a la misma hora (criterio práctico).

- c) Eficiencia de aplicación de la lluvia artificial: 80 %

- d) Pérdida de carga:

$$\text{Coeficiente de William Hazen } C = 120 \text{ (lateral) y } C = 125 \text{ – (maestra)}$$

$$\text{Pérdida de carga en el lateral } (h_{l,at}) \leq 0,20 \text{ ho}$$

Pérdida de carga en la maestra ( $h_{f ma}$ )  $\leq 0,25 h_o$   
donde:

$h_o$  – es la presión de trabajo del aspersor.

c) Carga dinámica total (CDT):

$$CDT = h_o + h_{f lat} + h_{f ma} + h_{f acc} + h_{f succ} + \Delta Z$$

donde:

$h_{f acc}$  – es la pérdida de carga por accesorios (se consideran 2 m en un equipo OACRIS)

$h_{f succ}$  – la pérdida de carga en la succión más el desnivel entre el agua y la bomba (se consideran 3 m)

$\Delta Z$  – Desnivel desfavorable del terreno entre la bomba y el aspersor.

f) Posibilidades de la metobomba:

Después de realizar los cálculos hidráulicos de cada esquema de riego propuesto, se compara el punto de operación demandado por el sistema con las curvas carga capacidad de la bomba para diferentes revoluciones del motor. Este análisis permite conocer si el aspersor podrá operar de acuerdo a como fue supuesto.

g) Campos típicos:

En los casos en que se consideró racional se modifican las dimensiones de los campos típicos cañeros para adaptarlos a los espaciamientos permisibles entre laterales.

h) Presión mínima de trabajo:

Para garantizar una calidad adecuada de la lluvia artificial (tamaño recomendado de las gotas) se consideró como presión de trabajo mínima 48 m para las boquillas de 32 mm, 54 m para las boquillas de 36 mm y 57 m para las boquillas de 38 mm (1). Los esquemas de riego así calculados se nombraron de acuerdo al diámetro de la bo-

quilla y al número de laterales que trabajan a la vez. Estos son:

- a) OACRIS 32-3 (boquillas de 32 mm y 3 laterales)
- b) OACRIS 32-4
- c) OACRIS 36-3
- d) OACRIS 36-3-A (idem anterior pero con dimensiones diferentes de los campos típicos)
- e) OACRIS 36-4
- f) OACRIS 38-3
- g) OACRIS 38-4

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran los esquemas de riego de mayores posibilidades. No aparecen todos por falta de espacio.

En dichas figuras se simbolizan algunos parámetros que caracterizan al esquema y que tienen los significados siguientes:  $h_o$ ,  $q_o$  y  $D$  = presión de trabajo, gasto y diámetro de alcance del aspersor respectivamente.

**AB** = Area bruta de los dos bloques que se cubren con un equipo

**AN** = Area neta sembrada y regada

**CuA** = Coeficiente de utilización del área

**tpa** = Tiempo de puesta del aspersor

**ia** = Lluvia neta aplicada

**m** = Norma de riego parcial neta garantizada

**tpl** = Tiempo de puesta del lateral

**T** = Intervalo entre riegos garantizado

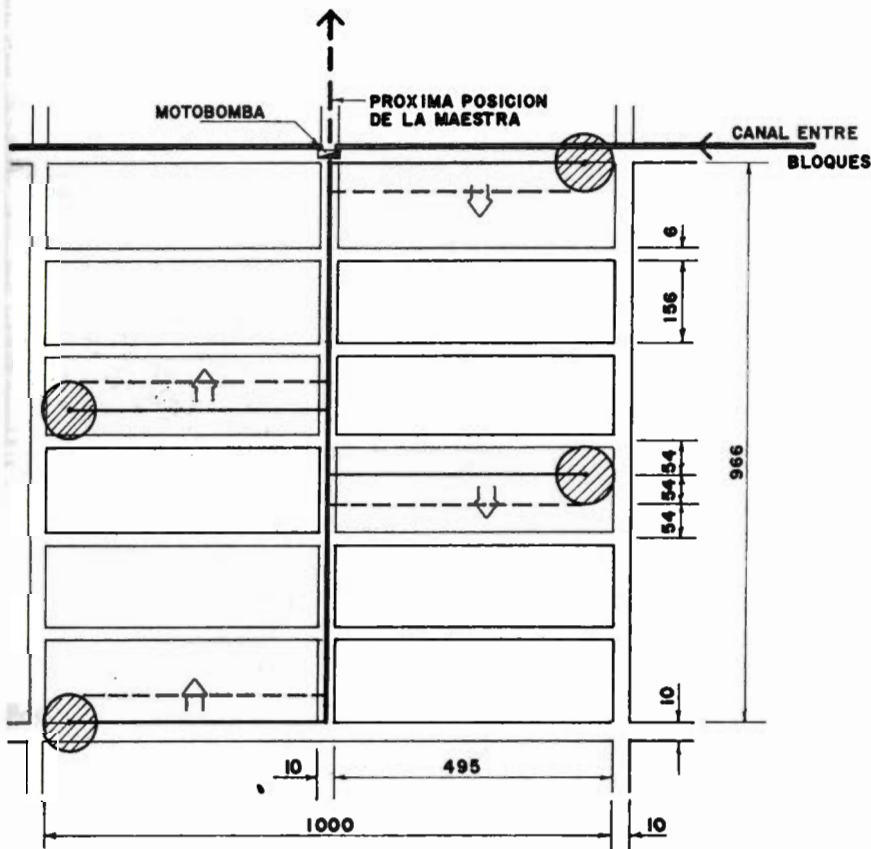
**No. de P/lat** = Número de posiciones de aspersor en cada lateral.

Ya en el análisis teórico realizado a partir de los criterios de diseño establecidos anteriormente, se observó lo siguiente.

- a) El esquema OACRIS 32-4 puede trabajar cómodamente, por lo que se probó aumen-

tar la presión de trabajo hasta 70 m con vista a lograr mayor gasto y alcance y, así surgió, el esquema OACRIS 32-4-A, en el cual se amplía el espaciamiento entre aspersores y laterales y se modificaron los campos típicos (ver fig. 2).

$$h_0 = 55 \text{ m} ; Q_0 = 17 \text{ l/seg} ; D = 82 \text{ m}$$



1. Esquema de riego Oacris 32-4

$$A_B = 197,2 \text{ ha}$$

$$\hat{t}_{Pa} = 2 \text{ HORAS}$$

$$A_N = 177,7 \text{ ha}$$

$$\hat{t}_{Pl} = 18 \text{ HORAS}$$

$$C_{UA} = 0,901$$

$$m = 380 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$E_a = 48 \text{ m}$$

$$N^{\circ} \text{ DE P/LAT} = 9$$

$$E_l = 54 \text{ m}$$

$$T = 20 \text{ DIAS}$$

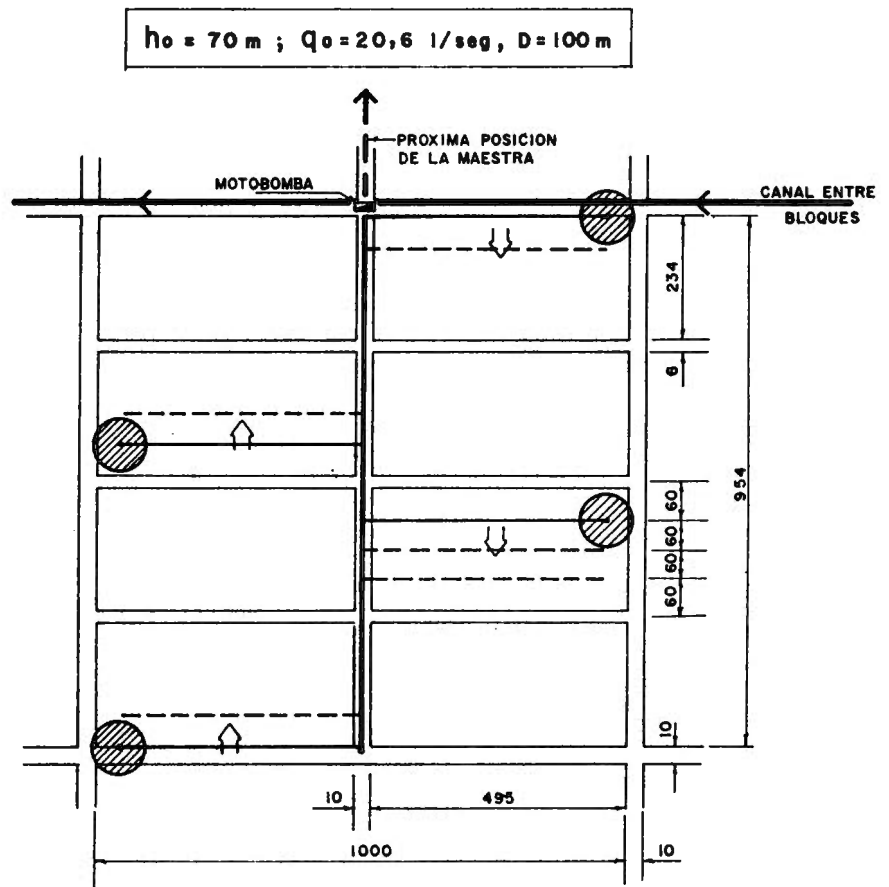
$$i_a = 19 \text{ mm/h}$$

- b) El esquema OACRIS 36-4 va a producir pérdidas de carga en la maestra, mayores de las permisibles pero, además, la motobomba no debe garantizar la presión mínima requerida en los aspersores (punto de operación fuera de la curva carga-capacidad).
- c) El esquema OACRIS 38-3 puede ser garantizado por la motobomba, no así el OACRIS

38-4 por una situación mucho más desfavorable que la planteada en b).

*Pruebas de campo*

Con la finalidad de llegar a conclusiones objetivas y prácticas, todos los esquemas de riego anteriores fueron evaluados en condiciones normales de explotación, midiéndose nuevamente las



2. Esquema de riego Oacris 32-4-A

AB = 194,7 ha	t <sub>pa</sub> = 2 HORAS
AN = 177,7	t <sub>PI</sub> = 16 HORAS
CUA = 0,913	m = 330 m <sup>3</sup> /ha
Ea = 60 m	Nº DE P/LAT = 8
EI = 60 m	T = 18 DIAS
ia = 16,5 mm/h	

presiones de trabajo de los aspersores y sus alcances y, además, el solape y las revoluciones del motor. Todo esto con velocidades del viento menores de 2 m/s. En estas pruebas se obtuvieron los siguientes resultados (ver tabla No. 2).

- a) Los valores de alcance de los aspersores para las diferentes presiones se comportaron de manera similar a los obtenidos en las pruebas de laboratorios.
- b) La motobomba lograba la presión de trabajo en los aspersores con rpm algo menores que los supuestos por cálculos.
- c) Los esquemas OACRIS 36-4 y OACRIS 38-4 no pueden ser garantizados por la motobomba a la presión mínima establecida.
- d) El esquema OACRIS 32-4 (fig. 1) puede ser garantizado por la motobomba con sólo 1 400 rpm del motor.
- e) El esquema OACRIS 32-4-A (fig. 2) se logra garantizar a 1 650 rpm.
- f) El esquema OACRIS 38-3 (fig. 3) se garantiza a 1 600 rpm.
- g) El comportamiento general de la motobomba frente a los diferentes esquemas de riego se puede analizar en el gráfico de la fig. 4.

#### Posibilidades de otros aspersores

Con vista a generalizar en lo posible los resultados de este trabajo, a continuación se hace un breve análisis, de las posibilidades del OACRIS con otros aspersores.

En las orientaciones técnicas sobre el uso y explotación de los equipos OACRIS (9), (10) se plantea la utilización en los mismos de aspersores de producción nacional similares al R-50 con boquillas de arandela de 40 mm de diámetro, para que sea operado a una presión de 4,5 Kg/cm<sup>2</sup>. En esas condiciones, según dicha información, el gasto debe ser de 25 l/s y el radio de alcance de 59 m.

Tabla No. 2

#### RESUMEN DE LAS EVALUACIONES DE CAMPO REALIZADAS A LOS ESQUEMAS DE RIEGO PROPUESTOS

Esquema evaluado	motor, rpm	Presión promedio, m <sup>2</sup>	Alcance promedio, m <sup>**</sup>
OACRIS 32-3	1400	59	44
	1500	66	47
	1650	78	51
OACRIS 32-4	1400	56	41
	1500	63	46
	1600	69	48
	1650	70	52
OACRIS 36-3	1400	54	48
	1500	62	50
	1650	69	53
OACRIS 36-4	1500	44	40
	1600	47	43
	1650	48	43
OACRIS 38-3	1400	48	44
	1500	54	46
	1650	60	49
OACRIS 38-4	1650	40	40

\* Presión promedio de todos los aspersores trabajando

\*\* Alcance promedio de todos los aspersores trabajando

Llaman la atención varias cuestiones con relación a la selección de ese modelo de aspersor para los equipos OACRIS:

- a) La calidad de la lluvia artificial producida por este aspersor tiene que ser muy mala, ya que las gotas serán demasiado gruesas, según el siguiente criterio (1):

$$\frac{h}{d} < 1500, \text{ no se debe regar}$$

$$\frac{h}{d} = 1500 - 1600, \text{ gotas gruesas, ad-}$$

misible para cultivos que no se afecten donde:

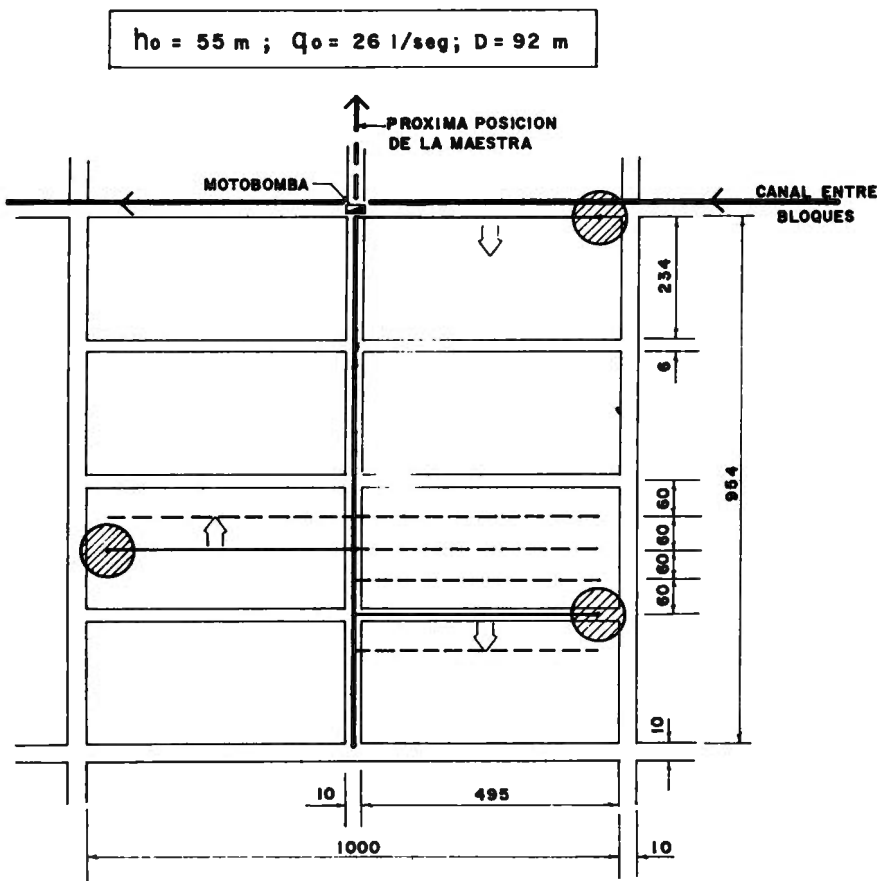
h— es la presión de trabajo del aspersor, en metros.

d— el diámetro de la boquilla, en metros.

En el caso analizado,  $\frac{h}{d} = 1125$ , es decir

que la boquilla de 40 mm es demasiado grande o la presión de trabajo demasiado baja.

b) Se han tomado los parámetros de funcionamiento de un aspersor de catálogo y se han supuesto estos mismos para la copia nacional. Según los coeficientes de gastos evaluados en aspersores similares de producción nacional (3), (4), (5), el gasto de este aspersor debe ser algo mayor de 25 l/s y su



Esquema de riego Oacris 38-3

$A_B = 194,7 \text{ ha}$

$t_{Pa} = 2 \text{ HORAS}$

$A_N = 177,7$

$t_{PI} = 16 \text{ HORAS}$

$CUA = 0,913$

$m = 420 \text{ m}^3/\text{ha}$

$E_a = 60 \text{ m}$

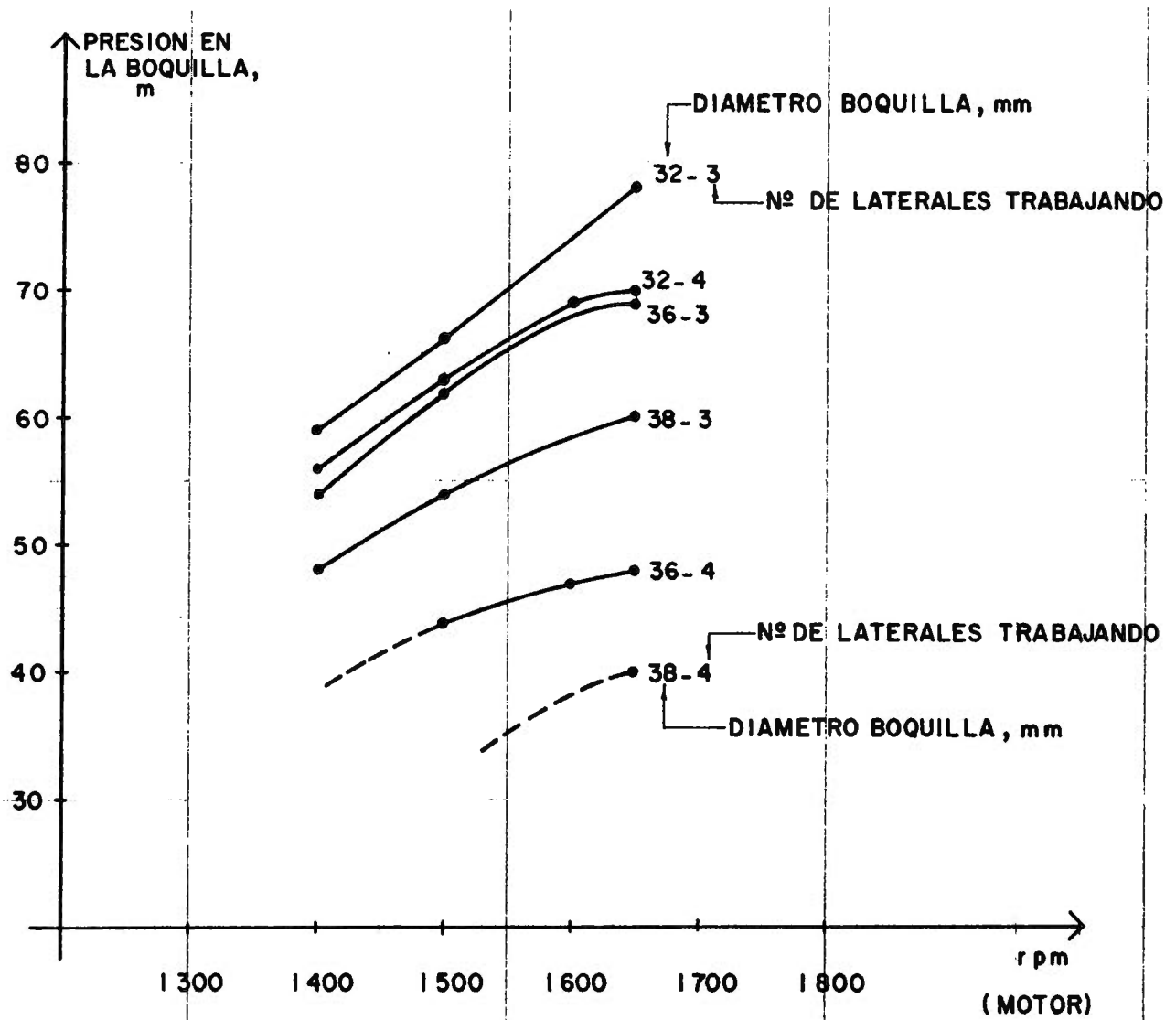
$N^\circ \text{ DE P/LAT} = 8$

$E_l = 60 \text{ m}$

$T = 24 \text{ DIAS}$

$i_a = 21 \text{ mm/h}$





4. Comportamiento de la motobomba del Oacris para diferentes esquemas de riego con aspersores "XIII Congreso" Boquilla Arandela

alcance real, bastante menor. Por ejemplo, en la evaluación del "San Cristóbal", con boquilla de arandela de 41 mm, solamente se logró un alcance de 55 m a pesar de que la presión fue mayor que la planteada ahora (4,92 Kg/cm<sup>2</sup>).

c) Los aspersores de largo alcance presentan una gran afectación a velocidades de viento

mayores de 2 m/s. Esto se refleja en disminuciones del coeficiente de uniformidad a valores inaceptables cuando se pasa de un esquema a cero viento al esquema real con viento (6).

d) La bomba Sagua II opera con una eficiencia menor que la original de la SPP, entregando una carga menor para cada gasto.

Esta diferencia es más significativa en la medida que aumenta el gasto (7).

- e) De acuerdo a la carga dinámica total que demanda el esquema de riego propuesto, la presión de 4,5 Kg/cm<sup>2</sup> solamente se garantizaría por la motobomba cuando las condiciones topográficas del terreno a regar sean favorables (terreno a nivel o con pendiente positiva).

Todo lo anterior plantea la necesidad de evaluar los aspersores MAR-50 para diferentes boquillas y presiones de trabajo con vistas a definir exactamente el modelo de aspersor y el esquema de riego más adecuados para los equipos OACRIS.

#### CONCLUSIONES:

- a) Se comprobó a partir de las pruebas de laboratorios y de campo realizadas, que los equipos de riego OACRIS con aspersores "XIII Congreso" no pueden trabajar eficientemente de acuerdo a los esquemas y recomendaciones de su manual de operación (10).
- b) Las evaluaciones de laboratorio y de campo realizadas al aspersor "XIII Congreso" demuestran que los alcances reales para las diferentes boquillas y presiones están muy por debajo de los valores teóricos supuestos (comparar los valores de la tabla 2 con la tabla de la referencia 9).
- c) Para que la motobomba actual del OACRIS opere eficientemente con 4 laterales, las boquillas de los aspersores no deben ser mayores de 34 mm.
- d) Si se quieren utilizar aspersores con boquillas mayores de 34 mm, el equipo no debe trabajar con más de tres laterales.
- e) Las presiones de trabajo máximas que se pueden garantizar con las boquillas de 36 y 38 mm están entre 5,0 y 5,5 Kg/cm<sup>2</sup> (con 3 laterales). Presiones de trabajo mayores (hasta 7,0 Kg/cm<sup>2</sup>), sólo pueden lograrse con las boquillas de 32 mm.
- f) Los espaciamientos para garantizar el solape mínimo (riego uniforme) en todos los casos anteriores, no debe ser mayor de 60 m
- g) Las conclusiones anteriores implican modificaciones en las dimensiones actuales de los campos típicos cañeros (ver fig. 1,2 y 3).
- h) Los mejores esquemas de riego de los analizados, son los basados en las boquillas de 32 mm: el OACRIS 32-4 para garantizar las siembras y el OACRIS 32-4-A para los equipos vinculados a áreas fijas, en las cuales se quiera lograr grandes incrementos de producción.
- i) Es fundamental que cada vez que se ponga en explotación comercial un nuevo modelo de aspersor, éste haya sido evaluado previamente trabajando solo, para conocer sus parámetros reales de funcionamiento y, aquellos esquemas de riego que se propongan, deben ser evaluados de conjunto (aspersores, laterales, maestra y motobomba), en condiciones normales de explotación.

#### BIBLIOGRAFIA

- 1— Dyuninsky, Boyan: Sistema de Riego (en idioma búlgaro), Editorial Técnica, Sofía, 1980.
- 2— Egaña, Jorge: "Manual de Instalación y Operación de los Sistemas de Riego por Aspersión San Cristóbal", CIDA, La Habana, 1977.
- 3— García, E. et al: "Evaluación del Aspersor XIII Congreso" Informe Técnico (sin publicar), CIH, 1978.
- 4— Hernández, Lestón, Naranjo M. y González M: "Soluciones de la Técnica de Riego en la Empresa Cañera 30 de Noviembre", trabajo de diploma tutelado por el Ing. R. Vigoa, La Habana, 1981.
- 5— León, A. y García, E.: "Evaluación Técnica del Aspersor San Cristóbal", Revista Voluntad Hidráulica, No. 38, La Habana, 1976
- 6— León, A.: "Investigaciones sobre el uso de aspersores de largo alcance en las condiciones de Cuba", tesis de candidatura, en idioma búlgaro, Sofía, 1981.
- 7— Riaño, F. "Informe técnico sobre la evaluación de la Bomba Sagua II", CIH, La Habana.
- 8— Vigoa, R., Estopiñán, A; "Anexo a las Separatas de Riego por Aspersión" CUJAE, La Habana, 1974.
- 9— "Normas Técnicas para la Instalación y Explotación Sistema OASIS, CIDA, La Habana, 1977.
- 10— "Riego por Aspersión a la Caña Sistema OACRIS", CIDA, La Habana, 1977.
- 11— "Sprinkler Irrigation Handbook" Rain Bird Sprinkler Corp., fifth edition, California, USA