5

DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LOS CULTIVOS PRIORITARIOS (ALGODONERO) EN EL CARIBE SECO COLOMBIANO.

*José Murillo Solano**

BIBLIOTECA AGROPECUARIA

INTRODUCCIÓN

Problemática. La productividad y el área de siembra del sistema de producción algodón en el Caribe Seco Colombiano están afectados considerablemente por la escasez de agua, debido a la baja precipitación mal distribuida entre 800 y 1500 mm (ICA 1993) que simultáneamente con el mal manejo, se traducen en uso indiscriminado del recurso, con lo cual se obtienen niveles muy bajos de eficiencia de aplicación y de rendimiento, además de la degradación de los suelos por erosión hídrica y por salinización (Forero, 1995).

En las áreas algodoneras donde se utiliza el riego existe desconocimiento de los requerimientos de agua de las variedades que se siembran por falta de generación de ésta tecnología. Por otra parte, en las áreas algodoneras donde no se dispone de riego, se desconocen cuales son los genotipos más eficientes en el uso de agua o tolerantes a sequía. Por tanto los agricultores no seleccionan las variedades que más se ajusten a los déficits hídricos de la zona.

El agua y su manejo constituyen entonces, una de las grandes limitantes del algodonero, lo que origina baja rentabilidad a los productores, abandono de la actividad algodonera, desempleo en la población y malestar social.

Siendo el agua un recurso escaso y por lo mismo de alto costo, se deben generar tecnologías que conduzcan al uso eficiente de este elemento. Por tanto, se debe investigar en la obtención de los requerimientos hídricos y la eficiencia de uso de agua de los genotipos que se siembran en la región en sus fases de desarrollo para recomendar los más competitivos para las condiciones de agricultura bajo riego y agricultura de secano.

OBJETIVO

General: Propender por la aplicación racional y eficiente del agua de rie-

*Ing. Agrícola –Corpoica C.I. Motilonia Apartado Postal 021 Codazzi, Cesar

Corpoica Regional 3

go con el fin de contribuir a incrementar la productividad y el nivel de vida de los productores del sistema de producción algodón en el Caribe Seco.

Específicos:

- Determinar los requerimientos de agua de genotipos de algodón en sus distintas fases de desarrollo.
- Evaluar el rendimiento de las variedades de algodón de acuerdo con las aplicaciones de agua, encontrado las funciones agua–producción.
- Evaluar la eficiencia del uso de agua de genotipos de algodón.
- Transferir la tecnología generada a productores y profesionales del agro.

MATERIALES Y METODOS

2.1. Localización. Este experimento estuvo ubicado en el Centro de Investigación Motilonia, 5 km vía Bucaramanga, próximo al pozo profundo No. 3 del lote No. 9. Latitud norte 10°11' y longitud oeste 73°15', altitud 180 m.s.n.m. temperatura media 28.7°C, precipitación 1460 mm anuales y zona agroecológica Cj.

Tratamientos. Los tratamientos utilizados en el experimento son:

Tratamiento 1: Lámina igual al 100% de la lámina de agotamiento del suelo, siendo ésta el 50% del agua aprovechable en el primer nivel.

Tratamiento 2: Lámina aproximadamente igual al 80% de la lámina de agotamiento.

Tratamiento 3: Lámina aproximadamente igual al 60% de la lámina de agotamiento.

Tratamiento 4: Lámina aproximadamente igual al 40% de la lámina de agotamiento.

Tratamiento 5: Lámina aproximadamente igual al 20% de la lámina de agotamiento.

Tratamiento 6: sin riego.

Las láminas correspondientes a los tratamientos son generadas por la aplicación de agua decreciente de una línea de aspersores que atraviesa el centro de la parcela en un sistema llamado riego por gradiente. Estas láminas se obtienen al producirse un patrón triangular de distribución de agua operando los aspersores con presiones y boquillas apropiadas.

Diseño experimental. Se estableció el experimento con cuatro genotipos de algodón empleando la metodología de gradiente de humedad en riego por aspersión. El diseño experimental fue el de parcelas subdivididas con tratamientos no aleatorizados. En las parcelas principales fueron ubicadas las cuatro variedades. Cada parcela fue dividida en seis (6) subparcelas correspondientes a los seis (6) tratamien-

tos o niveles de riego. Las variedades se sembraron en parcelas de 348.80 m² con 4 repeticiones cada una. Cada subparcela con un área de 14.5 m² (2.70 x 5.38 m) para un área total de experimento de 1545 m².

Los genotipos de algodón sembrados fueron:

Deltapine 5415
Deltapine 90
Línea LC-134
Gossica MC-23

RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Evapotranspiración real y factor K de los genotipos de algodón.

La tabla 1 muestra los requerimientos de agua promedio para periodos decadales y diarios de los genotipos de algodón en estudio, expresados en términos de evapotranspiración y calculados en el primer nivel de humedad de cada material que fue donde los genotipos no sufrieron estrés hídricos, ya que recibieron suficientes suministro de agua y se obtuvieron las mayores producciones. El monitoreo diario de la humedad del suelo, las aplicaciones de riego, los registros de precipitación, la utilización de la ecuación del balance hídrico permitieron estimar el consumo de agua en cada nivel de humedad por genotipo. Los resultados indican la misma tendencia en los 4 materiales, respecto a la distribución del consumo de agua durante el ciclo del cultivo, de presentar un incremento de requerimiento hídrico en la etapa de establecimiento, alcanza su máximo valor en la etapa reproductiva y decrece durante la maduración lo que se puede visualizar más claramente en la figura 1, que muestran las variaciones de las curvas de evapotranspiración de los 4 genotipos a través de las etapas de desarrollo. Esta situación concuerda con lo encontrado por Rojas (1981.1984).

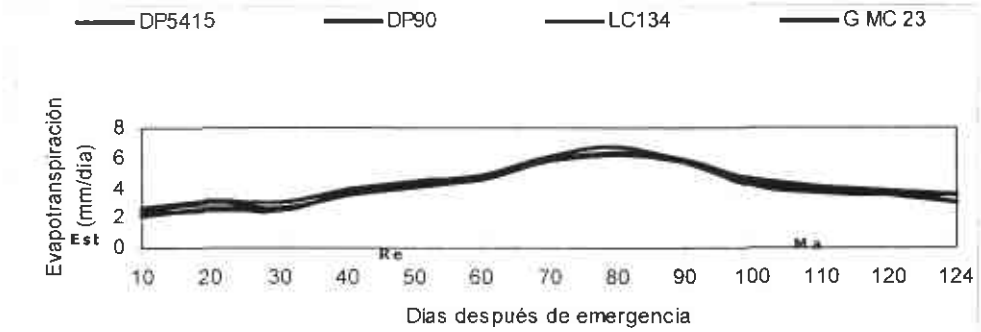

Figura 1. Curvas de evapotranspiración de genotipos de algodón durante el ciclo del cultivo

En efecto, consumieron en promedio en la etapa reproductiva, entre los 32 y 96 días de edad el 65% de sus requerimientos mientras en las etapas de establecimiento y madurez correspondió el 15 y 20% respectivamente. El promedio máximo de evapotranspiración fue obtenido por la variedad Gossica MC-23 con 6.7 mm/día entre los 80 y

los 90 días de edad.

La tabla 1 señala el mayor requerimiento total de agua en todo su ciclo de 548 mm para la variedad Gossica MC-23 lo que es explicable si se tiene en cuenta que fue el genotipo que presentó mayor crecimiento y profundidad de raíz. Los materiales que menores requerimientos totales presentaron fueron Deltapine 5415 y la Línea LC-134 con evapotranspiraciones totales de 503 mm y 506 mm respectivamente, cuyas diferencias con la Gossica MC-23 puede significar en términos prácticos uno o dos riegos menos que repercute en disminución de costos. Estos valores de requerimientos hídricos totales están por debajo de los limites inferiores de los rangos reportados por Rojas (582.5 mm-662 mm) para un ciclo de 140 días y Doorenbos y Kassan (700 mm y 1300 mm) para ciclos de 150-180 días, lo que se puede explicar principalmente considerando que nuestro genotipo en estudio tuvo un ciclo de 124 días.

En la tabla 1 aparecen también los coeficientes K de los genotipos en promedio decadales obtenidos de los datos de evapotranspiración contenidos en la misma tabla 1 y los de evaporación distribuidos decadalmente. **La figura 2** muestra la variación de la curva de los coeficientes K de los diferentes genotipos en sus etapas de desarrollo, donde se observan las mismas tendencias de las curvas de evapotranspiración con los máximos valores de la etapa productiva aproximadamente a los mismos días después de la emergencia, lo que es entendible si se tiene en cuenta que la evapotranspiración está integrada principalmente por la componente de la evaporación del suelo.

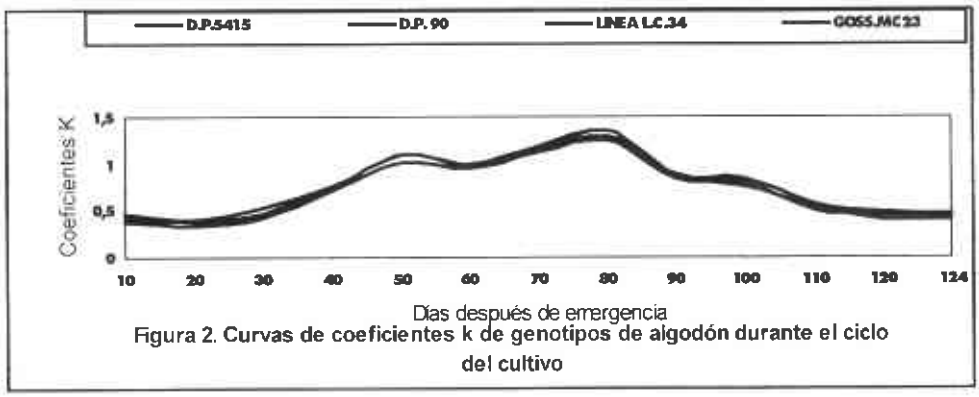

Figura 2. Curvas de coeficientes k de genotipos de algodón durante el ciclo del cultivo

Tabla 1. Evapotranspiración real (ET) y factor K para 4 genotipos de algodón

Periodo días	DELTA PINE 5415			DELTA PINE 90			LINEA LC-134			GOSSICA MC-23		
	ET Periodo (mm)	ET Diario mm/día	Factor K	ET Periodo (mm)	ET Diario mm/día	Factor K	ET Periodo (mm)	ET Diario Mm/día	Factor K	ET Periodo (mm)	ET Diario Mm/día	Factor K
1-10	23	2.3	0.40	24	2.4	0.42	22	2.2	0.38	27	2.7	0.47
11-20	26	2.6	0.33	30	3.0	0.38	27	2.7	0.34	32	3.2	0.41
21-30	25	2.5	0.42	27	2.7	0.46	28	2.8	0.47	31	3.1	0.52
31-40	36	3.6	0.72	37	3.7	0.74	36	3.6	0.72	39	3.9	0.77
41-50	41	4.1	1.01	45	4,5	1.10	42	4.2	1.02	45	4.5	1.10
51-60	46	4.6	0.95	47	4.7	0.98	46	4.6	0.95	48	4.8	1.00
61-70	58	5.8	1.13	58	5.8	1.12	59	5.9	1.14	61	6.1	1.18
71-80	62	6.2	1.25	64	6.4	1.29	63	6.3	1.35	67	6.7	1.35
81-90	57	5.7	0.85	58	5.8	0.87	57	5.7	0.86	59	5.9	0.89
91-100	42	4.2	0.78	44	4.4	0.80	42	4.2	0.77	46	4.6	0.85
101-110	37	3.7	0.50	39	3.9	0.53	40	4.0	0.54	41	4.1	0.56
111-120	36	3.6	0.45	37	3.7	0.48	32	3.2	0.40	38	3.8	0.48
121-124	14	3.5	0.45	12	3.1	0.42	12	3.0	0.40	14	3.5	0.47
TOTAL	503			522			506			548		

Funciones Agua - Rendimiento

La tabla 2 muestra los rendimientos de algodón semilla obtenidos en los diferentes niveles de humedad para cada genotipo en estudio. La **figura 3** indica la relación lineal de la forma Y= a+bx entre la evapotranspiración en los niveles de humedad y sus correspondientes rendimientos en los 4 genotipos cuyas ecuaciones, realizada la regresión entre las dos variables, ajustan para un nivel de significación de 1% y los coeficientes de determinación son 0.96, 0.88, 0.92 y 0.99 para los genitipos Deltapine 5415, Deltapine 90, Línea LC-134 y Gossica MC-23 respectivamente. Sammis (1981) citado por Rojas, reporta relaciones lineales entre el rendimiento y la evapotranspiración del algodón en estudios realizados en Nuevo México y California. Rojas (1981-1984) obtuvo también relaciones lineales en Espinal, Tolima en experimento de riego por gradiente en algodón. Sin embargo, agrega que esta relación es aplicable cuando únicamente otros factores como fertilización, temperatura, radiación y profundidad del suelo no tiene un carácter limitante.

Las ecuaciones de la **figura 3** nos indica que por cada mm de agua de incremento en evapotranspiración el rendimiento en algodón semilla se incrementa 5.6 kg/ha, 4.2 kg/ha, 5.3 kg/ha y 5.2 kg/ha en los genotipos Deltapine 5415, Deltapine 90, Línea LC-134 y Gossica MC-23 respectivamente en condiciones experimentales del Valle del Cesar.

Eficiencia del uso del agua

En la tabla 3 se dan los porcentajes de reducción de rendimiento y los correspondientes porcentajes de déficits de evapotranspiración de cada genotipo calculados con los valores de la Tabla 6 mediante las expresiones $(1 - R/R_{max})$ y $(1 - ET/ET_{max})$ respectivamente.

Para analizar la eficiencia en el uso de agua de los genotipos se utilizó la relación de reducción de rendimiento, definida como K_y., donde :

$$K_y = \frac{(1 - R/R_{max})}{(1 - ET/ET_{max})}$$

En la **figura 4** se dan los resultados de la regresión obtenida entre los porcentaje de reducción de rendimiento y los porcentajes de déficits de evapotranspiración de los 4 genotipos. Los pendientes de las líneas de regresión determinan los valores de las relaciones de reducción de rendimiento y constituyen índices de la eficiencia del uso del agua por los genotipos, es decir, equivalen a las relaciones de reducción de rendimiento. Las funciones de regresión de los genotipos deltapine 5415, deltapine 90, Línea LC-134 y Gossica MC-23 indican que por cada unidad de déficits de evapotranspiración ocurre una reducción de rendimiento de 0.98 kg/ha, 0.82 kg/ha, 0.93 kg/ha y 0.98 kg/ha respectivamente. Es claro que la que tiene menor disminución de rendimiento es la más eficiente en el uso del agua, o sea que la Deltapine 90 *es la más eficiente*, seguida de la Línea LC-134. La Deltapine 5415 y la Gossica MC-23 son los menos eficientes. Lo anterior concuerda con las conclusiones de Doorenbos y Kassan (1986) quienes afirmaron que, en condiciones de riego, las variedades de más baja producción, por su poca sensibilidad al agua, suelen ser las más eficientes y adecuadas para la producción en secano. En cambio los genotipos de alta producción, por su gran sensibilidad en su respuesta al agua generalmente son pocos eficientes.

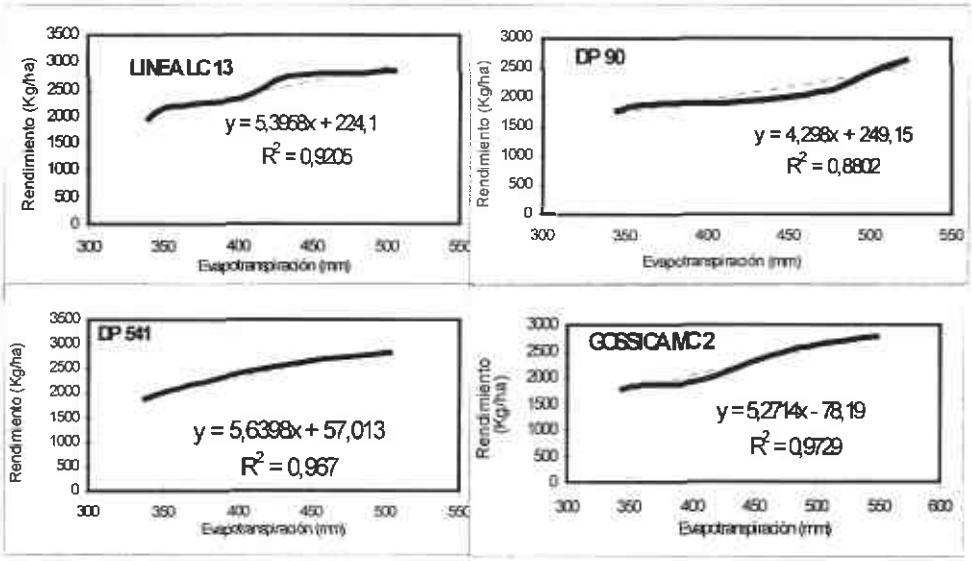

Figura 3. Evapotranspiración Vs. Rendimiento de cuatro genotipos de algodón.

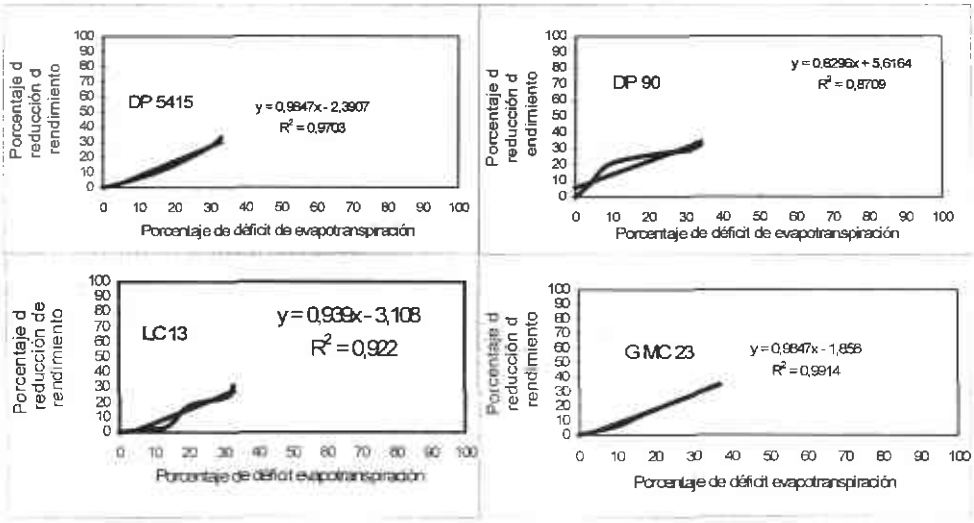

Figura 4. Curvas de Relación de Reducción de Rendimiento en 4 genotipos de algodón

Tabla 2. Evapotranspiración real (ET) y Rendimientos (R) para 4 genotipos de algodón

NIVEL	DELTAPINE 5415		DELTAPINE 90		LINEA LC-134		GOSSICA MC-23	
	ET mm	R Kg/ha	ET mm	R Kg/ha	ET mm	R Kg/ha	ET mm	R Kg/ha
1	503	2820	522	2632	506	2863	548	2777
2	468	2714	501	2425	477	2801	497	2590
3	425	2532	472	2115	434	2751	461	2406
4	387	2304	419	1932	401	2336	412	2136
5	353	2045	362	1878	351	2166	361	1895
6	338	1880	345	1778	340	1966	344	1805

Tabla 3. Porcentaje de Déficits de Evapotranspiración Vs % Reducción de Rendimientos de 4 genotipos de algodón

NIVEL	DELTAPINE 5415		DELTAPINE 90		LINEA LC-134		GOSSICA MC-23	
	Déficits ET %	Reducc. Rend %	Déficits ET %	Reducc. Rend %	Déficits ET %	Reducc. Rend %	Déficits ET %	Reducc. Rend %
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	7	4	4	8	6	2	9	6
3	15	10	10	20	14	4	16	13
4	23	18	20	26	20	18	25	31
5	30	27	30	29	24	24	34	33
6	33	33	34	32	33	31	37	36

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La distribución del patrón triangular de humedad con una línea de aspersores operando con presiones apropiadas permitió la obtención de los tratamientos de riego del experimento de gradiente.

2. La aplicación de los tratamientos del método de gradiente permitió estudiar el efecto de los déficits de evapotranspiración sobre el rendimientos de los genotipos de algodón y determinar los más eficientes en el uso del agua.

3. La relación entre la evapo-transpiración y el rendimiento de los cuatro (4) genotipos de algodón estuvo determinada por funciones lineales la forma Y= b+ax.

4. Los requerimientos totales de agua en términos de evapotranspiración para los genotipos de algodón Deltapine 5415, Deltapine 90, Línea LC-134 y Gossica MC-23 en las condiciones del Valle del Cesar fueron 503 mm, 506 mm, 522 mm y 548 mm respectivamente.

5. El promedio máximo de evapotranspiración fue obtenida por la variedad Gossica MC-23 con 6.7 mm/día entre los 80-90 días de edad.

6. El genotipo más eficiente en el uso de agua fue Deltapine 90 con una relación de rendimiento de 0.82 kg/ha mientras los menos eficientes fueron Gossica MC-23 y Deltapine 5415.

7. Se recomienda bajo condiciones de riego utilizar la variedad Gossica MC-23 mientras bajo condiciones de secano sembrar prioritariamente la Deltapine 90.

8. Se recomienda utilizar la tabla 1 para el manejo de agua con las variedades en estudio en el Caribe Seco Colombiano.

BIBLIOGRAFIA.

Doorenbos, J. y Kassan A. H. 1980. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Riego y drenaje No. 33. Roma: FAO. 177 p.

Forero, J.. A. 1995. Estado del arte y necesidades de investigación ICA. Santafé de Bogotá. 13 p.

Instituto Colombiano Agropecuario 1993. Resumen del diagnóstico sobre la problemática biofísica, económica y tecnológica agropecuaria de la Regional Tres del ICA (Cesar, Guajira y Magdalena). Valledupar. 100 p.

Israelsen, O. W. Hansen V. E. 1965. Principios y aplicaciones de riego. Editorial Reverté S.A. Barcelona. 246-250 p.

Rojas, P. H. 1984. Riego por gradiente en el cultivo de algodón. Universidad Nal. de Colombia Facultad de Ingeniería. Bogotá. 100 p.

Rojas, P. H. 1996. Aspectos básicos del riego. CORPOICA – INAT. Ibagué 86-88 p.