

**19 CONFERENCIA ANUAL DEL SISTEMA EFS®
Greenville SC**

Investigación Sobre la Sustentabilidad

Edgard M. Barnes y Patricia F O'Learly
División de Investigación Agrícola
Cotton Incorporated

Introducción

El objetivo de la investigación agrícola en Cotton Incorporated es mejorar la rentabilidad del algodón a través de la creación y utilización del conocimiento de las ciencias agrícolas. El enfoque en la rentabilidad se dirige al componente económico de la sustentabilidad, previamente anotado en esta sesión. En nuestros programas de investigación con frecuencia encontramos que los esfuerzos para incrementar la rentabilidad también tienen beneficios ambientales y llevan a mejorar la calidad de vida, llevando así continuamente a un sistema de producción sustentable. Dado lo limitado para esta presentación, limitaremos nuestros ejemplos a dos áreas que se discuten con frecuencia en el contexto de los sistemas agrícolas sustentables: el uso del agua y pesticidas. Nuestra investigación en estas áreas se presentará examinando el trabajo para mejorar 1 la precisión en tiempo, cuando aplicamos estos insumos y 2 el espacio en donde éstos son aplicados.

**La investigación de una producción sustentable mejorando
la aplicación oportuna de los insumos.**

Para tener una producción sustentable de algodón, es importante que los insumos solamente se apliquen cuando sea necesario y no se apliquen en cantidades mayores a lo que necesite la cosecha. La investigación de Cotton Incorporated ha establecido un registro para determinar los requerimientos de agua del algodón y estableciendo el punto inicial de los pesticidas (por ejemplo la concentración de pesticidas necesarios antes de que se lleve a cabo cualquier acción). Combinado con los resultados de otras investigaciones, estos esfuerzos ahora nos permiten producir 50% más algodón en la misma cantidad de tierra que hace 25 años. Nuestros esfuerzos actuales para definir estos enfoques con el fin de que se continúen las ganancias en la producción se describen en esta sección.

Control del Agua

En algunas regiones del mundo, se considera a la agricultura como el mayor usuario del agua, pero por una buena razón – el riego puede incrementar el rendimiento de una cosecha de un 100 a un 400 por ciento (FAO, 2006). Esto tiene obvios beneficios económicos para el productor, beneficios para la sociedad proporcionando una fuente consistente y confiable de comida y fibra; y beneficios ambientales, ya que la producción en base a la cantidad de la tierra se maximiza, reduciendo el número de acres de tierra

necesarios para convertirse en un ecosistema natural para alcanzar la creciente demanda de la población mundial. Así que la producción integral de la agricultura por riego puede alcanzar la definición dada a los sistemas de producción sustentable.

El agua es un recurso limitado y debido a restricciones económicas (costos del agua, costos de bombeo y mano de obra necesaria para el riego), los productores son muy prudentes en el manejo de este recurso. Solamente casi el 35% de los plantíos de algodón en los Estados Unidos son regados, (NASS, 2004), para aquellas áreas regadas, Cotton Incorporated patrocina una investigación para asegurar que se obtenga “la mayor cantidad de cosecha por gota”.

La predicción adecuada de la cantidad y el tiempo justo de aplicación del agua

Un área de la investigación sobre riego patrocinada por Cotton Incorporated está precisamente determinada por la cantidad de agua necesaria para optimizar la producción de algodón. Muchas áreas del Este han utilizado el riego para maximizar la producción de algodón por décadas y se han realizado extensos estudios para determinar la cantidad de agua necesaria para cultivar algodón en estos ambientes áridos con el uso de lisómetros de precisión – la regla de oro para definir el uso de agua de la cosecha. (Howell et al 2004). Un lisómetro es esencialmente una gran caja de tierra suspendida por una báscula de precisión electrónica, enterrada a nivel de la superficie de la tierra. El cambio en el peso de la caja es directamente proporcional al agua usada por la cosecha.

A medida que la producción del algodón regresó a la parte media del sur y sureste con el éxito del programa de la erradicación del gusano del algodón, los productores en esa región también determinaron que la inversión en un sistema de riego podría ser justificada para complementar el agua de lluvia. El USDA junto con el Servicio de Investigación Agrícola (ARS) estableció lisómetros para el algodón en un área húmeda en Stoneville, Mississippi, en el 2003. (Fisher 2004). Se instalaron también lisómetros para pasto en un campo cercano, como referencia. En el 2005, Cotton Incorporated proporcionó fondos para establecer dos lisómetros adicionales, uno operado por La Universidad Estatal de Luisiana en ST, Joseph y el segundo por la Universidad de Clemson en Edisto, Carolina del Sur.

Los datos de las muestras del lisómetro localizado en Mississippi se encuentran en la figura 1, mostrando el uso determinado para el pasto y el algodón. Ha habido desinformación de que el algodón usa una excesiva cantidad de agua, en realidad la figura 1 ilustra que utiliza menos cantidad que el pasto. Los datos de los tres sitios y de varios años se combinan en un simple modelo computarizado que puede tomar datos sobre el clima y el estado del cultivo para predecir con exactitud la cantidad de agua usada por el algodón diariamente. Llevando un registro del agua de lluvia recibida y cuanta agua es usada por la cosecha de este modelo, los agricultores pueden entonces saber cuando necesitan regar los plantíos. (Nota: algunos productores ya están usando modelos de cómputo para predecir cuando regar – los datos de los lisómetros también se usarán para refinar los modelos existentes).

Es importante recordar que el uso de agua reportado en la figura 1 representa una combinación de agua de riego y lluvia (el promedio anual el área donde el lisómetro de Mississippi está instalado es 52 pulgadas). En la parte media del sur y el sureste, el agua de riego puede ser una muy pequeña porción del total del agua usada. Por ejemplo en el estudio patrocinado por Cotton Incorporated en la parte sur del Estado de Georgia, se determinó que solamente eran necesarias 6.3 y 4.2 pulgadas de agua para optimizar la producción durante las temporadas de cultivo del 2004 y 2005 respectivamente. (Whitaker et al., 2006). El aumento de 4.2 pulgadas de riego incrementó el rendimiento de la cosecha en 250 libras por acre y las 6.3 pulgadas proporcionaron 620 más algodón por acre comparados con los campos no regados.

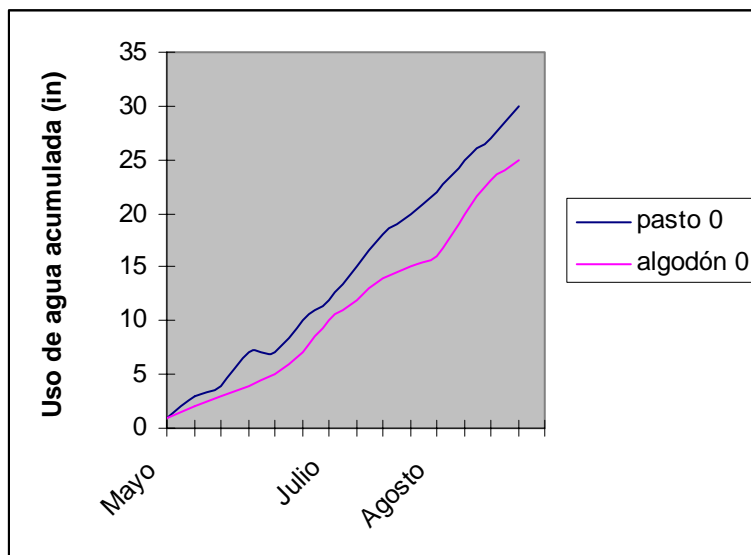


Figura 1 El uso de agua determinado por los lisómetros en Soneville M durante la temporada de cultivo del 2003, para el algodón y pasto.

Nota adicional para desaparecer los mitos acerca de la eficiencia en el uso de agua.

Los datos provenientes del Mississippi están de acuerdo con otros estudios publicados por la comunidad científica en todo el mundo. Una revisión extensa del uso eficiente del agua en las cosechas de trigo, arroz, maíz y algodón se completó recientemente en el Instituto del Cuidado del Agua en Holanda (Zwart y Bastiaanssen, 2004). El estudio incluyó 84 fuentes publicadas en los últimos 25 años que documentan estudios del uso de agua para cada cosecha, llevados a cabo en por lo menos 8 países distribuidos en los cuatro continentes. Un resumen del promedio del “uso eficiente de agua” (WUE por sus siglas en inglés) para las cuatro cosechas consideradas se presenta en la tabla 1. El WUE se define como el rendimiento de la cosecha dividido entre el uso de agua del cultivo. Como los productos comercializables del algodón son la semilla y la borra, los dos deben

sumarse cuando se comparan con otras cosechas. De los datos de la tabla 1 es obvio que el algodón no es significativamente diferente en su WUE de los otros cultivos. La información en esta revisión está en gran contraste con el reporte preliminar publicado por Soth et al (1999) en el uso del agua para el algodón, publicado por el WWF, que está ampliamente citado en el Internet. La eficiencia del uso de agua erróneamente reportada para el algodón en los estudios de Soth está en un rango de 7,000 a 29,000 litros de agua por kilogramo (L/Kg.) de borra producida. Este rango es tremendamente “erróneo” ya que en los estudios revisados por Zwart y Baastiaanssen los valores de WUE para la producción de la borra son de 66, solamente tres de los valores reportados excedieron los 7,000 (L/Kg.) y ninguno fue mayor que 10,000 L/Kg. Debido a que el rango de WUE es la base de otras afirmaciones acerca del uso de agua del algodón en el reporte de Soth et al (1999), muchos valores en ese reporte son exagerados por un factor en por lo menos de 2 a 6 veces de su nivel real.

Tabla 1 Eficiencia promedio del uso de agua del algodón en libras del rendimiento económico por acre-pulgada del agua usada (b/acre-in) y en litros de agua por kilogramo del rendimiento económico (L/Kg.) de los datos recopilados por Zwart y Bastiaanssen (2004).

Cosecha	Uso eficiente del Agua		
	lb/acre-in	L/kg	
Maiz	408	556	
Trigo	247	917	
Arroz	247	917	
Algodón	Semilla + borra	199	1136
	Semilla	147	1538
	Borra	52	4348

Decisiones para la suspensión del riego COTMAN™ (Tiempo de suspensión del riego)

Es tan importante conocer cuando aplicar el riego, como cuando suspenderlo. El algodón es una planta perenne que se cultiva anualmente. Continúa creciendo, florece y usa el agua hasta que las condiciones del clima no son favorables para el crecimiento. A través de la investigación patrocinada por Cotton Incorporated usando el sistema COTMAN™, se publicaron las pautas para ayudar a los agricultores a tomar decisiones correctas con respecto a la suspensión del riego sin reducir sus ganancias. Básicamente COTMAN es un sistema de administración que monitorea la planta para tomar estas decisiones. La base del sistema está en tres componentes: (1) El monitoreo de la planta que permite al usuario seguir el desarrollo de la cosecha (Figura 2); (2) Una curva del desarrollo que proporciona un benchmark para comparar la cosecha actual (Figura 3); y (3)

identificación de la población de los copos que contribuirán significativamente al rendimiento y calidad de la borra (Figura 4). A este punto el cultivo de la cosecha se refiere como el “cutout” corte. Una vez que esta población se ha identificado, la madurez de estos copos pueden monitorearse por el seguimiento de la acumulación de unidades de calor (HU por sus siglas en inglés) arriba de 60° F. Usando este sistema podemos eliminar las aplicaciones innecesarias de agua de riego así como de los otros insumos de la cosecha.

Highest node with unfolded main stem leaf	Nódulo más alto con la hoja del pedúnculo principal abierta
Square (floral bulb)	Cuadro (bulbo floral)
Monipodial (vegetative branch)	Monopodial (rama vegetativa)
Colyledonary node	Nódulo coliledonario
Absorted Main – stem nodes	Nódulos del tallo principal absortos
Main axis	Eje principal

Figura 2. Ejemplo del monitoreo de una planta

9.25 nodes above 1st Square at 60 days	9.25 nódulos arriba del primer cuadro a los 60 días
Nodes	Nódulos
2.7 days per node	2.7 día por nódulo
NAWF = 5 at 80 days	NAWF= 5 a 80 días
1 st square at 35 days	Primer cuadro a 35 días
Days from Planting	Días de plantación

Figura 3. Curva de desarrollo COTMAN

Highest node with unfolded main stem leaf	Nódulo más alto con la hoja del pedúnculo principal abierta
Main axis	Eje principal
Upper first position white flower	Primera posición superior de la flor blanca
Colyledonary node	Nódulo coliledonario
Nodes above white flower	Nódulos arriba de la flor blanca = 5
Monipodial (vegetative branch)	Monopodial (rama vegetativa)
Absorted Main – stem nodes	Nódulos del tallo principal absortos
Sympodial (fruiting branch)	Sinfodial (rama frutal)

Figura 4. Nódulos arriba de la flor blanca = 5 (NAWF= 5)

Al inicio del 2000, se empezaron a recopilar los datos en la suspensión del riego en cuatro estados de la parte central del sur de los Estados Unidos con sistemas de riego en el surco y en Texas usando LEPA y riego por goteo (Figura 5). Para cada estudio, la fecha de la suspensión se determinó usando el sistema COTMAN. Iniciando con esa fecha, las aplicaciones de riego se terminaron en varios estados de la maduración de esa última población de los copos de la cosecha. Los rendimientos y los ingresos económicos se compararon entre los tratamientos.

Figura 5. Tipos de sistemas de riego usados en los estudios de la suspensión de riego COTMAN. A. Riego de surco. B. Riego por goteo y C. Riego LEPA.

Los resultados de estos estudios se muestran en la Tabla 2. El punto óptimo de suspensión de riego en estos estudios está basado en los productos económicos de acuerdo al rendimiento. En la mayoría de los casos una o dos aplicaciones de riego deben haberse hecho más allá del punto óptimo.

Tabla 2. Guía para la suspensión óptima del riego basada en el Sistema de Control de la Cosecha COTMAN™ (Hogan 2005, Doederlin et al 2004) y Muller 2005 datos no publicados).

Sistema de Riego	Suspensión Óptima del Riego
De surco en la parte central del Sur	Corte + 605 HU
Texas LEPA	Corte + 600 HU
Texas por goteo	Corte + 540 HU

Suspensión de insecticidas con el Sistema COTMAN

El Sistema COTMAN se puede usar para determinar la suspensión de aplicación de insecticidas usando conceptos similares a los usados para la suspensión del riego. Cuando suspender las aplicaciones de insecticidas es una de las decisiones más complejas que enfrenta el productor de algodón en el manejo de la cosecha. Los altos costos de control y las consecuencias para el medio ambiente se deben balancear con el deseo de proteger cualquier copo que podría contribuir al rendimiento. La primera clave para resolver este dilema es la misma para la suspensión del riego – la identificación de la última población de copos que contribuyan al rendimiento de la cosecha. La segunda es conocer cuando estos copos han alcanzado un estado de madurez donde no sean susceptibles al daño de las plagas de insectos. Para la mayoría de estas plagas este estado ocurre cuando la última población de cosechas ha acumulado 350 unidades de calor. En este punto los copos están suficientemente maduros para soportar la baja probabilidad del daño causado por los insectos y por lo tanto no es necesario el uso de insecticidas. Una investigación llevada a cabo en los 90's valida esta guía y actualmente es una práctica de control en la mayoría en el Cinturón de Algodón en la parte este de los Estados Unidos. Las tablas 3 a 5 demuestran los beneficios ambientales y económicos de esta práctica. En los experimentos mostrados, hay muy pocas ganancias en los rendimientos por la continua aplicación de insecticidas después de que la cosecha alcanzó el estado de madurez descrito como recorte + 350 HU, aún un promedio de dos aplicaciones de insecticidas se ahorraron de la aplicación continua de estos productos para proteger la cosecha en la temporada completa.

Tabla 3. Resultados de las pruebas de suspensión de la aplicación de insecticidas en Arkansas con el Sistema COTMAN

Campo	Rendimiento		Aplicaciones de Insecticida	
	Corte + 350 HU	Temporada Completa	Después del corte + 350	Costo
Edwards	768	739	2	\$ 13.95
Wildy 15	896	866	2	\$ 16.15
Gandy	788	793	1	\$ 10.30
Kimbrell	938	854	1	\$ 5.34
Tarltton	735	747	2	\$ 27.46
Mizell # 3	1028	904	2	\$ 24.46
Promedio	859	817		\$ 16.28

Tabla 4. Resultados de las pruebas de suspensión de la aplicación de insecticidas en Texas con el Sistema COTMAN

Campo	Rendimiento		Aplicaciones de Insecticida	
	Corte + 350 HU	Temporada Completa	Después del corte + 350	Costo
Edwin	912	949	1	\$ 6.88
Glass	1131	1163	1	\$ 6.88
Marburger	970	1047	1	\$ 6.88
Promedio	1004	1053		\$ 6.88

Tabla 5. Resultados de las pruebas de suspensión de la aplicación de insecticidas en el Estado de Mississippi usando el sistema COTMAN

Campo	Rendimiento		Aplicaciones de Insecticida	
	Corte + 350 HU	Temporada Completa	Después del corte + 350	Costo
BM	1135	1310	2 \$	21.92
HN	915	989	2 \$	18.60
JO	727	715	2 \$	31.68
KP	1417	1430	1 \$	17.01
RO	986	948	5 \$	70.91
Promedio	986	948	\$	26.69

El uso de Controles Naturales en el Manejo del Pulgón

Las medidas para controlar varias plagas son un importante componente del IPM (Integrated Pest Management) Control Integral de las Plagas. La mayor parte está basada en la población de las plagas. Sin embargo, en el caso del pulgón del algodón en la parte central del sur y sureste de los Estados Unidos, otros principios básicos del IPM se ponen en juego, lo que significa aprovechar todas las opciones disponibles incluyendo el uso de controles naturales.

Los controles naturales han sido reconocidos como un componente importante del IPM pero ha sido generalmente difícil garantizar y predecir el nivel de control proporcionado, de tal manera que los productores de algodón pueden usarlo fácilmente en la toma de decisiones del tratamiento. Dos áreas de investigación patrocinadas por Cotton Incorporated han hecho posible el uso del control del manejo del pulgón del algodón en la parte central del sur y el sureste. El primero involucra el aprovechamiento de los hongos patógenos naturales de estos insectos y el segundo es el desarrollo de los tratamientos que incorporan la acción de insectos benéficos en el proceso de la toma de decisiones.

A finales de los ochentas se observó un agente desconocido que causó la muerte masiva del pulgón del algodón en los plantíos de la parte central del sur de los Estados Unidos. Se recolectaron muestras y se identificó el agente causante como los hongos naturales *Neozygites fresenii*, o como se llama comúnmente el hongo del pulgón. La investigación básica que se llevó a cabo en la Universidad de Arkansas sobre la Biología y Ecología de estos hongos en los campos de algodón. (Steinkraus et al 1995) Steinkraus & Slaymaker, 1994. Steinkraus et al 1966). Se descubrió que el hongo tiene un patrón de brote irregular único y esto llevó a la creación de un servicio de muestreo para predecir la disminución del pulgón en el algodón.

Durante la temporada de cultivo, agentes, consultores y agricultores recorren los campos buscando pulgones, las muestras se envían a los laboratorios de diagnóstico de la Universidad de Arkansas. Los pulgones se examinan bajo el microscopio en presencia del hongo. Si los niveles de infección son de 15% o mayores, se pronostica una disminución de pulgones y se suspende el uso de insecticidas para el resto de la temporada en la mayoría de los casos. (Steinkraus & Jollingsworth 1994. Hollingsworth et al 1995). Los resultados seleccionados del servicio de muestreo del hongo del pulgón se presentan en la tabla 6 y se estima el impacto directo del servicio.

Tabla 6. Número de aplicaciones de insecticidas suspendidos como resultado directo de la información obtenida del servicio del muestreo del hongo del pulgón en la parte central del sur y sureste de los Estados Unidos en 2000 – 2003. (Steinkraus datos no publicados)

Año	# de Campos Observados	# de Acres Observados	# Acres c/>15% Umbral de Infección	Promedio Costo/después de la aplicación del Insecticida ¹	Estimado de Aplicaciones Evitadas después	Ahorros estimados en las áreas observadas
2000 ²	219	16,598	3,265	8.24	1.11 \$	29,863
2001 ³	234	13,834	3,959	8.89	1.22 \$	42,939
2002 ³	182	13,997	3,975	9.06	1.33 \$	47,898
2003 ³	297	19,603	4,188	8.57	1.00 \$	35,891

¹ Williams et al. <http://www.msstate.edu/Entomology/cotton.html>

² Incluye los estados de Georgia, Alabama, Mississippi, Arkansas, y Luisiana

³ Incluye los estados de Carolina del Sur, Georgia, Alabama, Mississippi, Arkansas y Luisiana

El impacto de este servicio va más allá de los campos de algodón que se observan. La información acerca de los niveles de los hongos en los campos individuales está disponible a los participantes y se publica en el sitio de Internet de este servicio (<http://www.uark.edu/misc/aphid>). También es usada extensivamente en boletines, servicios telefónicos, juntas informales con agricultores y consultores para mantener a la comunidad aldonera informada de los brotes de hongos. La tabla 7 ilustra el impacto potencial del servicio de muestreo de hongos del pulgón. Este trabajo ha demostrado el impacto del hongo del pulgón en la parte central del sur y sureste de los Estados Unidos y muchos agentes, agricultores y consultores ahora usan menos insecticidas para controlar el pulgón habiendo reconocido el impacto del hongo y sus efectos en los pulgones en sus campos de algodón.

Tabla 7. El Impacto estimado del servicio de muestreo del hongo del pulgón en el control de pulgones en la parte central del sur y sureste de los Estados Unidos de 2000 – 2003.

Año	% de acres muestreados a o arriba del 15% del umbral ¹	# de acres tratados por pulgones	# de acres SIN requerir tratamiento si están muestreados	Ahorros estimados
2000 ²	23	1,264,663	268,830	\$ 2,054,040
2001 ³	28	510,212	211,285	\$ 2,063,598
2002 ³	29	966,410	258,861	\$ 3,251,800
2003 ³	20	615,000	95,231	\$ 803,892

Además de los beneficios ambientales de este servicio, cada vez que se evita la aplicación de insecticidas para controlar el pulgón hay un ahorro promedio de 8.00 a 9.00 dólares por acre llegando de cientos a miles y en algunos años a millones de dólares.

En el segundo ejemplo, las poblaciones de pulgones se atacan antes de la llegada del hongo del pulgón en junio y julio. El inicio de un nuevo tratamiento se ha desarrollado que incorpora la presencia de mariquitas o catarinas en el tratamiento del proceso de la toma de decisiones. Los tratamientos antiguos sugerían a los agricultores tratar sus campos cuando 50% o más de las plantas de algodón estaban infestadas con los pulgones del algodón y la población se estaba incrementando. Una investigación básica que se llevó a cabo durante tres años demostró que los insectos benéficos disminuían el crecimiento de las poblaciones del pulgón. Este lento crecimiento permitía el retraso de las aplicaciones de insecticidas para el control del pulgón. En los tres años, el retraso en las aplicaciones no alteró el rendimiento y eliminó la necesidad de por lo menos una aplicación de insecticida para el control del pulgón cada año (Conway et al. 2006). Esta investigación básica patrocinada por el USDA demostró la posibilidad técnica del inicio de un tratamiento basado en insectos benéficos para atacar los pulgones, pero el muestreo requerido era demasiado extenso para un sistema de producción de algodón comercial. Cotton Incorporated patrocinó una investigación que evaluó y empezó la entrega del inicio de un tratamiento comercialmente práctico. La figura 6 demuestra la efectividad de este umbral usado en los campos en 2004. Hay que notar que las densidades del pulgón en la porción no tratada en los campos siete días antes del muestreo inicial usando el nuevo umbral (NEW) eran similares a las densidades en la porción tratada de los campos (CONVEN). En cada caso, la aplicación del nuevo umbral resultó en el retraso de la decisión del tratamiento de una semana después del inicio convencional de los lotes que necesitaban tratamiento. En todos menos un lugar, después del retraso de una semana, las densidades de pulgones disminuyeron y ningún tratamiento fue garantizado. En esta locación, los nuevos inicios pedían una sola aplicación de insecticida en donde el inicio convencional pedía dos aplicaciones. Esto claramente ilustra la habilidad de los controles naturales para disminuir la población del pulgón llevando a la eliminación de los tratamientos de insecticidas. (Chappell et al. 2005).

Pretreatment	Pretratamiento
7 days later (New)	7 días después (Nuevo)
7 days later (Conven)	7 días después (Convencional)

Figura 6. Las densidades de pulgones en respuesta al uso de tratamientos nuevos vs. tradicionales en cinco sitios en el Estado de Arkansas en 2004.

La investigación sobre una producción sustentable con el empleo de insumos mejorados

Indudablemente un nuevo enfoque en el manejo de la agricultura es el “control en sitio”. Históricamente los gerentes de los plantíos de algodón habían tomado decisiones acerca de los consumos en base al campo, ya que era el área más pequeña posible de manejar. Con el desarrollo de nuevas tecnologías como los sistemas de posición global (GPS por sus siglas en inglés), bases de datos espaciales llamados Sistemas de Información Geográfica (GIS) y los sistemas de control automatizados de velocidad variable, los agricultores pueden manejar variaciones en las necesidades de las cosecha dentro de los límites de los campos. El manejo del sitio específico se ha implementado en el Cinturón del Algodón, evidenciado por el hecho de que InTime (<http://www.goInTime.com> – una de las primeras compañías que han tenido éxito comercial en proporcionar imágenes aéreas del control de sitios específicos empezó con un productor de algodón en Mississippi) tuvo agricultores de algodón como su primeros clientes.

La investigación de Cotton Incorporated ha demostrado que esencialmente todos los insumos necesarios para la producción de algodón se pueden controlar en sitio. (Barnes 2004). Las tecnologías del sitio específico llevan a sistemas de producción más sustentables, ya que los rendimientos pueden mantenerse o incrementarse mientras que los insumos disminuyen – literalmente haciendo más con menos. El control de agua y pesticidas otra vez será usado para ilustrar la investigación en esta área.

Control del agua en sitio

El agua es uno de los últimos consumos agrícolas que se pueden controlar espacialmente. Hasta hace dos años, no había ningún sistema de riego comercial disponible para la aplicación en sitio. El primer pivote comercial de velocidad variable fue desarrollado inicialmente en el Laboratorio Nacional de Producción Agrícola Ecológica de la Universidad de Georgia en Tifton y fue vendido por Hobbs y Holder hasta el otoño del 2004 (<http://www.betterpivots.com/>). Los detalles técnicos del sistema son proporcionados por Perry et al (2002). Actualmente hay 32 instalaciones en plantíos de un tamaño promedio de 155 acres en Georgia, Carolina del Sur, Florida y Arkansas. El costo promedio del sistema instalado completamente ha sido de 21,379 dólares americanos, pero con la participación del NRCS y en la rivera dura de Georgia una inusual asociación con el Conservatorio Natural, el costo para los agricultores puede llegar a ser tan bajo como 5,000 dólares (\$34 por acre).

Para determinar como el agua está desviada en el campo, se dibuja un mapa que muestra áreas del campo con la topografía de los suelos que requieren diferentes cantidades de

agua. Por ejemplo, la parte más baja del campo que típicamente requerirá la menor cantidad de riego ya que recibe el agua que cae de las partes altas del campo. Mientras que las partes altas del campo podrán necesitar agua adicional. En la figura 7 se encuentra un ejemplo de un mapa de aplicación de riego. Durante la temporada de cultivo del 2005, estuvieron en operación 21 sistemas con un promedio de ahorro de agua de 17% sobre la aplicación convencional. En un año seco, colectivamente, estos sistemas tienen el potencial de ahorrar 170 millones de galones de agua. (NESPAL, 2006).

Figura 7. Muestra de un mapa de aplicación de riego usado en un pivote de velocidad variada.

Cotton Incorporated y la Comisión del Algodón de Georgia están proveyendo de fondos a Nespal para refinar el sistema actual con el uso de una red inalámbrica de sensores que monitoreará constantemente las condiciones de agua de la tierra en cada parte del plantío. Un sistema prototipo ha sido desarrollado exitosamente usando etiquetas identificadoras de radio frecuencia (RFID) y se estimó que un sistema completo podría desplegarse en un campo de 80 acres por menos de \$3,000 dólares. Aunque el prototipo fue exitoso, hubo ocasiones en que la señal del RFID era insuficiente. Por eso, el esfuerzo actual está enfocado en desarrollar una “red más cerrada” que será un sistema de comunicación más robusto. Finalmente el uso de una red de sensores permitirá a un “pivote” encenderse y solamente rociar agua a secciones del plantío donde se necesita el agua. El movimiento a un sistema basado en sensores es consistente con la producción sustentable y permitirá:

- Incrementar la calidad de vida del agricultor (sin perder tiempo monitoreando el estado del agua en el campo).
- Tener beneficios económicos y ambientales incrementando los rendimientos (los sensores asegurarán que no haya pérdidas en el rendimiento debido a la sobrecarga de agua),
- Disminuir el uso de agua para la agricultura (agua solamente aplicada a las partes del plantío que lo necesiten), haciendo que haya más agua disponible para la sociedad, para usos urbanos como para mantener los niveles de los ríos.

En el pasado, una red de sensores así no era posible en términos económicos, pero los rápidos cambios en las tecnologías inalámbricas están haciendo que esas aplicaciones sean una realidad en el futuro (posiblemente en menos de cinco años).

Control de plagas en sitio

En el control de plagas de insectos de algodón, como con el agua, las decisiones gerenciales han sido basadas históricamente en los datos promedios representados en el campo entero. La mayoría de los campos agrícolas son variables debido al tipo de suelo, nutrientes disponibles y desagüe. Estas características impactan el rendimiento y rentabilidad. Por eso, las tecnologías usadas en sitio nos permiten ahora dividir un plantío

en zonas de control basadas en la variabilidad y selectividad para aplicar pesticidas solamente en aquellas áreas del plantío donde son rentables.

La investigación que valida este enfoque se condujo en el Estado de Luisiana en los Estados Unidos en el 2003 (Temple et al. 2004). El experimento comparó la eficacia y el valor de las aplicaciones de insecticidas variables espaciales (SVI) con las de todas las aplicaciones de campo, el sistema histórico de control de plagas de insectos. Los mapas de rendimiento y ganancias se crearon de datos previos y se usaron para desarrollar las prescripciones de SVI (Figuras 8 y 9). En los tratamientos de aplicación SVI, las aplicaciones de insecticidas se hicieron para controlar las poblaciones de lombrices y el gusano del algodón fueron apartadas de aquellas porciones del campo que cayeron en las zonas de menor control de acuerdo al rendimiento o ganancia.

Seed cotton	Semilla de algodón
Lbs/acre	lb./acre

Figura 8. Datos del rendimiento del algodón (2001) usados para generar un mapa de cuadrícula y la prescripción SVI

On	Dentro
Off	Fuera

Figura 9. Prescripción de SVI generada por la aplicación de aérea excluyendo zonas generadas por los mapas del rendimiento bruto y ganancias.

La tecnología SVI redujo significativamente el costo del control de las plagas de insectos en los experimentos sin impactar el rendimiento (Figuras 10 y 11). Aún más, se trataron menos acres lo que puede resultar en un beneficio ambiental significativo. (Figura 12)

Lint/Yield	Rendimiento de borra
Whole field	Todo el campo
SVI Yield	Rendimiento SVI
SVI Profit	Ganancia

Figura 10. Rendimiento de la borra de todo el campo registrado, rendimiento SVI y ganancias SVI del tratamiento.

Insecticide cost / Acre	Costo de insecticida por acre
Whole field	Todo el campo

SVI Yield Rendimiento SVI
SVI Profit Ganancia SVI

Figura 11. Costo del insecticida por acre para las aplicaciones registradas y estrategias de aplicación del rendimiento SVI y las ganancias SVI.

SVI Yield Rendimiento SVI
SVI Profit Ganancia SVI

% Reduction in Sprayed Acres % de reducción en acre rociados

Figura 12. Porcentaje de la reducción en acres tratados con insecticidas cuando se usan las aplicaciones SVI.

Resumen y Conclusiones

En un esfuerzo para mejorar la rentabilidad de la producción de algodón, los proyectos de investigación agrícola de Cotton Incorporated también están llevando a sistemas de producción sustentable. La tecnología para satisfacer las necesidades específicas de agua y el umbral para optimizar las aplicaciones de pesticidas están reduciendo los recursos necesarios para producir el algodón mientras conservan o incrementan la producción de algodón en relación a las unidades de tierra. Los esfuerzos para definir precisamente cuando se necesitan agua y pesticidas aseguran que los insumos sean mínimos y con el incremento del uso de tecnologías en sitio, los agricultores pueden ahora aplicar estos insumos solamente cuando son necesarios.

Esta presentación ha enfatizado solamente una pequeña parte de los proyectos de investigación agrícola que están contribuyendo a un sistema de producción más sustentable. Cada año Cotton Incorporated patrocina casi 300 proyectos de investigación en todo el Cotton Belt (Cinturón del Algodón), la mayoría de los cuales tienen un impacto social y ambiental positivo así como contribuyen a un incremento en la rentabilidad de los agricultores. Los resúmenes anuales de estos proyectos se pueden encontrar en la página de Internet de Cotton Incorporated: www.cottoninc.com. Estos continuos esfuerzos de investigación aseguran un sistema de producción sustentable económica, social y ambientalmente en el futuro.

Referencias

- Barnes, E.M. 2004. Implementación Actual de tecnologías específicas en sitio en la producción del algodón en los Estados Unidos. Anterior al SPIE. Vol. 5544, Sensor y Modelo Remoto de los Ecosistemas para la Sustentabilidad, 49 Reunión Anual del SPIE en Denver, CO Agosto 2-4, 2004. W. Gao y D.R. Shao Editores
- Chappell, A.S., T.J. Kring, G.M. Lorenz, J.K. Freene, & G.E. Studebaker. 2005. Confianza en los depredadores para tomar las decisiones sobre el tratamiento de los pulgones. Conferencia del Cotton Belt. Nuevo Orleans, LA. 4-7 enero del 2005. National Cotton Council. Memphis, TN: 1610 -1612.
- Conway, H.E., D.C. Steinkraus, J.R. Ruberson, y T.J. King. 2006. Inicio del tratamiento experimental para el pulgón del algodón. (Homoptera: Aphididae) Usando enemigos naturales en el algodón de Arkansas. J. Entomol Sci. 40. *en prensa*.
- Doederlin, T.B. Bugh, R. Boman, y D. Porter 2004. Midiendo el tiempo del último riego usando COTMAN en LEPA. Proc. Conferencia del Cotton Belt. San Antonio Texas, enero 5-9, 2004. National Cotton Council Am en Memphis, TN: 2285.2287.
- FAO, 2006. El agua a primera vista. Organización de los Alimentos y la Agricultura de las Naciones Unidas. http://www.fao.org/ag/aglw/WaterTour/index_en.htm (enlace verificado en Mayo 9, 2006).
- Fisher, D.K. 2004, Lisómetros sencillos y baratos para usarse como referencia al monitorear cosechas ET. En la antesala de la 25 Feria Internacional de Riego, noviembre 14 – 16, 2004. Tampa Florida. Patrocinado por la Asociación de Riego.
- Hogan, R. 2005. Efectos económicos del riego tardío en el algodón de la parte central del sur. Conferencia del Cotton Belt, Nuevo Orleans, enero 4 – 7, 2005. National Cotton Council Memphis, TN: 676-679.
- Hollingsworth, R.G., D.C. Steinkraus, & R.W. McNew. 1995. Muestreo para predecir epizooticos micóticos en los pulgones del algodón. (Homoptera: Aphididae). *Ambiental* 24:1414.1421.
- Howell, T.A., S.R. Evett, J.A. Tolú, y A.D. Schneider. 2004. Transpiración por evaporación completa, déficit en el riego y en el algodón de tierras secas de la alta planicie de la parte norte de Texas. *Revista de Ingeniería de Riego y Desagüe*, Vol. 130(4):277-285/
- NASS, 2004. Encuesta sobre riego en ranchos y granjas (2203 - recopilado del censo de agricultura del 2002). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Nacional de Estadísticas Agrícolas (NASS por sus siglas en inglés), Volumen 3. Sección de Estudios Especiales 1AC -02-SS1.
- NESPAL, 2006. Incrementando la Eficiencia del Riego. <http://www.nespal.org/irreff/main.html>. Información del desempeño específico en 2005 de la correspondencia personal con Calvin Perry, Universidad de Georgia, Tifton.
- Perry, C., S. Pocknee, O. Hansen, C. Kiven, G. Vellidis, y E. Art. 2002. Desarrollo y Pruebas de un sistema de control de riego con pivote de velocidad variable. ASAE-GIR Trabajo No. 022290 San José, Mica.: ASAE 2950 Hiles Orad, s.f. Joseph, MI 49085-9659 USA.

- Coth, J., C., C. Grasar y R. Salero. 1999 Síntesis preliminar del impacto del algodón en Los recursos de agua fresca y los ecosistemas. WWF Ponencia sobre los Antecedentes. 48 pp.
- Steinkraus, D.C. & P.H. Slaymaker. 1994. Efectos de la temperatura y humedad en la formación, germinación y contaminación de la conidia de *Nozygites fresen* (Zygomycetes: Neozygitacease) del gosipi del pulgón. (Homoptera: Arphididae). *J. Invertebr. Pathol.* 64:130-137.
- Steinkraus, D.C. & R.G. Hollingsworth. 1994. Pronosticando epizoóticos micóticos en los pulgones del algodón. *Ark. Farm Res.* 43:10-11
- Steinkraus, D.F., R.F. Hollingsworth & G.O. Boys. 1996. Esporas aéreas del *Nozygites freseni* (Entomophthorales: Newozygitacease): densidad, periodicidad y papel potencial en el epizoótico del pulgón del algodón. *Environ, Entomol.* 25: 48-57.
- Steinkraus, D.F., R.F. Hollingsworth, & P.H. Slaymaker. 1995. Prevalencia de los *Nozygites freseni* (Entomophthorales: Newozygitacease) en el pulgón del algodón (Homoptera: Aphididae) en el algodón de Arkansas. *Environ, Entomol.* 24: 465-474.
- Temple, J., K. Pastón, H. Niu, B.R. Leonard, & R.D. Bagwell. 2004. Evaluando las aplicaciones áreas de insecticidas en sitio basados en datos históricos de rendimiento. Proc. Beltwide Cotton Conference, San Antonio, Texas, enero 5 – 9, 2004. National Cotton Council. Am., Memphis, TN: 1792 – 1798.
- Whitaker, J., C.W. Bednarz, G. Richie, y C. Mills. 2006. Análisis comparativo agrónomo del riego por goteo y el riego aéreo en el algodón cultivado en Georgia. Antecedentes del Beltwide Conference. National Cotton Council. Memphis, TN.
- Zwart, S.J. y G. Bastiaanssen. 2004. Revisión de los valores de la productividad del agua de cultivo medida para el riego de trigo, arroz, algodón y maíz. *Control Agrícola del Agua.* 69(2):115-133.