

RESPUESTAS DE VARIEDADES DE ALGODÓN A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN CONDICIONES EDAFOCLIMÁTICAS DE LA PROVINCIA DEL CHACO

Nydia Elisa Tcach¹, Lorena Klein¹, Monica Spoljaric¹, Mauricio Tcach¹, Ariela Gonzalez, Ivan Bonacic¹, Fabio Wyss¹, Aurélio Paes Barros Júnior², Manoel Galdino dos Santos², Lindomar Maria da Silveira²

¹ INTA (Instituto Nacional de Tecnología agropecuaria) Argentina

² UFRPA (Universidad Federal Rural del Semiárido) Brasil

RESUMEN

El algodón es un cultivo importante para las provincias del norte Argentino, siendo la provincia del Chaco una de las principales productoras. Sin embargo, es necesario desarrollar técnicas que permitan aumentar el rendimiento, especialmente centrado en la eficiencia de la utilización de nutrientes. El nitrógeno es un nutriente dinámico en el medio ambiente, su suministro proporciona una mayor productividad. Sin embargo, el uso incorrecto causa problemas ambientales y económicos para el productor. Las pérdidas de N para el medio ambiente están asociadas con la concentración en la solución del suelo de las formas solubles de N en general que son las más susceptibles a las pérdidas. Por lo tanto, es importante determinar la técnica de manejo del algodón en la provincia del Chaco que proporcione una mayor productividad, menores costos de producción y riesgos de contaminación ambiental. Ante esto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento agronómico, la calidad de la fibra cuando se aplican diferentes dosis de nitrógeno. El experimento se llevó a cabo en la campaña (2019/2020). El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones en parcelas subdivididas, en las que se asignaron cuatro variedades de algodón (Guarani INTA BG RR, Guazucho 4 INTA BG RR, NUOPal RR, Pora 3 INTA BGRR) y como subparcelas las cinco dosis de nitrógeno (0, 45, 90, 135 y 180 kg ha⁻¹). Se evaluó el crecimiento y componentes productivos. Las variedades Guarani INTA BG RR, Guazucho 4 INTA BG RR tienen una alta respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado.

Palabras clave: *Gossypium hirsutum* L., fertilización nitrogenada, acumulación de nutrientes, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El algodón es una de las mayores fuentes de fibra textil natural, se cultiva en todo el mundo en las regiones templadas y tropicales de más de 50 países. Es una de las fibras más importante, por sus características y su adaptación al medio ambiente, además, tiene importancia socioeconómica. Hay dos especies de algodón cultivadas para fibra de buena calidad, *Gossypium hirsutum* y *Gossypium barbadense*, que representan el 90% y el 5%, respectivamente, de la producción mundial de fibra de algodón (RICHETTI; MELO FILHO, 2001; ALI, 2015).

La provincia de Chaco es una de las principales regiones productoras de algodón en Argentina, la investigación se ha desarrollado a lo largo del tiempo con la visión de mejorar el cultivo de algodón con nuevas variedades y prácticas culturales (MONDINO; PETERLIN, 2005; SAUER et al., 2015ab; SCARPÍN et al., 2016; GOMEZ et al., 2017; TCACH et al., 2019). Por lo tanto, debido a su importancia para la región, es necesario desarrollar técnicas de cultivo que aumenten la productividad y la calidad de la fibra de las variedades de algodón, principalmente relacionadas con la eficiencia en la utilización de nutrientes.

La fertilización nitrogenada ha contribuido a la producción de algodón porque juega un papel clave en el desarrollo del cultivo. El nitrógeno es siempre el fertilizante más aplicado en relación con otros en el cultivo de algodón, pero con un alto costo y consumo. Por lo tanto, es esencial administrar la aplicación de N para evitar deficiencia o exceso en el cultivo (ALI, 2015).

Según Ferreira y Carvalho (2005), el algodón requiere alrededor de 247 kg ha⁻¹ de N, para obtener un rendimiento promedio de 3.560 kg ha⁻¹ bruto de algodón. La tasa diaria de acumulación de nitrógeno se ve afectada por las condiciones ambientales, en valores de 0,6 a 5,7 kg ha⁻¹ día⁻¹ en condicione de secano y de 1,5 y 4,6 kg ha⁻¹ día⁻¹ bajo condiciones de riego (MULLINS; BURMESTER, 2010).

El nitrógeno es el nutriente químicamente más dinámico en el medio ambiente y su suministro provoca respuestas crecientes en el rendimiento del cultivo (TAIZ; ZEIGER, 2013). Sin embargo, el uso desordenado sin criterios técnicos causa problemas

ambientales, como la contaminación por nitrato de las fuentes de agua y un mayor efecto invernadero, debido a la oxidación de nitrógeno a óxido nitroso en el proceso de desnitrificación (STAMATIADIS et al., 2016).

En teoría, las pérdidas de N para el medio ambiente, con la consiguiente menor utilización de N por parte de los cultivos, están asociadas con la concentración en la solución del suelo de formas solubles de N en general o las más susceptibles a pérdidas (CANTARELLA, 2007). Una forma de aumentar la eficiencia del uso de fertilizantes es utilizar dosis de máxima eficiencia en diferentes variedades (ALMEIDA; SANCHES, 2012). Para evitar la pérdida de N del suelo y la contaminación ambiental, es necesario estudiar las dosis de nitrógeno que proporcionan un mejor rendimiento y una mayor eficiencia en el uso de N para cada cultivar. Los cultivares tienen diferentes respuestas con respecto a la eficiencia en el uso de nitrógeno (ARAÚJO; CAMACHO; VINCENSI, 2013; DU et al., 2016). La eficiencia del uso de nitrógeno se puede definir como la relación entre la cantidad de nitrógeno extraído por el producto cosechado y la cantidad aplicada (FAGERIA; BALIGAR, 2005; STAMATIADIS et al., 2016).

La mayor o menor eficiencia del cultivo en la utilización de nitrógeno depende principalmente de la cantidad de nitrógeno aplicado (SCHLEGEL; DHUYVETTER; HAVLIN, 1996), ya que el exceso de nitrógeno en el suelo, por encima de la capacidad de absorción del cultivo, favorece la pérdida de nitrógeno principalmente por lixiviación y volatilización. La principal fuente de N utilizada en los cultivos agrícolas es la urea, que, debido a sus características, combinadas con las condiciones de aplicación de este fertilizante en la agricultura, favorecen las pérdidas y la contaminación ambiental. Esto demuestra la necesidad de realizar trabajos de investigación, especialmente en cultivos de algodón, que evalúen pérdidas de N y ganancias económicas (ABRANCHES; FERREIRA; PERDONÁ, 2016).

Algodón

El algodón es una planta dicotiledónea anual o perenne, herbácea, arbustiva o arbórea, pertenece a la familia Malvaceae, género *Gossypium* (BELTRÃO et al., 2011). La provincia de Chaco es una de las principales regiones productoras de algodón en Argentina, la investigación se ha desarrollado a lo largo del tiempo con la visión de mejorar el cultivo

de algodón con nuevas variedades y prácticas culturales (MONDINO; PETERLIN, 2005; SAUER et al., 2015ab; SCARPÍN et al., 2016; GOMEZ et al., 2017; TCACH et al., 2019).

La producción de fibra es el objetivo principal del cultivo de algodón, aunque los subproductos también son de gran importancia en la cadena de producción. Sin embargo, los productores enfrentan el desafío continuo de estabilizar y aumentar la productividad, así como mejorar la calidad de la fibra (SCARPÍN et al., 2016).

La calidad de la fibra de algodón está influenciada por factores genéticos, nutricionales, ambientales, del suelo, culturales, plagas y enfermedades, entre otras. El medio ambiente y la genética son los factores más importantes para determinar la producción y la calidad de la fibra. Por lo que, la aplicación de técnicas de fertilización puede mejorar la producción y la calidad de la fibra de algodón, destacando que la nutrición de las plantas se considera uno de los factores de gestión más importantes asociados con la productividad de las plantas. Abordar los rendimientos potenciales es de suma importancia, y para alcanzar el máximo potencial es necesario equilibrar la nutrición del algodón y también identificar las demandas para que no ocurran deficiencias o excesos de minerales (SCARPÍN et al., 2016).

Nitrógeno

El nitrógeno es un componente esencial en las plantas, ya que forma parte de los aminoácidos, ácidos nucleicos y clorofila entre otros compuestos. Por lo tanto, las principales reacciones bioquímicas implican la presencia de N, por lo que es uno de los elementos más absorbido en grandes cantidades por las plantas cultivadas. Este nutriente se usa en grandes cantidades en la agricultura moderna en forma de fertilizante. (MALAVOLTA, 2006; CANTARELLA, 2007).

Las pérdidas de N en el sistema por lixiviación de nitrato (NO_3^-) ocurren porque el anión NO_3^- tiene baja interacción química con los minerales del suelo. Además, su pérdida está estrictamente relacionada con la cantidad de agua que puede filtrar NO_3^- en el perfil del suelo. La textura del suelo también puede afectar la lixiviación, que es más alta en suelos

arenosos, ya que tienen una microporosidad más baja y, por lo tanto, tienen un movimiento más rápido del perfil del suelo hacia abajo (CANTARELLA, 2007).

Otra forma de pérdida de N en el sistema es a través de la volatilización de amoníaco en el suelo, que depende del pH (mayor pérdida en suelos alcalinos). Se producen grandes pérdidas de N debido a la volatilización de NH_3 cuando se aplica urea en la parte superior (superficie del suelo). La actividad de ureasa aumenta en suelos con residuos de cultivos, por lo que, suelos descubiertos permite mayores pérdidas de NH_3 , también depende de la humedad del suelo (mayor humedad, aumenta la tasa de hidrólisis de urea). La hidrólisis de la urea también aumenta con el aumento de la temperatura (por encima de 40°C) (CANTARELLA, 2007).

El poder de amortiguación del suelo es una característica importante que afecta las pérdidas de volatilización del amoníaco, ya que los suelos con un alto poder de amortiguación presentan mayor resistencia al aumento del pH, y en consecuencia tendrá menores pérdidas. Los suelos arenosos pierden más amoníaco que los suelos finos o arcillosos (CANTARELLA, 2007).

Las combinaciones complejas de factores ambientales afectan las pérdidas de amoníaco en condiciones de campo, lo que puede aumentar o disminuir las pérdidas. La comprensión de las principales reacciones que rigen el comportamiento del N en el sistema suelo-planta es, por lo tanto, fundamental para el manejo adecuado de la producción agrícola (CANTARELLA, 2007).

La mayor o menor eficiencia del cultivo en la utilización de nitrógeno depende principalmente de la cantidad de nitrógeno aplicado (SCHLEGEL et al., 1996), ya que el exceso de nitrógeno en el suelo, por encima de la capacidad de absorción del cultivo, favorece la pérdida de nitrógeno, principalmente por lixiviación y volatilización. En segundo lugar, el momento de la aplicación de nitrógeno, ya que las plantas tienen mayores demandas en ciertas etapas de desarrollo y la fuente de nitrógeno utilizada (XUE et al., 2008; GENG et al., 2015).

La urea es el principal fertilizante sólido de fuente de N utilizado en el mundo, ya que tiene el menor costo de producción, el mayor contenido de N, baja toxicidad, alta solubilidad (CANTARELLA, 2007; ALMEIDA; SANCHES, 2012). Sin embargo, existe gran posibilidad de pérdidas de N por volatilización (NH_3) y lixiviación (NO_3^-) debido a las condiciones del suelo y el clima a las que se someterá a la fertilización en el entorno

agrícola (CANTARELLA, 2007; ALMEIDA; SANCHES, 2012; ALMEIDA, 2014; ABRANCHES; FERREIRA; PERDONÁ, 2016).

Dosis de fertilizante nitrogenado

El nitrógeno es uno de los nutrientes más demandados por las plantas. Parte de la cantidad de nutrientes necesarios se puede suministrar desde el suelo. Sin embargo, en muchas ocasiones el suelo no puede satisfacer toda la demanda, por lo que es necesaria la fertilización nitrogenada. Ante esta situación, el suministro adecuado de N es un factor importante en la buena nutrición de la mayoría de los cultivos y en la obtención de altos rendimientos (ABRANCHES; FERREIRA; PERDONÁ, 2016).

El nitrógeno es uno de los nutrientes que se aplica en grandes cantidades al suelo. Sin embargo, existe una baja utilización por parte de las plantas debido a diversos procesos de transformación y pérdidas de suelo, como la inmovilización, la desnitrificación, la lixiviación y la volatilización (ALMEIDA; SANCHES, 2012).

El principal desafío para la agricultura es controlar las pérdidas de nitrógeno del suelo por la fertilización. Una forma de aumentar la eficiencia en el uso de fertilizantes es usar dosis de máxima eficiencia productiva y económica, obtenidas a través de estudios con diferentes variedades y bajo diferentes condiciones (ALMEIDA; SANCHES, 2012).

El nitrógeno es fundamental para el desarrollo de órganos vegetativos en cultivos de algodón. Las dosis apropiadas estimulan el crecimiento y la floración, regulan el ciclo de la planta, aumentan la productividad y mejoran la longitud y resistencia de la fibra. Sin embargo, en dosis altas y aplicadas tarde, hay un aumento en el crecimiento vegetativo de la planta sobre la producción y la formación tardía de estructuras reproductivas de algodón (STAUT et al., 2002).

Según Mondino y Peterlin (2005), las altas dosis de fertilizante nitrogenado no producen altos rendimientos, ya que la mayoría de ellos están destinados a la producción de biomasa, produciendo un exceso de crecimiento vegetativo.

La fertilización nitrogenada es extremadamente importante para el buen desarrollo del cultivo, cuando se realiza con precisión, aumenta la productividad y reduce los costos (GUIMARÃES et al., 2017). El trabajo desarrollado en la Estación Experimental INTA

(Santiago del Estero) encontró diferentes respuestas de las variedades de algodón a las dosis de nitrógeno (MONDINO; PETERLIN, 2005). Actualmente se desconoce, la demanda de N que requieren los sistemas de producción de algodón en surco estrecho y las respuestas de las variedades recientemente incorporadas al mercado (MONDINO; PETERLIN, 2005).

Fertilización nitrogenada en algodón

El nitrógeno, el fósforo y el potasio son macronutrientes que condicionan, entre otras cosas, el establecimiento y mantenimiento de la capacidad fotosintética de las hojas. El N promueve especialmente el crecimiento vegetativo, aumenta el número total de flores y brotes y aumenta el tamaño de la bochas debido al mayor peso individual de las semillas. También juegan un papel importante en el desarrollo del algodón y, junto con K, determinan la calidad de la fibra (SCARPÍN et al., 2016).

El N es el nutriente vegetal más ampliamente aplicado, y su mayor influencia en el crecimiento y desarrollo de la planta es un aspecto clave de la productividad agrícola (TEIXEIRA; DELADINO; ZARITZKY, 2016; GONZALEZ et al., 2015; WEN et al., 2016). Entre los fertilizantes nitrogenados, la urea es la más utilizada en todo el mundo debido a su alto contenido de N, bajo costo y facilidad de aplicación (PEREIRA et al., 2012; BORTOLIN et al., 2013; COSTA et al., 2013; TEIXEIRA; DELADINO; ZARITZKY, 2016; WEN et al., 2016).

Sin embargo, como se mencionó anteriormente la fertilización de manera inadecuada genera grandes pérdidas económicas y daños ambientales importantes (WEN et al., 2016). Una salida prometedora que puede reducir estos problemas de contaminación es usar fertilizantes de acuerdo con la dosis de máxima eficiencia del cultivo.

El estudio INTA EEA Santiago del Estero que evalúa los efectos de cuatro dosis de nitrógeno (0, 50, 75, 100 kg de N por hectárea) en el crecimiento y la producción de algodón de surco estrecho identificó que la dosis de 75 kg producía mayor rendimiento, biomasa, índice de cosecha, número y peso de capullo en la variedad Guazuncho 2 INTA (MONDINO; PETERLIN, 2005). El estudio también encontró que las dosis de 50 y 75 kg/ha de nitrógeno son más eficientes para convertir cada kg de fertilizante en kg de algodón bruto.

Sin embargo, existen estudios que difieren en cuanto a las respuestas del algodón a las tasas de N aplicadas. SAUER et al. (2015ab) realizaron una investigación donde evaluaron la respuesta del algodón al aumento de las tasas de N en un enfoque de surco estrecho en el sudoeste del Chaco en tres temporadas agrícolas, y encontraron que los rendimientos no diferían. Para Sauer et al. (2015a) las respuestas que se pueden esperar cuando se realizan aplicaciones de fertilizantes dependerán en gran medida de las condiciones del agua que están estrechamente relacionadas con la distribución y la regularidad de la lluvia durante el ciclo. Cualquier deficiencia de agua condicionaría fuertemente la eficiencia del uso de fertilizantes.

Otro estudio en la provincia del Chaco que evaluó la respuesta a la fertilización nitrogenada de la variedad de algodón NuOpal bajo labranza cero identificó que las tasas crecientes de N no mostraron variaciones significativas en el rendimiento del algodón bruto y los parámetros de calidad (SAUER et al. 2015b). Sauer et al. (2015b) describe que las respuestas que se pueden esperar cuando se realizan aplicaciones de fertilizantes dependen en gran medida de las condiciones del suelo y del agua de la planta, otro factor importante es la regularidad de la frecuencia de lluvia y el régimen térmico que pueden causar diferentes tipos de estrés en las plantas de algodón (SAUER et al., 2015b). Por lo tanto, cualquier deficiencia o exceso de agua afecta la eficiencia del uso de fertilizantes (SAUER et al., 2015ab).

Gómez et al. (2017) evaluaron el efecto de los fertilizantes nitrogenados en la siembra y la floración sobre el rendimiento de materia seca y la producción de algodón Noupal BR. Según los autores, el rendimiento del algodón no difirió entre los tratamientos de 100 kg ha⁻¹ de N en la siembra (2.748 kg ha⁻¹) y 100 kg en la siembra y 100 kg al comienzo de la floración (2.629 kg ha⁻¹). Sin embargo, se diferenciaron del tratamiento de 60 kg ha⁻¹ de N en la siembra que produjo un rendimiento de algodón bruto de 2.201 kg ha⁻¹. No hubo diferencias entre los tratamientos para el índice de cosecha (GOMEZ et al., 2017). Los requisitos nutricionales para el desarrollo de la planta, así como el cuidado de los detalles para reducir el costo de producción, son clave para mejorar la eficiencia de utilización, como el uso de fertilizantes nitrogenados. Por lo que, los estudios de fertilización nitrogenada deben tener en cuenta los procesos de absorción por parte de la planta, el efecto del N sobre la producción de algodón y su formación. Por lo tanto,

mejorar la eficiencia del uso de nitrógeno es uno de los puntos clave para garantizar el rendimiento económico y sostenible de la producción de algodón (ALI, 2015).

El interés en maximizar la producción de cultivos ha alentado a los productores a adoptar prácticas intensivas de manejo de cultivos. Lograr altos rendimientos de algodón es una necesidad debido a los altos costos de producción y la creciente competitividad del sector agrícola. Por lo cual, es importante desarrollar y validar estrategias destinadas a mejorar la eficiencia de la fertilización nitrogenada. La toma de decisiones sobre el uso de nuevas tecnologías en el cultivo del algodón debe basarse en los resultados de la investigación realizada en condiciones de campo en tantas regiones agrícolas como sea posible (SOUZA et al., 2013; ALI, 2015).

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar las respuestas de las variedades de algodón a las diferentes tasas de nitrógeno en las condiciones edafoclimáticas de la provincia del Chaco.

Objetivos específicos

- Evaluar las respuestas morfológicas de las variedades de algodón en función de las tasas de N.
- Evaluar las respuestas productivas de las variedades de algodón con tasas de N.
- Evaluar la influencia de las tasas de N en la calidad de la fibra de las variedades de algodón.
- Determinar la(s) dosis de uso máximo para variedades de algodón.

MATERIAL Y MÉTODOS

Ubicación del área experimental

Los experimentos se llevaron a cabo en el campo de la Estación Experimental Agrícola INTA Sáenz Peña (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), en la campaña 2019/2020 (S 26° 49' 83.6 "W 60° 26' 85.9"), ubicada en la localidad de Presidencia Roque Sáenz Peña, Provincia del Chaco, Argentina.

El suelo donde se implementaron las pruebas corresponde a la serie Independencia y su clasificación taxonómica corresponde a un *haplustol óxico*. Suelo moderadamente profundo, la penetración efectiva de las raíces de las plantas cultivadas puede alcanzar hasta 90 cm, desde cuya profundidad hay un ambiente tóxico producido por altos niveles de sodio intercambiable (LEDESMA et al., 1973).

Las pruebas se llevaron a cabo en condiciones climáticas marítimas subtropicales, con precipitaciones anuales promedio de 900-1000 mm concentradas principalmente en verano - otoño.

Material vegetal

Las variedades de algodón (*Gossypium hirsutum*) que se utilizaron:

Guarani INTA BG RR - excelente sanidad; vigor medio; adecuado para suelos de muy buena fertilidad, ciclo intermedio - temprano; resistente a la enfermedad azul y tolerante a la alternaria.

Guazuncho 4 INTA BGRR - buena sanidad; muy vigoroso, amplia adaptación a diferentes condiciones del suelo; ciclo intermedio; resistente a la enfermedad azul y tolerante a la alternaria.

NuOPal RR - excelente sanidad; muy vigoroso adecuado para suelos de baja a media fertilidad; ciclo largo, resistente a la enfermedad azul y tolerante a la alternaria.

Pora 3 INTA BGRR - excelente sanidad; vigor medio; adecuado para suelos de fertilidad media; ciclo intermedio; resistencia a la enfermedad azul y tolerante a la alternaria.

Instalación y conducción del experimento

Los experimentos se llevaron a cabo en la campaña (2019/2020). El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones en parcelas subdivididas, donde

se asignaron cuatro variedades de algodón (Guarani INTA BG RR, NUOPal RR, Pora 3 INTA BGRR, Guazucho 4 INTA BG RR), y en las subparcelas cinco dosis de nitrógeno (0, 45, 90, 135 y 180 kg ha⁻¹).

El área total del experimento fue de 874 m², cada parcela experimental contó con cuatro hileras de plantas, con un área total de 9,6 m² (1,92 x 5,0 m). El espacio entre plantas en la misma fila y el espacio entre hileras fue de 0,08 y 0,48 m respectivamente, con una densidad de 12 plantas/ metro, totalizando 60 plantas en el área de muestreo de cada parcela experimental en la que estaban las dos líneas centrales, sin considerar las plantas finales, totalizando un área de 4,64 m² y una población de aproximadamente 251.004 plantas ha⁻¹.

El nitrógeno se aplicó como urea en dos etapas, con 40% en la siembra y 60% en pimpollado. La siembra se llevó a cabo en noviembre 2019.

Descripción de las variables a evaluar

a) Variables de crecimiento

En plena floración, aproximadamente 80 días después de la emergencia se determinó la altura de la planta (AP) y el número de nudo (NN), número de pimpollo (NP), número de flor (NF), que se midió en cuatro plantas por subparcela.

El AP se determinó con una regla métrica, que mide desde el nudo cero hasta la región apical del tallo principal.

b) Componentes productivos

Después de la cosecha, se determinó el rendimiento de algodón en bruto (kg/ha).

Análisis estadístico

Se realizarán análisis de la varianza (ANAVA), test de comparaciones múltiples, y técnicas de análisis multivariado, utilizando el software estadístico InfoStat/P (2019)

Resultados

La variable altura de plantas presento diferentes respuestas según las diferentes dosis de fertilizantes aplicadas.

NuOpal RR y Guazuncho 4 INTA mostraron una respuesta creciente, es decir al aumentar la dosis aumenta la altura, en cambio en Pora 3 INTA BG RR y Guaraní INTA BG RR se observó que a medida que la dosis aumenta la altura aumenta hasta los (135 Kg/ ha de N) donde luego comienza a ser estable (Figura 1).

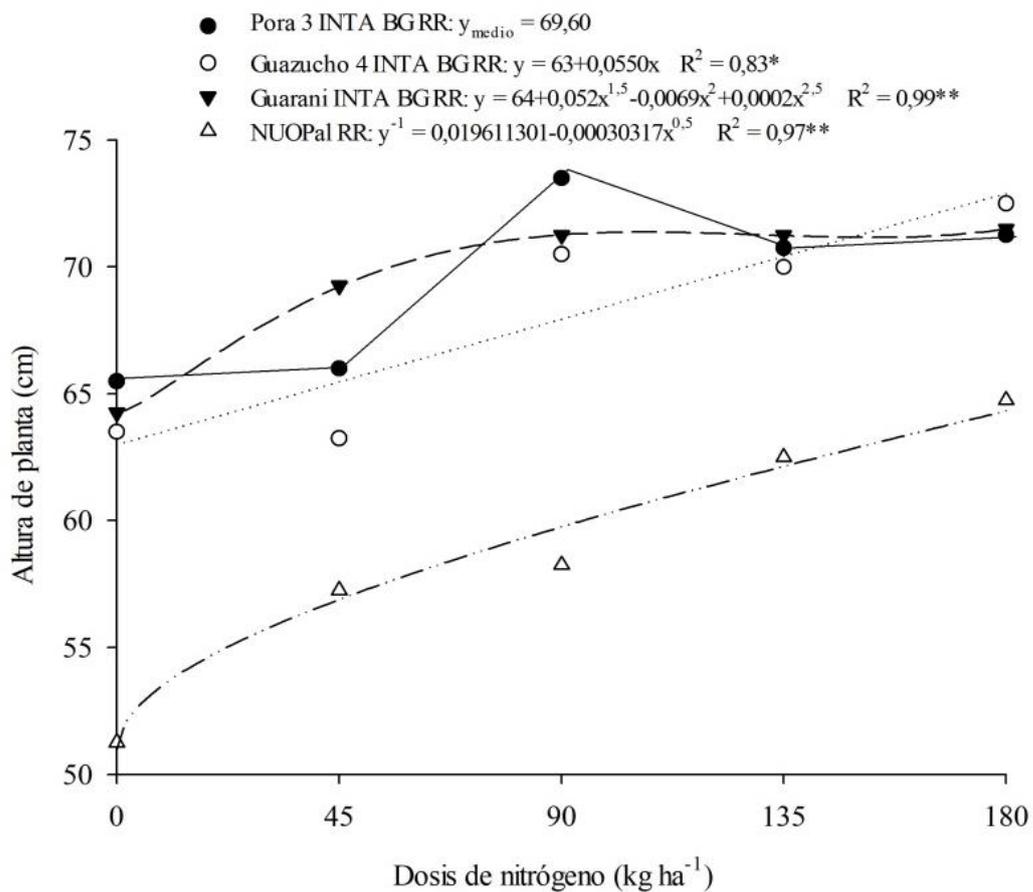


Figura 1: Altura de las plantas en diferentes dosis de nitrógeno a los 80 DDS (días después de la siembra)

El número de nudos de plantas presentó diferentes respuestas según la dosis de fertilizantes aplicadas.

NuOpal RR y Pora 3 INTA mostraron una respuesta creciente, es decir al aumentar la dosis aumenta el número de nudos, en cambio en Guazuncho 4 INTA BG RR y Guaraní INTA BG RR se observó que a medida que la dosis aumenta el número de nudos aumenta hasta los (90 Kg/ ha de N) (Figura 2).

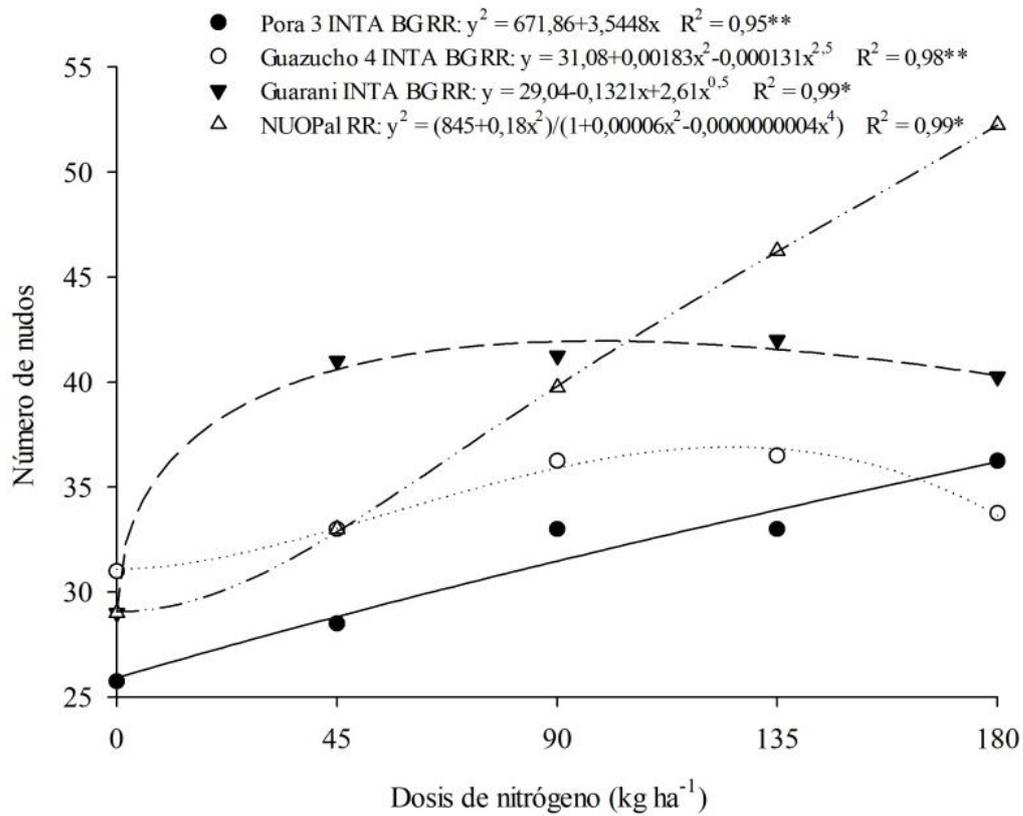


Figura 2: Numero de nudos de las plantas en diferentes dosis de nitrógeno a los 80 DDS (dias después de la siembra)

Con respecto al número de pimpollos NuOpal RR y Guazuncho 4 INTA BG RR mostraron una respuesta creciente hasta los (135 Kg/ ha de N), es decir al aumentar la dosis aumenta el número de pimpollos, en cambio Guaraní INTA BG RR mostro una respuesta decreciente y Pora 3 INTA no exhibió cambios al aumentar la dosis (Figura 3).

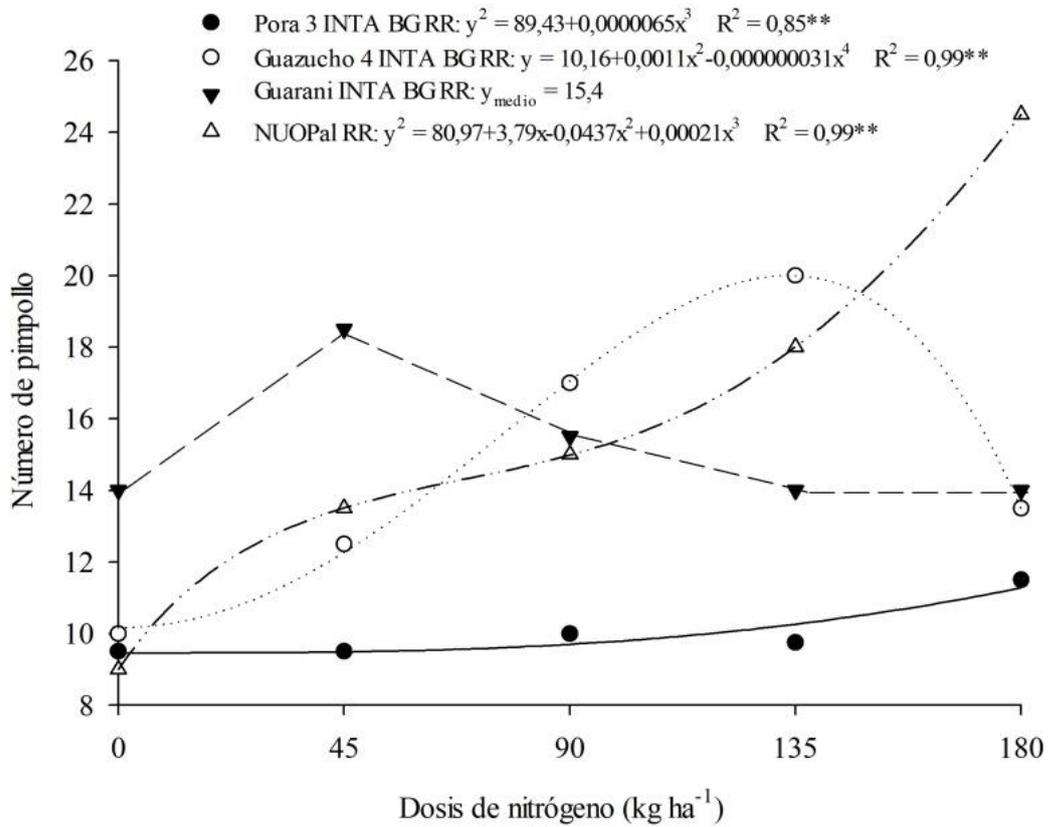


Figura 3: Numero de pimpollo de las plantas en diferentes dosis de nitrógeno a los 80 DDS (días después de la siembra)

Con respecto al número de pimpollos NuOpal RR y Guazuncho 4 INTA BG RR mostraron una respuesta creciente hasta los (135 Kg/ ha de N), es decir al aumentar la dosis aumenta el número de pimpollos, en cambio Guarani INTA BG RR mostró una respuesta decreciente y Pora 3 INTA no exhibió cambios al aumentar la dosis (Figura 3).

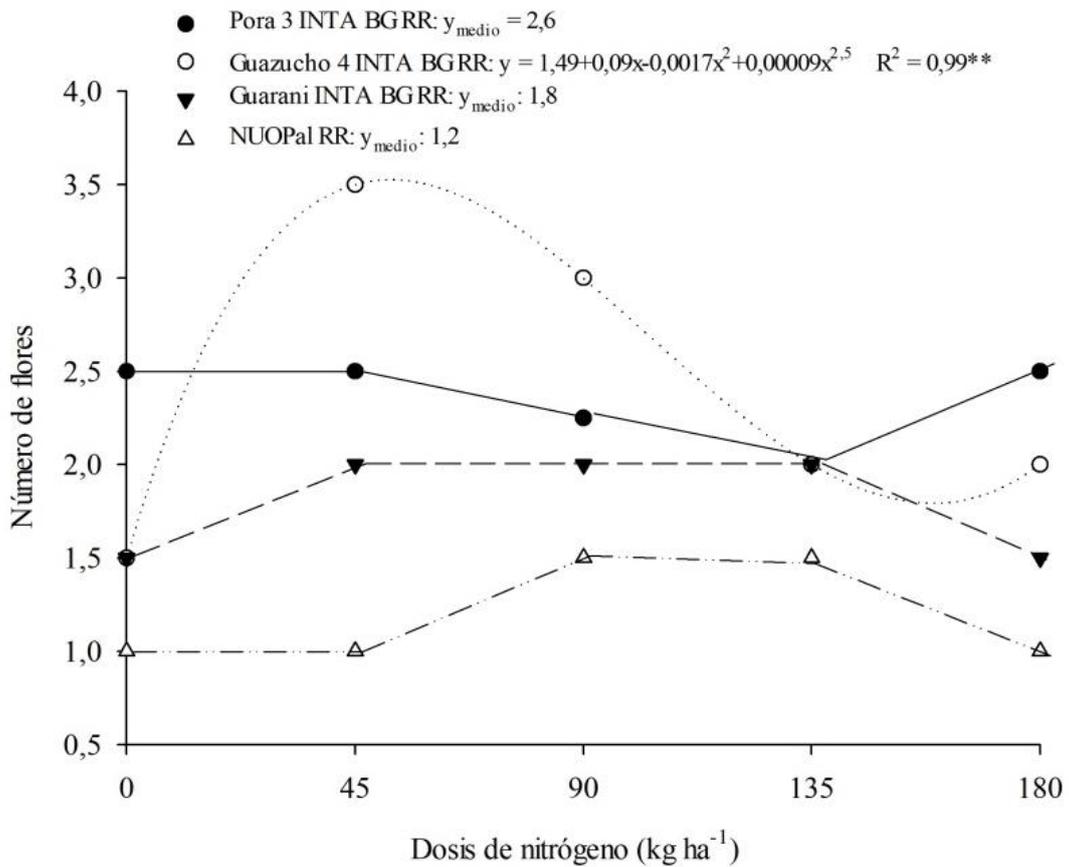


Figura 4: Numero de flores de las plantas en diferentes dosis de nitrógeno a los 80 DDS (días después de la siembra)

En cuanto a la variable numero de flores se observó una respuesta similiar entre los cultivares, al aumentar la dosis disminuye el numero de flores hasta la dosis de (135 Kg/ ha de N) para luego aumentar.

Tabla 1: Rendimiento promedio de cada tratamiento en los diferentes cultivares

Promedio Rendimiento (kg ha ⁻¹)	
Cultivares	
Pora 3 INTA BGRR	3667,71 ^a
Guazucho 4 INTA BG RR	2537,50 ^b
Guarani INTA BG RR	3477,08 ^a
NUOPal RR	3398,96 ab

Las medias seguidas de la misma letra minúscula en la columna, no difieren, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Tabla 2: Rendimiento de cada tratamiento en los diferentes cultivares

Tratamiento	Rendimiento de cada tratamiento en Kg/Hectárea			
	Pora 3 INTA BGRR	Guazucho 4 INTA BG RR	Guarani INTA BG RR	NUOPal RR
T1	2906,25a	1947,91a	2895,3 ^a	3020,2a
T2	3770,83b	2859,37b	4144,5b	3421,5,3a
T3	3921,87b	2760,41b	3375,2b	3223,5a
T4	4140,62b	2895,2b	3375,15b	3307,1a
T5	3598,3b	2227,5b	3411,45b	3421,87a

Las medias seguidas de la misma letra minúscula en la columna, no difieren, según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

Con respecto al rendimiento (Kg/Hectárea) promedio de los tratamientos la variedad que más rendimiento presentó fue Pora 3 INTA (Tabla 1), además que también mostró una respuesta creciente al aumentar la dosis de fertilizante al igual que Guazucho 4 INTA BG RR y Guarani INTA BG RR, en cambio NuOpal RR no manifestó cambios en las diferentes dosis de fertilizantes (tabla 2).

BIBLIOGRAFIA

- Abranches, J. I.; Ferreira, R. I.; Mitigação da contaminação ambiental pelo uso de ureia revestida por polímeros na agricultura. In: XII Fórum Ambiental da Alta Paulista, 2016, Tupã - SP. Anais do Fórum Ambiental da Alta Paulista: Sociedade, Meio Ambiente e Desenvolvimento. Tupã - SP: ANAP, 2016. v. XII. P. 1139-1156.
- ALI, N. Review: Nitrogen Utilization Features in Cotton Crop. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 987-1002, 2015.
- ALMEIDA, R. E. M. **Fertilização nitrogenada no consórcio milho-braquiária em solos de clima tropical úmido no sistema de integração lavoura-pecuária**. Thesis (PhD), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2014.
- Almeida, R. F.; Sanches, B. C. Fertilizantes nitrogenados com liberação lenta e estabilizada na agricultura. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v. 7, n. 5, p. 31-35, 2012.
- Aquino, L. A. de; Berger, P. G.; Neves, J. C. L.; Aquino, R. F. B. A. de. Acúmulo e exportação de nutrientes pelo algodoeiro com a aplicação parcelada de fósforo. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 12-21, 2014.
- Araújo, E. O.; Camacho, M. A.; Vincensi, M. M. Nitrogen use efficiency by cotton varieties. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, p.10-16, 2013.
- Beltrão, N. E. M.; Oliveira, M. I. P.; Souza Júnior, S. P.; Brito, G. G.; Cardoso, G. D. Ecofisiologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch). In: BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P. (Ed.). **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal**. 1. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 66-87.
- Bortolin, A.; Aouada, F. A.; Mattoso, L. H.; Ribeiro, C. Nanocomposite PAAm/methyl cellulose/montmorillonite hydrogel: evidence of synergistic effects for the slow release of fertilizers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 31, p. 7431-7439, 2013.

- Cantarella, H. Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; FONTES, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.376-449.
- Carmo, C. A. F. S.; Araújo, W. S.; Bernardi, A. C.; Saldanha, M. F. C. Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 41 p. (Circular Técnica, 6).
- Carvalho, M. C. S.; Ferreira, G. B.; Satut, L. A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: Freire, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. 918 p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Custos de produção agrícola: a metodologia da CONAB**. Brasília: CONAB, 2010. 60p.
- Costa, M. M.; Cabral-Albuquerque, E. C.; Alves, T. L.; Pinto, J. C.; Fialho, R. L. Use of polyhydroxybutyrate and ethyl cellulose for coating of urea granules. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n. 42, p. 9984-9991, 2013.
- Devkota, M.; Martius, C.; Lamers, J. P. A.; Sayre, K. D.; Devkota, K. P.; Vlek, P. L. G. Tillage and nitrogen fertilization effects on yield and nitrogen use efficiency of irrigated cotton. **Soil and Tillage Research**, n. 134, p. 72-82, 2013.
- Du, X.; Chen, B.; Zhang, Y.; Zhao, W.; Shen, T.; Zhou, Z.; Meng, Y. Nitrogen use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as influenced by wheat–cotton cropping systems. **European Journal of Agronomy**, v. 75, p. 72-79, 2016.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212 p.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v. 88, p. 97-185, 2005.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

- FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no Cerrado**: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 70 p. (Documentos, 138).
- FERREIRA, P. V. *Estatística Experimental Aplicada à Agronomia*. 3 ed. Maceió, AL: EDUFAL, 2000. 422p.
- GENG, J.; MA, Q.; ZHANG, M.; LI, C.; LIU, Z. LYU, X.; ZHENG, W. Synchronized relationships between nitrogen release of controlled-release nitrogen fertilizers and nitrogen requirements of cotton. **Field Crops Research**, v. 184, p. 9-16, 2015.
- GOMEZ, N.; ROMERO, E.; ABEL, J. C.; CARRIZO, M. Fertilización nitrogenada en siembra y en floración y sus efectos sobre el crecimiento y rendimiento en algodón. In: 1º Congreso Internacional de Algodón. Anais...Presidencia Roque Sáenz Peña, Chaco. 2017.
- GONZALEZ, M. E.; CEA, M.; MEDINA, J.; GONZALEZ, A.; DIEZ, M. C.; CARTES, P.; MONREAL, C.; NAVIA, R. Evaluation of biodegradable polymers as encapsulating agents for the development of a urea controlled-release fertilizer using biochar as support material. **Science of the Total Environment**, v. 505, p. 446-453, 2015
- GUIMARÃES, H. A.; RODRIGUES, J. O.; FERRAZ, Y. T.; MARIANO, D. C.; OKUMURA, R. S. Adubação nitrogenada de cobertura em diferentes estádios fenológicos e cultivares de algodão em Tangará da Serra-MT. **Agroecossistemas**, v. 9, n. 1, p. 2-10, 2017.
- KAKANI, V. G.; REDDY, K. R.; KOTI, S.; WALLACE, T. P.; PRASAD, P. V. V.; REDDY, V. R.; ZHAO, D. Differences in in vitro pollen germination and pollen tube growth of cotton cultivars in response to high temperature. **Annals of Botany**, v. 96, p. 59-67, 2005.
- LEDESMA, L. L.; BARBONA, S. A.; MELGRATTI DE INALBON, M. R.; SAYAGO, J. M.; MARGOSA, L. A.; RODRIGUES, F. J.; ENRIQUEZ, O., L. L. M. de Fantin. 1973. Introducción al conocimiento de los suelos del Chaco. Convenio INTA MAG del Chaco. 158 p.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of cotton plant development. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 5, p. 313-317, 2001.
- MAUAD, M.; GARCIA, R. A.; SILVA, R. M. M. F.; SILVA, T. A. F. da; SHOROEDER, I. M.; KNUDSEN, C. H.; QUARESMA, E. V. W. Produção de matéria seca e acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas de niger. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 533-540, 2015.
- MONDINO, M.; PETERLIN, O. Efectos de la densidad de plantas sobre la productividad de algodones sembrados en surcos distanciados a 0,50 m. In: **Proyecto Nacional Algodón. Informe de Avance Nº 1. 2º Reunión Anual. Agosto 2005**. Sáenz Peña, Chaco, Argentina INTA EEA, 2005. p. 34-37.
- MULLINS, G. L. y BURMESTER, C. H., 2010. Relation of growth and development to mineral nutrition. En: *Physiology of Cotton* (Eds J. McD Stewart, D Oosterhuis, J.Heilholt, J.Mauney) p. 97-105. Springe
- NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T. R. P.; PINHO, P. J. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.
- PAZ, L. M. Ressonância Magnética Nuclear (RMN), princípios e aplicações. **Óleos & Grãos**, v. 7, p. 32-33, 1996.
- PEREIRA, E. I.; MINUSSI, F. B.; CRUZ, C. C.; BERNARDI, A. C.; RIBEIRO, C. Urea-montmorillonite-extruded nanocomposites: A novel slow-release material. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 21, p. 5267-5272, 2012.
- REDDY, K. R.; HODGES, H. F.; MCKINION, J. M.; WALL, G. W. Temperature effects on Pima Cotton growth and development. **Agronomy Journal**, v. 84, p. 237-243, 1992.
- REDDY, V. R.; REDDY, K. R.; BAKER, D. N. Temperature effect on growth and development of cotton during the fruiting period. **Agronomy Journal**, v. 83, p. 211-217, 1991.

- RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. In: **Algodão: tecnologia de produção**. Doutorados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2001. cap. 1, p. 13-33.
- SAUER, M.; ARANDA, J.; CANTEROS, G.; ALOMA, M. Respuesta a la fertilización nitrogenada de variedad de algodón NuOpal bajo siembra directa. **Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales**, v. 5, n. 8, p. 193-197, 2015b.
- SAUER, M.; INGARAMO, O.; NADAL, N.; LEDDA, A. Respuesta a la fertilización nitrogenada del cultivo de algodón en sistemas de surcos estrechos en el sudoeste chaqueño (Argentina) **Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales** , v. 5, n. 8, p. 107-113, 2015a.
- SCARPÍN, G.; VENTURINI, L. M.; PAYTAS, M. Evaluación de la fertilización complementaria en dos variedades de algodón. **Voces y Ecos**, v. 26, n. 36, p. 8-11, 2016.
- SCHLEGEL, A. J.; DHUYVETTER, K. C.; HAVLIN, J. L.; Economic and environmental impacts of long-term nitrogen and phosphorus fertilization. **Journal of Production Agriculture**, v. 9, p. 114-118, 1996.
- SILVA, F. C et al. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.
- SOUZA, J. R.; CASTRO, G. S. A.; RIBEIRO, B. N.; ROLIM, M. V.; KANEKO, F. H. Manejo de nitrogênio revestido com polímeros na cultura do algodão. *Acta Iguazu, Cascavel*, v. 2, n. 1, p. 43-49, 2013.
- SOUZA, R. L. de. **Crescimento, fisiologia e produção do algodoeiro sob efeito do silício via foliar**. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande-PB, 2012.
- STAMATIADIS, S.; TSADILAS, C.; SAMARAS, V.; SCHEPERS, J. S.; ESKRIDGE, K. Nitrogen uptake and N-use efficiency of Mediterranean cotton undervaried deficit irrigation and N fertilization. **European Journal of Agronomy**, v. 73, p. 144–151, 2016.

- STAUT, L. A.; LAMAS, F. M.; KURIHARA, C. H.; REIS JÚNIOR, R. A. Adubação Nitrogenada em Cobertura na Cultura do Algodoeiro em Sistema Plantio Direto. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. p. 1-4. (Comunicado Técnico, 67).
- STRECK, N. A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance rate in muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, p. 105-111, 2002.
- SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot for Windows Version 12.0**. San Jose: Systat Software Inc., 2011.
- SYSTAT SOFTWARE. **Table curve 2D and 3D**. San Jose: MMIV Systat Software Inc., 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.
- TCACH, N. E.; PAZ, J. G.; IBALO, S. I. TCACH, M.; SPOLJARIC, M.; KLEIN, L.; GONZALEZ, A. **Algodón en surcos estrechos**. Buenos Aires: Ediciones INTA, 2019. p. 19-21.
- TEIXEIRA, A. S.; DELADINO, L.; ZARITZKY, N. Yerba mate (*Ilex paraguariensis*) waste and alginate as a matrix for the encapsulation of N fertilizer. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 4, n. 4, p. 2449-2458, 2016.
- WEN, P.; WU, Z.; HE, Y.; YE, B. C.; HAN, Y.; WANG, J. W.; GUAN, X. Microwave-Assisted Synthesis of a Semi-interpenetrating Polymer Network Slow-Release Nitrogen Fertilizer with Water Absorbency from Cotton Stalks. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, v. 4, p. 6572-6579, 2016.
- XUE, X. P.; SHA, Y. Z.; GUO, W. Q.; ZHOU, Z. G. Accumulation characteristics of biomass and nitrogen and critical nitrogen concentration dilution model of cotton reproductive organ. **Acta Ecologica Sinica**, v. 28, p. 6204-6211, 2008.