



Universidad Nacional de Nordeste



Facultad de Ciencias Agrarias

**Universidad Nacional del Nordeste
Facultad de Ciencias Agrarias
Maestría en Producción Vegetal**

***“Fertilización potásica en algodón surco estrechos y su
relación fuente destino sobre los efectos en los
parámetros de calidad de fibra”***

Tesista: Ing. Agr. Julio Rolando González

Director: Ing. Agr. PhD. Marcelo Paytas

Co-Director: Ing. Agr. MSc. Mauricio Tcach

Agradecimientos

En lo Institucional, al SENASA que me permitió ocupar el tiempo para terminar este posgrado y al INTA que me abrió las puertas para realizar el ensayo las dos campañas agrícolas y a su equipo humano del módulo de genética que estuvo a disposición para ayudar en el trabajo de campo sumado al equipo de fibra por permitir el uso de las estufas.

Al Director de tesis Ing. Agr. PhD. Marcelo Paytas quién siempre tuvo mucha energía para que pudiera llegar al final de esta maestría, que para una persona que no investiga en el ámbito cotidiano, estos trabajos resultan muy difícil poder cerrarlos, además de los conocimientos que siempre encontré en nuestras reuniones de gabinete. Solo palabras de agradecimiento a esta gran persona por sobre todas las cosas.

Al Co- Director de tesis Ing. Agr. MSc. Tcach, Mauricio quien me acompañó en los ensayos realizado en la experimental donde él trabaja como genetista, disponiendo de todo el personal que trabaja en su equipo.

A mis compañeros de trabajo que me dieron una mano en las mediciones Ing. Pedersen, Walter Schultz y hasta mi compañera en la vida Ebe que la lleve a los ensayos a contar pimpollos y flores.

A la familia chica como se dice, que supo aguantar las semanas de cursados que fueron dos años y medio con el objetivo de perfeccionarme en algo que quiero mucho, como es el cultivo de algodón. Ellos son Ignacio, Josefina y Mama Ebelyn.

Aprovecho especialmente para agradecer a mis padres Olguita y Julio; por creer que siempre se puede y por la solidaridad para que sus hijos siempre pudiéramos estudiar. A la vida por todo lo que me da.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos.....	I
Índice General.....	II
Resumen.....	IV
Abstract.....	V
Índice de Tablas.....	VI
Índice de Figuras.....	IX
Símbolos y Abreviaturas.....	X
<u>CAPITULO 1: INTRODUCCION GENERAL</u>	1
1.1 Objetivo general.....	2
1.2 Objetivos específicos.....	2
<u>CAPITULO 2: REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	3
2.1 Origen y Características del cultivo de Algodón	3
2.2 Importancia del Algodón en el Mundo.....	4
2.3 Algodón en Argentina.....	6
2.4 El K en la solución del suelo.....	7
2.5 El K en la planta.....	8
2.6 Requerimiento de K en cultivo de algodón.....	10
2.7 El K y la calidad de fibra y sus parámetros	11
2.8 El K y su deficiencia	12
2.9 Importancia de la fertilización potásica en algodón.....	13
2.10 El K en el crecimiento y desarrollo del algodón.....	13
<u>CAPITULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS</u>	16
3.1 Lote experimental y tratamientos.....	16
3.2 Mediciones y determinaciones.....	19
3.3 Diseño del experimento y análisis estadístico de los datos.....	21
<u>CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	23
4.1 Condiciones ambientales durante el periodo de crecimiento del cultivo.....	23
4.2 Biomasa y partición de asimilados.....	25

4.3 Mapeo de arquitectura de plantas y órganos reproductivos.....	31
4.4 Retención de órganos fructíferos.....	33
4.5 Rendimiento y componentes.....	36
4.6 Parámetros de calidad de fibra.....	39
<u>CAPITULO 5: CONCLUSIÓN Y CONSIDERACIONES FINALES.....</u>	<u>44</u>
5.1 Conclusiones.....	45
5.2 Consideraciones finales y futuras.....	47
Bibliografía.....	48
Anexo.....	57

Resumen

Existen prácticas de manejo agronómico relacionadas a la configuración espacial del cultivo como los surcos estrechos y las altas densidades que generan un marco de plantación ideal para competir entre la misma especie y especies plagas. Es clave la elección de un material genético que tenga un buen comportamiento en determinado ambiente y potencie su rendimiento con el agregado de nutrientes específicos como el caso del potasio. Actualmente, existe la necesidad de conocer respuestas y mecanismos involucrados en la interacción de estas variables y su efecto en la distribución fuente destino de asimilados, en los parámetros de calidad de la fibra y en los componentes del rendimiento.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la respuesta del cultivo del algodón frente al agregado de cloruro de potasio en dos variedades, una de ciclo corto y otra de ciclo largo con igual distanciamiento entre surcos, con especial énfasis en: I) el crecimiento y el desarrollo; II) el rendimiento y sus componentes; III) los parámetros de calidad de fibra. Los tratamientos consistieron en 3 dosis diferentes de fertilizante con cloruro de potasio (KCl): testigo sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K en dos variedades sembradas en Argentina: NuOpal RR y DP402 BG/RR ambas distanciadas a 0,52 m entre líneas, lo que se conoce en algodón, como sistema con surcos estrechos.

Se observó un mayor incremento de biomasa en el tratamiento fertilizado con mayor dosis de potasio con respecto al testigo, como así también mayor retención de frutos y distribución de cargas. Los parámetros de calidad de fibra fueron superiores en los tratamientos con aplicación de fertilizantes potásicos particularmente para micronaire y longitud.

Palabras claves: algodón, potasio, calidad de fibra, fuente destino

Abstract

Agronomical management practices related to the spatial configuration of the crop such as narrow rows and high densities creates an ideal sowing framework to compete between the same species and pests. The election of a genotype with good behavior in a given environment and with enhances performance under the addition of specific nutrients such as potassium is essential. Currently, there is a need to know the responses and mechanisms involved in the interaction of these variables and their effect on the source distribution of assimilates, on the parameters of fiber quality and yield components.

The objective of this study was to determine the response of cotton cultivation to the addition of potassium chloride on two varieties, a short and a long cycle to maturity with the same distance between rows, with special emphasis on: I) growth and development; II) yield and its components; III) fiber quality parameters. Treatments were 3 different levels of potassium chloride fertilizer (KCl): the control without Potassium K0; Potassium K1= 50 kg de K; Potassium K2= 200 kg de K in two varieties sowed in Argentina: NuOpal RR and DP402 BG/RR with 0.52 m between rows, what is well known in cotton, as a narrow row system.

Greater increase of biomass was observed for the fertilized treatment with higher potassium level compared to the control, as well as greater fruits retention and distribution of bolls. The parameters of fiber quality were higher in the treatments with potassium fertilizers, particularly for micronaire and length.

Key words: cotton, potassium, fiber quality, sink source

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de suelos analizados a una profundidad de 0-20 cm y de 20-40 cm con una muestra compuesta determinando pH; Conductividad Eléctrica (CE); Carbono Orgánico Total (COT); Materia Orgánica (MOT); Nitrógeno Total (NT); Sodio (Na); Potasio (K); Calcio (Ca); Magnesio (Mg); Fósforo (P) y Relación Carbono Nitrógeno (C/N) al momento de la siembra. Laboratorio de suelo y agua del INTA Sáenz Peña. 2013.....	19
Tabla 2. Partición de asimilados en Pimpollado: biomasa total y biomasa parcial en tallos, hojas y órganos reproductivos, en dos variedades NuOpal RR y DP402 BG/RR, para tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K. Campañas 2013/14 y 2014/15.....	26
Tabla 3. Partición de asimilados en Floración: biomasa total y biomasa parcial en tallos, hojas y órganos reproductivos, en dos variedades NuOpal RR y DP402 BG/RR, para tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K. Campañas 2013/14 y 2014/15.....	27
Tabla 4. Partición de asimilados en Maduración: biomasa total y biomasa parcial en tallos, hojas y órganos reproductivos, en dos variedades NuOpal RR y DP402 BG/RR, para tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K. Campañas 2013/14 y 2014/15.....	29
Tabla 5. Altura de planta en tres momentos del desarrollo pimpollado, floración y maduración, en dos variedades NuOpal RR y DP402 BG/RR y tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K. Campaña 2013/14 y 2014/15.....	31

Tabla 6: Número de nudos en tres momentos del desarrollo del cultivo: pimpollado, floración y maduración, en dos variedades NuOpal RR y DP402 BG/RR y tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K. Campañas 2013/14 y 2014/15.....32

Tabla 7. Retención de órganos fructíferos en tres momentos del desarrollo: pimpollado, floración y maduración, en dos variedades NuOpal y DP402 BG/RR y para tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K. Campaña 2013/14.34

Tabla 8. Retención de órganos reproductivos en tres momentos del desarrollo: pimpollado, floración y maduración, en dos variedades NuOpal y DP402 BG/RR y para tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K. Campaña 2014/15.....35

Tabla 9. Rendimiento del cultivo de algodón en las campañas 2013/14 y campaña 2014/15 para las variables: algodón en bruto y porcentaje de fibra en desmote por toneladas de algodón en bruto. En dos variedades (NuOpal y DP402 BG/RR) y tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K38

Tabla 10. Parámetros de calidad de fibra campaña 2013/14: Longitud, Micronaire, Resistencia, Elongación y Uniformidad, En dos variedades (NuOpal y DP402 BG/RR) y tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K. Obtenidos con equipos HVI en empresa Vicentin - Provincia de Santa Fe.....40

Tabla 11. Parámetros de calidad de fibra campaña 2014/15: Longitud, Micronaire, Resistencia, Elongación y Uniformidad, En dos variedades (NuOpal y DP402 BG/RR) y tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K. Obtenidos con equipos HVI de Empresa Alpargata SAIC, empresa desmotadora del medio en Sáenz Peña- provincia de Chaco.....43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema descriptivos de las etapas fenológicas del cultivo de algodón: vegetativa, reproductiva y madurez (Paytas y Ploschuk, 2013)	15
Figura 2. Plano del lote experimental donde se llevó adelante la experiencia de fertilización potásica con tres tratamientos, testigo sin agregado de potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K; y en dos variedades de algodón NuOpal RR y DP402 BG/RR dispuestas en bloques completos al azar.....	18
Figura 3. Parcela de la cual se recolecto el material de análisis y medición de altura de planta en el lote.....	20
Figura 4. Lote experimental donde se llevó adelante la experiencia de fertilización potásica con tres tratamientos, testigo sin agregado de potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K; y en dos variedades de algodón NuOpal RR y DP402 BG/RR dispuestas en bloques completos al azar.....	22
Figura 5. Precipitaciones diarias en mm y temperaturas medias diarias en °C, de la campaña 2013/14 en distintas etapas de desarrollo del cultivo.....	23
Figura 6. Precipitaciones diarias en mm y temperaturas medias diarias en °C, de la campaña 2014/15 en distintas etapas de desarrollo del cultivo.....	24
Figura 7 emergencia del cultivo en la campaña 2013-14.....	56
Figura 8 Fertilización y emergencia del cultivo campaña 2014-15.....	56
Figura 9 Cultivo campaña 2013-14 etapa reproductiva.....	57
Figura 10 Maduración y apertura de capsula campaña 2014-15.....	57

Símbolos y Abreviaturas

AB: Algodón en bruto (fibra + semillas)

NuOpal RR: variedad de algodón con resistencia genética a glifosato y lepidóptero

DP 402 BG/RR: variedad de algodón con resistencia genética a glifosato y lepidóptero

C: campaña

K: potasio

K0: sin potasio (tratamiento testigo)

K1: potasio 1 (tratamiento con 50 kg K ha⁻¹)

K2: potasio 2 (tratamiento con 200 kg K ha⁻¹)

KCl: cloruro de potasio

D: días

DDS: días después de la siembra

DDE: días después de la emergencia

g: gramos

ha: hectárea

h: hora

IAF: índice de área foliar

kg: kilogramo

m: metro

mm: milímetro

Nº: numero

%: porcentaje

1ºp: primera posición de los órganos fructíferos

ROF: retención de órganos fructíferos

kg/ha: kilogramos por hectárea

K₂O: oxido de Potasio

T: tratamiento

tn: tonelada

2013/14: primer año de campaña 2013 y 2014

2014/15: segundo año de campaña 2014 y 2015

HVI: instrumento de alto volumen (por sus siglas en inglés: High Volume Instrument)

CAPITULO 1: INTRODUCCION

El algodón representa la principal fuente de consumo industrial de fibras textiles en Argentina, más precisamente concentrado en el norte del país con una economía regional consolidada; donde su productividad y calidad de fibra están influenciadas por factores nutricionales, clima, suelo, prácticas culturales, plagas, enfermedades, genética limitada a escasas variedades, entre otros. Así, el efecto del ambiente sobre el cultivo y la aplicación de técnicas de fertilización, con énfasis en la utilización de potasio (K), puede mejorar el rendimiento y la calidad de la fibra del algodón.

Con la introducción de nuevas variedades, en la mayoría de los casos genéticamente modificadas, con mayor potencial de retención de frutos y acompañado de cambios en las prácticas de manejo agronómico tales como incremento en el uso de nitrógeno (N) y utilización de reguladores de crecimiento, han evidenciado la aparición de deficiencias de algunos nutrientes como el caso del K.

Se desconoce el efecto del K en la relación fuente-destino de asimilados y su influencia en los parámetros de calidad de fibra de algodón en los sistemas de manejo actuales de surcos estrechos en Argentina. Por ello, es necesario cuantificar dichos efectos en variedades de diferente precocidad, que eventualmente varíen en su relación fuente destino de asimilados, motivo del presente trabajo de investigación.

La fertilización potásica incrementa la relación fuente destino y los atributos de la calidad de fibra del algodón en variedades de ciclo largo en sistemas de surcos estrechos.

1.1 Objetivo General

Evaluar el comportamiento del agregado de K en la relación fuente destino de asimilados como elemento determinante de los parámetros de calidad de fibra, en variedades de algodón en surcos estrechos.

1.2 Objetivos Específicos

Estudiar la relación fuente destino de asimilados en dos variedades, ciclo corto y largo, y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Determinar el rendimiento y sus componentes ante el agregado de una fuente potásica al inicio del cultivo.

Evaluar los parámetros comerciales de calidad de fibra determinados por la fuente potásica y el componente genético.

CAPITULO 2: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origen y características del cultivo de algodón

El algodón es una dicotiledónea que pertenece al orden Malvales, a la familia de las Malváceas, a la tribu *Gossypieae* y al género *Gossypium*. Según estudios de base molecular, la tribu *Gossypieae* tiene antecedentes de su existencia de al menos 12,5 millones de años, con distribución en tres centros primarios de diversificación: i) Australia (principalmente la región de Kimberley), ii) África y el sur de la península Árabe y iii) el oeste del centro y sur de México (Wendel *et al.*, 2010). Existen actualmente 33 especies reconocidas que pertenecen al género *Gossypium*, de las cuales solo cuatro han sido domesticadas con interés comercial: *Gossypium hirsutum* L., *Gossypium barbadense* L., *Gossypium arboreum* Vell. y *Gossypium herbaceum* L.

G. hirsutum es una especie tetraploide, desarrollada en Estados Unidos a partir del algodón nativo de México y América Central, e incluye la mayoría de las variedades comerciales actuales de "Upland cotton" o algodón de fibra corta, lo que constituye casi el 90% del algodón bruto producido en el mundo. El largo de fibra de Upland varía desde 22 a 36 mm, y el micronaire (un indicador de finura y madurez, pero no necesariamente una medida confiable de ambas) varía desde 3,8 a 5,0. *Gossypium barbadense* es otra especie tetraploide, con orígenes en Sudamérica, caracterizada por producir las fibras más largas (más de 35 mm) y finas con valor de micronaire menor a 4. Considerando su carácter extra largo o "extra-long-staple" (ELS), forma parte del 8% de la producción mundial. Incluye las variedades comerciales Egipcia, Americana/egipcia y Sea Island. Egipto y Sudán son, actualmente, los principales productores de ELS en el mundo. "Pima" (como también se llama a las ELS Americana/egipcia) se produce en el oeste de los Estados Unidos (principalmente

California y Arizona, sudoeste de Texas y Nuevo México), como también en Sudamérica (Paytas y Ploschuk, 2013).

Las otras dos especies de interés comercial, *Gossypium arboreum* y *Gossypium herbaceum* (ambas diploides) son asiáticas y europeas. Sus fibras son las más cortas y gruesas que se cultivan (con un largo de 9,5 a 19 mm y un micronaire mayor a 6). Se encuentran actualmente cultivadas en países como India, Pakistán, Myanmar, Bangladesh, Tailandia Y Vietnam (Paytas y Ploschuk, 2013).

El algodón es un cultivo anual pero que en condiciones silvestres es una planta perenne. Mediante un proceso de domesticación se logró llegar al tipo de algodón que se cultiva actualmente. El desarrollo en la planta de algodón pasa por cinco etapas de crecimiento: germinación y emergencia, establecimiento de la plántula, desarrollo de hojas secundarias, floración y desarrollo de cápsula, y maduración (Freeland *et al.*, 2006).

2.2 Importancia del algodón en el mundo

El algodón es cultivado en más de 80 países (Smith, 1999) y se estima que aproximadamente el 2,4% del área cultivable en el mundo está destinado para el algodón (Blaise, 2006). Las áreas específicas de producción incluyen países como India, China, Estados Unidos, Pakistán, Brasil, Uzbekistán y otros, donde las condiciones climáticas proporcionan los requerimientos adecuados para el cultivo del algodón.

La producción mundial anual de algodón en el periodo 2017-2018 fue de 26,75 millones de toneladas, mientras el consumo mundial lo lidera India, seguido por China, Pakistán, Europa y Turquía, Bangladesh y los países de América, Estados Unidos y Brasil llegando a consumir 26,8 millones de toneladas. Una parte mínima del stock

mundial, que es de 18,81 millones de toneladas, es aportada por China y Estados Unidos (ICAC, 2018).

De la producción mundial, India, China y Estados Unidos juntos aportan más de la mitad del algodón (60%), con India como el principal productor (24%). Estados Unidos es el principal exportador mundial de algodón (33%), seguido de India y países del CFA (Países Francoparlantes de África). En Sudamérica, se destaca Brasil con un 10% de la exportación mundial y 7% de la producción mundial (ICAC, 2018).

A nivel mundial, el algodón es el cultivo de fibra de mayor importancia y es el segundo cultivo de mayor relevancia de semillas oleaginosas. Los sistemas agrícolas empleados para este cultivo varían desde los pequeños productores de países en vías de desarrollo, hasta sistemas industrializados a gran escala típicos de países desarrollados (Myers y Stolton, 1999).

El producto principal de la planta de algodón es la fibra que cubre el episperma de la semilla dentro de la capsula. Estas hebras proporcionan una fuente de fibra de alta calidad a la industria textil. Por otra parte, la semilla de algodón, como otro subproducto de valor, es una fuente importante de aceite y de proteína substancial para la producción de alimentos de granja. Los desechos producidos pueden ser utilizados como fertilizantes y la celulosa de los tallos puede ser utilizados para elaborar productos como papel y cartón entre otros (Freeland *et al.*, 2006).

2.3 Algodón en Argentina

Históricamente, la producción de algodón en la Argentina ha sido un motor dinamizador del sector primario, el sector industrial y los servicios relacionados. Sin embargo, su tendencia de producción ha variado notablemente durante las diferentes décadas. En la campaña 1997/98, se logró un record histórico de producción, alcanzando una superficie de 1.133.500 ha a nivel nacional, a partir del cual comenzó un periodo de disminución acelerada de la superficie sembrada, llegando a 160.000 ha en la campaña 2002/03, para luego comenzar a incrementarse en las posteriores campañas hasta la actualidad (Paytas, 2010). En el país, la superficie sembrada actualmente es de 407 mil ha, repartidos en un 93% entre las provincias de Santiago del Estero, Chaco y Santa Fe. El 7% restante lo completan las provincias de Salta, San Luis, Entre Ríos y Formosa, con rendimientos promedios nacional de 650 kg de fibra/ha (Boletín sector algodonero, 2018). La producción algodonera argentina se realiza en un 85% en secano el resto es por riego por surco y por aspersión.

El cultivo de algodón contribuye a una de las economías regionales más importantes del norte del país, moviliza mano de obra desde la siembra, producción y comercialización en desmotadoras, hilanderías y tejedurías teniendo a la fibra como el subproducto más importante y en segundo lugar la semilla que significa el 50% del subproducto en una tonelada de algodón en bruto y su utilidad se vincula a raciones de alimentación ganadera y para la industria aceitera como otra alternativa.

El área de siembra y la producción de fibra de algodón se han incrementado en los últimos 10 años en Argentina (Sauer *et al.*, 2015). Sin embargo, la tasa de incrementos en los rendimientos de fibra por unidad de superficie es menor en relación a los principales países productores, generando una fase de meseta en el progreso de los rendimientos de fibra (Tcach *et al.*, Comunicación personal). No existe una sola causa

para explicar este proceso. Es posible que el motivo esté asociado a una pérdida gradual en la variabilidad de la especie, elevada irregularidad en la oferta de los recursos (agua, radiación y nutrientes) y ocurrencia de episodios de altas temperaturas combinadas con otros estreses.

2.4 El K en la solución del suelo

Las principales fuentes potásicas entre los minerales primarios son los feldspatos (principalmente ortoclasa) y las micas (muscovita y biotita) y entre los secundarios la illita y la vermiculita. El grado de liberación de K no sólo depende del contenido de éste en los minerales del suelo sino de la mayor o menor alteración que sufran los mismos. Por ejemplo, en las micas el K es liberado a través de una meteorización que comienza en los bordes de las partículas y progresa hacia el interior. Ante la pérdida del K, las láminas de las micas se separan entre sí. Esta sería la vía de conversión de las micas en minerales arcillosos secundarios del tipo 2:1, y la secuencia es la siguiente: Micas (10% de K); Hidromicas (6-8% de K); Illita (4-6% de K); Vermiculita o Montmorillonita (<2% de K) (Sanzano, 2017).

El K estructural es la fracción que se encuentra formando parte de los minerales, constituyendo un 90 - 99% del K total. El K soluble es el que se encuentra en la solución del suelo. Es la fracción cuantitativamente menos importante. Se encuentra en concentraciones que oscilan entre 0,1 a 1000 ppm (pocos kg/ha), y es renovado constantemente. Es el K directamente aprovechable por las plantas. El K intercambiable es la fracción que se encuentra adsorbida en el complejo de cambio y que es intercambiable con otros cationes. La saturación potásica del complejo de cambio oscila entre 1 y 5%. El K fijado es el K no intercambiable acumulado en el

espacio interlaminar de las arcillas. El término fijación debe tomarse en un sentido relativo ya que el K fijado puede ser luego disponible para las plantas. La fijación ocurre frecuentemente en suelos que contienen minerales arcillosos 2:1 del tipo de la illita y de la vermiculita (Sanzano, 2017).

En el balance de potasio existen ganancias por medio de la meteorización y la acción biológica de ciertos microorganismos que contribuyen a destruir la estructura mineral liberando los iones. Pero también existen pérdidas por la extracción que hacen los cultivos por ejemplo la caña de azúcar puede extraer 250 kg de K/ha/año. Otras formas de pérdida son la lixiviación y erosión de suelos y sus partículas más livianas que más importancia tiene en el suministro de K y pueden ser compensados con los horizontes más profundos como mecanismo de estabilidad de un sistema. Por estar presente en todo el perfil, la pérdida del mismo en superficie se compensa en parte con los aportes de los horizontes más profundos (Sanzano, 2017). El K no ocasiona problemas ambientales cuando sale del sistema suelo ya que no es tóxico y no causa eutrofización en los sistemas acuáticos.

2.5 El K en la planta

Según Oosterhuis (2001), el K está involucrado integralmente en el metabolismo y en las relaciones hídricas de la planta; sin embargo, no es constituyente de ningún componente conocido en la planta. Este nutriente equilibra las cargas de aniones, influyendo en su absorción y transporte. Marschner (2002), afirma que el K es el catión más abundante en el citoplasma y junto con su anión acompañante, contribuye al mantenimiento del potencial osmótico de las células. Debido a su alta concentración en el citosol y cloroplastos, el K puede neutralizar aniones, estabilizando el pH entre 7 y 8 en estos compartimentos. Además, respecto a la regulación osmótica, el K está directamente relacionado con el mecanismo de apertura y cierre de estomas al

promover cambios en la presión de turgor de las células de guarda (Marschner, 2002). Dhindsa *et al.* (1975) reportaron que el K y el malato, actúan como solutos osmorreguladores, siendo responsables de generar más del 50% de la presión de turgor necesaria para el crecimiento de la fibra de algodón.

Aunque el K juega numerosos roles en la nutrición de plantas y animales, no está incorporado a la estructura de los compuestos orgánicos. En cambio, permanece en forma iónica en solución en la célula (K^+), o actúa como un activador para las enzimas celulares. Interviene en la síntesis y acumulación de hidratos de carbono y proteínas. Las plantas exigentes en K producen grandes cantidades de azúcares (remolacha, caña de azúcar, frutales, etc.). El K también influye en la tolerancia al frío y en la resistencia a la sequía, y mejora la calidad de las cosechas de granos y frutas. Además, aumenta la resistencia de las plantas a las enfermedades (Reddy *et al.*, 2000). Al absorber la planta el K de la solución del suelo, este debe ser repuesto paulatinamente a partir del K intercambiable. Este pasaje es rápido (segundos o minutos). A medida que se agota el K intercambiable, se repone a partir del K fijado, pero a menor velocidad (días). Esto sólo sucede en presencia del vegetal: la planta absorbe el nutriente de la solución y el sistema reacciona abasteciendo K a partir de las formas no intercambiables (Sanzano, 2017).

Dos fuentes adicionales de K están dadas por los fertilizantes potásicos y por los residuos vegetales, los que, por disolución y mineralización, respectivamente, incorporan K a la solución del suelo, o es adsorbido y fijado en parte por los coloides. Durante el invierno (plantas hibernando) el K liberado en la meteorización supera en cantidad al que absorben las plantas, por lo tanto, el K intercambiable aumenta. Durante el período de crecimiento rápido (verano), las plantas pueden absorber K del suelo con más rapidez, lo que disminuye el contenido de la forma asimilable. Por lo

tanto, se pueden encontrar grandes variaciones estacionales en la cantidad de K disponible (Sanzano, 2017).

El algodón absorbe de 30 a 40 kg de K_2O por cada fardo (227 kg) de fibra de algodón producido. El potasio es, después del N, el nutriente más absorbido por el cultivo del algodón. En la región Centro Sur de los Estados Unidos, con una productividad promedio de 5 fardos/ha, la absorción es de alrededor de 170 kg de K_2O ha^{-1} . En estas condiciones, apenas 9 kg de K_2O /fardo o 45 kg de K_2O ha^{-1} son removidos por la cosecha. Como en el caso del N, el período de demanda máxima de K ocurre entre 60 a 80 días después de la siembra (DDS), con una absorción que varía de 3,5 a más de 4,5 kg de K_2O ha^{-1} dia^{-1} (Cliff S. Snyder, 1999).

2.6 Requerimiento de K en el cultivo de algodón

El K es un nutriente requerido por el algodón, así como el N, siendo extraído del suelo a tasas de hasta 5-6 kg ha^{-1} dia^{-1} (con riego), durante la floración y fructificación (Cassman, 1993). Para cada kilo de fibra producido, el cultivo requiere absorber, cerca de 0,13 kg de K (Kerby y Adams, 1985; Silva *et al.*, 1995; Silva, 1998; 1999).

El total de K requerido por el algodón varía entre 52 y 112 kg ha^{-1} , en condiciones de seco y entre 53 y 393 kg ha^{-1} con riego. La máxima absorción de K varía entre 2,1 y 4,6 kg ha^{-1} dia^{-1} (secano), y la mayoría del K absorbido va a la cápsula en desarrollo (55 a 60% en madurez), particularmente en el carpelo (40%). El K removido por la fibra y la semilla equivale del 7,5 al 46% del total de K de la planta (Oosterhuis, 2001).

2.7 El K, la calidad de fibra y sus parámetros

En algodón, el efecto directo de la deficiencia de K, sobre la calidad de la fibra, fue observado para el parámetro de micronaire con valores por debajo de 3,5, que se expresa en la célula de la fibra, por presentar una pared celular delgada, con pequeñas cantidades de celulosa. Adiciones de K mostraron incrementos en los procesos metabólicos relacionados con el aumento en el espesor de la pared celular secundaria (Bradow y Davidonis, 2000). Estudios de nutrición, dirigidos a las propiedades de la fibra de algodón, son algunas veces contradictorios debido a la interpretación del efecto de la interacción genotipo, clima y suelo (Minton y Ebelhar, 1991; Pettigrew, 2003; Reddy *et al.*, 2005). Adicionalmente, el hábito de crecimiento indeterminado del algodón y la variación en la tasa de desarrollo de las variedades, puede causar que las propiedades de las fibras varíen en los diferentes estudios (Jones y Wells, 1998).

El desarrollo de la fibra de algodón dura entre 45 y 60 días (desde la antesis hasta la apertura de la cápsula), e incluye cuatro estadios: iniciación, elongación, engrosamiento o síntesis de pared secundaria y maduración (Kim y Triplett, 2001). Durante la fase de elongación de la fibra se desarrolla una fina pared celular primaria, que es expansible; al final de esta fase, la fibra habrá determinado su longitud, alcanzando su máximo hacia los 25 días después de la antesis (Oosterhuis, 1999). Antes del final de la fase de elongación (aproximadamente 16 días después de la antesis) se da el inicio de la fase de deposición de celulosa sobre la pared primaria, para formar la pared secundaria, iniciando un engrosamiento de la fibra que continúa hasta la apertura de la cápsula. Debido a una superposición de fases, las fibras simultáneamente se alargan y engrosan a nivel de la pared secundaria. De esta manera, el diámetro y el perímetro que definen la finura de la fibra en algodón, no son fijados durante la iniciación de la fibra, pero su forma cambia de manera dinámica

durante el desarrollo de la fibra. El diámetro puede ser alterado por condiciones ambientales como sequía, causando fibras cortas con diámetro aumentado (Seagull *et al.*, 2000).

2.8 El K y su deficiencia

La deficiencia de K produce menor crecimiento de la fibra (Dhindsa *et al.*, 1975) y menor deposición de celulosa en la pared secundaria de las mismas, logrando disminuir la resistencia, la madurez, el micronaire, la elongación, la longitud, el perímetro y la uniformidad (Bennett *et al.*, 1965), además se producen fibras muertas o inmaduras, que no colorean durante el proceso de tinción (Thompson, 1999).

Se encontró también que el suministro limitado de K durante el período de crecimiento de la fibra activa puede causar una reducción en la presión de turgencia de la fibra, lo que resulta en menos alargamiento de las células y fibras más cortas en la madurez (Oosterhuis, 1994).

Varios estudios han reportado que la deficiencia de K en algodón afecta negativamente la fotosíntesis (Bednarz *et al.*, 1998; Zhao *et al.*, 2001), el área foliar (Zhao *et al.*, 2001; Pettigrew, 2003), la producción de biomasa (Zhao *et al.*, 2001), el rendimiento de algodón-fibra (Pettigrew, 2003) y la calidad de fibra (Pettigrew *et al.*, 1996).

En términos generales, deficiencias de K pueden limitar la acumulación de biomasa de los cultivos. Esto se atribuye a que el K aumenta las tasas de fotosíntesis de las hojas del cultivo, la asimilación de CO₂ y facilita el movimiento del carbono (Sangakkara *et al.*, 2000).

2.9 Importancia de la fertilización potásica en algodón

El uso de dosis adecuadas de K en la fertilización del algodón aumenta el número de cápsulas con mayor diámetro, el peso de las mismas y de 100 semillas y reduce el número de cápsulas atacadas por plagas y enfermedades, con aumento en la productividad (Staut, 1996, citados por Staut y Kurihara, 2001).

Silva *et al.* (1974) encontraron que la fertilización potásica (hasta 150 kg ha⁻¹ K₂O) promueve la precocidad de la cosecha del algodón, pero las características productivas (peso de una cápsula, peso de 100 semillas y rendimiento de fibra) y las características de calidad de la fibra (longitud, micronaire y resistencia) no se alteraron. En el trabajo de Sabino *et al.* (1999), el K aplicado en pre-siembra (hasta 400 kg ha⁻¹ de K₂O), en suelo deficiente en K, (K = 0,8 mmolcdm⁻³) contribuyó significativamente a aumentar el peso de cápsulas y de 100 semillas, sin alterar el porcentaje de fibras del algodón. En relación con la calidad de la fibra, el potasio favoreció los valores de uniformidad de la longitud, madurez e índice micronaire y disminuyó la resistencia de la fibra.

2.10 El K en el crecimiento y desarrollo del algodón

El crecimiento del algodón está asociado con la tasa de acumulación de materia seca. La acumulación de materia seca, en un periodo determinado, es el producto de la tasa de crecimiento por la duración de la etapa considerada. La duración está determinada por la tasa de desarrollo que puede ser modulada por diversos factores. Algunas prácticas de manejo agronómico tienen como objetivo maximizar la captación de los recursos disponibles para el cultivo, tal como ocurre con la implementación de estructuras de cultivo con surcos estrechos y altas densidades y su aprovechamiento de la radiación solar interceptada (Andrade y Sadras, 2002). El desarrollo del cultivo

de algodón está conformado por la sucesión de estadios morfológicos y fisiológicos bien diferenciados. Cada etapa de desarrollo tiene objetivos ecofisiológicos diferentes, que deben ser alcanzados para optimizar el rendimiento del cultivo. Tanto el desarrollo morfológico como la acumulación de biomasa son importantes contribuyentes al rendimiento y madurez (Mason, 1922; Hearn, 1969a; Hearn, 1969b; Guinn, 1982; Hearn y Constable, 1984). Numerosos son los trabajos realizados que analizan el crecimiento y desarrollo del algodón con un enfoque en los procesos fisiológicos (Hearn y Constable, 1984) y en el desarrollo morfológico (Oosterhuis, 1999).

La temperatura es el principal factor ambiental que controla la duración de las diferentes etapas de desarrollo del algodón. El desarrollo temprano es altamente dependiente de las temperaturas (Constable, 1977). La tasa de desarrollo es función directa y lineal de la temperatura desde una temperatura base hasta una óptima. La inversa de la pendiente de dicha relación constituye la estimación del tiempo térmico que la etapa requiere. El concepto de tiempo térmico ha sido ampliamente utilizado para predecir la duración de diferentes estados de desarrollo en distintos cultivos (Constable y Shaw, 1988). En algodón, los factores fotoperiodo y vernalización no juegan un rol significativo debido a la escasa o nula respuesta los mismos.

En el algodón se pueden diferenciar tres grandes etapas: Vegetativa (0 a 35 días después de la emergencia, DDE), Reproductiva (35 a 90 DDE) y Madurez (90 a 140 DDE) tal como se observa en la Figura 1.

Los estados fenológicos en algodón (Figura 1), es una descripción morfológica del cultivo, la cual es independiente del genotipo utilizado y de condiciones como el sitio, fecha de siembra y densidad. La etapa vegetativa comienza con la emergencia del cultivo y se prolonga hasta la aparición del primer pimpollo. En la etapa reproductiva; se diferencian dos fases: i) primer pimpollo – primera flor y ii) primera flor – fin de

floración efectiva (cuando por encima de la última flor blanca en primera posición solo hay cinco nudos). Por último, la etapa de madurez, también se divide en dos fases: i) fin de floración efectiva – primera cápsula abierta y ii) primera capsula abierta – 60 % de cápsulas abiertas (Paytas y Ploschuk, 2013).

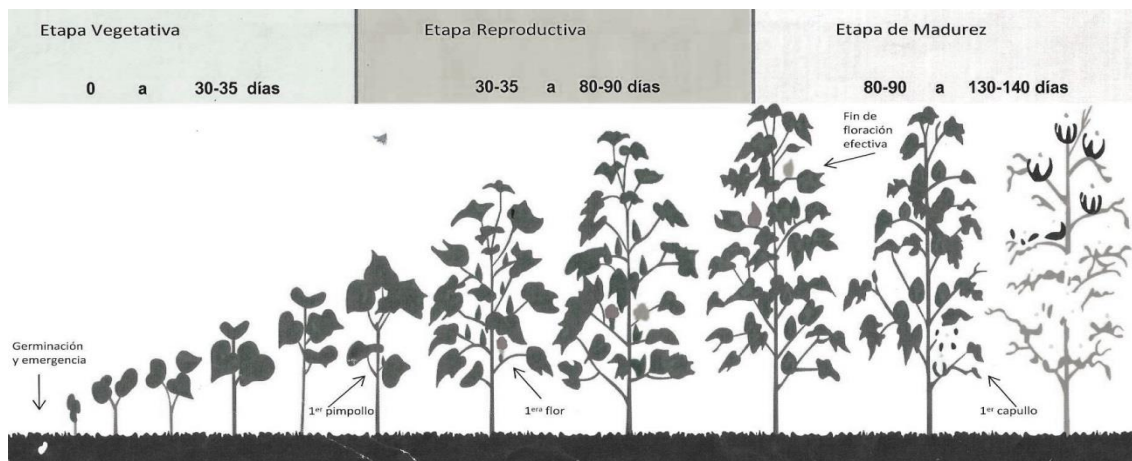


Figura 1: Esquema descriptivo de las etapas fenológicas del cultivo de algodón: vegetativa, reproductiva y madurez (Paytas y Ploschuk, 2013).

La retención de bochas en la planta juega un importante rol en la determinación del rendimiento final, y está vinculado a la distribución de asimilados producidos durante el crecimiento vegetativo de la planta. Si el nivel de asimilados disponibles es adecuado para soportar el desarrollo de bochas, luego esas bochas serán retenidas (Jenkins, *et al.*, 1990). Sin embargo, si la demanda de las cápsulas en crecimiento excede el suministro de asimilados desde la fotosíntesis y algunos carbohidratos de reserva en las estructuras vegetativas, la retención de bochas disminuye a causa de un aumento en el número de abortos. La relación fuente destinos de asimilados es fundamental para comprender los mecanismos involucrados durante el crecimiento y desarrollo del cultivo y sus efectos sobre el rendimiento y la calidad de la fibra obtenida.

CAPITULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lote experimental y tratamientos

Para lograr los objetivos propuestos, se realizaron experimentos en condiciones de campo con dos variedades de algodón NuOpal RR (material transgénico con resistencia a glifosato marca comercial Round Up Ready y resistencia a lepidóptero Bollgard I) y Delta Pine DP402 BG/RR (iguales características transgénicas que el material anterior). La primera variedad es de ciclo largo, muy vigorosa y con buen comportamiento bajo condiciones de estrés, mientras que la segunda es de ciclo corto y buen comportamiento en surcos estrechos, exigente en fertilidad de suelo y con hábito de crecimiento más determinado. Se eligieron estos dos materiales por ser las variedades más sembradas en Argentina en el momento de realización de los ensayos con una superficie sembrada nacional cercana al 90% de los lotes.

En este trabajo las variedades utilizadas son modernas y con posiciones fructíferas inclusive en nudos N°5 respecto a la más precoz, que sería DP402 BG/RR. (*Iqbal, et al.* 2005) indican que los cultivares modernos de algodón se caracterizan por ser precoces y tener mayor cantidad de cápsulas, menor peso y número de semillas y mayor cantidad de fibra.

El fertilizante utilizado fue cloruro de potasio (KCl) en 2 dosis bien diferenciadas, una dosis K1 = 50 kg K ha⁻¹, una segunda dosis K2 = 200 kg K ha⁻¹, y el testigo sin agregado de K (K0). El total de unidades experimentales ascendió a 24 ya que se realizaron 6 tratamientos y 4 repeticiones. Se agregó N a razón de 130 kg ha⁻¹ de urea en todo el lote experimental al momento del agregado de fertilizante potásico. Los mismos fueron aplicados al voleo y paralelo a los líneas.

Los experimentos se llevaron adelante durante dos campañas agrícolas consecutivas 2013/14 y 2014/15 en la Estación Experimental Agropecuaria de INTA ubicado en la localidad de Presidencia Roque Sáenz Peña - Departamento Comandante Fernández- Prov. del Chaco (S 26° 49.836 W 60° 26.859), Argentina. Se sembraron a fines de noviembre en ambas campañas agrícolas como indica el organismo de control SENASA donde la ventana de siembra es del 1 de octubre al 30 noviembre como estrategia sanitaria ante la alta población de picudos del algodón en la provincia del Chaco. Las unidades experimentales fueron de 4,16 m de ancho por 8 m de largo y distanciados entre líneas a 0,52 m, con un total de ocho líneas por unidad experimental. El cultivo antecesor de la primera campaña fue soja, mientras que en la segunda campaña el cultivo antecesor fue trigo, en un esquema de siembra directa en ambos casos. Los experimentos recibieron una fertilización inicial de 60 kg de N ha⁻¹ (utilizando urea como fuente nitrogenada) incluyendo los testigos sin K y los tratamientos con K. Junto con esta aplicación se agregó el KCl, sólido soluble a razón de: K1 = 50 kg K ha⁻¹, K2 = 200 kg K ha⁻¹, Testigo sin agregado de K (K0), como muestra la Figura 2.

Bloque	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
IV	DP 402 (K2) 1333 g KCl 433,5 g Urea		Nu Opal(K1) 333 g KCl 433,5 g Urea		Nu Opal(K0) 433,5 g Urea		DP 402 (K1) 333 g KCl 433,5 g Urea		Nu Opal(K2) 1333 g KCl 433,5 g Urea		DP 402 (K0) 433,5 g Urea																													
III	Nu Opal(K1) 333 g KCl 433,5 g Urea		Nu Opal (K0) 433,5 g Urea		DP 402 (K0) 433,5 g Urea		Nu Opal(K2) 1333 g KCl 433,5 g Urea		DP 402 (K1) 333 g KCl 433,5 g Urea		DP 402 (K2) 1333 g KCl 433,5 g Urea																													
II	Nu Opal(K0) 433,5 g Urea		DP 402 (K0) 433,5 g Urea		DP 402 (K1) 333 g KCl 433,5 g Urea		DP 402 (K2) 1333 g KCl 433,5 g Urea		Nu Opal(K2) 1333 g KCl 433,5 g Urea		Nu Opal(K1) 333 g KCl 433,5 g Urea																													
I	Nu Opal(K1) 333 g KCl 433,5 g Urea		DP 402 (K2) 1333 g KCl 433,5 g Urea		DP 402 (K1) 333 g KCl 433,5 g Urea		Nu Opal(K0) 433,5 g Urea		DP 402 (K0) 433,5 g Urea		Nu Opal(K2) 1333 g KCl 433,5 g Urea																													

Figura 2. Plano del lote experimental donde se llevó adelante la experiencia de fertilización potásica con tres tratamientos, testigo sin agregado de potasio (K0); K1= 50 kg K ha⁻¹; K2= 200 kg K ha⁻¹; y en dos variedades de algodón NuOpal RR y DP402 BG/RR dispuestas en bloques completos al azar.

El suelo pertenece a un Argiustol údico, serie Chaco analizado antes de la siembra para determinar el contenido nutricional (Tabla 1). Por cada muestra compuesta se tomaron 10 piques.

Tabla 1. Datos de suelos analizados a una profundidad de 0-20 cm y de 20-40 cm con una muestra compuesta determinando pH; conductividad eléctrica (CE); carbono orgánico total (COT); materia orgánica (MOT); nitrógeno Total (NT); sodio (Na); potasio (K); calcio (Ca); magnesio (mg); fósforo (P) y relación carbono nitrógeno (C/N) al momento de la siembra. Laboratorio de suelo y agua del INTA Sáenz Peña. 2013.

Muestras	Prof. cm	Bl.	pH	CE mmho/cm	COT (%)	MOT (%)	NT (%)	Na -----cmolc kg ⁻¹ -----	K	Ca	Mg	C/N	P ppm
1	0-20	I	6,6	0,05	0,83	1,4	0,05	0,1	1,1	3,3	0,8	15,2	38,7
2	20-40		6,6	0,04	0,62	1,1	0,05	0,1	0,7	3,9	1,1	12,5	18,7
3	0-20	II	6,8	0,04	0,98	1,7	0,06	0	0,5	1,7	0,2	15,3	68,5
4	20-40		6,5	0,03	0,82	1,5	0,06	0	0,3	2	0,2	14,6	38,9
5	0-20	III	6,5	0,04	0,88	1,5	0,06	0	0,5	1,7	0,3	14	55,2
6	20-40		6,6	0,04	0,81	1,4	0,06	0	0,3	2	0,3	13,9	42,7
7	0-20	IV	6,7	0,03	0,72	1,2	0,06	0	0,4	1,3	0,3	14,2	28,3
8	20-40		6,9	0,03	0,59	1	0,06	0	0,7	4,2	0,3	13,2	11,2

Tanto pH cuanto CE se realizaron en soluciones con relación 1:2,5 (suelo:agua), carbono orgánico total se determinó por Walkey & Black, fosforo por medio de Bray-1 y las bases intercambiables utilizando el extractante acetato de amonio 1 N a pH 7.

3.2 Mediciones y determinaciones

Las mediciones y determinaciones que se realizaron durante las campañas de algodón fueron las siguientes: Mapeo de la arquitectura de planta: sistemáticamente se evaluó el porcentaje de retención de órganos reproductivos durante los periodos críticos (Pimpollo, Floración, Maduración). A través del mapeo de posiciones en ramas fructíferas se contabilizó aquellos abortos generados y los órganos retenidos. Además, se cuantificó la altura de plantas, el número de plantas por unidad de superficie, el número de nudos. (Kerby, 1981).

Biomasa total y su partición: se determinó el peso seco total de la parte aérea por unidad de superficie, en 3 momentos del ciclo (Pimpollo, Floración, Maduración); luego

se realizó la partición en los diferentes órganos (tallo, hoja, órganos reproductivos) y posteriormente se llevó a estufa de 60°C hasta peso constante.

Para la toma de muestras en cada uno de los tratamientos y sus cuatros repeticiones correspondientes, las plantas se cortaron al ras del suelo y se seleccionó un metro lineal de surco. De allí, se tomó una sub-muestra de las 3 plantas más representativas donde se obtuvo el peso fresco y seco total. Luego el peso fresco y seco de las particiones (hojas, tallos y flor/capsulas) se comparó con la muestra del metro lineal (Figura 3).

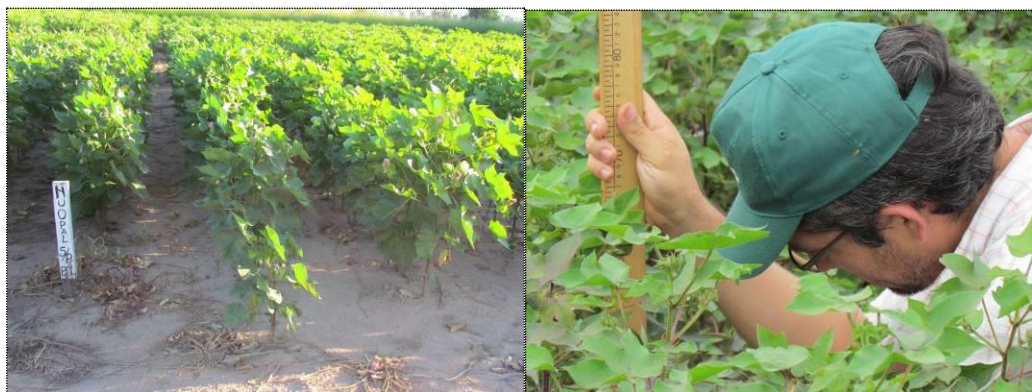


Figura 3. Parcela de la cual se recolecto el material de analisis y medición de altura de planta en el lote.

Para la variable rendimiento se cosecho un metro cuadrado de cada unidad experimental, de los lineos centrales en cada parcela y luego se extrapolo a rendimiento en bruto por ha (fibra mas semilla). Se procedió al desmote de los mismos en la mini desmotadora para procesamiento de muestras en la estación experimental de Saenz Peña-Chaco, para obtener el porcentaje de desmote en ambas campañas agrícolas.

Una vez desmotadas las muestras de fibra en la primera campaña 2013/14 se enviaron al laboratorio de la empresa Vicentin en la ciudad de Avellaneda, provincia de Santa Fe y, con un equipo HVI (por sus siglas en inglés: High Volume Instrument), se efectuaron mediciones automatizadas de parámetros de la calidad de fibra de algodón,

donde se obtuvieron la longitud de fibra medida (en mm), uniformidad de la longitud (relación entre la longitud media y la longitud media de la mitad superior de las fibras y fue expresada en porcentaje), resistencia (expresada en unidades de fuerza gramos por textil, g tex^{-1}) e índice de micronaire que mide la finura y madurez de la fibra (Ug Inch^{-1}). En la segunda campaña 2014/15, las muestras de fibra de cada unidad experimental se analizaron en la empresa Alpargata SAIC en la ciudad de Presidencia Roque Saenz Peña con equipos HVI.

Existe en Argentina otra manera popularmente conocida través del método tradicional del "clasificador" muy subjetivo donde se analizan los siguientes criterios. El grado, el largo de fibra y el carácter, para ello un clasificador cuenta con patrones dándole una letra para cada calidad donde la mejor calidad sería B y luego le siguen C, C1/2; C3/4; D; D1/2; E y F (Paytas y Ploschuk, 2013).

3.3 Diseño del Experimento y análisis estadístico de los datos

Los tratamientos, tal como se detallan en el croquis del plano con las unidades experimentales (Figura 2) incluyeron dos variedades de algodón: NuOpal RR y DP 402 BG/RR) un ciclo largo y otro ciclo corto y tres dosis diferenciadas de KCl. El diseño fue en parcelas divididas con bloques completos al azar (BCA) con 4 repeticiones.

Los datos se analizaron mediante el ANOVA con un nivel de significación del 5% para evaluar diferencias significativas entre tratamientos. En caso de detectar diferencias significativas se compararán las medias con el test de LSD.



Figura 4. Lote experimental donde se llevó adelante la experiencia de fertilización potásica con tres tratamientos, testigo sin agregado de K (K_0); $K_1 = 50 \text{ kg K ha}^{-1}$; $K_2 = 200 \text{ kg K ha}^{-1}$; y en dos variedades de algodón NuOpal RR y DP402 BG/RR dispuestas en bloques completos al azar.

CAPITULO 4: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Condiciones ambientales durante el período de crecimiento del cultivo

En la Figura 5, se presentan las precipitaciones diarias de la campaña 2013/14. En la época de siembra de fines de noviembre, las precipitaciones fueron de 104 mm, lo cual permitió iniciar una campaña con un perfil de suelo cercano al óptimo de humedad para el cultivo. Una vez establecido el cultivo, durante la etapa vegetativa se visualizó una reducción en las precipitaciones en los meses de diciembre y enero, momento más crítico, lo cual pudo haber afectado el crecimiento de la planta en los primeros estadios, particularmente en la expansión foliar, la formación de pimpollo y parte inicial de floración.

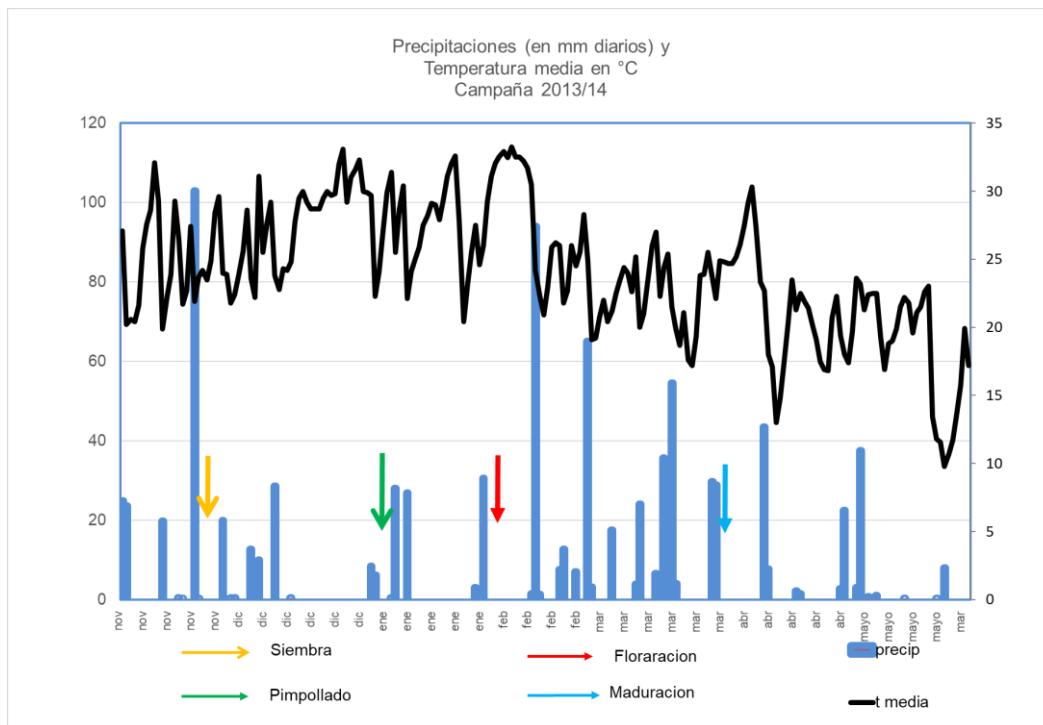


Figura 5. Precipitaciones diarias en mm y temperaturas medias diarias en °C, de la campaña 2013/14 en distintas etapas de desarrollo del cultivo.

Las temperaturas registradas durante la campaña 2013/14, destacan una marcada temperatura media en los meses de diciembre y enero, superando los 30°C, que podrían ser motivos de estrés térmico en los momentos de pimpollado y floración, generando gran número de abortos y baja retención, repercutiendo de esta manera en los rendimientos. Es sabido que temperaturas medias diurnas por encima de 30°C afectan el tamaño y actividad de la fuente disponible durante el periodo de floración y formación de cápsulas (Bange y Milroy, 2000, Reddy *et al.*, 1991).

En la Figura 6, se presentan las precipitaciones diarias de la campaña 2014/15. Al momento de la siembra, se observa que fueron meses con regular distribución de precipitaciones, excepto a principio del mes de enero, siendo no condicionante para el estado de crecimiento y desarrollo en el que se encontraban las parcelas en esa campaña.

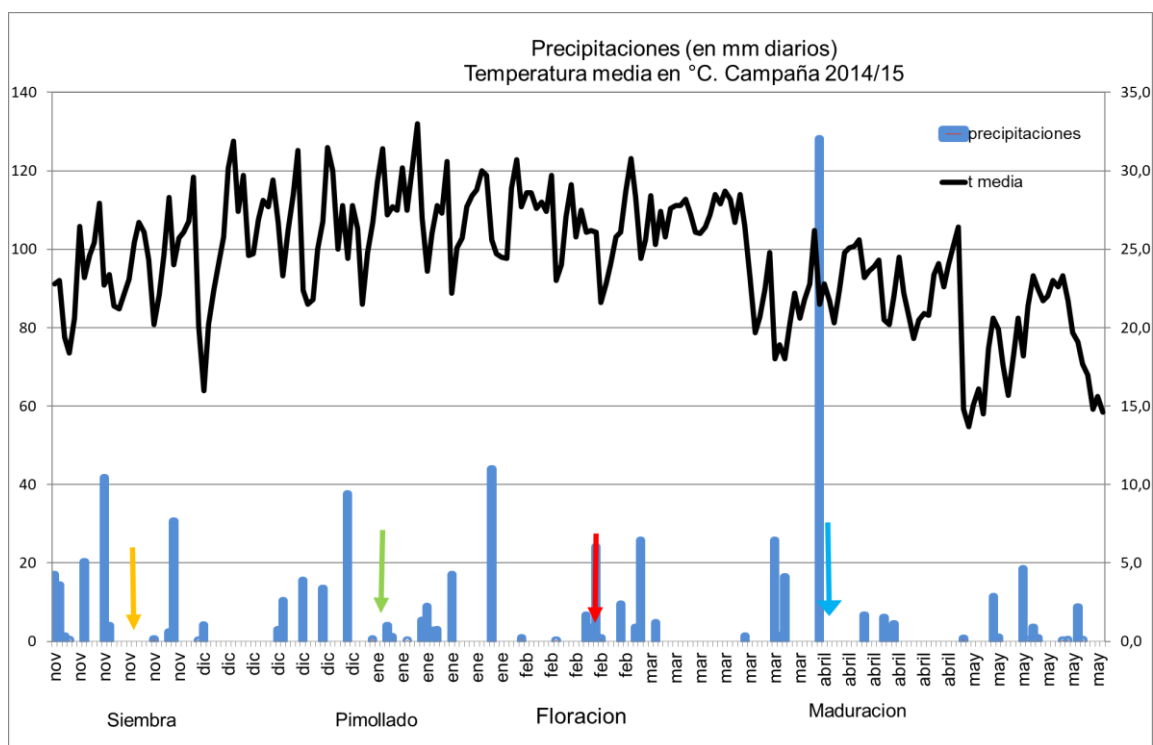


Figura 6. Precipitaciones diarias en mm y temperaturas medias diarias en °C, en la campaña 2014/15 en distintas etapas de desarrollo del cultivo.

Respecto a las temperaturas medias de la campaña 2014/15, se registraron medias cercanas a los 28°C en los meses críticos del cultivo como noviembre, diciembre y enero y que en términos generales no condicionaron al cultivo. En numerosos estudios se observa que factores ambientales como temperatura, precipitación y manejo pueden alterar el desarrollo de la semilla y fibra del algodón (Pettigrew, 2001; Davidonis *et al.*, 2004).

.4.2 Biomasa y partición de asimilados

Las deficiencias de nutrientes minerales pueden limitar el crecimiento y el rendimiento del algodón, especialmente cuando ocurren durante la fase reproductiva. Se ha publicado poca investigación sobre la eficiencia de uso de cualquier otro nutriente que no sea N (Bronson, 2008; Rochester, 2011). Por ello, en este trabajo se intenta conocer la relación fuente destino de asimilado respecto al agregado de K.

En las Tablas 2, 3 y 4, se presentan los datos de partición de asimilados que incluyen la biomasa total y biomasa particionada en tallos, hojas y partes reproductivas para las dos campañas agrícolas (2013/14 y 2014/15), para tres momentos fisiológicos del cultivo: pimpollado, floración y maduración.

Tabla 2. Partición de asimilados en Pimpollado: biomasa total y biomasa parcial en tallos, hojas y órganos reproductivos, en dos variedades NuOpal RR y DP402 BG/RR, para tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1 = 50 kg K ha⁻¹; K2 = 200 kg K ha⁻¹. Campañas 2013/14 y 2014/15.

Etapa de Pimpollado	Trat.	B. Total (g*m ⁻²)		Biomasa Tallo (g*m ⁻²)		Biomasa Hoja (g*m ⁻²)		B. Reproductiva (g*m ⁻²)	
		2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
NuOpal	K0	33,35 A	32,43 A	11,78 AB	15,58 A	21,27 AB	16,15 A	0,29 AB	0,70 A
	K1	37,13 AB	33,75 A	13,3 AB	14,38 A	23,56 AB	18,88 A	0,27 A	0,50 A
	K2	29,45 A	32,10 A	9,71 A	13,28 A	19,62 A	18,05 A	0,13 A	0,78 A
DP402	K0	45,23 B	36,80 A	17,55 C	17,00 A	25,64 B	17,53 A	2,04 D	2,28 B
	K1	31,48 A	41,73 A	10,85 AB	18,30 A	19,65 A	21,13 A	0,97 BC	2,30 B
	K2	37,88 AB	39,35 A	13,60 B	16,95 A	22,84 AB	20,55 A	1,44 CD	1,85 B
NuOpal		33,31 A	32,76 A	11,6 A	14,41 A	21,48 A	17,69 A	0,23 A	0,66 A
DP402		38,19 A	39,29 A	14 B	17,42 A	22,71 A	19,73 A	1,48 B	2,14 B
K0		39,29 A	34,61 A	14,67 B	16,29 A	23,45 A	16,84 A	1,17 B	1,49 A
K1		34,30 A	37,74 A	12,08 AB	16,34 A	21,61 A	20,00 A	0,62 A	1,40 A
K2		33,66 A	35,73 A	11,66 A	15,11 A	21,23 A	19,30 A	0,78 AB	1,31 A
Var.		0,06	0,0475	0,029*	0,0661	0,39	0,2045	0,0001*	0,0001*
Trat. K		0,146	0,7046	0,055	0,7642	0,4	0,2435	0,07	0,7489
V*T		0,021	0,8797	0,01*	0,7670	0,05	0,9527	0,10	0,2925

*: Diferencia significativa.

En la Tabla 2, al momento de pimpollado no se observan diferencias significativas de biomasa total entre variedades en la campaña 2013/14 y 2014/15, tampoco existen diferencias significativas entre los tratamientos de fertilización. Respecto a biomasa de tallo, se observan diferencias significativas en la campaña 2013/14 entre variedades con mayores valores en DP402 posiblemente debido a su mayor precocidad respecto a NuOpal. La biomasa de hoja no mostró diferencias significativas en ningunas de las campañas analizadas entre variedades ni tratamientos. Por último, la biomasa de órganos reproductivos logró diferencias significativas nuevamente entre variedades para ambas campañas agrícolas 2013/14 y 2014/15. Esto podría estar asociado a la diferencia en el desarrollo de las ramas fructíferas de los materiales usados y su precocidad.

Las variedades de algodón modernas tienden a retener un mayor número de cápsulas por unidad de superficie que las variedades tradicionales, obteniendo mayores rendimientos (Paytas, 2009). Wells y Meredith (1984) demostraron que los cultivares modernos dividen más eficientemente su materia seca hacia los tejidos reproductivos. En este sentido, las variedades utilizadas en el presente trabajo son del tipo modernas con uso eficiente de los asimilados. Y donde DP402 BG/RR inclusive es una variedad más precoz y explicaría su mayor partición reproductiva. (Iqbal, *et al.* 2005) indican que los cultivares modernos de algodón se caracterizan por ser precoces y tener mayor cantidad de cápsulas, menor peso y número de semillas y mayor cantidad de fibra.

Tabla 3. Partición de asimilados en Floración: biomasa total y biomasa parcial en tallos, hojas y órganos reproductivos, en dos variedades NuOpal RR y DP402 BG/RR, para tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1 = 50 kg K ha⁻¹; K2 = 200 kg K ha⁻¹. Campañas 2013/14 y 2014/15.

Etapa Flor.	Vars.	Tr.	Biomasa Total (g*m ⁻²)		Biomasa Tallo (g*m ⁻²)		Biomasa Hoja (g*m ⁻²)		B. Reproductiva (g*m ⁻²)	
			2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
NuOpal	K0		137,10 ABC	89,20 A	50,40 AB	36,08 AB	48,25 AB	29,98 A	38,46 AB	23,15 A
	K1		165,50 C	97,45 A	62,97 B	38,6 B	56,86 B	34,73 A	45,68 B	24,13 A
	K2		105,73 A	81,58 A	40,70 A	29,33 AB	43,75 A	29,05 A	21,27 A	23,2 A
DP402	K0		139,28 ABC	106,43 A	47,07 AB	35,4 AB	42,34 A	32,53 A	49,87 B	38,5 B
	K1		123,95 AB	101,58 A	43,99 A	30,65 AB	42,77 A	28,50 A	37,20 AB	42,43 B
	K2		146,80 BC	81,13 A	51,27 A B	24,33 A	43,45 A	24,10 A	52,08 B	32,7 AB
NO			136,11 A	89,41 A	51,35 A	30,13 A	49,62 B	31,25 A	35,14 A	23,49 A
DP402			136,68 A	96,38 A	47,44 A	34,67 A	42,85 A	28,38 A	46,38 A	37,88 B
K0			138,19 A	97,81 A	48,73 A	35,74 A	45,29 A	31,25 A	44,16 A	30,83 A
K1			144,73 A	99,51 A	53,48 A	34,63 A	49,81 A	31,61 A	41,44 A	33,28 A
K2			126,26 A	81,35 A	45,99 A	26,83 A	43,60 A	26,58 A	36,68 A	27,95 A
Var.			0,957	0,4371	0,4093	0,2079	0,0210	0,3773	0,0638	0,0012
Trat. K			0,365	0,2035	0,4267	0,1025	0,1737	0,3728	0,5625	0,5159
V*T			0,017	0,6988	0,0569	0,6957	0,1343	0,4896	0,0377	0,6234

*: Diferencia significativa.

En la Tabla 3, al momento de floración no se observan diferencias significativas de biomasa total entre variedades en las campañas 2013/14 y 2014/15; tampoco existen diferencias significativas para los tratamientos de fertilización. Respecto a la biomasa de tallo no se observan diferencias significativas en la campaña 2013/14 entre variedades y tratamientos de fertilización. No se registraron diferencias significativas en ninguna de las campañas analizadas entre variedades para la variable biomasa

hoja, pero si se observan diferencias significativas para los tratamientos en la campaña 2013/14. Por último, la biomasa reproductiva fue significativamente diferente entre variedades para la segunda campaña con mejores condiciones ambientales durante el periodo crítico del cultivo.

En este sentido, la distribución de asimilados se produce después del inicio de la floración a medida que los nutrientes se transportan desde las hojas y/o brotes a los tejidos reproductivos. Este fenómeno es particularmente evidente para K, y la investigación ha demostrado que la fruta, especialmente las paredes de la cápsula, es un sumidero importante para K (Leffler y Tubertini, 1976). Lo que explica el mayor aumento de biomasa para la variedad más precoz que tienen posiciones fructíferas desde el nudo N° 5 y 6 respecto a la variedad NuOpal RR que las posiciones comienzan a partir del nudo N° 7 en adelante. Es decir, particiona en menor tiempo desde la fuente a los destinos reproductivos.

Tabla 4. Partición de asimilados en Maduración: biomasa total y biomasa parcial en tallos, hojas y órganos reproductivos, en dos variedades NuOpal RR y DP402 BG/RR, para tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1 = 50 kg K ha⁻¹; K2 = 200 kg K ha⁻¹. Campañas 2013/14 y 2014/15.

Etapa Mad.	Var.	trat	Biomasa Total (g*m ⁻²)		Biomasa Tallo (g*m ⁻²)		Biomasa Hoja (g*m ⁻²)		B. Reproductiva (g*m ⁻²)	
			2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15	2013/14	2014/15
NuOpal	K0		154,30 AB	128,58 A	22,28 B	44,08 A	62,41 A	29,98 A	69,61 AB	65,33 AB
	K1		147,08 AB	104,80 A	25,55 B	41,10 A	64,33 A	34,73 A	57,20 A	40,78 A
	K2		112,25 AB	119,23 A	18,54 AB	36,18 A	48,01 A	29,05 A	45,70 A	64,33 AB
DP402	K0		129,95 AB	127,35 A	9,54 A	35,13 A	61,57 A	32,53 A	58,85 A	78,48 B
	K1		101,55 A	111,25 A	6,51 A	31,53 A	44,91 A	28,50 A	50,14 A	68,03 AB
	K2		176,33 B	119,23 A	7,39 A	30,90 A	67,95 A	24,10 A	100,99 B	76,28 B
NuOpal			137,88 A	117,53 A	22,12 B	40,45 A	58,25 A	31,25 A	57,51 A	56,81 A
DP402			135,94 A	119,74 A	7,81 A	32,52 A	58,14 A	28,38 A	69,99 A	74,26 A
	K0		142,13 A	127,96 A	15,91 A	39,60 A	61,99 A	31,25 A	64,23 A	71,90 A
	K1		124,31 A	108,03 A	16,03 A	36,31 A	54,62 A	31,61 A	53,67 A	54,40 A
	K2		144,29 A	119,93 A	12,97 A	33,54 A	57,98 A	26,58 A	73,35 A	70,30 A
	Var.		0,9196	0,8697	0,0005*	0,1057	0,9899	0,3773	0,2499	0,0543
	Trat. K		0,6451	0,4816	0,7064	0,5762	0,7732	0,3728	0,3321	0,2034
	V*T		0,0679	0,9716	0,6076	0,4071	0,1861	0,4896	0,0334	0,7174

*: Diferencia significativa.

En la Tabla 4, al momento de Maduración no se observan diferencias significativas de biomasa total entre variedades en las campañas 2013/14 y 2014/15 como así tampoco existen diferencias significativas para los tratamientos de fertilización; respecto a biomasa de tallo se observan diferencias significativas en la campaña 2013/14 entre variedades. Tanto en biomasa de hoja como biomasa de órganos reproductivos, no se observaron diferencias significativas en ningunas de las campañas analizadas tanto entre variedades y tampoco entre tratamientos.

Wells y Meredith (1984) pudieron demostrar que la partición reproductiva fue responsable de gran parte de las mejoras de rendimiento en las variedades de algodón más nuevas. La confirmación de esta relación de fotosíntesis-rendimiento también proviene de una serie de estudios de manipulación de fuente a destino (Pettigrew, 1994). En la experiencia que se realizó se puede ver una tendencia de mayor biomasa reproductiva en la campaña 2014/15 para la variedad más precoz.

Estudios han demostrado que la deficiencia nutricional de K afecta el contenido de clorofila. Oosterhuis y Bednarz (1997) reportaron que el contenido de clorofila fue reducido en plantas deficientes de K. Pettigrew y Meredith (1997) encontraron que bajo condiciones controladas de invernadero en plantas de algodón deficientes de potasio su respuesta en la fotosíntesis fue baja.

Las tasas de absorción de nutrientes aumentan durante la floración a través de la fructificación, y luego disminuyen a medida que las cápsulas maduran (Mullins y Burmester, 2010). Mendes (1960) concluyó que la absorción de K por el algodón tiene dos picos: el primero entre 30 y 50 DDE y el segundo a los 90 DDE, pero ambos se encuentran en el período desde el inicio hasta la plena floración / desarrollo.

4.3 Mapeo de arquitectura de plantas y órganos reproductivos

En la Tabla 5, se observa la altura de plantas de algodón en las distintas etapas fenológicas de pimpollado, floración y maduración en dos variedades y tres tratamientos de fertilización potásica para la campaña 2013/14 y 2014/15, donde no existen diferencias significativas entre variedades y tratamientos. Esta situación nos indicaría que la fertilización potásica para las condiciones ambientales de las campañas de estudio no afectaría la elongación de los tallos con las dosis propuestas.

Tabla 5. Altura de planta (en cm) en tres momentos del desarrollo (pimpollado, floración y maduración), en dos variedades (NuOpal RR y DP402 BG/RR) y tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1 = 50 kg K ha⁻¹; K2 = 200 kg K ha⁻¹. Campañas 2013/14 y 2014/15.

Altura planta		2013/14			2014/15		
Variedades	trat	Pimpollado	Floración	Maduración	Pimpollado	Floración	Maduración
NuOpal	K0	33,28 AB	62,45 B	60,68 B	59,51 B	61,33 AB	64,98 A
	K1	32,72 AB	65,08 B	61,68 B	57,01 AB	61,84 AB	58,65 A
	K2	29,26 A	48,29 A	46,10 A	56,06 AB	63,33 B	63,25 A
DP402	K0	31,70 AB	55,94 AB	54,07 AB	54,38 A	61 AB	63,67 A
	K1	34,80 B	55,48 AB	52,36 AB	57,02 AB	59,83 AB	57,17 A
	K2	34,73 B	58,49 AB	54,85 AB	57,3 AB	58,17 A	57,33 A
NuOpal		31,75 A	58,61 A	56,22 A	57,52 A	62,17 A	62,29 A
DP402		33,74 A	56,64 A	53,76 A	56,23 A	59,67 A	59,39 A
K0		32,49 A	59,19 A	57,37 A	56,94 A	61,17 A	64,32 B
K1		33,76 A	60,28 A	57,12 A	57,01 A	60,83 A	57,91 A
K2		31,99 A	53,39 A	50,47 A	56,68 A	60,75 A	60,29 AB
Var.		0,1762	0,51	0,4202	0,35	0,072	0,213
Trat. K		0,5837	0,16	0,1298	0,97	0,962	0,090
V*T		0,1549	0,032	0,0487	0,15	0,331	0,645

*: Diferencia significativa.

Zhao (2005) trabajaron con dos niveles de concentración de CO₂ y cinco niveles de K. Aunque el número de entrenudos es un componente de la altura de la planta, este no influyó en una mayor altura de las plantas con deficiencia de K, mostrando que cuando el tallo principal dirige el crecimiento vertical, este no se ve afectado en su altura por el mayor número de entrenudos cuando hay deficiencia de K, dado que cuando se aumenta el suministro de K estos compensan el número de entrenudos por mayor longitud entre los mismos.

Tabla 6: Número de nudos en tres momentos del desarrollo del cultivo: pimpollado, floración y maduración, en dos variedades NuOpal RR y DP402 BG/RR y tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1 = 50 kg K ha⁻¹; K2 = 200 kg K ha⁻¹. Campañas 2013/14 y 2014/15.

N de Nudos		2013/14			2014/15		
Variedades	Trat.	Pimpollado	Floración	Maduración	Pimpollado	Floración	Maduración
NuOpal	K0	9,64 C	14,15 C	13,25 B	11,46 BC	13,58 BC	13,18 C
	K1	9,44 C	14,5 C	13,3 B	11,43 BC	13,59 BC	12,75 BC
	K2	9,29 BC	12,76 B	12,48 B	11,92 C	14,25 C	13,15 BC
DP402	K0	8,22 A	11,77 A	11,05 A	10,83 AB	12 A	11,83 AB
	K1	8,40 A	11,93 A	11,15 A	10,87 AB	12,5 AB	10,67 A
	K2	8,59 AB	11,92 A	11,23 A	10,43 A	12,67 AB	10,84 A
NO		8,40 A	13,80 B	13,01 B	11,6 B	13,81 B	13,03 B
DP402		9,46 B	11,87 A	11,14 A	10,71 A	12,39 A	11,11 A
K0		8,93 A	12,96 B	12,15 A	11,14 A	12,79 A	12,5 A
K1		8,92 A	13,21 B	12,23 A	11,15 A	13,04 A	11,71 A
K2		8,94 A	12,34 A	11,86 A	11,18 A	13,46 A	11,99 A
Var.		0,0002	<0,0001	<0,0001	0,0004	0,0002	0,0001
Trat. K		0,9969	0,0170	0,4751	0,99	0,22	0,2246
V*T		0,4211	0,0117	0,2583	0,146	0,74	0,5359

*: Diferencia significativa.

En la Tabla 6, se analizó el número de nudos del cultivo para dos campañas consecutivas 2013/14 y 2014/15 en tres momentos fenológicos donde se pueden observar diferencias significativas entre variedades. La variedad de ciclo largo, NuOpal RR, tiene mayor número de nudos en las tres etapas del desarrollo. En la campaña 2014/15, las diferencias significativas se marcaron entre variedades con mayor número de nudos en NuOpal RR coincidiendo con su mayor potencial de generar nuevas posiciones fructíferas. Los tratamientos con K no generaron diferencias significativas en ambas campañas de estudio para el número de nudos. Sin embargo, Reddy y Zhao (2005) encontraron mayor número de entrenudos en plantas deficientes de K respecto a los demás tratamientos, pero sin diferencia estadística.

Se puede deducir también que el mayor número de entrenudos por las plantas deficientes en K, se produce según lo reportado por Rosolem y Mikkelsen (1991) por que el tallo es el primer órgano en mostrar disminución en el contenido de K. Además de acuerdo a Silva *et al.* (1995), en plantas deficientes en K, su ciclo de cultivo es más corto o precoces, por lo tanto, alcanza el mayor número de entrenudos en menor tiempo.

4.4 Retención de órganos fructíferos

En la tabla 7, se observan diferencias significativas en lo referente a posiciones fructíferas entre variedades, pero entre tratamientos fertilizados con K no se visualizan diferencias en la campaña 2013/14. Para la variable % de retención durante el pimpollado y la floración la diferencia significativa se registró entre variedades y no así en los tratamientos fertilizados con K. No se observaron diferencias significativas en los tratamientos fertilizados con K y en las variedades en la etapa de maduración para el % de retención.

La falta de precipitaciones en momentos críticos del cultivo como es la formación de pimpollos y flores trae problemas en la absorción de K por parte del cultivo. A medida que la deficiencia de K se vuelve severa, hay una gran reducción en la retención de los frutos localizados en el tercio superior (Cassman *et al.*, 1989).

Gaytan *et al.* (2001) indican que la retención de cápsulas en las variedades precoces aumenta, debido a que destinan una mayor cantidad de fotoasimilados a sus órganos reproductivos. Esto pudo observarse en la variedad más precoz DP402 BG/RR en la campaña 2014/15 (Tabla 8).

Las variedades de algodón modernas tienden a retener un mayor número de cápsulas por unidad de superficie que las variedades tradicionales, obteniendo mayores rendimientos (Ahuja, 2006; Hofs *et al.*, 2006; Yeates, 2006; Milis, 2008; Paytas, 2009). En este trabajo las variedades utilizadas son modernas y con posiciones fructíferas inclusive en nudos nº5 respecto a la más precoz.

Tabla 7. Retención de órganos fructíferos en tres momentos del desarrollo: pimpollado, floración y maduración, en dos variedades NuOpal y DP402 BG/RR y para tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1 = 50 kg K ha⁻¹; K2 = 200 kg K ha⁻¹. Campaña 2013/14.

2013/2014		Posiciones fructíferas			% Retención		
Variedad	Trat.	Pimpollado	Floración	maduración	Pimpollado	Floración	Maduración
NuOpal	K0	2 AB	10,65 BC	8,88 A	82,83 A	70,25 B	27,82 AB
	K1	2 AB	9,50 AB	10,35 ABC	79,4 A	71 B	26,52 A
	K2	1,38 A	8,33 A	9,08 AB	83,03 A	51 A	22,46 A
DP402	K0	2,38 BC	11,88 C	10,78 BC	88,8 A	50,28 A	24,6 A
	K1	4,43 D	11,73 C	11,28 C	88,7 A	45,20 A	26,97 AB
	K2	4,13 CD	12,45 C	10,98 C	87,6 A	57,43 AB	33,5 B
NuOpal		1,79 A	9,49 A	9,43 A	81,75 A	64,08 B	25,6 A
DP402		3,81 B	12,02 B	11,01 B	88,37 B	50,97 A	28,36 A
K0		2,44 A	11,26 A	9,83 A	85,81 A	60,26 A	26,21 A
K1		3,21 A	10,61 A	10,81 A	84,05 A	58,1 A	26,75 A
K2		2,75 A	10,39 A	10,03 A	85,31 A	54,21 A	27,98 A
Var.		0,0001*	0,006*	0,0067*	0,8838	0,0052*	0,1310
Trat. K		0,2212	0,4883	0,2784	0,0391	0,4931	0,6816
V*T		0,0935	0,1697	0,6766	0,8030	0,0116*	0,0294

*: Diferencia significativa

En términos generales, la etapa de mayor requerimiento de recursos para lograr la retención de cada una de las estructuras reproductivas se encuentra centrada en su floración, 10 días antes de la apertura de la primera flor y 10 días después del fin de la floración efectiva (cut out). La duración aproximada de este periodo es de 45 días.

Tabla 8. Retención de órganos de reproductivos en tres momentos del desarrollo: pimpollado, floración y maduración, en dos variedades NuOpal y DP402 BG/RR y para tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1 = 50 kg K ha⁻¹; K2 = 200 kg K ha⁻¹. Campaña 2014/15.

2014/15		Posiciones fructíferas			% Retención		
Variedad	Trat.	Pimpollado	Floración	maduración	Pimpollado	Floración	Maduración
NuOpal	K0	6,2 A	11,08 A	9,93 A	82,83 A	48,28 AB	41,43 B
	K1	6,2 A	11,43 AB	9,18 A	79,4 A	55 B	29,43 A
	K2	6,9 AB	11,68 AB	10,85 AB	83,03 A	53,6 AB	37,28 AB
DP402	K0	8,5 C	11,25 B ABC	12,93 B	88,8 A	40,48 A	37,75 AB
	K1	8,38 BC	11,58 C	11,25 AB	88,7 A	44,90 AB	36,05 AB
	K2	8,3 BC	11,93 BC	11,43 AB	87,6 A	46,78 AB	41,95 B
NuOpal		6,43 A	11,39 A	9,98 A	81,75 A	52,29 B	36,04 A
DP402		8,39 B	12,92 B	11,87 B	88,37 B	44,05 A	38,58 A
	K0	7,35 A	11,66 A	11,43 A	85,81 A	44,38 A	39,59 A
	K1	7,29 A	12,5 A	10,21 A	84,05 A	49,95 A	32,74 A
	K2	7,6 A	12,3 A	11,14 A	85,31 A	50,19 A	39,61 A
Var.		0,0002*	0,0036*	0,0094*	0,8838	0,0455	0,4476
Trat. K		0,8113	0,3153	0,3039	0,0391	0,3941	0,1708
V*T		0,6386	0,6302	0,3277	0,8030	0,9381	0,4123

*: Diferencia significativa

En la Tabla 8, se presentan los resultados de la campaña 2014/15, donde se observa una tendencia similar a la campaña anterior respecto al comportamiento de posiciones fructíferas y % de retención fructífera durante pimpollado, floración y madurez.

Los genotipos actuales, en especial aquellos genéticamente modificados, tienden a generar un marcado desbalance fuente-destino, debido a la gran capacidad de fijación de sitios fructíferos y menor periodo de acumulación de materia seca vegetativa. En este trabajo se utilizó materiales modernos con fijación de posiciones fructíferas a partir del 5^{to} nudo para DP402 BG/RR. (Paytas y Ploschuk, 2013)

Las posiciones fructíferas y la retención hasta la etapa de pimpollado y floración fue marcada entre variedades siendo mayor en la variedad más precoz, pero en maduración no hubo dicha diferencia, pero si, volvió a marcar diferencia en rendimiento el material DP402 BG/RR para la campaña 2014/15, lo que indicaría que la diferencia fue resultado del tamaño y el peso de las bochas.

4.5 Rendimiento y componentes

En la Tabla 9, se presentan los resultados del rendimiento de algodón en bruto y % de fibra desmotada. En la misma, podemos observar que para las campañas 2013/14 y 2014/15 no se observaron diferencias significativas para los tratamientos con fertilizantes potásicos. Sin embargo, se distingue una diferencia entre variedades para la segunda campaña (2104/15) con una diferencia de aproximadamente 500 kg de algodón en bruto. Para la variable porcentaje de fibra desmotada por tonelada de algodón en bruto procesado las diferencias no fueron significativas entre variedades y tratamientos potásicos.

La relación fuente destino afecta considerablemente los componentes del rendimiento y la calidad de fibra. En el caso del potasio, la tasa total de acumulación es de 52 a 112 kg ha⁻¹ durante el ciclo completo del algodón en condiciones de secano, mientras que bajo riego alcanza valores entre 53 y 393 kg ha⁻¹. El 36,5% de este elemento se destina a la formación de la pared de la capsula y 18,4% a la semilla, de allí su importancia para mejorar parámetros de calidad (Paytas *et al.* 2011).

El rendimiento sigue una tenencia similar a los observado previamente para la retención de órganos fructíferos, donde se puede observar que las posiciones para la variedad más corta DP402 es mayor que para Nu Opal, pero esta última compenso en

porcentaje de retención, con la diferencia que en la campaña 2014/15 es decir segundo año de la experiencia y con mejores condiciones de humedad la variedad más corta compenso con tamaño y peso de capsula para dar una diferencia de media tonelada.

Constable y Shaw (1988) demostraron que, ante el incremento de las temperaturas del ambiente, la longitud del ciclo del cultivo de algodón se acorta debido a que la acumulación de la suma térmica ocurre en un menor tiempo. Lo que genera que la planta no complete su desarrollo y su rendimiento no sea el óptimo, como sucedió en la primera campaña 2013/14 de este trabajo.

Según Bennett *et al.* (1965), el potasio incrementa el rendimiento bruto de algodón, el tamaño de las bochas, los valores micronaire de las fibras, el número de bochas y el contenido de potasio de la planta, pero disminuye el porcentaje de fibra. Lo que se puede observar en la tabla N° 9, con años de altas temperaturas y baja precipitaciones, el cultivo sufre periodos de estrés en momentos críticos, afectando a las variables tratamiento y variedad disminuyendo los rendimientos de algodón en bruto.

Coker y Oosterhuis (1999) indicaron que el nivel de fertilidad por K es importante para alcanzar la máxima productividad cuando se cultiva el algodón con limitado suministro de agua. Los rendimientos reales de la cosecha resultan de las interacciones entre los diferentes factores de crecimiento (Luz, CO₂, la planta, el agua y los nutrientes), que son responsables de alcanzar el potencial de rendimiento de las variedades cultivadas Rabbinge (1993).

Tabla 9. Rendimiento de algodón en las campañas 2013/14 y campaña 2014/15 para las variables: algodón en bruto y porcentaje de fibra en desmote por toneladas de algodón en bruto. En dos variedades (NuOpal y DP402 BG/RR) y tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1 = 50 kg K ha⁻¹; K2 = 200 kg K ha⁻¹.

Tratamiento	Rendimiento algodón bruto		% de fibra desmotada		
	13/14	14/15	13/14	14/15	
NuOpal	K0	1468,33 B	2379,72 B	38,87 A	35,77 A
	K1	1483,33 B	1706,68 A	38,93 A	36,37 A
	K2	838,33 A	2744,30 BC	37,40 A	36,90 A
DP402	K0	1126,00 AB	2704,21 BC	39,03 A	38,10 A
	K1	1200,33 AB	3164,95 C	39,13 A	37,53 A
	K2	2033,67 C	2704,21 BC	39,07 A	36,67 A
NuOpal	1263,33 A	2276,90 A	38,40 A	36,34 A	
DP402	1453,33 A	2872,48 B	39,08 A	37,43 A	
K0	1297,17 A	2541,96 A	38,95 A	36,93 A	
K1	1341,83 A	2435,81 A	39,03 A	36,95 A	
K2	1436,00 A	2746,29 A	38,23 A	36,78 A	
Var.	0,2029	0,0040*	0,2946	0,1507	
Trat. K	0,7208	0,3416	0,5278	0,9780	
V * T	0,0011*	0,0101*	0,5446	0,3660	

*: Diferencia significativa

El requerimiento de K en algodón, en promedio, es aproximadamente 60 kg K t⁻¹ de algodón en bruto, y el tiempo de la tasa de absorción máxima coincide con la floración (Furlani Jr. *et al.*, 2001). De este total, se exportan aproximadamente 18 kg/ha (Carvalho *et al.*, 2007). Durante el desarrollo del fruto, la absorción de K es muy pequeña, pero la translocación a los frutos es intensa (Rosolem y Mikkelsen, 1991), por lo que hay una gran cantidad de K en las cápsulas de los frutos.

4.6 Parámetros de calidad de fibra

La evaluación de la calidad y la clasificación comercial de la fibra del algodón en la Argentina se realiza popularmente a través del método tradicional del "clasificador" muy subjetivo donde se analizan los siguientes criterios. El grado, el largo de fibra y el carácter, para ello un clasificador cuenta con patrones dándole una letra para cada calidad donde la mejor calidad sería B y luego le siguen C, C1/2; C3/4; D; D1/2; E y F. también existe en determinados lugares tanto privados como públicos equipos de medición que se usan en todo el mundo denominado instrumento de alto volumen (HVI) por sus siglas en inglés donde se miden la longitud de la fibra, la resistencia, el micronaire o grosor de la fibra y la uniformidad (Paytas y Ploschuk, 2013).

El K es importante para el desarrollo y calidad de la fibra (Cassman *et al.*, 1990), siendo considerado el nutriente más abundante en su composición (Kafkafi, 1992). Su deficiencia produce menor crecimiento de la fibra (Dhindsa *et al.*, 1975) y menor deposición de celulosa en la pared secundaria de las fibras, logrando disminuir la resistencia, la madurez, el micronaire, la elongación, la longitud, el perímetro y la uniformidad (Bennett *et al.*, 1965), además se producen fibras muertas o inmaduras, que no colorean durante el proceso de tinción (Thompson, 1999).

Tabla 10. Parámetros de calidad de fibra campaña 2013/14(longitud, micronaire, resistencia, elongación y uniformidad), en dos variedades (NuOpal y DP402 BG/RR) y tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg K ha⁻¹; K2= 200 kg K ha⁻¹. Obtenidos con equipos HVI en empresa Vicentin- Provincia de Santa Fe.

		Parámetro de calidad de fibra campaña 2013/14									
Tratamientos		Longitud	Micronaire	Resistencia	Elongación	Uniformidad					
NuOpal	K0	26,03	A	5,16	B	26,85	A	6,55	AB	80,38	B
	K1	27,04	A	5,33	B	26,54	A	6,64	B	80,52	B
	K2	25,82	A	5,15	B	26,03	A	6,49	AB	77,89	A
DP402	K0	26,04	A	4,28	A	26,96	A	6,39	A	80,1	B
	K1	25,55	A	4,39	A	26,06	A	6,34	A	79,19	AB
	K2	26,32	A	4,5	A	27,92	A	6,45	AB	79,72	AB
NuOpal		26,29	A	5,21	B	26,47	A	6,56	B	79,59	A
DP402		25,97	A	4,39	A	26,98	A	6,39	A	79,67	A
K0		26,03	A	4,72	A	26,9	A	6,47	A	80,24	B
K1		26,29	A	4,86	A	26,3	A	6,49	A	79,85	AB
K2		26,07	A	4,82	A	26,97	A	6,47	A	78,8	A
Var.		0,4587		<0,0001		0,4438		0,0113		0,8832	
Trat. K		0,8641		0,6393		0,6525		0,9402		0,0802	
V * T		0,1690		0,6304		0,3235		0,2514		0,0557	

*: Diferencia significativa

En la Tabla 10, se presentan los parámetros de calidad de fibra evaluados durante la campaña 2013/14. En el caso de la longitud, no se observaron diferencias significativas entre variedades y tampoco entre tratamientos fertilizados con K, pero si es importante remarcar que los valores de longitud están en los niveles más bajos respecto a los estándares que exige el mercado mundial para estos tipos de algodón de fibra corta o "Upland cotton" que van desde los 22 a los 36 mm. En Argentina, los promedios de longitud están por encima de los 28 mm. En el caso de micronaire, se observó diferencias significativas asociadas a las variedades, siendo mayor en NuOpal. Sin embargo, este valor, se encuentra por encima de los parámetros óptimos comerciales, siendo un atributo negativo o castigo al momento de su comercialización. Con respecto a la resistencia y la uniformidad no se observan diferencias significativas entre las variedades y entre los tratamientos fertilizados. En el caso de la variable

elongación se observaron diferencias significativas entre variedades, pero no respecto a los tratamientos fertilizados con K.

En un trabajo de revisión, Bradow y Davidonis (2000) demostraron la relación contradictoria entre las características de la fibra y la nutrición mineral debida a los efectos de las interacciones entre genotipos, clima y condiciones de suelo.

La variable longitud, que se define entre los 20-25 días post anthesis (Paytas y Ploschuk, 2013), coincidió con una menor disponibilidad de precipitaciones en la campaña 2013/14. Es posible que más allá de la aplicación de K, la mayor limitante en el desarrollo y crecimiento del largo de la fibra fue un periodo de estrés hídrico.

Si existe un suministro limitado de K durante el crecimiento activo de la fibra, habrá una reducción en la presión de turgor de la fibra que dará como resultado un menor alargamiento de las células y fibras más cortas en la madurez (Oosterhuis 1994).

Pettigrew (1999, 2003) encontró que plantas con 0 kg K ha^{-1} producían fibras con valores de micronaire considerados bajo, pero su valor no fue menor de $3,8 \mu\text{g pulg}^{-1}$, como sucedió en este trabajo. Esto se puede observar en el parámetro micronaire en los testigos de ambas variedades, sin diferencia respecto a los fertilizados con 50 kg K ha^{-1} (K1) y 200 kg K ha^{-1} (K2). Importante aclarar que los niveles críticos de K en el suelo, en el trabajo de Pettigrew estuvieron en $0,4 \text{ cmolc kg}^{-1}$ para los tres años de la experiencia en el tratamiento sin K, similares a los niveles de K de este manuscrito.

Ante el agregado de KCl para incrementar la disponibilidad de K en suelos ácidos del norte de Santa Fe, se observó incrementos en algunos parámetros de calidad de fibra y rendimiento, junto a la práctica de encalado. Siendo que estos suelos tienen un valor de K intercambiable que superan los $0,4 \text{ cmolc kg}^{-1}$. (Rodríguez *et al.*, 2014). Como sucedió con este trabajo de tesis.

Similares resultados fueron reportados por Pettigrew *et al.* (1996) quienes encontraron que deficiencias de K disminuyen el rendimiento de algodón fibra, la elongación de la fibra, la longitud y el micronaire en 8 genotipos de diferente precocidad.

Según Montaña debe recomendarse la aplicación de fertilizantes potásicos al algodón en el Litoral Atlántico cuando el suelo tenga un nivel inferior a $0.35 \text{ cmolc kg}^{-1}$. Conjuntamente Federgodón e ICA (Frye *et al.*, 1977) recomiendan también aplicar fertilizantes potásicos al algodón cuando los valores del análisis sean inferiores a $0.4 \text{ cmolc kg}^{-1}$ en la zona del Alto Magdalena, o inferiores a $0.6 \text{ cmolc kg}^{-1}$ en el Valle del Cauca-Colombia.

Otro trabajo en Texas-Estados Unidos, más precisamente en los condados de Williamson, Wharton y Hill Counties aplicaciones de potasio líquido y granulado aplicados al voleo, dieron respuesta en el rendimiento de fibra de algodón con niveles críticos inferiores a $0.32 \text{ cmolc kg}^{-1}$ de K en la solución del suelo. (Gaylon Morgan, 2016). Lo que explicaría la baja respuesta a las aplicaciones de K en las dos dosis de este trabajo.

Tabla 11. Parámetros de calidad de fibra campaña 2014/15: Longitud, Micronaire, Resistencia, Elongación y Uniformidad, En dos variedades (NuOpal y DP402 BG/RR) y tres dosis de fertilizante: sin potasio K0; K1= 50 kg de K; K2= 200 kg de K. Obtenidos con equipos HVI de Empresa Alpargata SAIC, empresa desmotadora del medio en Sáenz Peña- provincia de Chaco.

Parámetro de calidad de fibra campaña 2014/15							
variedades	Trat.	Longitud	Micronaire	Resistencia	Elongación	Uniformidad	
NuOpal	K0	29,36 A	5,06 B	33,40 AB	6,9 B	85,55 A	
	K1	28,62 A	5,12 B	32,93 A	6,88 AB	84,65 A	
	K2	28,3 A	5,08 B	31,78 A	6,85 AB	84,63 A	
DP402	K0	28,58 A	3,92 A	34 AB	6,83 A	84,83 A	
	K1	28,58 A	4,21 A	35,28 B	6,9 B	85,6 A	
	K2	28,68 A	4,42 AB	33,5 AB	6,85 AB	85,85 A	
NuOpal		28,76 A	5,09 B	32,7 A	6,88 A	84,94 A	
DP402		28,61 A	4,18 A	34,26 B	6,86 A	85,43 A	
K0		28,97 A	4,49 A	33,7 A	6,86 A	85,19 A	
K1		28,6 A	4,67 A	34,1 A	6,89 A	85,13 A	
K2		28,49 A	4,75 A	32,64 A	6,85 A	85,24 A	
Variedad		0,6237	0,0003*	0,0223*	0,3668	0,3171	
Trat. K		0,4092	0,5782	0,1696	0,2497	0,9810	
V * T		0,3006	0,6368	0,5216	0,0883	0,2137	

*: Diferencia significativa

En la Tabla 11, se presentan los parámetros de calidad de fibra evaluados durante la campaña 2014/15. En el caso de la longitud, no se observaron diferencias significativas entre variedades ni tratamientos fertilizados con K. En el caso de micronaire, se observó diferencias significativas asociadas a las variedades, siendo mayor en NuOpal. Sin embargo, este valor, se encuentra por encima de los parámetros óptimos comerciales, siendo un atributo negativo o castigo al momento de su comercialización.

Altos valores de micronaire son resultado del menor alargamiento y mayor deposición de celulosas en las paredes secundarias de la fibra que genera el engrosamiento quitándole interés comercial para algunos mercados de importancia en el país.

Con respecto a la resistencia, la fertilización potásica no generó diferencias significativas, aunque las variedades sí tuvieron diferencias significativas. En el caso de las variables elongación y uniformidad no se observaron diferencias significativas entre variedades ni con la fertilización potásica. Estudios por Pettigrew *et al.* (1996) encontraron que deficiencias de K disminuyen el rendimiento de algodón-fibra, la elongación de la fibra, la longitud y el micronaire en genotipos de diferente precocidad y adaptación regional. Las expresiones de estas diferencias entre parámetros de calidad de fibra no fueron altamente reflejadas en el presente trabajo principalmente asociadas a posibles periodos de estrés hídricos durante las etapas de mayor demanda de K por parte del cultivo como así también se observó previamente en los componentes del crecimiento y desarrollo del cultivo.

CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

5.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en los experimentos de algodón correspondientes a la primera campaña 2013/14 con escasas precipitaciones y altas temperaturas durante los meses críticos de diciembre y enero, y en la segunda campaña 2014/15 con precipitaciones y temperaturas medias diarias más uniformes durante el periodo crítico, se concluye:

Los parámetros de crecimiento como biomasa total y particionada (hoja, tallo y parte reproductiva) no fueron afectados por la fertilización potásica en las distintas etapas evaluadas, siendo influenciados por la precocidad del material DP402.

Los parámetros de desarrollo como pimpollado, floración y maduración se vieron en gran parte del cultivo limitados en su potencial debido a que la floración coincidió en ambas campañas con el mes de enero de alta demanda de agua atmosférica, altas temperaturas y escasa agua en el perfil, condicionando la retención de los botones, flores y bochas por formarse.

El rendimiento de fibra fue afectado por la irregularidad en el comportamiento climático con altas temperaturas en los meses de diciembre y enero, resultado de menor fotosíntesis que aseguren una capsula con buen porcentaje de fibra en el desmote.

Los parámetros de calidad afectados fueron el largo y el micronaire que son los caracteres junto con la resistencia que requiere el mercado mundial, al elegir un fardo de algodón para la industria. Respecto al segundo año de experiencia el componente

largo de fibra fue superior, respondiendo a una mejor disponibilidad de agua durante el momento de elongación entre los 20 y 30 días de iniciada la antesis.

Como hipótesis general se planteó que la fertilización potásica incrementa la relación fuente destino y los atributos de la calidad de fibra del algodón en variedades de ciclo largo en sistemas de surcos estrechos. La misma no ha sido aceptada ya que los efectos encontrados, tanto para los caracteres agronómicos, el rendimiento y sus componentes, fueron influenciados principalmente por las condiciones ambientales durante el periodo crítico de determinación del rendimiento y la calidad de fibra y el tipo de genotipo utilizado, y en menor medida por la fertilización potásica debido que este elemento se encontraba por encima de los valores críticos en la solución del suelo.

5.2 Consideraciones finales y futuras

El algodón es uno de los cultivos más importantes del norte argentino, motivo por el cual se deben ajustar todas las variables que faciliten o ayuden a mejorar las condiciones del cultivo en ambientes con temperaturas y precipitaciones muy variables, por lo cual el estudio del agregado de minerales macronutrientes fundamentales como el K y otros micronutrientes no pueden estar ausentes en futuras experiencias en el país. Condiciones controladas para lograr la expresión del agregado de nutrientes y sus efectos sobre mecanismos ecofisiológicos son necesarios llevar adelante para un mejor entendimiento de potenciales prácticas agronómicas. Rotaciones, cultivos cobertura, horizontes explorados por el cultivo en profundidad, características físico químicas del suelo, niveles críticos de k intercambiables, diagnósticos de potasio en planta y estudios de la relación del potasio con otros cationes en el suelo por competencia por la misma entrada, son algunos aspectos a considerar en futuros estudios como así también la interacción de genotipos por ambiente.

Bibliografía:

Andrade, FH & V, Sadras (2da Ed). 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. 450 pp.

Ahuja, S.L. 2006. Evaluation for the retention of reproductive structures by Bt and non-bt intra hirsutum cotton hybrids in different sowing dates and spacings. African Journal of Biotechnology 5: 862-865.

Bange, M.P. & S.P. Milroy. 2000. Timing of crop maturity in cotton: Impact of dry matter production and partitioning. Field Crops Research, 68: 143-155.

Bennett, O. L., Rouse, R., Ashley, D. A., Doss, B. D. (1965). Yield, fiber quality and potassium content of irrigated cotton plants as affected by rates of potassium. Agr Journal. 57: 296-299.

Bednarz, C.W., Oosterhuis, D.M., Evans, R.D. (1998). Leaf photosynthesis and carbon isotope discrimination of cotton in response to potassium deficiency. Environ. Exp. Bot. 39, 131–139.

Blaise, D. 2006. Yield, Boll Distribution and Fibre Quality of Hybrid Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as influenced by Organic and Modern Methods of Cultivation. Journal of Agronomy and Crop Science. 192: 248-256.

Boletín para el sector algodonero. (2018) N°12-2018/ Año XXVII 15-31 diciembre 2018. P 4 -12.

Bradow, J. M., Davidonis, G. H. (2000). Quantitation of fiber quality and the cotton production-processing interface: a physiologist's perspective. Journal of Cotton Science. 4: 34-64.

Bronson, K. 2008. Nitrogen use efficiency of cotton varies with irrigation system. Better Crops with Plant Food 92:20-22.

Carvalho, M.C.S.; Ferreira, G.B. & Staut, I.A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. in: Freire, E., ed. Algodão no Cerrado do Brasil. Brasília, Abrapa, 2007. p.581-647.

Cassman, K. G. Cotton. In: Bennett, W. F. (Ed). (1993). Saint Paul: APS Press. Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants. 10: 111-119.

Cassman, K. G., Kerby, T. A., Roberts, B. A., Bryant, D. C., Brouder, S. M. (1989). Differential response of two cotton cultivars to fertilizer and soil potassium. *Agronomy Journal*. 81: 870-876.

Cassman KG, Kerby TA, Roberts BA, y col. efectos potasio nutrición en el rendimiento de pelusa y calidad de la fibra de algodón Acala. *Crop Sci*. 1990, 30 :672 - 7.

Cliff S. Snyder "Fertilización foliar con nitrógeno y potasio en algodón" *informaciones agronómicas* N°34. 1999 – INPOFOS. Pag. 8.

Coker, D. L., Oosterhuis, D. M. (1999). Water deficit and potassium partitioning in cotton. In: *Cotton Research Meeting, 1999. Proceedings Fayetteville: Arkansas Agricultural Experiment Station, 97-102. (Special Report, n. 193).*

Constable, G.A. 1977. Growth and distribution of dry matter in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Australian Journal of Agricultural Research*, 28: 249-256.

Constable, G.A. Y A.J. Shaw. 1988. Temperature requirements for cotton, Division of Plant Industries, New South Wales Department of Agriculture and Fisheries.

Davidonis, G. H., Johnson, A.S., Landivar, J.A., Fernandez, C.J. (2004). Cotton fiber quality is related to boll location and planting date. *Crop Sci*. 96, 42–47

Dhindsa, R. S., Beasley, C. A., Ting, I. P. (1975). Osmoregulation in cotton fiber: Accumulation of potassium and malate during growth. *Plant Physiol*. 56 (3): 394-398.

Freeland Jr., T.B., B. Pettigrew, P. Thaxton and G.L. Andrews. 2006. Agrometeorology and cotton production. Chapter 13A in *Guide to Agricultural Meteorological Practices*, 3rd ed. (en preparación).

Frye, A. Y F. Munevar. 1977. Como fertilizar el algodón en el Valle del Cauca. ICA — Federalgodon, Bogotá. Plegable de divulgación N°. 124.

Furlani Jr., E.; Silva, N.M.; Buzetti, S.; SA, ME.; Rosolem, C.A. & Carvalho, M.A.C. extração de macronutrientes e acúmulo de massa seca de algodão cv. IAC 22. cult. Agron., 10:71-87, 2001.

Gaylon, M.; Vasbinder, Ch.; McFarland, M.; Provin, T.; Mott D., and Coker D., 2106 “The Impact of Soil Applied Potassium on Cotton Yield and Quality in the Texas Blacklands and Coastal Plain Production Regions”
(<https://plantphysiology.conferenceseries.com/abstract/2016/summary-of-a-multi-year-soil-applied-potassium-trial-in-cotton>)

Gaytán, A., A. Palomo Y S. Godoy. 2001. Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. Revista Fitotecnia Mexicana Nº 24, 197-202.

Guinn G. (1982). Causes of square and boll shedding in cotton. U.S. Department of Agriculture. (Technical Bulletin, 1672)

Hearn, AB. 1969a Growth and performance of cotton in a desert environment I. Morphological development of the crop. Journal of Agricultural Science 73: 65-74.

Hearn, A.B. 1969b. Growth and performance of cotton in a desert environment 11. Dry matter production. Journal of Agricultural Science 73: 75-86.

Hearn, A. B.; Constable, G. A. (1984). Cotton. In: Goldsworthy, P. R.; Fischer, N. M. (eds). The physiology of tropical field crops. New York: John Wiley. 495–527.

Hofs, J, L., B. Hau and D. Marais. 2006. Boll distribution patterns in Bt and non Bt cotton cultivars I. Study on commercial irrigated farming systems in South Africa. Field Crops Research 98: 203-209.

I.C.A.C 77 (2018). Plenary Meeting. “Desafíos del algodón: soluciones innovadoras y sostenibles” 2-6 diciembre 2018.

Iqbal, M.; Iqbal, M.Z.; Ahmad, R. S.; Hayat, K.2005. Comparison of obsolete and modern varieties in view to stagnancy in yield of cotton (*G. hirsutum* L.). *Asian Journal of Plant Science* 4(4):374-378.

Jenkins, J.N.; J.C. McCarly and W.L. Parrod. 1990. Effectiveness of fruiting sites in cotton - yield. *Crop Science* 30: 365-369.

Jones, M.A., Wells, R. (1998). Fiber yield and quality of cotton grown at two divergent population densities. *Crop Sci.* 38: 1190–1195

Kafkafi, U. (1992). Foliar feeding of potassium nitrate in cotton. *Better Crops with Plant Food.* 76: 16-17.

Kerby, T.A. and D.A. Buxton. 1981. Competition between adjacent fruiting forms in cotton. *Agronomy Journal* 73: 867-871.

Kerby, T. A., Adams, F. (1985). Potassium nutrition of cotton. In: Munson, R. D. (Ed.). *Potassium in agriculture.* Madison: American Society of Agronomy, 1985. 36: 843-860.

Kim, H. J., Triplett, B. A. (2001). Cotton fiber growth in plant and in vitro. Models for plant cell elongation and cell wall biogenesis. *Plant Physiol.* 127: 1361-1366

Leffler, H.R: and B.S. Tubertini, 1976. Development of cotton fruit. II. Accumulation and distribution of mineral nutrients. *Agron. J.* 68; 858-861.

Marschner, H. (2002). *Mineral Nutrition of Higher Plants.* Academic Press, Londres. 889 p.

Mason, T.G. 1922. Growth and abscission in Sea Island cotton. *Annals of Botany* 36:457-484.

McDonald AJS, Ericsson T, Larsson CM. nutrición de las plantas, el aumento de la materia seca y la partición a nivel de la planta entera. *J Exp Bot* 1996, 47: 1245 -53.

Mendes, H.c. Nutrição do algodoeiro ii - Absorção mineral por plantas cultivadas em soluções nutritivas. *bragantia*, 19:435-457, 1960.

Mills, C.I.; C.W Bednarz; G.L. Ritchie and J.R. Whitaker. 2008. Yield, quality, and fruit distribution in Bollgard I Roundup Ready and Bollgard II/Roundup Ready Flex Cottons. *Agronomy Journal*/1 00: 35-41.

Minton, E. B., Ebelhar, M. W. (1991). Potassium and aldicarb-disulfoton effects on verticillium wilt, yield, and quality of cotton. *Crop Science*. 31: 209-212.

Montaño, J. 1975. Resultados ex perimen tales de la fertilización del algodón en la Costa Atlántica. FEDERALGODON, Bogotá. 64 pp.

Mullins, G.L. and C.H. Burmester. 2010. Relation of growth and development to mineral nutrition. pp. 97-105. In: J.M. Stewart, D.M. Oosterhuis, J.M. Heitholt, and J.R. Mauney (eds.) *Physiology of Cotton*. Springer, New York. <http://www.springerlink.com/index/u88838767k45m032.pdf>

Myers, D. y Stolton, S. 1999. *Organic Cotton, From Field to Final Product*. Intermediate Technology Publications.

Oosterhuis, D. M., Wullschleger, S. D., Maples, R. L., Miley, W. N. (1990). Foliar-feeding of potassium nitrate in cotton. *Better Crops with Plant Food*, 74 (3), 8-9.

Oosterhuis DM Potassium nutrition of cotton in the USA, with particular reference to foliar fertilization. Challenging the future. In: GA Constable, NW Forrester (eds). *Proceedings of the World Cotton Research Conference, 1st, Melbourne, Australia, 14–17 February 1994*. CSIRO, Melbourne, Australia, 1994, 133–46.

Oosterhuis, D.M., And Bednarz. C. W. (1997). Physiological changes during the development of potassium deficiency in cotton. p. 347–351. In T. Ando et al. (ed.) *Plant nutrition for sustainable food production and environment*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands.

Oosterhuis, D. M. (1999). Growth and development of a cotton plant. In: CIA, E.; Freire, E. C.; Santos, W. J. dos (Eds). *Cultura do algodoeiro*. Piracicaba: Potafós, pp. 35-55.

Oosterhuis, D. M. (2001). Physiology and nutrition of high yielding cotton in the USA. *Informações Agronômicas*. 95: 18-24. (Encarte Técnico).

Paytas, M. 2009. Early water stress on growth, development and yield of high retention cotton. PhD thesis. The University of Queensland, Australia.

Paytas, M.; L. Mieres; A. Regonat Y O. Gregoret. 2011. Algodón en surcos estrechos: ¿podemos aumentar el rendimiento mediante la mejora en la oferta de asimilados? *Revista de Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales N°2*. INTA. Argentina.

Paytas, M; Ploschuk, E. (2013) Algodón. En: De La Fuente, E; Gil A.; Kantolil, A. (2013). *Cultivos Industriales*. Editorial Facultad de Agronomía Universidad de Buenos Aires. 413-425-835p.

Pettigrew, W.T. 1994. Source-to-sink manipulation effects on cotton lint yield and yield components. *Agron. J.* 86:731-735.

Reddy, R, K., Zhao, D. (2005). Interactive effects of elevated CO₂ and potassium deficiency on photosynthesis, growth and biomass partitioning of cotton. *Field Crops Research*. 94. 201-213.

Rodriguez, L; Paytas, M; Mieres, L; (2014) “Efecto del potasio y dolomita sobre el crecimiento de cápsulas y fibra en algodones de alto potencial de rendimiento” XV Congreso Latinoamericano, XXX Reunión Argentina de Fisiología Vegetal.

Pettigrew, W. T., Heithold, J. J., Meredith JR., W.R. (1996). Genotypic interactions with potassium and nitrogen in cotton of varied maturity. *Agronomy Journal*. 88: 89-93.

Pettigrew, W.T., Meredith Jr., W.R. (1997). Dry matter production, nutrient uptake, and growth of cotton as affected by potassium fertilization. *J. Plant Nutr.* 20: 531–548.

Pettigrew, W.T. (1999). Potassium deficiency increase specific leaf weights and leaf glucose levels in field-grown cotton. *Agron. J.* 91: 962– 968.

Pettigrew, W. T. (2003). Relationships between insufficient potassium and crop maturity in cotton. *Agron. J.* 95: 1323–1329

Rabbinge, R. (1993): The ecological background of food production, in Rabbinge, R. (ed.): *Crop protection and sustainable agriculture*. John Wiley & Sons. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, pp. 2–29.

Reddy, V.R., K.R. Reddy Y D.N. Baker. 1991. Temperature effect on growth and development of cotton during the fruiting period. *Agronomy Journal*, 83: 211-217.

Reddy, R, K., Zhao, D. (2005). Interactive effects of elevated CO₂ and potassium deficiency on photosynthesis, growth and biomass partitioning of cotton. *Field Crops Research*. 94. 201-213.

Rochester, I.J. 2011. Assessing internal crop Nitrogen use efficiency in high-yielding irrigated cotton. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 90:147-156. DOI 10.1007/s10705-010-9418-9.

Rosolem, C. A., Mikkelsen, D. S. (1991). Potassium absorption and partitioning in cotton as affected by periods of potassium deficiency. *Journal of Plant Nutrition*, Athens, 14 (9): 1001-1016.

Sabino, N. P., Silva, N. M. da., Kondo, J. I. (1999). Componentes da produção e qualidade da fibra do algodoeiro em função do potássio e gesso. In: *Congresso Brasileiro DE Algodão*, 2, 1999, Ribeirão Preto. Campina Grande: EmbrapaCNPA. Anais 703-705.

Sanzano, A. 2017 “El potasio del suelo”. Cátedra de Edafología. FAZ. UNT. p:1-3. www.edafologia.com.ar

Sangakkara UR, Frehner M, Nösberger J. Efecto de la humedad del suelo y los fertilizantes de potasio sobre el potencial hídrico rodaje, la fotosíntesis y la partición del carbono en frijol mungo y el frijol. *J Agron Crop Sci* 2000; 185: 201 - 7.

Sauer, M., J. Aranda, G. Canteros Y M. Aloma. 2015. Respuesta a la fertilización de variedad de algodón NuOpal bajo siembra directa. En: Ciencia y tecnología de los cultivos industriales. Año 5, N° 8, p: 193-197.

Seagull, R. W., Oliveri, V., Murphy, K., Binder, A., Kothari, S. (2000). Cotton fiber growth and development 2: Changes in cell diameter and wall birefringence. Journal of Cotton Science, 4: 97-104.

Silva, N. M. da., Ferraz, C. A. M., Gridi-Papp, I. L., CIA, E. (1974). Efeitos da aplicação de N e de K sobre características gerais do algodoeiro cultivado em latossolos não deficientes em potássio. Campinas. *Bragantia*. 33 (13): 129-138.

Silva, N.M. da., Carvalho, L. H. De., Cia, E., Fuzatto, M. G., Chiavegato, E. J. & Alleoni, L. R. F. (1995). Seja o doutor do seu algodoeiro. Potafos, Piracicaba. 24 p. (*Arquivo do Agrônomo*, 8).

Silva, N. M. da. (1998). Nutrição mineral e adubação de algodoeiro no Brasil. *Informações Agronômicas*. 81: 7.

Silva, N. M. da. (1999). Nutrição mineral e adubação de algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; Freire, E. C.; Santos, W. J. Dos (Eds). *Cultura do algodoeiro*. Piracicaba: Potafós, 57-92.

Smith, C.W. 1995. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Capítulo 6. En: *Crop Production: Evolution, History and technology*. John wiley and Sons, INC., New Yorck. p: 287-349.

Staut, L. A., Kurihara, C. H. (2001). Calagem e adubação. In: *Embrapa Agropecuária Oeste. Algodão: tecnologia de produção*. Dourados: Embrapa, Algodão e Embrapa Agropecuária Oeste, 103-123.

Tcach, N., M. Paytas Y I. Kresic. 2015. Incidencia de altas temperaturas en el periodo reproductivo sobre el rendimiento del cultivo de algodón a diferentes distanciamientos. En *INTA, Ciencia y tecnología de los cultivos industriales*, 8. p: 136-141.

Thompson, W. R. (1999). Fertilization of cotton for yields and quality. In: CIA, E.; Freire, E. C.; Santos, W. J. dos (Eds). *Cultura do algodoeiro*. Piracicaba: Potafós. P. 93-99.

Wells, R. and W.R. Meredith, Jr. 1984. Comparative growth of obsolete and modern cotton cultivars. II. Reproductive dry matter partitioning. *Crop Sci.* 24:863-868.

Wendel, J.F.; C.L. Brubaker and T. Seelanan. 2010. The Origin and evolution of *Gossypium*. En: McD Stewart, J.; D. Oosterhuis, J. Heilhort and J. Mauney (eds.). *Physiology 01 Cotton*. Springer. p. 1-18.

Yeates, S.; D. richards; J. Roberts and R. Gregory. 2006. Progress In evaluating the moisture stress response of Bollard II compared with conventional cotton. Australian Cotton Conference. Gold Coast.

Zhao, D., Oosterhuis, D.M., Bednarz, C.W. (2001). Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. *Photosynthetica* 39, 103–109.

Anexo



Figura 7 emergencia del cultivo en la campaña 2013-14



Figura 8 Fertilización y emergencia del cultivo campaña 2014-15.



Figura 9 Cultivo campaña 2013-14 etapa reproductiva



Figura 10 maduración y apertura de capsula 2014-15

