

Revista Ciencia UNEMI

Vol. 13, N° 33, Mayo-Agosto 2020, pp. 85 - 95

ISSN 1390-4272 Impreso

ISSN 2528-7737 Electrónico

Generación de tecnologías para incrementar la productividad del algodón *Gossypium hirsutum* L. en Manabí, Ecuador

Ernesto, Cañarte-Bermúdez^{1*}; Rafael, Sotelo-Proaño²; Bernardo, Navarrete-Cedeño³

Resumen

El objetivo de esta investigación fue generar tecnología para la producción de algodón. En ese sentido se evaluó la respuesta de dos variedades (DP-Acala 90 y Coker) a dos densidades de siembra (62.500 y 50.000 plantas ha⁻¹) y dos programas de manejo agronómico (tecnología INIAP y tecnología clásica). El ensayo se realizó en la época seca de 2018, en la Estación Portoviejo del INIAP (01°09'51"S, 80°23'24"W, 60 msnm y 26,4 °C, 81% de HR, 851,57 mm). Se formaron ocho tratamientos, dispuestos en un Diseño de Bloques Completos al Azar con Arreglo de Parcelas Subdivididas, con cuatro repeticiones. Se evaluaron variables agronómicas, fitosanitarias y productivas. La densidad de 50.000 plantas ha⁻¹ tuvo menor incidencia de insectos-plaga, como trozadores y trips, además de una mejor relación peso fibra/semilla. La variedad DP Acala-90, se comportó significativamente mejor frente a la incidencia de trips y mosca blanca, además, presentó una mejor relación porcentual de peso fibra/semilla. El uso de la tecnología INIAP, tuvo significativamente más rendimiento que la tecnología clásica.

Palabras-clave: densidad, fertilización, semilla, tecnología, variedad

Generation of agricultural technologies to increase the productivity of *Gossypium hirsutum* L. in Manabí, Ecuador

Abstract

The goal of this experiment was to evaluate the response of two varieties of cotton (DP-Acala 90 and Coker) to two planting densities (62.500 and 50.000 ha⁻¹ plants) and two agronomic management programs (INIAP technology and classic technology). The trial was conducted in the dry season of 2018, at INIAP's Portoviejo Station, (01°09'51 "S, 80°23'24 "W, 60 msnm and 26.4 °C, 81% RH, 851.57 mm). Eight treatments were laid out on a randomized complete block design with split-split plot arrangement and four repetitions. Agronomic, phytosanitary and production variables were evaluated. The density of 50,000 plants ha⁻¹ had the lowest incidence of insects, such as cutworms and thrips, in addition to a better relation of fiber weight/seed. The variety DP Acala-90 behaved significantly better against the incidence of thrips and whiteflies and also showed a better relation of fiber weight/seed. The use of INIAP's technology, had significantly more yield than the classic technology.

Keywords: density, fertilization, seed, technology, variety.

Recibido: 27 de enero de 2020

Aceptado: 23 de abril de 2020

¹ Ingeniero Agrónomo/Entomólogo, Ph.D.; Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); Portoviejo-Ecuador; ernesto.canarte@iniap.gob.ec; <https://orcid.org/0000-0002-8615-2317>

² Ingeniero Agrónomo; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Portoviejo- Ecuador; adolfo.soteloproano@fao.org; <https://orcid.org/0000-0002-1329-4517>

³ Ingeniero Agrónomo- Entomólogo M.Sc.; Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP); Portoviejo-Ecuador; jose.navarrete@iniap.gob.ec; <https://orcid.org/0000-0001-9200-7119>

* Autor para correspondencia: ernesto.canarte@iniap.gob.ec

I. INTRODUCCIÓN

El algodón *Gossypium hirsutum* L. (Malvaceae), es la principal fibra natural sembrada en el mundo, con 31,3 millones de hectáreas cultivadas en 2017, siendo los principales países productores India, China, Estados Unidos, Pakistán y Brasil, aportando con el 80% de la producción de esta malvácea (ICAC, 2017; FAO, 2018). En Ecuador se lo cultiva en el Litoral ecuatoriano, principalmente en las provincias de Manabí y Guayas, con el 80 y 20% de la superficie, respectivamente, en altitudes hasta 160 m.s.n.m., obteniéndose los mejores rendimientos en ambientes con pluviosidad promedio de 600 mm, 28 °C y 650 horas de luz solar durante su ciclo productivo (FAO, 2018).

La superficie cultivada en Ecuador, ha experimentado un descenso significativo, pasando de 36.000 ha en 1974 a 1.800 ha en 2016, que representa una producción aproximada de 2000 TM de fibra, que cubre apenas el 10% de la demanda nacional (INIAP, 2018), siendo el 90% restante importado desde USA y Asia (FAO y ABC, 2017). La producción de algodón ecuatoriano se desarrolla en una agricultura familiar en transición hacia la diversificación y/o desactivación, donde el 80% de los productores son hombres, siendo las mujeres requeridas durante la siembra y cosecha. Todas las labores del cultivo son realizadas manualmente, demandando una gran cantidad de mano de obra (FAO, 2018), con un costo de producción en periodo lluvioso de 1.425 USD/ha (INIAP, 2018).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP-Ecuador), generó tecnologías en algodón durante el periodo 1963 a 1994 (INIAP, 2018), existiendo a la fecha una pausa en investigaciones en el rubro de al menos 24 años. La problemática actual de la actividad algodонера, consiste mayormente en la ausencia de semilla certificada, falta de variedades de alto rendimiento, prácticas adecuadas de manejo del cultivo (densidad poblacional, nutrición, uso de regulador de crecimiento, entre otras) y los bajos precios del algodón en rama, a lo que se suma un manejo fitosanitario inadecuado, que afectan el rendimiento de algodón, provocando incremento del costo de producción, pérdida de rentabilidad, mayor contaminación ambiental y resistencia. Al respecto, destacan los artrópodos-plaga, *Agrotis*

sp., (tierreros), *Eutinobothrus gossypii* (polilla), *Aphis gossypii* (áfidos), *Frankliniella sp.* (trips), *Alabama argillacea* (medidor), *Bucculatrix thurberiella* (minador), *Tetranychus spp.* (ácaro rojo), *Anthonomus vestitus* (picudo), *Pectinophora gossypiella* (gusano rosado), *Dysdercus sp.* (arreatado), entre otros (INIAP, 2018).

El rendimiento y calidad de fibra de algodón está influenciado por aspectos genéticos, manejo del cultivo y condiciones ambientales (Zhao *et al.*, 2019). Una estrategia para incrementar la productividad del cultivo de algodón es el mejoramiento genético, a través del cual se derivan plantas con mayor potencial en aspectos como calidad de fibra, estabilidad fenotípica, arquitectura de planta y adaptación específica a los diferentes ambientes ecológicos de las zonas algodoneras (Burbano-Figueroa *et al.*, 2018). Otra es la modificación de las prácticas culturales, entre ellas las densidades de siembra, fertilización y suministro hídrico, que constituyen alternativas para aumentar la eficiencia de los recursos disponibles en el desarrollo, crecimiento y producción de biomasa (Ramírez-Seañez *et al.*, 2012). En este sentido, el sistema de producción en surcos ultra-estrechos y el manejo de altas densidades poblacionales en el cultivo del algodón, inducen a que los materiales expresen su máximo potencial de rendimientos y se reduzca los costos de producción, haciéndolo a este cultivo más rentable (Ramírez-Seañez *et al.*, 2012; Retes-López *et al.*, 2015).

El algodón, muestra alta dependencia al nitrógeno (N), que termina siendo el elemento más crítico y esencial para su desarrollo óptimo, debiéndose evitar los excesos, que ocasionan problemas de manejo y pérdidas de producción (Veramendi y Lam, 2011; Veramendi, 2013). Finalmente está el uso de regulador de crecimiento, que permite manejar el equilibrio entre el crecimiento vegetativo y el desarrollo reproductivo (Reyes, 2014).

Con estos antecedentes, el INIAP retoma las investigaciones en torno a este importante rubro para la economía del productor, generando un plan de investigación que involucra entre otras, la generación y validación de tecnologías con la finalidad de contribuir al establecimiento de un programa de manejo sostenible del algodón en Ecuador. Como parte de este plan se planteó la siguiente investigación que tuvo como objetivo

evaluar en el cultivo de algodón la respuesta de dos variedades comerciales a dos densidades de siembra y dos programas de manejo tecnológico que involucra las siguientes prácticas: selección y tratamiento de semilla, fertilización y manejo fitosanitario (artrópodos plaga).

II. MATERIALES Y METODOS

Ubicación

Este estudio se lo realizó durante los meses de junio a noviembre del periodo seco de 2018, en la Estación Experimental Portoviejo, del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en la parroquia Lodana del cantón Santa Ana-Manabí, en las coordenadas (01°09'51"S, 80°23'24"W y 60 m.s.n.m.) y condiciones climáticas (26,4 °C; 81% de HR; 851,57 mm), con topografía plana y suelo franco-arcilloso.

Descripción y manejo agronómico del cultivo

Se estudiaron los siguientes tres factores: densidad (62.500 y 50.000 plantas ha⁻¹), variedad (DP-Acala 90 y Coker) y manejo (tecnología INIAP y tecnología clásica). La combinación de los factores dio como resultado la obtención de los siguientes ocho tratamientos: 1. 62.500 pl ha⁻¹ de la variedad DP-Acala 90 con tecnología INIAP; 2. 62.500 pl ha⁻¹ de la variedad DP-Acala 90 con tecnología clásica; 3. 62.500 pl ha⁻¹ de la variedad Coker con tecnología INIAP; 4. 62.500 pl ha⁻¹ de la variedad Coker con tecnología clásica; 5. 50.000 pl ha⁻¹ de la variedad DP-Acala 90 con tecnología INIAP; 6. 50.000 pl ha⁻¹ de la variedad DP-Acala 90 con tecnología clásica; 7. 50.000 pl ha⁻¹ de la variedad Coker con tecnología INIAP; 8. 50.000 pl ha⁻¹ de la variedad Coker con tecnología clásica. Además de las respectivas interacciones. Los factores en estudio se distribuyeron en el siguiente esquema: parcela principal (densidad), sub-parcela (variedad) y sub-subparcela (manejo). Las unidades de observación en campo fueron sub-subparcelas experimentales de 28,8 y 30 m², respectivamente, donde se registraron las variables en estudio, a partir de los siete días después de la siembra (dds).

El manejo con tecnología INIAP, consistió en la aplicación de las siguientes estrategias: selección de semilla y su tratamiento con thiodicarb

+ imidacloprid (25 mL/kg de semilla); uso de herbicidas en pre-emergencia (pendimentalina 4 L ha⁻¹) y post-emergencia (verdict 0,6 L ha⁻¹), más una deshierba manual; aplicación insecticida en "drench"; fertilización basado en análisis de suelo (mezcla de 37,02 kg ha⁻¹ de Urea+YaraMilla™ 162,62 kg ha⁻¹), a los 15 y 45 dds; aplicación de moléculas plaguicidas específicas para el control de plagas (lambda cihalotrina+thiametoxam, azadirachtina, abacmetina, cypermethrin) y una aplicación de regulador de crecimiento (Cloruro de Mepiquat, 200 mL ha⁻¹). El manejo con tecnología clásica, consistió en tratamiento a la semilla con thiodicarb (15mL/kg de semilla); uso de herbicida quemante (paraquat), más cuatro deshierbas manuales; no se aplicó "drench"; la fertilización se efectuó con Urea (280,6 kg ha⁻¹ a los 15, 45, 79 dds), las aplicaciones de plaguicidas fueron calendarizadas con sustancias de amplio espectro y no se utilizó regulador de crecimiento.

Se realizó la preparación mecanizada del terreno, mediante un pase de arado profundo, dos pases de rastra y la posterior surcada a 0,8 y 1,0 m, según el tratamiento. El material de siembra correspondió a semilla artesanal de las variedades comerciales DP-Acala 90 y Coker. La siembra se realizó manualmente, colocando tres semillas por sitio, dejando al raleo una planta, con lo que se obtuvo la densidad de 62.500 y 50.000 pl ha⁻¹, según el tratamiento. Se efectuaron ocho riegos durante el desarrollo del experimento, suministrando al cultivo aproximadamente 400 mm de agua. La primera cosecha se realizó con el 50% de apertura de capullos, esto es a los 141 dds y una segunda a los 169 dds. Inmediatamente concluida la cosecha, el material vegetal fue cortado, retirado del campo y quemado, con la finalidad de destruir sitios de sobrevivencia de plagas.

Levantamiento de la información

Se realizaron evaluaciones semanales y quincenales de las variables biológicas, que tenían como objetivo determinar la incidencia y severidad de los principales problemas fitosanitarios en cada parcela experimental, complementándose con las variables agronómicas y de rendimiento, de acuerdo con la siguiente metodología:

Incidencia de artrópodos-plagas y ocurrencia de benéficos: a los 7 y 15 dds se registró en cada parcela, el porcentaje de daño de insectos trozadores (*Agrotis sp.* y *Spodoptera sp.*). Para el resto de artrópodos, se utilizó el método de muestreo absoluto por planta, para lo cual se etiquetó aleatoriamente en cada parcela cinco plantas, en las cuales se realizó el registro de insectos y ácaros-plaga en tallo, hojas, flores y frutos, además de la fauna benéfica. Las evaluaciones comenzaron 8 dds y continuaron con una frecuencia semanal hasta el inicio de la cosecha.

Variables agronómicas: a los 7 y 15 dds, se determinó el porcentaje de germinación. A partir de este momento, se registró en cinco plantas marcadas del área útil de cada parcela las siguientes variables: altura de planta a la floración (39 dds), formación de bellotas (63 dds) y antes de la primera cosecha (138 dds); número de entrenudos por tallo a los 140 dds; número de ramas productivas, considerándose productivas a aquellas que poseen al menos un capullo maduro, abierto apto para la cosecha; fecha de aparición de la primera flor (36 dds) y fecha con el 50% de plantas con la primera flor abierta (57 dds). A los 105 dds, se registró el momento del primer capullo abierto en las parcelas y la fecha con el 50% de las plantas conteniendo el primer capullo abierto (116 dds). A los 121 dds se contabilizó el número de capullos presentes en cinco plantas seleccionadas aleatoriamente en cada parcela. A la cosecha se obtuvo el rendimiento en kg/parcela y kg ha⁻¹. En laboratorio, se estableció en una muestra de 500 g de algodón en rama/parcelas, la relación de peso de fibra-semilla.

Se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con Arreglo en Parcelas Subdivididas (DPSd) 2x2x2, con cuatro repeticiones y se realizó comparaciones de medias, empleando la prueba de Tukey ($\leq 0,05$). Antes de someter los datos al análisis de varianza, se comprobó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y de homogeneidad de varianzas con la prueba de Bartlett, para ello se usó el Software estadístico InfoStat versión 1.0 (Balzarini *et al.*, 2008).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Artrópodos-plaga y benéficos

Durante esta investigación fue reportada la

presencia de una diversidad de artrópodos herbívoros asociados a las dos variedades de algodón en estudio, pudiéndose mencionar a los trozadores de los géneros *Agrotis sp.* y *Spodoptera sp.* (Lepidoptera: Noctuidae), defoliadores como *Atta spp.* (Hymenoptera: Formicidae), *Diabrotica spp.*, *Omophoita spp.*, *Epitrix spp.* (Coleoptera: Chrysomelidae), chupadores como el trips *Frankliniella spp.* (Thysanoptera: Thripidae), áfidos *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae), cochinilla *Phenacoccus spp.* (Hemiptera: Pseudococcidae), chinche de encaje *Gargaphia sp.* (Hemiptera: Tingidae), minador de la hoja *Bucculatrix sp.* (Lepidoptera: Bucculatricidae), dibujante *Lyriomyza sp.* (Diptera: Agromyzidae), ácaro rojo *Tetranychus spp.* (Acari: Tetranychidae), picudo de la bellota *Anthonomus vestitus* (Coleoptera: Curculionidae), gusano rosado *Pectinophora gossypiella* (Lepidoptera: Gelechiidae) y chinche manchador de la fibra *Dysdercus spp.* (Hemiptera: Pyrrhocoridae), principalmente, reportes que coincide con aquellos realizados por INIAP (2018).

Adicionalmente, fue también constatada en estas variedades, la ocurrencia de una diversidad de enemigos naturales asociados a los artrópodos-plaga presentes en el algodón, destacándose la depredadores como arañas (varias especies), trips *Frankliniella spp.* (Thysanoptera: Aeolothripidae), *Cycloneda sanguinea*, *Hippodamia convergens*, *Stethorus sp.* (Coleoptera: Coccinellidae), *Oligota sp.* (Coleoptera: Staphylinidae), chinche *Orius spp.* (Hemiptera: Anthocoridae), *Zelus sp.* (Hemiptera: Reduviidae) y *Chrysoperla sp.* (Neuroptera: Chrysopidae).

Al analizar los resultados del porcentaje de plantas trozadas por insectos de los géneros *Agrotis* y *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae), a los 7 y 15 dds, solo se determinó significación estadística en los factores densidad de plantas ($F = 10,8$; $P < 0,05$) y manejo ($F = 4,76$; $P < 0,05$), no así para ninguna de las interacciones. Se observó que hasta los 15 dds, el porcentaje de plantas trozadas fue significativamente menor en la densidad de 50.000 plantas ha⁻¹, mientras que la tecnología INIAP, se diferenció significativamente con el menor el daño en las parcelas a los 7 dds. Esto resultados confirman, la acción protectora que posiblemente ejerce el

tratamiento a la semilla realizada en las parcelas con tecnología INIAP, que redujo significativamente el daño de insectos trozadores.

Cuando se analizó la incidencia de hormigas defoliadoras del género *Atta* spp., en las parcelas experimentales, no se encontró diferencias estadísticas para ninguno de los tres factores e interacciones en estudio en los cuatro meses de evaluación. Caso similar fue observado con las especies de Coleoptera: Chrysomelidae que presentaron poblaciones extremadamente bajas. El análisis estadístico, tampoco determinó diferencias significativas en ninguna de los tres factores e interacciones para las poblaciones de insectos chupadores como el áfido *A. gossypii*, araña roja *Tetranychus* spp., chinche de encaje *Gargaphia* sp. y chinche manchador de la fibra del algodón *Dysdercus* spp., no obstante, cabe mencionar que este último se presentó con mayor abundancia durante la formación de la fibra en los meses de septiembre a octubre.

En la tabla 1, se muestran los valores acumulados (cuatro meses), de las poblaciones de artrópodos-

plaga asociados al algodón, que presentaron diferencias estadísticas en alguno de los factores en estudio. No hubo diferencias significativas en las interacciones. Con relación a *Frankliniella* spp., el análisis de varianza determinó diferencias estadísticas para el factor densidad ($F = 10,8$; $P < 0,05$), destacándose aquella con 50.000 pl ha⁻¹ al presentar el menor número de individuos por planta. Cuando se analizó las poblaciones de adultos de *B. tabaci* y *Bucculatrix* sp., el ADEVA sólo determinó diferencias estadísticas para el factor variedad ($F = 7,61$; $P < 0,05$ y $F = 42,30$; $P < 0,01$, respectivamente), sobresaliendo significativamente la variedad DP-Acala 90 por presentar el menor número de adultos de mosca blanca/hoja, mientras que para *Bucculatrix* fue la variedad Coker que presentó el menor valor acumulado. Las poblaciones de *Liriomyza* sp. fueron estadísticamente diferentes en los factores variedad ($F = 7,11$; $P < 0,05$) y manejo ($F = 20,71$; $P < 0,01$), no así entre las poblaciones de siembra. El número de individuos de este minador fue significativamente menor en la variedad DP-Acala 90 y en las parcelas con tecnología de manejo INIAP.

Table 1. Valores acumulados (cuatro meses) de las poblaciones de los principales artrópodos-plaga presentes en plantas de algodón, entre los factores en estudio, determinadas mediante observación directa en campo.

| Factores en estudio | Población acumulada de artrópodos-plaga ¹ | | | |
|--------------------------------------|--|-----------------------|-----------------------------|----------------------|
| | <i>Frankliniella</i> sp. | <i>Bemisia tabaci</i> | <i>Bucculatrix turberii</i> | <i>Liriomyza</i> sp. |
| Densidad | | | | |
| 1 (62.500 plantas ha ⁻¹) | 169,56 b | 17,13 | 0,43 | 0,70 |
| 2 (50.000 plantas ha ⁻¹) | 132,88 a | 17,56 | 0,40 | 0,74 |
| <i>P</i> | 0,0411 * | 0,8452 ns | 0,3972 ns | 0,0703 ns |
| Variedad | | | | |
| 1 (DP-Acala 90) | 150,56 | 14,25 a | 0,48 b | 0,70 a |
| 2 (Coker) | 151,80 | 20,44 b | 0,36 a | 0,74 b |
| <i>P</i> | 0,9432 ns | 0,0329 * | 0,0006 ** | 0,0372 * |
| Manejo | | | | |
| 1 (Tecnología INIAP) | 151,56 | 18,63 | 0,39 | 0,65 a |
| 2 (Tecnología clásica) | 150,88 | 16,06 | 0,44 | 0,79 b |
| <i>P</i> | 0,9436 ns | 0,3045 ns | 0,0510 ns | 0,0003 ** |
| CV | 17,89 | 39,39 | 15,92 | 11,43 |

¹Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

El análisis de los valores acumulados de las poblaciones de los principales artrópodos-benéficos asociados al cultivo de algodón, tales como arañas

depredadoras (diversidad de especies), *Orius* sp., *Franklinothrips* sp., *Coccinellidae*, *Zelus* sp. y *Chrysoperla* sp., no determinó diferencias

estadísticas entre los factores ni sus interacciones, para ninguno de estos organismos. Sin embargo, se puede mencionar que las arañas se destacaron por su abundancia en todos los tratamientos. Esto es concordante con los reportado por Pérez-Guerrero et al. (2009), quienes sostienen que las arañas son abundantes en ambientes naturales y cultivados, siendo consideradas uno de los grupos de macroinvertebrados depredadores dominantes en estos ambientes. En este sentido, Almada *et al.* (2012), citan a estos artrópodos-benéficos como controladores de diversas plagas en el cultivo de algodón, demostrando la gran abundancia de presas capturadas por las diferentes especies de arañas. Por otro lado, la estructura del hábitat y su complejidad tiene una relación directa con la diversidad de arañas presentes en ecosistemas naturales e intervenidos (Armendano y González, 2011).

Variables agronómicas

No obstante, la germinación entre las variedades fue baja, hubo diferencias estadísticas entre ellas

($F = 52,65; P < 0,01$). La variedad Coker presentó significativamente un mayor promedio a los 15 dds (58,19%) a diferencia del DP-Acala-90, que alcanzó 41,06% de germinación.

Cuando se analizó los valores promedios de la variable altura de planta (m), en los tres factores en estudio (densidad, variedad, manejo) y sus interacciones, en tres fechas de evaluación (39, 63 y 139 dds), sólo se registró diferencias estadísticas significativas para el factor densidad a los 63 y 139 dds ($F = 11,55; P < 0,05$ y $F = 9,16; P < 0,05$, respectivamente), sobresaliendo la densidad de 62.500 pl ha⁻¹, que presentó una mayor altura de planta (m) en ambas fechas (Figura 1), provocado muy posiblemente por un efecto competidor entre plantas por el recurso luz y nutrientes, por efecto de la alta densidad, que es concordante con lo manifestado por Mao et al. (2014), pero contradictorio a aquellos estudios realizados por Palomo-Gil *et al.* (2001), quienes determinaron que factores como el incremento del riego y densidades de siembra, tiene poco efecto en la altura de la planta de algodón.

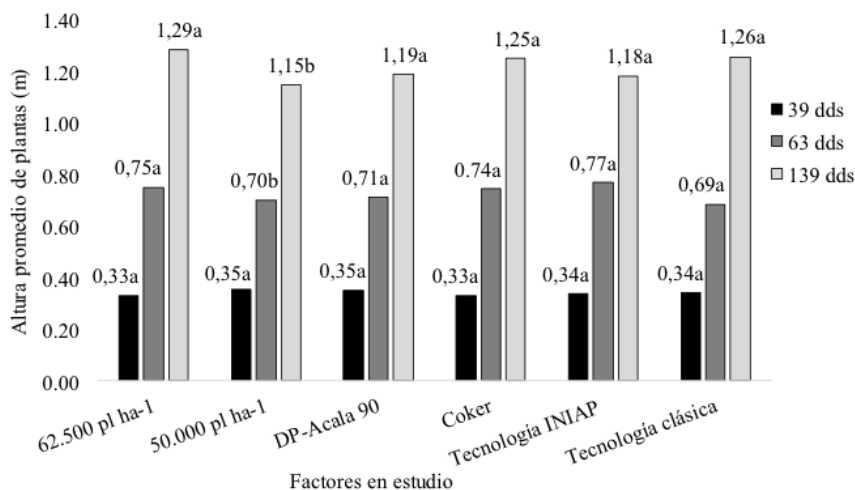


Figura 1. Valores promedio de altura de plantas (m) registrado entre los factores de estudio a los 39, 63 y 139 días después de la siembra (dds). CV = 18,27% (39dds), 18,72% (63dds) y 11,39% (139dds).

El análisis de varianza de la variable entrenudos/planta, no determinó un efecto significativo de los factores variedad, manejo y las interacciones; mientras que si hubo respuesta en el número de entrenudos/planta al factor densidad ($F = 10,18; P < 0,05$), siendo este valor significativamente superior cuando se utilizó mayor densidad (62.500 pl ha⁻¹), obteniéndose 15,33 entrenudos/planta a los 87 dds.

Es posible que el aumento de la competición por luz y nutrientes sucedido en la parcela con alta densidad, haya contribuido al incremento del número de entrenudos en la planta, favorecido también por un mayor crecimiento de la planta, lo cual es respaldado por Mao *et al.* (2014).

Las condiciones de temperatura en las que se efectuó esta investigación ($26,4 \pm 2^{\circ}\text{C}$), además de los riegos

semanales durante todo el cultivo, permitieron un crecimiento y desarrollo adecuado de la planta de algodón, observándose que en promedio la fecha de apertura de la primera flor se dio a los 55 dds, mientras que el tiempo al 50% de flores abiertas, se determinó en un promedio de 69 dds. La fecha de apertura del primer capullo se produjo a los 105 dds, alcanzando el 50% apertura a los 121 dds. Estos resultados son coherente con lo expuesto por Retes-López *et al.* (2015), quienes manifiestan que para la floración, el algodón necesita una temperatura media de 20 a 30°C, mientras que para la maduración de la cápsula entre 27 y 30°C. Bajo estas condiciones ambientales de alta transpiración y considerando que se trata de un cultivo exigente en agua, los riegos deben de aplicarse durante todo el desarrollo de la planta (Sifuentes *et al.*, 2014; Retes-López *et al.*,

2015), lo cual se implementó.

No hubo diferencia estadística en el número promedio de bellotas/planta para ninguno de los tres factores y sus interacciones a los 134 dds (Figura 2). De manera general se puede considerar en este estudio, que el número de bellotas alcanzado en cada densidad es bajo, sugiriendo que posiblemente ambas densidades son aún altas para nuestras condiciones ambientales, provocando un efecto negativo sobre la producción de bellotas. Estos es sustentado también por Ren *et al.* (2013), quienes manifiestan que la alta densidad de plantas reduce el número de bellotas por planta, debido al bajo porcentaje de fijación de la bellota. Por su parte Palomo-Gil *et al.* (2001), sostienen, que no obstante el incremento de la densidad de siembra no afecta el rendimiento, el número de bellotas por planta, tiende a decrecer.

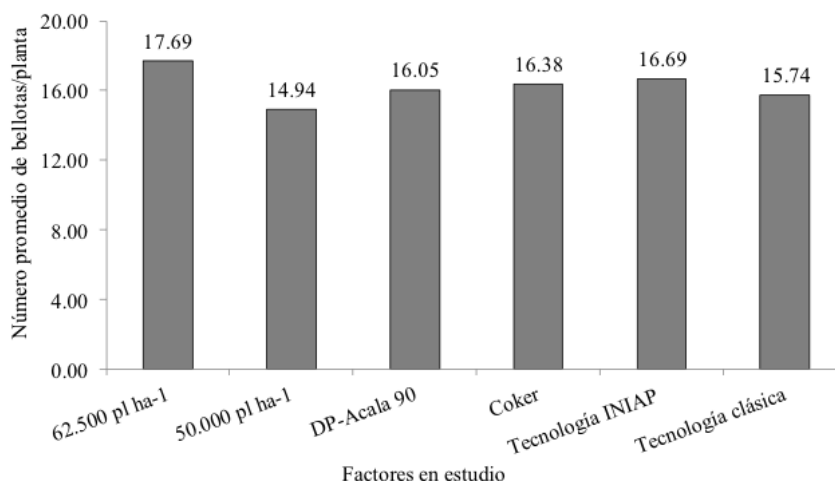


Figura 2. Valores promedio del número de bellotas/planta a los 134 días después de la siembra (dds).

El factor densidad no marcó diferencias estadísticas significativas en el rendimiento (kg ha⁻¹) de algodón en rama ($F = 0,64$; $P > 0,05$) (Figura 3). Sin embargo, Zhao *et al.* (2019), manifiestan que el factor manejo del cultivo, incluida la densidad de plantas y el regulador de crecimiento, son estrategias que determinan el rendimiento de la fibra y la calidad de la semilla de algodón. Por su parte Ren *et al.* (2013), afirman que la alta densidad disminuye el rendimiento de fibra. Esto es contradictorio con Ramírez-Seañez *et al.* (2012), que determinaron que a medida que aumenta la densidad poblacional, se incrementan los rendimientos unitarios de algodón, cantidad de biomasa, materia seca acumulada en

órganos vegetativos y fructíferos.

Las variedades probadas en la presente investigación, alcanzaron rendimientos en kg ha⁻¹ muy similares, no evidenciando diferencias estadísticas significativas ($F = 0,02$; $P > 0,05$). Mientras que al analizar el factor manejo, se observó diferencias estadísticas en el rendimiento kg ha⁻¹ ($F = 29,31$; $P < 0,01$), siendo este significativamente mayor cuando se aplicó la tecnología INIAP, alcanzando en promedio 3520 kg ha⁻¹ de algodón rama, comparado con la tecnología testigo que tuvo una media de 2496 kg ha⁻¹ (Figura 3). No hubo respuesta estadística significativa de ninguna de las interacciones en estudio sobre el rendimiento de algodón en rama en kg ha⁻¹.

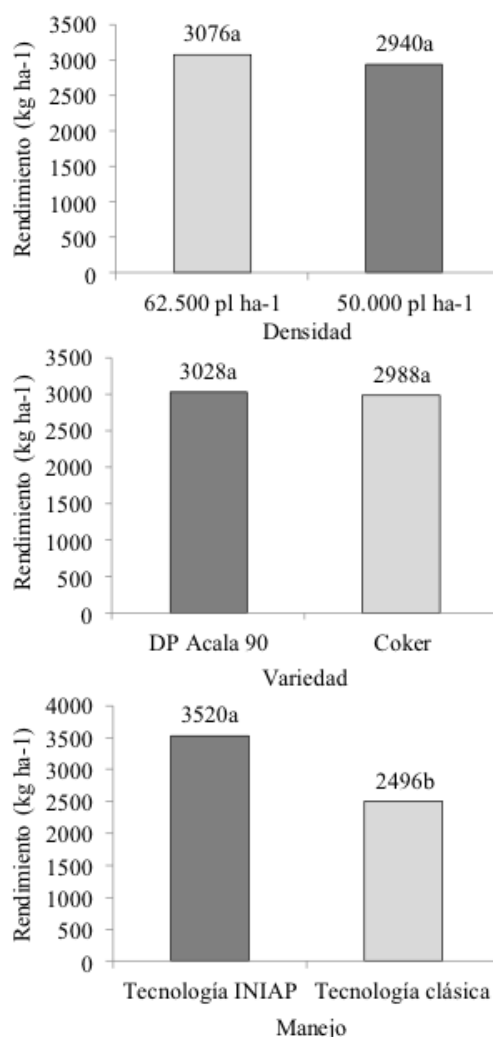


Figura 3. Valores promedio del rendimiento en kg ha⁻¹ de algodón en rama entre los factores en estudio.

Estos resultados sugieren que las fuentes y dosis de fertilización nitrogenada, el uso de herbicidas en pre y post-emergente + una deshierba, además de la aplicación en rotación de plaguicidas de distinta naturaleza, utilizadas en las parcelas con tecnología INIAP, contribuyeron para este incremento significativo de rendimiento. Al respecto, se conoce que este cultivo al igual que otros, muestra alta dependencia al nitrógeno (N), que termina siendo el elemento más crítico y esencial para un desarrollo óptimo del cultivo, evitando el uso excesivo que ocasiona pérdidas de producción (Palomo-Gil *et al.*, 2003). Por su parte Jarma *et al.* (2004), sostienen que el empleo de métodos combinados de control de plagas, redundan en mejores resultados. Al respecto

la rotación con insecticidas botánicos como el nim (*Azadirachta indica*), resultan ser apropiados dentro de un programa de Manejo integrado de Plagas (Sánchez *et al.*, 2009; Nava *et al.*, 2012), que busca disminuir el impacto sobre el ambiente (Ocampo, 2010; Singh *et al.*, 2014), pudiéndose utilizar con seguridad en el marco de una agricultura sustentable (Pino *et al.*, 2011). Otro aspecto a considerar es la acción del regulador de crecimiento que permite a la planta reasignar recursos hacia las estructuras reproductivas, propiciando menor altura de planta, ramas cortas, mayor captura de luz, que se refleja en una alta tasa de crecimiento del cultivo hacia la formación de fibra (Ren *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 2019).

A pesar de que no hubo interacciones entre factores, si fue observada una tendencia, que corrobora la significación encontrada en el factor manejo, registrándose los mejores rendimientos en los cuatro tratamientos que tuvieron tecnología INIAP,

pudiéndose alcanzar valores de hasta 3.737 kg ha⁻¹ con 50.000 pl ha⁻¹ + Coker + tecnología INIAP, seguido del tratamiento con 62.500 pl ha⁻¹ + DP Acala 90 + tecnología INIAP, que reportó 3.651 kg ha⁻¹ de algodón rama (Figura 4).

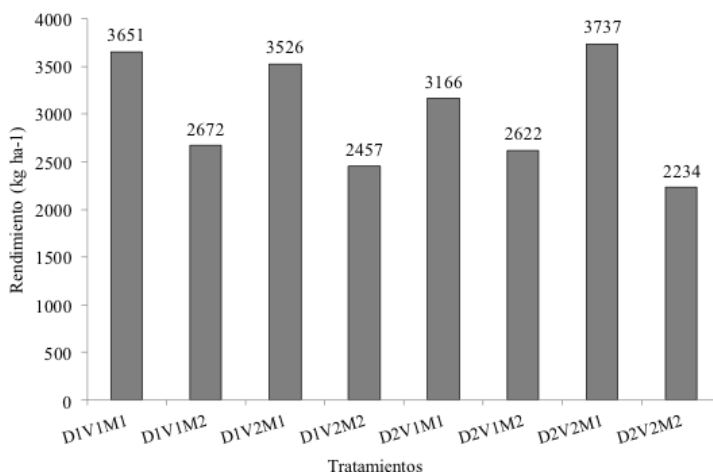


Figura 4. Rendimiento promedio en kg ha⁻¹ de algodón rama entre tratamientos en estudio. D = densidad (D1. 62.500 pl ha⁻¹; D2. 50.000 pl ha⁻¹), V = variedad (V1. DP-Acala 90; V2. Coker), M = manejo (M1. tecnología INIAP; M2. tecnología clásica).

Hubo respuesta estadística significativa de la relación porcentual del peso de fibra-semilla para los factores densidad ($F = 24,03$; $P < 0,01$), y variedad ($F = 9,45$; $P < 0,02$), observándose que con la densidad de 50.000 pl ha⁻¹ se obtuvo significativamente una mejor relación fibra-semilla (41,25%), mientras que fue la variedad DP-Acala 90, la que destacó significativamente en esta relación con 41,36%. No hubo diferencias estadísticas significativas en las interacciones en estudio.

IV. CONCLUSIONES

La densidad de 50.000 pl ha⁻¹ favorece la menor incidencia de insectos-plaga y mejora la relación porcentual del peso fibra-semilla.

La variedad DP Acala 90, presenta menor incidencia de insectos-plaga y mejor relación porcentual del peso fibra-semilla.

Con la tecnología INIAP se alcanzó rendimientos superiores de 3.737 kg ha⁻¹ con 50.000 pl ha⁻¹ y la variedad Coker, seguido de la densidad de 62.500 pl ha⁻¹ en DP Acala-90, que reportó 3651 kg ha⁻¹ de algodón en rama.

V. AGRADECIMIENTO

Los autores dejan constancia de su agradecimiento al proyecto de Cooperación Sur-Sur Trilateral GCP/RLA/199/BRA “Fortalecimiento del Sector Algodonero por medio de la Cooperación Sur-Sur”, también denominado Proyecto +Algodón, firmado entre el gobierno de Brasil, por intermedio de la Agencia Brasileira de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores (ABC/MRE), el Instituto Brasileiro del Algodón (IBA) y la Oficina Regional de FAO para América Latina y el Caribe (FAO RLC), por su cooperación en el desarrollo de este estudio, que forma parte del proyecto país “Fortalecimiento del Sector Algodonero en Ecuador por medio de la Cooperación Sur-Sur, para fomento de los sistemas de agricultura familiar”.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almada, M., Sosa, M. y González, A. (2012). Araneofauna (*Arachnida: Araneae*) en cultivos de algodón (*Gossypium hirsutum*) transgénicos y convencionales en el norte de Santa Fe, Argentina. *Rev. Biol. Trop.*, 60 (2): 611-623.

- Armendano, A. y González, A. (2011). Efecto de las arañas (Arachnida: Araneae) como depredadoras de insectos plaga en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) (Fabaceae) en Argentina. *Rev. Biol. Trop.*, 59 (4): 1651-1662.
- Balzarini, G., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, A. y Robledo, W. (2008). *Infostat. User's guide*, Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.
- Burbano-Figueroa, O., Montes-Mercado, K.S., Pastrana-Vargas, I.J. y Cadena-Torres, J. (2018). Introducción y desarrollo de variedades de algodón Upland en el sistema productivo colombiano: Una revisión. *Ciencia y Agricultura*, 15(1): 29-44.
- Comité Consultivo Internacional del Algodón (ICAC). (2017). Superficie mundial de algodón. Consultado 12-06-2018. Recuperado de: <http://www.asajasevilla.es/noticias/algodon/item/1092-la-superficie-mundial-de-algodon-alcanzara-31-3-millones-de-hectareas.html>
- INIAP. (2018). Informe Técnico Anual del Proyecto + Algodón INIAP-FAO. Estación Experimental Portoviejo-INIAP. 133p.
- Jarma, A., Ângulo, A., Jaramillo, J. y Hernández, J. (2004). Efecto alelopático de extractos de crotalaria (*Crotalaria juncea* L.) y coquito (*Cyperus rotundus* L.) sobre malezas y cultivos anuales, *Temas Agrarios*, 9(2): 23-31. doi: <https://doi.org/10.21897/rta.v9i2.624>
- Mao, L., Zhang, L., Zhao, X., Liu, S., van der Werf, W., Zhang, S. y Li, Z. (2014). Crop growth, light utilization and yield of relay intercropped cotton as affected by plant density and a plant growth regulator. *Field Crops Research*, 155: 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.09.021>
- Nava, E., García, C., Camacho, J. y Vásquez, E. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas, *Ra Ximhai*, 8(3): 17-29.
- Ocampo, J. (2010). Eco-toxicidad y consumo energético de la producción de bioplaguicida de la torta de *Jatropha curcas*, Zamorano, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO) (2018). Tendencias y perspectivas regionales y globales del sector algodonero. En Curso de autoaprendizaje “Estrategias de fortalecimiento del sector algodonero para el desarrollo de la agricultura familiar”, Recuperado de: <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/423461/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Agencia Brasileira de Cooperación Internacional (ABC). (2017). El estado de arte del sector algodonero en países del Mercosur y asociados, Recuperado de: <http://www.fao.org/3/b-i7314s.pdf>
- Palomo-Gil, A., Gaytán-Mascorro, A. y Godoy-Ávila, S. (2001). Efecto de los riegos de auxilio y densidad de población en el rendimiento y calidad de la fibra del algodón, *Terra Latinoamericana*, 19: 265-271.
- Palomo-Gil, A., Gaytán-Mascorro, A. y Godoy-Ávila, S. (2003). Rendimiento, componentes del rendimiento y calidad de fibra del algodón en relación con la dosis de nitrógeno y la densidad poblacional, *Rev. Fitotec. Mex*, 26: 167-171.
- Pérez-Guerrero, S., Tamajón, R., Aldebis, H. y Vargas-Osuna, E. (2009). Comunidad de arañas en cultivos de algodón ecológico en el sur de España. *Revista Colombiana de Entomología*, 35 (2): 168-172.
- Pino, O., Sánchez, Y., Rojas, M., Rodríguez, H., Abreu, Y., Duarte, Y. Martínez, B., Peteira, B., Correa, T. y Martínez, D. (2011). Composición química y actividad plaguicida del aceite esencial de *Melaleuca quinquenervia* (Cav) S.T. Blake, *Rev. Protección Veg.*, 26(3): 177-186.
- Ramírez-Seañez, A., Contreras-Martínez, J., Palomo-Gil, A., Álvarez-Reyna, V., Rodríguez-Herrera, S., y García-Carrillo, M. (2012).

Producción de biomasa de algodón en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional, *Agronomía Mesoamericana*, 23(2): 259-267.

Reyes, P. (2014). El algodón Pima peruano: cultivo y manejo agronómico. Universidad Nacional Piura. Ciudad Universitaria. Piura, Perú.

Ren, X., Zhang, L., Du, M., Evers, J. B., van der Werf, W., Tian, X. y Li, Z. (2013). Managing mepiquat chloride and plant density for optimal yield and quality of cotton. *Field Crops Research*, 149, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.04.014>

Retes-López, R., Moreno-Medina, S., Denogean-Ballesteros, F., Martín-Rivera, M. y Ibarra-Flores, F. (2015). Análisis de rentabilidad del cultivo de algodón en Sonora. *Rev. Mexicana de Agronegocios*, 36: 1156-1166.

Sánchez, Y., Pino, O., Correa, T., Naranjo, E. y Iglesia, A. (2009). Estudio químico y microbiológico del aceite esencial de *Piper auritum* kunth (caisimón de anís). *Rev. Protección Veg.*, 24(1): 39-46.

Sifuentes-Ibarra, E., Ruelas-Islas, J., Soto-Flores, J., Macías, J. y Palacios-Mondaca, C. (2014). Planeación del riego en el cultivo de algodónero (*Gossypium hirsutum* L.), mediante un modelo de programación integral en el Distrito 075, Sinaloa, México. *Scientia Agropecuaria*, 5: 93-102.

Singh, N., Wang, C. y Cooper, R. (2014). Potential of Essential Oil-Based Pesticides and Detergents for Bed Bug Control. *Household and Structural Insects*, 107 (6): 2-8.

Veramendi, T. (2013). Problemática del cultivo de algodón en Perú. PPT. Slide Player. Lima, Perú.

Veramendi, T. y Lam, S. (2011). Guía Técnica Curso-Taller “Manejo Integrado del Algodonero. “Jornada de Capacitación UNALM-Agrobanco”. Universidad Nacional Agraria La Molina, Oficina Académica de Extensión y Proyección Social. Pág. No. 11, 12. La Arena, Piura, Perú.

Zhao, W., Yan, Q., Yang, H., Yang, X., Wang, I., Chen, B. y Zhou, Z. (2019). Effects of mepiquat chloride on yield and main properties of cottonseed under different plant densities. *Journal of Cotton Research*, 2(1): 1-10. <https://doi.org/10.1186/s42397-019-0026-1>