

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/353105237>

El Cultivo del Algodón en México

Book · June 2020

CITATIONS

0

READS

43

15 authors, including:



Ramón Saúl Luján Aguirre

Universidad Autónoma de Chihuahua

12 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



Damian Aaron Porras Flores

Universidad Autónoma de Chihuahua

14 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



Maria Antonia Flores Cordova

Universidad Autónoma de Chihuahua

26 PUBLICATIONS 103 CITATIONS

SEE PROFILE



Jared Hernandez

Autonomous University of Nuevo León

8 PUBLICATIONS 12 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Fertilización de Chile [View project](#)



Educación Agrícola [View project](#)



EI CULTIVO DEL ALGODÓN

ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO Y AMBIENTAL EN MÉXICO

2020



UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

Primera edición, 2020

Luján Aguirre, Ramón Saúl; Porras Flores, Damian Aaron; Flores Córdova, María Antonia; Hernández Huerta, Jared; Pérez Leal, Ramona; Balandrán Valladares, Martha Irma; Tarín Estrada, Lorena Alejandra; Portillo Duarte, Estela; Ortega Ortega, Adalberto; Acevedo Barrera, Angélica Anahí; Jimenez Castro, Jorge Alfonso; Esparza Vela, Mario Edgar; Berzoza Gaytán, Cesar Arturo; Arras Vota, Ana María de Guadalupe.

El cultivo del algodón: análisis del impacto social, económico y ambiental en México / México: Universidad Autónoma de Chihuahua, 2020.

142p.; 21.59 X 27.94 cm

ISBN 978-607-536-052-2

Dewey: 633 Cultivos de campo y plantaciones

Edición: Dirección de Extensión y Difusión Cultural

Director: Ramón Gerónimo Olvera Neder

Jefe editorial: Berenice León Galindo

Producción: Liliana Fierro Venegas

Diseño de portada: Jared Hernández Huerta

Todos los derechos reservados. Esta publicación queda rigurosamente prohibida su reproducción sin la autorización escrita de los titulares del copyright. De acuerdo a lo establecido por las leyes, se sancionará por la reproducción total o parcial por medio electrónico, mecánico, fotoquímico, fotocopia, grabación, microfilmación o cualquier otro, sin la autorización del autor.

DEPÓSITO LEGAL

Copyright © 2020. Los autores. Todos los derechos reservados.

DR © Universidad Autónoma de Chihuahua Facultad de Ciencias Agrotecnológicas Campus I Chihuahua, México

Versión digital

Departamento editorial de la Universidad Autónoma de Chihuahua Chihuahua México

Primera edición: 01 de junio del 2020.

ISBN: 978-607-536-052-2



9 786075 360522

EL CULTIVO DEL ALGODÓN

ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO Y AMBIENTAL EN MÉXICO

2020

Autores

Ramón Saúl Luján Aguirre
Damian Aaron Porras Flores
María Antonia Flores Córdova
Jared Hernández Huerta
Ramona Pérez Leal
Martha Irma Balandrán Valladares
Lorena Alejandra Tarín Estrada
Estela Portillo Duarte
Adalberto Ortega Ortega
Angelica Anahí Acevedo Barrera
Jorge Alfonso Jimenez Castro
Mario Edgar Esparza Vela
Cesar Arturo Berzoza Gaytán
Ana María de Guadalupe Arras Vota



AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos el apoyo brindado por los productores del Sistema Producto Algodón, personal de los Despepites y Comités de Sanidad Vegetal de Chihuahua, Baja California, Coahuila, Durango y Tamaulipas, así como de la industria textil, que atendieron directamente las encuestas, facilitaron la participación de sus trabajadores y la visita a sus instalaciones. Agradecemos a AgroBio México el financiamiento para la realización del estudio.



CONTENIDO

CONTENIDO	1
ÍNDICE DE FIGURAS	4
ÍNDICE DE CUADROS	7
ÍNDICE DE IMÁGENES	9
RESUMEN EJECUTIVO	10
PRÓLOGO.....	12
INTRODUCCIÓN.....	13
I. Antecedentes del cultivo de algodón	15
1.1 Historia del algodón.....	15
1.2 Características del cultivo del algodón	19
1.3 Cultivos Genéticamente Modificados.....	21
1.4 Producción nacional de algodón	24
1.5 Perspectivas del cultivo del algodón en México.....	26
1.6 Antecedentes de la Cadena productiva y de valor del algodón	27
1.7 Impacto ambiental del algodón GM	28
1.8 Marco Regulatorio Nacional para productos GM	31
1.9 Aspectos socioeconómicos y culturales de la producción de algodón GM	36
II. Metodología del estudio	38
2.1 Investigación de gabinete y de campo	38
2.1.1 Población objetivo y cobertura	38
2.1.2 Diseño y aplicación de encuestas para productor, trabajador, miembros de despepitadora e industria textil	40
2.1.3 Estimación de la muestra.....	40
2.1.4 Estimación de la población	40
2.1.5 Capacitación al personal	41
2.1.6 Rutas de trabajo en campo	41
2.2 Estimación de la mano de obra que genera el cultivo	42
2.3 Estimación de la derrama económica	42
2.4 Análisis de respuesta sobre indicadores evaluados.....	44
2.4.1 Variables a analizar sobre aspectos económicos y sobre la cadena productiva y de valor	44
2.4.2 Variables a analizar sobre aspectos regulatorios	45
2.4.3 Variables a analizar sobre análisis de aspectos sociales, económicos y culturales	45
2.4.4 Variables a analizar sobre análisis de gobernanza	45
2.4.5 Experiencias de los agricultores en el tema ambiental	46
2.4.6 Variables a analizar sobre retos actuales del sector	46
2.4.7 Variables a analizar sobre la dinámica de la industria textil.....	46
2.4.8 Variables a analizar sobre otros usos del algodón.....	47
2.5 Análisis estadístico	47

III. Estado actual y perspectivas económicas del cultivo de algodón GM en México	48
3.1 Incremento en la Productividad del Algodón	48
3.1.1 Importaciones de la industria doméstica en los últimos 5 años	49
3.1.2 Posición que ocupa México entre los principales importadores de fibra de algodón en el mundo	50
3.1.3 Adquisición de algodón importado en millones de pesos	51
3.1.4 Exportaciones de algodón de México a nivel mundial	52
3.2 Impacto económico del cultivo del algodón en México	52
3.2.1 Superficie sembrada en México en los últimos cinco años	52
3.2.2 Rendimiento de la producción de algodón GM	53
3.2.3 Impacto económico de la producción de algodón GM	56
3.2.4 Valor de la producción de algodón GM por región	59
3.2.5 Beneficio ambiental de la producción de algodón GM	62
3.2.6 Registro de ganancias en México del cultivo de algodón GM en los 5 últimos años	63
3.2.7 Número de agricultores que participan en el cultivo de algodón GM	63
3.2.8 Ingreso por jornalero	64
3.2.9 Equipos de asesores técnicos	68
3.3 Conclusiones/Recomendaciones	70
IV Efectos económicos del cultivo de algodón GM	75
4.1 Ingreso total para los agricultores de algodón por región	75
4.2 Infraestructura de la producción de algodón (almacenes generales de depósito, calidad de la infraestructura para conservación de las pacas)	77
V. Impacto ambiental del cultivo de algodón GM	80
5.1 Manejo agronómico del cultivo y buenas prácticas agrícolas	80
5.2 Reducción en el número de aplicaciones de plaguicidas en los últimos 10 años y su significado ecológico	84
5.3 Reducción del consumo de diesel por la siembra de algodón GM	87
5.4 Emisión de gases de efecto invernadero	89
5.5 Manejo de la maleza	90
5.6 Necesidades y áreas de oportunidad	93
VI. Gobernanza del cultivo de Algodón GM	94
6.1 Leyes, reglamentos y otros instrumentos regulatorios aplicados al algodón GM	94
6.2 Implementación y cumplimiento regulatorio	100
6.3 Programas sociales y de asistencia: apoyos, servicios a la comercialización y seguros de cobertura)	104
6.4 Áreas de oportunidad	107
VII. Cadena productiva y cadena de valor del algodón	108
7.1 Algodón Pluma	109
Clasificación del Algodón Pluma	110
7.2 Semilla de algodón para alimento balanceado: derrama económica, empleos generados y actores relevantes en la cadena de valor	113
7.3 La borra	114

VIII. Caracterización social, económica y cultural de comunidades indígenas y actores relevantes de la cadena de valor.....	115
8.1 Análisis de actores y redes.....	115
Comunidad migrante que depende del cultivo de algodón.....	117
8.2 Formas de organización social interna y mecanismos de toma de decisiones..	120
IX. Aspectos socioeconómicos y culturales de la producción de algodón GM.....	121
9.1 Familias que se benefician con el cultivo de algodón.....	121
9.2 Número de empleos directos e indirectos	124
Número de jornales por hectárea	125
9.3 Remuneración de empleos directos e indirectos	126
9.4 Empleos generados de la producción de algodón GM.....	128
9.5 Educación y capacitación	130
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	131

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Historia antigua del cultivo del algodón y la industria textil.....	16
Figura 2. Productos derivados del algodón.	20
Figura 3. Adopción de cultivos biotecnológicos en 2018.	23
Figura 4. Hectáreas sembradas y cosecha de algodón en México durante los últimos diez años.....	24
Figura 5. Tendencia de la producción en t/Ha de algodón hueso en México durante los últimos 10 años.....	24
Figura 6. Estimación de las importaciones y exportaciones.	26
Figura 7. Antecedente de la cadena de valor del algodón.	27
Figura 8. Producción histórica de los años 2014-2018 en t/ha de cultivo de algodón de las regiones encuestadas.	49
Figura 9. Importaciones de productos textiles, 2010-2019 enero-marzo, CANAINTEX 2019.....	49
Figura 10. Importaciones de productos confeccionados, 2010-2019 enero marzo, CANAINTEX 2019.	50
Figura 11. Importaciones de algodón a nivel mundial y proyecciones al 2022.....	51
Figura 12. Superficie sembrada con algodón GM y convencional (hectáreas) y precio de la fibra (US\$7lb) durante el periodo 1990-2019.....	53
Figura 13. Tendencia en el rendimiento del cultivo del algodón en México (pacas de 480 lb/ha) 1990-2019.....	54
Figura 14. Mapa* de rendimiento en t/ha de las regiones encuestadas del 2014 al 2018..	55
Figura 15. Valor de la producción de algodón en relación con otros cultivos representativos del estado de Chihuahua.....	59
Figura 16. Valor de la producción del algodón en relación con otros cultivos representativos de la región del Valle de MEXICALI, B.C.-San Luis Colorado, Son.....	60

Figura 17. Valor de la producción del algodón en relación con otros cultivos representativos de la Comarca Lagunera.....	60
Figura 18. Valor de la producción de algodón en relación con otros cultivos representativos de la región de Tamaulipas Norte.....	61
Figura 19. Derrama económica del cultivo del algodón en miles de pesos mexicanos lograda en el periodo de 2014 al 2018.....	63
Figura 20. Proporción del número de integrantes de los hogares que se ven beneficiados directamente por las actividades del cultivo del algodón (hasta el proceso de pizca).....	64
Figura 21. Proporción de la forma de pago a los jornaleros que laboran en el cultivo de algodón en la región de La Laguna.....	65
Figura 22. Pago a jornaleros en la región de Chihuahua por productores.....	66
Figura 23. Salarios de los trabajadores del campo en la región de Chihuahua.....	67
Figura 24. Proporción de pago de compensaciones después de cosecha.	67
Figura 25. Proporción de productores que realizan o han dado capacitación a trabajadores y jornaleros.....	68
Figura 26. Localización de las despepitadoras de las regiones algodonerías, el número obedece a la cantidad de despepitadoras establecidas en cada región.....	70
Figura 27. Fuentes de financiamiento al sector algodonería del norte del país.	73
Figura 28. Diamante de Porter adaptado al cultivo del algodón.....	74
Figura 29. Precio por paca de algodón pluma (\$MX) en el norte de México.	76
Figura 30. Calendario fenológico del algodón en el norte de México.....	80
Figura 31. Proporción del tipo de semilla que se utiliza para el cultivo de algodón.	81
Figura 32. Proporción del tipo de fertilización que se utiliza para el cultivo de algodón en la región de la Laguna.	81
Figura 33. Diagrama del proceso de fertilización en tres etapas.	82
Figura 34. Fertilizantes utilizados en la región de chihuahua y su proporción de uso por productor.	82
Figura 35. Proporción de fertilizantes Kg/ha que se utilizan en las 4 regiones del cultivo de algodón.....	83
Figura 36. Aplicación de plaguicidas en Estados Unidos de 1992-2001.	84

Figura 37. Principales insecticidas que se usan para combatir las principales plagas del cultivo de algodón.	86
Figura 38. Principales malezas reportadas por los productores del algodón del norte de México.....	91
Figura 39. Áreas de oportunidad detectadas por los productores en la región algodонера de Chihuahua.	107
Figura 40. Proceso de clasificación de las fibras de algodón.	109
Figura 41. Valor de la producción del algodón pluma para el año 2018.	109
Figura 42. Nodo de actores directos en el cultivo de algodón.....	117
Figura 43. Personal a quien los trabajadores recurren al tener un problema.	120
Figura 44. Proporción de hombres y mujeres entrevistadas de la región de La Laguna...	121
Figura 45. Conformación de las familias de los productores algodoneiros en función del número de integrantes en el norte de México.....	122
Figura 46. Conformación de las familias de trabajadores del cultivo del algodón en el norte de México, en función del número de integrantes.....	123
Figura 47. Categorías de los empleos directos generados por el cultivo de algodón, agrupados entre categorías: cultivo, despepite y fletes (macheras).....	124
Figura 48. Categorías de los empleos indirectos generados por el cultivo del algodón. ...	125
Figura 49. Porcentaje de jornales generados de forma directa por el cultivo del algodón en México.....	126
Figura 50. Representación de los puestos de trabajadores de las despepitadoras en el norte de México.	127
Figura 51. Comportamiento de los sueldos de trabajadores del cultivo del algodón en el norte de México.	128
Figura 52. Grado académico de los trabajadores del cultivo del algodón en el norte de México.....	130

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Destino de la producción de semilla	25
Cuadro 2. Algodón genéticamente modificado Tolerante a Herbicidas: Resumen del uso de ingredientes activos y cambios asociados de EIQ 1996-2016 (Brookes y Barfoot, 2018).	29
Cuadro 3. Impacto Ambiental por la utilización de cultivos genéticamente modificados (Brookes y Barfoot, 2018).	30
Cuadro 4. Regulación internacional en materia de bioseguridad.	31
Cuadro 5. Iniciativas presentadas.	32
Cuadro 6. Marco normativo vigente en materia de bioseguridad	34
Cuadro 7. Localidades productoras de algodón visitadas.	39
Cuadro 8. Rutas utilizadas en la aplicación de encuestas.	41
Cuadro 9. Análisis en la productividad del Algodón, conforme resultados del estudio.	48
Cuadro 10. Rendimiento de fibra de algodón por región (pacas de 480 lb/ha)	54
Cuadro 11. Producción de fibra, semilla para forraje y valor de la producción de algodón en México 1996-2018.	56
Cuadro 12. Importación y exportación de fibra de algodón en México 2003-2018.	57
Cuadro 13. Producción e importación de semilla peluda para consumo pecuario en México 2012-2018.	58
Cuadro 14. Asesores técnicos en la región de Chihuahua.	69
Cuadro 15. Requerimientos de riego por hectárea.	71
Cuadro 16. Características de competitividad en las empresas.	73
Cuadro 17. Parámetros de calidad que inciden en el precio de comercialización del algodón (USDA, 1993).	76
Cuadro 18. Adopción del algodón Bt y distribución geográfica de los problemas de plagas en las principales zonas algodonerías de México, 1997-98.	86
Cuadro 19. Ahorro en combustible por Ha de algodón GM.	87
Cuadro 20. Estimación en el consumo de energía eléctrica por el uso del tractor.	88
Cuadro 21. Emisiones de gases de efecto invernadero.	89

Cuadro 22. Nombre común, científico y familia de especies de maleza comunes en el cultivo del algodón en el Norte de México.	91
Cuadro 23. Permisos de liberación al ambiente en sus diferentes etapas de OGM en México, conforme a la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (2005-2019).....	97
Cuadro 24. Acuerdos por los que se declaran zonas libres de gusano rosado en México.	102
Cuadro 25. Programas de apoyo al sector algodonero.....	105
Cuadro 26. Clasificación de la fibra de algodón.	111
Cuadro 27. Valor económico de la semilla obtenida del desepite de algodón para el año 2018.....	113
Cuadro 28. Valor económico de la borra rescatada del proceso de desepite (2018).....	114
Cuadro 29. Estimación de jornaleros eventuales en las regiones productoras de algodón.	119
Cuadro 30. Mano de obra directa generada en el sector primario en el cultivo de algodón.	129
Cuadro 31. Mano de obra indirecta generada en el sector textil.....	129

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Planta de algodón con sus capullos abiertos.	12
Imagen 2. Campo algodonero, Janos Chihuahua.	14
Imagen 3. Predio algodonero, Villahumada Chihuahua.	17
Imagen 4. Sistema de riego presurizado en cultivo de algodón.	18
Imagen 5. Algodonera en Villahumada, Chihuahua.	35
Imagen 6. Algodonera el Agate, Aldama Chihuahua.	71
Imagen 7. Equipo de despepitadora, Casas Grandes Chihuahua.	78
Imagen 8. Infraestructura y equipo algodonero, Casas Grandes Chihuahua.	78
Imagen 9. Infraestructura de algodoneros, Janos Chihuahua.	79
Imagen 10. Daños en bellota, capullo, fibra y flor roseteada, ocasionados por <i>Pectinophora gossypiella</i> (gusano rosado). Cortesía del Dr. Urbano Nava, Universidad Juárez del Estado de Durango.	85
Imagen 11. Daños en algodón por <i>Helicoverpa zea</i> (gusano bollero). Cortesía de BASF.	94
Imagen 12. Daños en algodón por <i>Spodoptera frugiperda</i> (gusano cogollero). Cortesía de BASF.	95
Imagen 13. Daños en algodón por <i>Spodoptera exigua</i> (gusano soldado). Cortesía de BASF.	96
Imagen 14. Palomilla de <i>Pectinophora gossypiella</i> (gusano rosado). Cortesía del Dr. Urbano Nava, Universidad Juárez del Estado de Durango.	101
Imagen 15. Larvas de <i>Pectinophora gossypiella</i> (gusano rosado). Cortesía del Dr. Urbano Nava, Universidad Juárez del Estado de Durango.	103

RESUMEN EJECUTIVO

La producción de algodón en México se realiza principalmente en los estados Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango y Tamaulipas. En 2019, México fue el noveno productor de algodón en el mundo.

A principios de los 90's la producción de algodón disminuyó drásticamente debido a fuertes problemas por plagas del cultivo y el alza en costos de producción. En 1996, con la introducción del algodón genéticamente modificado (GM) se reactivó la producción de este cultivo lográndose un eficiente manejo y control de plagas y malezas, trayendo a los agricultores y al país beneficios económicos y ambientales debido a la disminución del uso de agroquímicos requeridos para obtener resultados similares. Estas ventajas se traducen en una amplia adopción que ubican al algodón como el cultivo GM de mayor superficie de siembra en México.

En 2020 se cumplen 25 años de cultivar algodón GM en México, en este tiempo se ha logrado consolidar experiencia científica y regulatoria que respalda la toma de decisiones en el contexto de bioseguridad. La siembra de algodón GM se inició en 1996 con 896 hectáreas en el sur de Tamaulipas, bajo la NOM-FITO-056. En 2005 se publicó la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados que regula su uso seguro. Es importante notar, que la adopción de variedades de algodón GM alcanzó las 207,566 hectáreas de superficie sembrada con esta tecnología en 2019. En los siguientes años, se espera que la superficie de siembra del cultivo de algodón continúe incrementándose. El consumo nacional de fibra de algodón es abastecido en un 80% por la producción nacional y para el año 2018, se exportaron 64,000 t de fibra de algodón con valor de 103 millones de dólares trayendo para el país una importante derrama económica.

El presente estudio analizó el impacto social, económico y ambiental del cultivo de algodón GM en México, mediante varios instrumentos de medición a los principales actores de la cadena de valor (agricultores, personal de despepites e industria textil), así como el análisis de información oficial del cultivo. La investigación se centró en las principales regiones productoras, Baja California, Sonora, Chihuahua, Comarca Lagunera y Tamaulipas, que representan el 95.88% de la superficie sembrada durante 2019. Los resultados obtenidos muestran que el 100% del algodón sembrado en México actualmente es algodón GM y representa una de las principales actividades de inserción laboral en las regiones productoras.

En términos de beneficios ambientales, el uso de algodón biotecnológico tolerante a herbicidas en el mundo, durante el periodo de 1996-2016, permitió reducir 29.1 millones de kg de ingredientes activos, que representa una mejora ambiental neta del 16% en el cociente de impacto ambiental (EIQ). En nuestro país, el uso de variedades de algodón GM para el control de insectos plaga, ha permitido disminuir al menos 5 aplicaciones de agroquímicos, de esta forma se ha pasado de usar 9 aplicaciones de insecticidas/ha (0.53 kg de ingrediente activo /ha) requeridas en el algodón convencional en 1996 a solo 4 aplicaciones (0.18 kg de i.a./ha) para el año 2019.

En cuanto a los aspectos sociales asociados al cultivo de algodón GM en México,

particularmente, en Chihuahua, La Laguna, Baja California y Norte de Tamaulipas el estudio permitió identificar 5,294 productores de algodón GM que dan trabajo directo a 30,149 personas locales y migrantes. Como resultado se observó que 148,945 personas son beneficiadas directamente por el cultivo conforme el promedio de integrantes en las familias de productores y trabajadores analizado. A este número se deben incorporar los beneficiarios de otros eslabones de la cadena de valor del algodón que, como la industria textil, son beneficiarios indirectos de la producción nacional. En este mismo sentido, el manejo del cultivo en campo y el proceso de despepite genera 6.2 millones de jornales por año, que corresponden a 48,689 personas contratadas de planta y eventuales. Adicionalmente, los procesos de hilado, tejido y confección por la industria textil generan 1.24 millones de empleos.

En cuanto al rendimiento del cultivo, desde 1996 el promedio de la fibra de algodón cosechado aumentó de forma importante en alrededor de 77%, pasando de 824.57 kg/ha (3.79 pacas) a 1,465.67 kg/ha (6.73 pacas) en 2019. Como resultado de este aumento en la productividad del cultivo, es que se ha logrado disminuir la importación de fibra para la industria textil en México.

Por otro lado, en 2018 se produjeron 406,910 t de fibra y 630,000 t de semilla para forraje, lo que representó un valor de la producción mayor a 15 mil millones de pesos. En el Estado de Chihuahua, principal productor de algodón, con un valor de producción de 10.4 mil millones de pesos en 2018, ha superado en valor de producción a los cultivos tradicionales como nuez (8.4 mil millones), manzana (7.2 mil millones) y maíz (5.6 mil millones).

Para concluir, la producción de algodón en México enfrenta desafíos muy complejos en diferentes áreas y con ello se presentan valiosas oportunidades de fortalecer esta cadena productiva. Debemos identificar soluciones sustentables para estos desafíos que van desde la disponibilidad de semilla, la competencia desleal con semilla ilegal o pirata, la infestación de plagas y maleza, hasta el acceso a financiamiento y comercialización de la fibra. Adicionalmente, es importante contar con procesos regulatorios eficientes, transparentes y basados en la experiencia construida en ciencia que soporta decisiones y da certidumbre a este sector productivo en crecimiento; así como, acciones que favorezcan el desarrollo del tejido social asociado a esta actividad. México cuenta con un marco regulatorio sólido para el manejo de cultivos biotecnológicos que respalda el acceso a nuestros agricultores a las nuevas tecnologías que les permitan ser más competitivos y productivos.

PRÓLOGO

El algodón es un cultivo de gran relevancia social y económica para México y el mundo. A lo largo del tiempo ha sido objeto de varios desarrollos tecnológicos que han permitido su evolución a través de procesos biotecnológicos implicados en el mejoramiento del cultivo que han impactado en el manejo, producción y procesamiento de la cosecha.

Para la elaboración y puesta en marcha de estrategias asertivas y beneficiosas para la cadena de valor del algodón, es necesario tener información precisa y actualizada de los participantes en cada eslabón productivo. Este estudio socio-económico se enfoca a los diferentes actores que tienen participación en la producción, comercialización y procesamiento de la fibra de algodón genéticamente modificado (GM) y analiza el beneficio ambiental que representa esta tecnología. Con la finalidad de conocer las oportunidades y los desafíos a los que se enfrentan los productores y comercializadores de algodón en México se aplicaron instrumentos de medición como encuestas y entrevistas a productores, trabajadores y miembros de despepitadoras en los Estados con mayor producción de algodón en México (Baja California, Coahuila, Durango, Tamaulipas y Chihuahua).

Los resultados del presente trabajo informan sobre la importancia socioeconómica de la cadena productiva del algodón u “oro blanco” para nuestro país.



Imagen 1. Planta de algodón con sus capullos abiertos.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del algodón ha estado ligado a la historia y tradición del norte de México desde hace más de 150 años. A lo largo del tiempo, éste se ha caracterizado por ser un cultivo de alta inclusión social, generador de empleos y derrama económica para estas regiones. Para el año 2019, se cultivaron en México alrededor de 240 mil hectáreas de algodón distribuidas en su mayoría en los Estados de Baja California, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango y Tamaulipas (SIAP, 2019.)

En el contexto internacional, en el año 2019, México ocupó el noveno lugar como productor de algodón y contribuyó con el 1.3% de la producción mundial. Durante la temporada 2019, la producción de algodón disminuyó en 9.5% con respecto a la temporada 2018, esta disminución se debió principalmente a la caída en la superficie sembrada por baja disponibilidad de semilla para siembra. La falta de opciones de semilla derivó en problemas de calidad de la cosecha obtenida durante 2019, lo cual ha afectado los ingresos y liquidez de los productores para financiar la siembra de la temporada 2020 (FIRA, 2020). A pesar de esta problemática, el cultivo del algodón tiene una gran relevancia social y económica para México, durante la temporada 2018 el valor de la producción obtenida fue mayor a 15 mil millones de pesos (SADER, 2019) y la exportación de fibra generó alrededor de 103.1 millones de dólares en divisas para el país (SIAVI, 2019).

Históricamente, la superficie sembrada de algodón en México ha fluctuado con base en el precio internacional de la fibra. La mayor expansión del cultivo se presentó durante los años cincuenta, cuando la superficie alcanzó las 900,000 ha (Martínez-Carrillo, 2015). Con la expansión del algodón se comenzaron a presentar distintas problemáticas, como la aparición de plagas con mayor frecuencia, ocasionando el uso de altas dosis de agroquímicos, derivándose así, un alza en los costos de producción y diversos problemas ambientales como la contaminación de mantos freáticos por lixiviación de estos compuestos, pérdida de biodiversidad de poblaciones de organismos no blanco y resistencia a los componentes activos de los productos utilizados (Reyes *et al.*, 2010). Como consecuencia del uso irracional de agroquímicos, altos costos de producción y el desplome de los precios internacionales de la fibra, la producción de algodón disminuyó drásticamente a principios de la década de los 90, poniendo en evidencia la necesidad de desarrollar nuevas tecnologías de producción.

Al igual que en cualquier otro cultivo, la forma de producir algodón ha cambiado a través del tiempo, adoptando los avances de la ciencia y la tecnología, ha contribuido a mejorar la productividad. En la producción actual de algodón se emplean mejores técnicas de fertilización, manejo del agua, manejo de insectos y maleza con nuevos productos de menor impacto ambiental, variedades de algodón con mejor calidad de fibra y mayor rendimiento, entre las cuales se encuentran las variedades de

algodón GM que incorporan características de resistencia a insectos plaga y tolerancia a herbicidas.

El cultivo del algodón GM representa un caso de éxito para la región norte de México. En 1996 inició la siembra de algodón GM con 896 ha y desde entonces la adopción de estas variedades y tecnologías ha crecido hasta alcanzar 241 mil hectáreas en 2018 (SADER, 2018). La siembra de algodón GM en esta región ha contribuido de manera positiva a incrementar la productividad y sustentabilidad de la producción de algodón, ha favorecido el aumento en la rentabilidad del cultivo, la calidad de la cosecha y la preservación del medio ambiente en los lugares donde se desarrolla la actividad agrícola, mejorando así la calidad de vida de las familias de los productores.

Un caso sobresaliente es el Estado de Chihuahua, en donde el cultivo del algodón se ha convertido en una de las actividades agrícolas más rentables, con una superficie sembrada de 164 mil hectáreas, una producción de alrededor de 650 mil pacas y un rendimiento promedio de 7.72 pacas/ha, generando una derrama económica superior a los 4.532 mil millones de pesos que beneficia a miles de familias chihuahuenses. Asimismo, este cultivo genera hasta 33 jornales/ha de forma directa y 77 jornales/ha de forma indirecta (Comunicación personal con el Sistema Producto Algodón, 2019).



Imagen 2. Campo algodonoero, Janos Chihuahua.

I. Antecedentes del cultivo de algodón



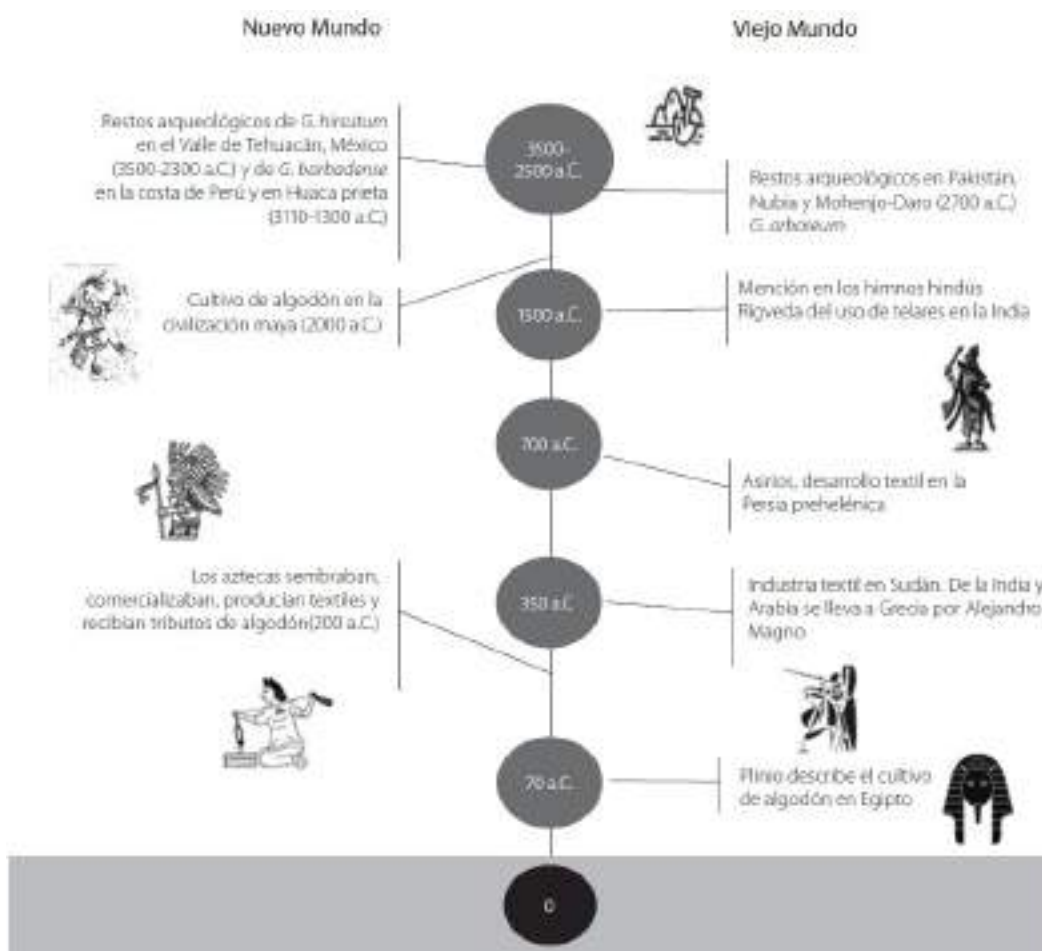
1.1 Historia del algodón

El algodón se ha cultivado durante milenios en varias regiones del mundo, principalmente por el valor de su fibra para la elaboración de prendas de vestir. El cultivo de esta planta y la fabricación de textiles se desarrolló de manera independiente en los hemisferios Oriental y Occidental (Figura 1).

En el viejo mundo las relaciones botánicas y los patrones geográficos de las antiguas rutas comerciales sugieren que el primer uso doméstico del algodón tuvo lugar en el sur de Arabia. En esta región geográfica se utilizó el algodón diploide ($2n=2x=26$) de las especies *Gossypium arboreum* y *Gossypium herbaceum* y al parecer, los primeros usos del algodón fueron para cubrir heridas y como relleno en forros. La pieza arqueológica más antigua de tejido de algodón data del año 2,700 a.C. y fue encontrada en las excavaciones de Mohenjo Daro en el valle del Río Indo, en lo que ahora es Paquistán. El conocimiento y uso de la fibra del algodón se extendió de la India a Arabia y a Grecia en la época de Alejandro el Grande, en el año 350 a.C. Más tarde, los Moros introdujeron el cultivo del algodón al norte de África y a España, y los Cruzados lo diseminaron en el resto de Europa (Palomo, 1996).

En el Nuevo Mundo se desarrolló una tecnología textil del algodón sin relación alguna con la del Viejo Mundo. En América, se domesticó y utilizó el algodón alotetraploide ($2n=4x=52$) de las especies *Gossypium hirsutum* L. y *Gossypium barbadense* L. El centro de origen de la especie *G. hirsutum*, y por tanto de diversidad genética, se localiza en el sureste de México y en Guatemala. En las excavaciones arqueológicas de Coxcatlán, Puebla, se encontraron fragmentos de especies silvestres de algodón con bellotas grandes que datan de 5,500 años a.C. La civilización Maya (2,000 a.C. – 1,519 d.C.) de Guatemala y Yucatán, México, cultivó el algodón y desarrolló la industria textil, tal y como lo hicieron posteriormente los aztecas (2,000 a.C. – 1,519 d.C.) y sus predecesores, los Toltecas. Los Aztecas obtenían la fibra de las tribus subyugadas que cultivaban el algodón en la zona costera de México (Palomo, 1996).

Figura 1. Historia antigua del cultivo del algodón y la industria textil.



Fuente: Rocha-Munive., *et al.*, (2018).

En el siglo XVII Inglaterra se convirtió en un centro importante de producción de algodón. En Estados Unidos el algodón se introdujo en el Siglo XVIII y provenía de las regiones meridionales de América, a partir de entonces se ha hecho una gran mejora del cultivo.

En México, la industria textil empezó a tener reconocimiento a partir de 1830. Para el año de 1837 se crearon 4 fábricas modernas de hilados en Puebla con 8,000 husos, y en 1844 existían ya 47 fábricas en todo el país con 113,813 husos. El algodón era comprado en Veracruz y Tepic, donde costaba \$15.00 y \$22.00 pesos el quintal (equivalencia a 46 kg actuales) respectivamente, mientras en el centro de producción ubicado en Puebla, se pagaba de \$38.00 a \$48.00 pesos el quintal de algodón (Argüello, 1989).

El crecimiento de la industria se reflejó en un mayor número y tamaño de las fábricas textiles, las cuales requirieron de un mayor número de operarios con mejor capacitación. A finales de 1877 funcionaban 92 fábricas y cada una de ellas empleaba en promedio 128 trabajadores. Para 1895, había 110 fábricas produciendo textiles

empleando 207 trabajadores cada una. Asimismo, para 1910 se registraban hasta 123 fábricas textiles, 203 telares y un promedio de 206 obreros cada una (Haber, 1910).

Como consecuencia de los acuerdos de libre comercio y el apoyo para la ubicación de maquiladoras en la zona fronteriza del país, el número de éstas creció de 256 en 1990 a 1,119 para el año 2000. Tan solo de 1994 a 1998, 463 nuevas empresas de textiles y de confección surgieron en México, 71.9% de las cuales eran de origen estadounidense (Bair y Gereffi, 2002). Por dichas razones hubo un incremento acelerado de la producción de algodón en México.

Al documentar la evolución histórica del sector textil, se concluye que su desempeño está íntimamente relacionado con la historia económica de México. A lo largo del tiempo, se aprecia que la industria textil y de la confección ha hecho aportaciones significativas al país, la generación de empleos y las exportaciones, figurando entre las industrias que más aportan al PIB en manufactura (Arroyo *et al.*, 2010).

Durante más de 20 años, el algodón ha sido el cultivo GM de mayor superficie de siembra en México. En 1996, la introducción del algodón GM permitió reactivar este cultivo, que en años anteriores había disminuido al mínimo en gran medida debido a problemas de plagas y altos costos de producción. El control de plagas (el cultivo es atacado por larvas de varias especies de lepidópteros que se alimentan de la planta) era ineficiente y con importante impacto al ambiente, por lo que la eficacia para el manejo de las plagas, además de los beneficios económicos que aporta por la reducción en el uso de agroquímicos son algunas de las razones de la amplia utilización de algodones GM.



Imagen 3. Predio algodonoero, Villahumada Chihuahua.

En México la producción de algodón se realiza en algunas áreas específicas. En la Comarca Lagunera, este cultivo es importante como fuente de fibra y factor determinante en la generación de ingresos en todas las áreas relacionadas con la industria textil. En 1998, el cultivo del algodón ocupó el tercer lugar en superficie cosechada con 17,759 ha y el primer lugar en valor de producción con \$348,147,800.00 lo que significó a un 38% del valor total de producción de los cultivos anuales de ciclo primavera-verano (P-V) (Quiñonez, 2007). Como se mencionó anteriormente, el algodón GM resistente al ataque de insectos plaga, posee un gen obtenido de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt), que le confiere la producción de una proteína insecticida la cual es tóxica a las principales plagas del algodón (Gasser y Fraley, 1989; Gill *et al.*, 1992).

Es importante mencionar que el sistema de producción del algodón se caracteriza por hacer uso de una gran cantidad de insumos, agua, fertilizantes e insecticidas, por lo que la importancia del algodón GM radica en el hecho de que contribuye a que el sistema de producción sea sustentable, en la parcial o total reducción de la aplicación de insecticidas (McBride, 1998; Brookes y Barfoot, 2018).



Imagen 4. Sistema de riego presurizado en cultivo de algodón.

1.2 Características del cultivo del algodón

El algodón (*Gossypium hirsutum* L.) es una planta perenne de origen tropical que es manejada agronómicamente como un cultivo anual; su cultivo en climas secos bajo condiciones de riego permite producir fibra de alta calidad. A pesar del mejoramiento genético todavía persisten características silvestres como fructificación indeterminada, por lo tanto, para maximizar la producción de fibra y semilla es necesario minimizar el crecimiento vegetativo, el cual es controlado utilizando reguladores de crecimiento.

La planta de algodón tiene un tallo central con muchas ramificaciones. Típicamente hay cinco pétalos separados por flor y los estambres rodean el estilo de la flor. El ovario de la flor se convierte en una cápsula o bellota y cuando se seca, se abre en cuatro o cinco carpelos. Las fibras y las semillas están contenidas dentro de la bellota. Cada fibra crece a partir de una célula de la capa de la epidermis de la semilla. Capas de celulosa se acumulan alrededor de la pared celular. La fibra se desarrolla en dos longitudes, largas (fibra) y cortas (borra), siendo la fibra la elegida para los textiles (OECD, 2009). Únicamente la bellota del algodón es útil para la obtención de fibra textil o para alimento o forraje. El resto de la planta se incorpora en el suelo para su descomposición como fertilizante.

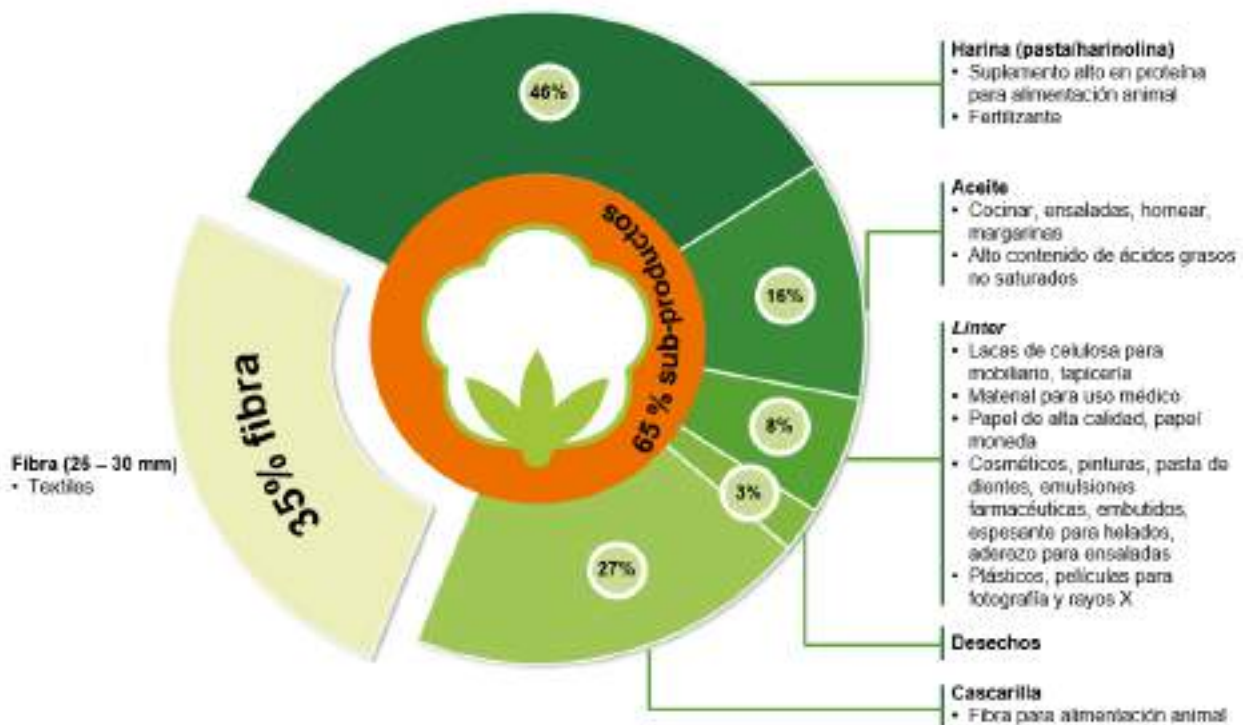
El algodón es un cultivo ampliamente distribuido a nivel global en las regiones áridas y semiáridas con climas cálidos y semicálidos. Las regiones donde se puede establecer el cultivo se ubican en un rango de 0 - 600 msnm, requiere de una buena precipitación (700 – 1,300 mm/ciclo de cultivo) o disponibilidad de agua para riego. La temperatura mínima y máxima para el desarrollo del cultivo es de 12.8°C y 30°C, en general se requiere una temperatura mayor a 18°C para obtener buenos rendimientos. El cultivo del algodón requiere de suelos profundos con buen drenaje de tipo migajón a franco-arcilloso y franco limoso con un pH óptimo de 5.6. Es una planta de tipo fotosintético C-3 (Ruiz-Corral *et al.*, 2013).

Debido a su hábito de crecimiento indeterminado, que continúa después de la floración e inicio de desarrollo de las semillas, no se pueden distinguir etapas de desarrollo bien definidas, sin embargo, para facilitar el manejo agronómico del cultivo se puede dividir en seis etapas: (1) emergencia - plántulas, (2) crecimiento radicular, (3) crecimiento vegetativo - reproductivo, (4) desarrollo de cuadros (7-días, 14-días, 21-días), (5) floración y (6) desarrollo de bellotas (crecimiento, llenado, madurez). El entendimiento de estas etapas de desarrollo es crítico para la toma de decisiones sobre el manejo del cultivo (Robertson *et al.*, 2007).

El algodón es cultivado principalmente por el valor de su fibra para la industria textil, siendo la semilla de algodón y los productos procesados a partir de ésta, subproductos del cultivo (Figura 2). La semilla se procesa en cuatro productos principales: aceite, harina, cascarilla y borra, también conocida como *linter*. El aceite

de algodón es de alta calidad por su alto contenido de ácidos grasos no saturados y tocoferol (vitamina E). La borra es una fuente importante de celulosa para usos químicos y alimentarios. La cascarilla y la harina se usan en alimentación animal (OECD, 2009). La autorización en 2019 por la FDA de los Estados Unidos del algodón GM en el que se ha disminuido la concentración de gossypol a niveles ultra bajos en la semilla abre la posibilidad de que sean utilizadas para la alimentación de especies que anteriormente no las podían consumir (cerdos, aves, peces, camarones), e incluso para el ser humano (Dennis, 2019).

Figura 2. Productos derivados del algodón.



Fuente: Cantrell, 2005.

1.3 Cultivos Genéticamente Modificados

La genética es una disciplina de las ciencias biológicas, por medio de la cual se generan nuevos conocimientos sobre la herencia y descendencia de los seres vivos (Tiessen, 2012). Esta ciencia se ha aplicado a los cultivos de interés para el ser humano desde la invención de la agricultura, primero de manera empírica seleccionando las mejores plantas que pasar a la siguiente generación, y después con técnicas más sofisticadas como la genética mendeliana o la ingeniería genética.

Por medio de la explotación intensiva del llamado vigor híbrido, se incrementaron significativamente los rendimientos de cereales, al mismo tiempo que hibridaciones intervarietales e interespecíficas, acompañadas de manipulaciones citogenéticas, fueron útiles para mover genes de resistencia a enfermedades e insectos plagas, desde donadores foráneos hasta las variedades cultivadas (Chaparro, 2011).

Durante la década de los setenta surgió la aplicación masiva de los conocimientos de la biología molecular. Esto fue debido al avance científico de la genética, bioquímica, biología celular, química y física que convergieron en la aparición de la tecnología del ADN recombinante; de esta forma, genes específicos fueron aislados y manipulados para hacerlos funcionales fuera de su fuente de origen (Camarena, 2012). La ingeniería genética vegetal está enfocada a mejorar la productividad de las plantas y los microorganismos benéficos (Tiessen, 2012).

La implementación exitosa de transgénesis para combatir insectos plagas y enfermedades de cultivos importantes como arroz (*Oryza sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.), maíz (*Zea mays* L.) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.) fueron logros notables, así como la biofortificación de cultivos, este es otro desarrollo importante en la lucha contra el hambre y la desnutrición (Chaparro, 2011).

Actualmente, se tienen protocolos eficientes y confiables para una variedad de plantas tales como cereales, leguminosas, forrajes, oleaginosas, para fibras, ornamentales y especies forestales. La transformación genética ofrece acceso directo a un banco de genes ilimitado, antes inaccesibles. Estas herramientas, juegan un papel muy importante en los programas de fitomejoramiento. Por otra parte, la tecnología GM brinda la capacidad de modificar el genotipo de una planta en un tiempo relativamente corto para conferir características de relevancia agronómica, nutricional y de tolerancia a condiciones de estrés ambiental. Esta tecnología únicamente complementa, no reemplaza, el mejoramiento convencional; las tecnologías convencionales y modernas deben ir de la mano para acelerar el mejoramiento de plantas y contribuir a garantizar la seguridad alimentaria global (Chaparro, 2011).

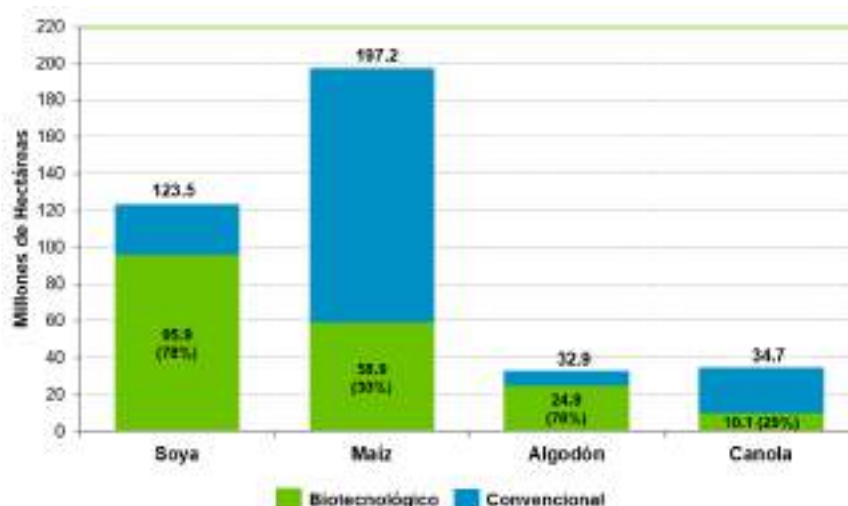
Por otro lado, la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt), habitante natural del suelo, es la fuente de genes que codifican para proteínas insecticidas producidas en las plantas transgénicas comerciales que son resistentes al ataque de insectos plaga. Las cepas de Bt tienen diferente actividad insecticida para los insectos plaga, y constituyen una reserva de genes que codifican proteínas insecticidas. Las proteínas insecticidas de Bt son acumuladas en inclusiones cristalinas producidas durante la esporulación bacteriana (proteínas Cry y proteínas Cyt) o expresadas durante el crecimiento bacteriano (proteínas Vip) (Gatehouse, 2008). Diferentes genes derivados de Bt han sido transferidos exitosamente al algodón, maíz, tomate y papa (CERA, 2010).

La tolerancia a herbicidas es el beneficio más transferido a cultivos agrícolas (Oberdoerfer, *et al.*, 2005). La tecnología de tolerancia a herbicidas proporciona a los agricultores un sistema alternativo que efectivamente controla un espectro amplio de malezas, incluyendo aquellas de difícil control. La tecnología reduce la cantidad de herbicida necesaria para el control de malezas, maximiza la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas de las variedades GM y reduce el consumo de recursos agrícolas en el campo. Todo ello significa menor uso de maquinaria y equipo, así como una disminución de esfuerzos para los agricultores.

Durante 2018 la adopción de cultivos biotecnológicos en el mundo alcanzó una superficie total de 191.7 millones de hectáreas distribuidas en 26 países y sembradas por 17 millones de agricultores, de los cuales el 95% son pequeños agricultores. Sobresalen por la superficie sembrada Estados Unidos, Brasil, Argentina, Canadá y la India. Los cultivos biotecnológicos más importantes son soya, maíz, algodón y canola, los cuales alcanzaron una superficie sembrada de 189.7 millones de hectáreas, esto represento alrededor del 99% de la superficie global destinada a cultivos biotecnológicos (ISAAA, 2018).

En el caso del algodón, durante 2018 se sembraron 32.9 millones de hectáreas a nivel mundial (Figura 3), de las cuales 24.9 millones de hectáreas se sembraron con algodón biotecnológico, esto representa 76% de la superficie global destinada a este cultivo (ISAAA, 2018).

Figura 3. Adopción de cultivos biotecnológicos en 2018.

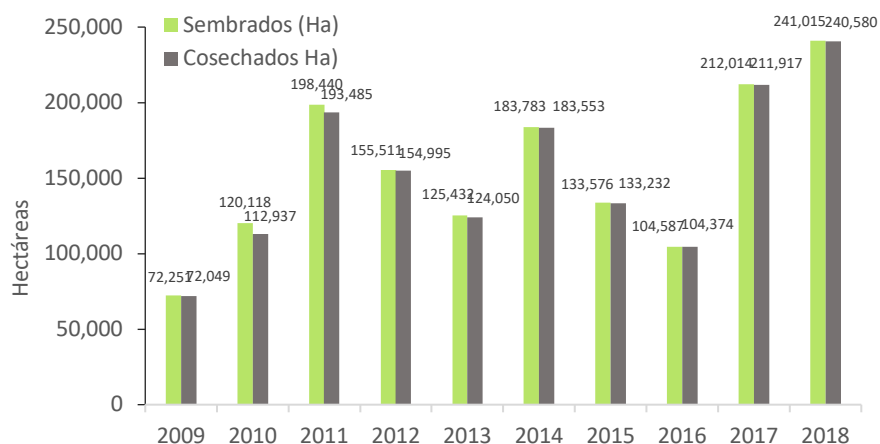


En México se cuenta con una experiencia acumulada durante los últimos 25 años de siembra de algodón biotecnológico a nivel experimental, piloto y comercial, con las características de tolerancia a herbicidas y resistencia al ataque de insectos lepidópteros plaga. En 1996 se inició la siembra de algodón biotecnológico en México con 896.75 ha, y desde entonces la adopción de algodón biotecnológico ha crecido de forma constante hasta alcanzar las 241 mil hectáreas en 2018. Durante este periodo se ha realizado una gran cantidad de evaluaciones a través de instituciones de investigación agrícola como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y diferentes Universidades como la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS) y el Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON). Estas evaluaciones han incluido la caracterización agronómica, manejo de plagas y maleza, efecto en insectos no blanco y monitoreo de la susceptibilidad de insectos lepidópteros a las proteínas Cry. Los resultados de estas evaluaciones, así como la experiencia del manejo del cultivo en campo, permiten concluir que los algodones biotecnológicos no presentan ninguna diferencia en el manejo agronómico, desarrollo fenológico o efecto en insectos no blanco, respecto del algodón convencional, excepto por su tolerancia a los herbicidas y resistencia a las plagas objetivo de las tecnologías.

1.4 Producción nacional de algodón

En el 2017, la producción interna de algodón abasteció el 80.67% de los requerimientos nacionales (Figura 4), el restante fue traído principalmente de los Estados Unidos (SAGARPA, 2017).

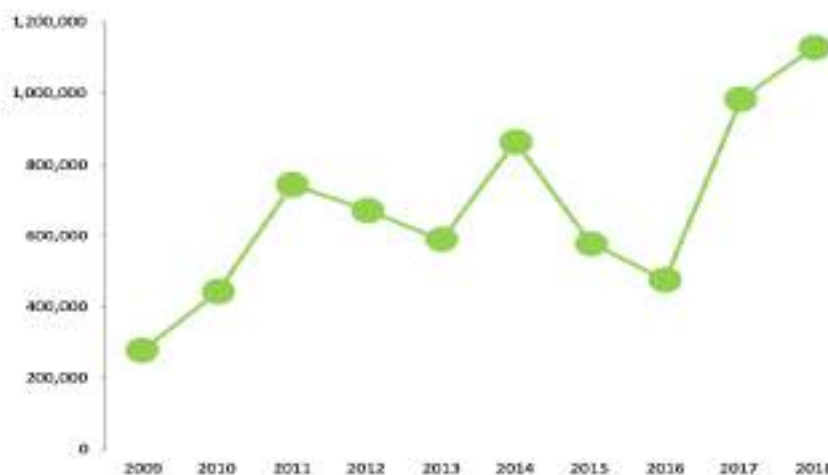
Figura 4. Hectáreas sembradas y cosecha de algodón en México durante los últimos diez años.



Fuente: SIAP, 2019.

El dato histórico de la producción de algodón nos muestra que a partir de los años 2009 al 2011 la producción se incrementó. En la Figura 5, se muestra la tendencia de la producción de algodón hueso en México, que es positiva a pesar de que se han tenido fuertes fluctuaciones como la disminución observada en el 2016; en este periodo de tiempo la mayor producción se registró en el 2018.

Figura 5. Tendencia de la producción en t/Ha de algodón hueso en México durante los últimos 10 años.



Fuente: SIAP, 2019.

El incremento reportado en la producción de algodón durante los últimos 10 años se atribuye a los diferentes factores como son el uso de semillas GM, programas eficientes de manejo de plagas e inversión en equipos para agricultura de precisión. Por consiguiente, las importaciones de fibra de algodón disminuyeron (SIAP, 2019). Los subproductos de la obtención de fibra de algodón son importantes, debido a que la semilla obtenida en proceso de desepite, ha venido tomando mayor valor (Cuadro 1). Para el 2016 se estimó que más del 90% de la misma se destinó como alimento para ganado (SAGARPA, 2017).

Cuadro 1. Destino de la producción de semilla de algodón en el 2016.

	Industria	Merma u otros	Exportaciones
Mt	441.8	22.1	10.8
Porcentaje	93.07	4.65	2.28

Adaptado con información de SAGARPA, 2017.

1.5 Perspectivas del cultivo del algodón en México

Se proyecta que la superficie cultivada con algodón a nivel mundial se mantenga estable entre 2016 y 2020, y en los próximos años se incremente para ubicarse en 33.1 millones de ha en 2025, de acuerdo con lo que establece el reporte Perspectivas Agrícolas 2016 - 2025 de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). De la misma manera, se estima que los rendimientos continúen con una ligera tendencia al alza. Así, entre 2016 y 2025, la superficie cultivada crecería a 0.6%, los rendimientos a 7.3%, y la producción a una tasa promedio anual de 1.9%. El aumento en los costos de producción y la competencia por recursos con otros productos agrícolas, imponen restricciones al crecimiento de la oferta mundial de la fibra, aunque a mayor productividad derivada de innovaciones tecnológicas incrementa el potencial de expansión de la producción durante la próxima década (OCDE, 2015).

Las proyecciones indican que el consumo mundial de la fibra crecerá a una tasa promedio anual de 7.5% entre 2016 y 2025. Lo anterior, impulsado por el crecimiento económico y poblacional a nivel mundial. En el año 2025, se proyecta que la relación inventarios-consumo se ubique en 40%, al descender paulatinamente año con año desde el promedio en 2013-2015, de 84%, el máximo histórico de este indicador fue de 87% en 2014.

El principal país exportador de algodón es Estados Unidos que representó un 33.9% de las exportaciones mundiales en los años 2016/17 (Figura 6).

Figura 6. Estimación de las importaciones y exportaciones.



Fuente: FIRA, 2016.

1.6 Antecedentes de la Cadena productiva y de valor del algodón

La cadena de valor del algodón, hasta el 2013 se consideraba compuesta por cinco fases (SAGARPA-FAO, 2014). La primera fase de la cadena se relacionaba con la producción primaria en el campo. Una vez cosechado, el algodón se llevaba a la despepitadora, donde se obtenía la fibra para distribuirse a las empresas. Los despepitadores producían dos productos primarios con valor comercial (algodón en pluma y semilla de algodón). Las fibras cortas (borras) que no eran removidas durante el proceso continuaban adheridas a las semillas. Las borras de primer pase que son más largas se usaban para producir ciertos tipos de telas y tejidos; las borras de segundo pase con fibras cortas se utilizaban para producir papel bond de alta calidad y como fuente de celulosa en la industria química. La semilla limpia para alimento de ganado, fertilizante y abono para plantas. Otro subproducto de la despepitadora eran las motas, pequeñas semillas inmaduras con fibras adheridas que se utilizan en productos no tejidos. El detalle se puede apreciar en la figura 7 (Comité Sistema Producto Algodón, 2005).

Figura 7. Antecedente de la cadena de valor del algodón.



Fuente: Sagarpa, 2014.

1.7 Impacto ambiental del algodón GM

Los cultivos biotecnológicos están siendo adoptados de manera global debido a sus enormes beneficios al medio ambiente, a la salud humana y animal y sus contribuciones para mejorar las condiciones socioeconómicas de agricultores y del público en general (Cuadro 2). Más de 16-17 millones de agricultores, a nivel mundial, se han beneficiado de estos cultivos, 95% de los cuales provienen de países en desarrollo. De acuerdo con Brookes y Barfoot (2018), las contribuciones para la seguridad alimentaria, sustentabilidad y en soluciones para el cambio climático son las siguientes:

- Incremento de la productividad por 657.6 millones de toneladas valuadas en US\$186.1 miles de millones en el periodo de 1996 a 2016, de los cuales 82.2 millones de toneladas valuadas en US\$18.2 miles de millones se obtuvieron en 2016.
- Conservación de la biodiversidad en el período de 1996 a 2016 al ahorrar 183 millones ha de tierra, de las cuales 22.5 miles se salvaron sólo en 2016.
- Proporcionando un mejor medio ambiente dejando de liberar al ambiente 671 millones kg de ingredientes activos de plaguicidas en el periodo de 1996 a 2016, con lo cual se tuvo una reducción de uso de plaguicidas del 8.2%. Durante el 2016 se dejaron de liberar al ambiente 48.5 millones de kg de ingredientes activos de plaguicidas lo que representó una reducción en el uso de 8.1%.
- Reduciendo el EIQ (cociente de impacto ambiental) en un 18.4% en el periodo de 1996-2016.
- Reduciendo las emisiones de CO² en 2016 en 27.1 miles de millones de kg, equivalente a sacar de circulación 16.7 millones de automóviles durante un año.
- Ayudando a aliviar la pobreza a través de mejorar la situación económica de 16-17 millones de pequeños productores y sus familias para un total de >65 millones de personas, que son algunas de las personas más pobres del mundo.

Por ende, los cultivos biotecnológicos pueden contribuir a la estrategia de “intensificación sustentable”, fomentada por varias academias científicas de todo el mundo, lo que permite un aumento de la productividad/producción solo en la superficie actual de 1.5 mil millones de hectáreas cultivadas en todo el mundo y, de ese modo, salvar bosques y conservar la biodiversidad.

Cuadro 2. Algodón genéticamente modificado Tolerante a Herbicidas: Resumen del uso de ingredientes activos y cambios asociados de EIQ 1996-2016 (Brookes y Barfoot, 2018).

País	Cambio en el uso de los principios activos (millones de kg)	% de cambio en la cantidad de ingrediente activo utilizado	% de cambio en el indicador EIQ
Estados Unidos	-19.7	-6.3	-8.3
Sudáfrica	+0.01	+2.3	-13.8
Australia	-4.2	-17.5	-23.1
Argentina	-5.2	-24.9	-30.1
Impacto agregado: todos los países	-29.1	-8.2	-10.7

Notas:

1. Signo negativo = reducción en el uso o mejora del EIQ. Signo positivo = aumento del uso o peor valor EIQ
2. Otros países que utilizan algodón transgénico -HT - Brasil, Colombia y México no incluidos debido a la falta de datos

Estos hallazgos también son consistentes con el análisis de otros autores, por ejemplo, Klumper y Qaim en 2014, quienes encontraron que los beneficios agronómicos y económicos de los cultivos transgénicos son grandes y significativos y que las ganancias de rendimiento y las reducciones de plaguicidas son mayores para cultivos resistentes a insectos que para cultivos de tolerantes a herbicidas; así como Fernández-Cornejo J. y colaboradores en 2014, quienes presentaron que una gran mayoría de los agricultores de los Estados Unidos han adoptado semillas de maíz, soya y algodón desde su introducción comercial hace más de 15 años y a pesar de los mayores precios de las semillas transgénicas en comparación con las semillas convencionales, los agricultores obtienen beneficios económicos de los cultivos transgénicos a través de mayores rendimientos y/o menores costos de pesticidas y ahorros en el tiempo de manejo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Impacto Ambiental por la utilización de cultivos genéticamente modificados (Brookes y Barfoot, 2018).

País	Área con eventos (000 ha)	Promedio de ia usado en cultivo GM (kg/ha)	Promedio de ia usado en cultivo convencional (kg/ha)	Promedio de EIQ/ha en cultivo GM	Promedio de EIQ/ha en cultivo convencional	Cambio agregado en el uso de IA (en miles de kg)	Cambio agregado en el campo en unidades EIQ/ha (millones)
Algodón genéticamente modificado con resistencia a insectos (2016)							
Estados Unidos	3,232	0.85	1.78	27.68	47.46	-3,010	-63.9
China	2,755	1.57	2.74	73.0	103.4	-3,223	-83.7
Australia	551	0.91	2.1	25.0	65.0	-656	-22.1
México	94	3.60	5.22	120.4	177.0	-152	-5.3
Argentina	240	0.7	2.42	19.9	76.7	-78	-5.5
India	11,416	0.53	1.67	14.78	72.4	-11,648	-595.3
Brasil	511	0.41	0.736	15.1	38.2	-167	-11.8
Algodón genéticamente modificado con tolerancia a herbicida (2015)							
Estados Unidos	3,424	4.30	5.07	80.06	92.62	-2,620	-43.0
Sudáfrica	18	1.80	1.81	27.6	31.9	-0.2	-0.08
Australia	568	5.26	7.47	90.22	143.4	-1,253	-30.2
Argentina	240	4.06	4.72	64.0	78.4	-158	-3.5

Notas:

1. Debido a la naturaleza generalizada y regular de los problemas de plagas de los gusanos de las cápsulas y de las yemas de los cultivos de algodón, se supone que las áreas de RGM plantadas son iguales a las que tradicionalmente reciben algún tipo de tratamiento insecticida convencional
2. Sudáfrica, Burkina Faso, Colombia, Pakistán y Myanmar no se incluyeron en el análisis debido a la falta de datos sobre los cambios en el uso de insecticidas
3. Brasil: debido a la falta de datos, se han asumido patrones de uso de la Argentina
4. México y Colombia: no se incluyen debido a la falta de datos sobre el uso de herbicidas

1.8 Marco Regulatorio Nacional para productos GM

La regulación en materia de bioseguridad de la biotecnología tiene sus inicios en la comunidad internacional desde años 70s con la reunión de Asilomar (Berg *et al.*, 1975). En México los esfuerzos por contar con metodologías de análisis de riesgo de organismos genéticamente modificados iniciaron en los años noventa dando las bases al desarrollo de la regulación nacional (Álvarez, 1995).

En el ámbito internacional, la Cumbre de Río de Janeiro en 1992 es un parteaguas en el proceso legislativo en materia de protección al ambiente, con la creación del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB).

El CDB es un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: la conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Su objetivo general es promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible, el CBD determina en el artículo 8 inciso g las bases para la regulación de los organismos vivos modificados, del cual emana el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, que atiende de manera específica la bioseguridad de organismos genéticamente modificados (OGM). Su finalidad es garantizar la transferencia, manipulación y utilización seguras de los OGM resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana. El Protocolo establece procedimientos para regular la importación y exportación de OGM de un país a otro (Cuadro 4).

Cuadro 4. Regulación internacional en materia de bioseguridad.

Año de creación	Año de entrada en vigor	Convenio o Protocolo
5 de junio 1992	29 de diciembre de 1993	Convenio sobre la Diversidad Biológica
29 de enero de 2000	11 de septiembre de 2003	Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología
15 de octubre del 2010	5 de marzo del 2018	Protocolo de Nagoya – Kuala Lumpur sobre Responsabilidad y Compensación Suplementario al Protocolo de Cartagena

El Protocolo de Cartagena fue firmado por México en el 2000, ratificado por el senado en 2002 y entró en vigor en el año 2003. Esto aceleró las discusiones para

contar con una ley en materia de bioseguridad de organismos genéticamente modificados, que habían iniciado con la presentación de iniciativas de ley en ambas cámaras desde 1999. Para el desarrollo de este instrumento se contó con la colaboración de la Academia Mexicana de Ciencias (AMC), a través del Comité de Biotecnologías, creado en el año de 1999. En ese mismo año se estableció la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM), que tiene por objeto formular y coordinar las políticas de la Administración Pública Federal relativas a la bioseguridad de los OGM (Cuadro 5).

Cuadro 5. Iniciativas presentadas.

Fecha	Iniciativa	Promovente
ABRIL DE 1999	INICIATIVA DE LEY DE BIOSEGURIDAD Y SANIDAD DE ORGANISMOS VIVOS Y MATERIAL GENETICO	Partido Verde Ecologista de México (PVEM)
ABRIL DE 2000	INICIATIVA DE LEY DE BIOSEGURIDAD	Partido Acción Nacional (PAN)
OCTUBRE DE 2001	INICIATIVA DE LEY SOBRE LA PRODUCCION, DISTRIBUCION, COMERCIALIZACION, CONTROL Y FOMENTO DE LOS PRODUCTOS TRANSGENICOS	Partido de la Revolución Democrática (PRD)
ABRIL DE 2002	INICIATIVA DE LEY DE INVESTIGACION, DESARROLLO BIOTECNOLOGICO Y BIOSEGURIDAD	Partido Revolucionario Institucional (PRI)
NOVIEMBRE DE 2002	LEY DE BIOSEGURIDAD DE ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS	18 senadores de todas las fracciones parlamentarias (PRI, PAN PRD, PVEM y PCD)

En septiembre de 2002 la AMC presentó el documento: “Bases y recomendaciones para la elaboración de la Ley Mexicana de Bioseguridad de los OGM” y en noviembre del mismo año el Senado de la República, considerando estos elementos, presentó la Iniciativa de Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. La Cámara de Diputados recibió la propuesta el 28 de abril del 2003 El desarrollo de esta Ley atravesó por consultas, foros de discusión y procedimientos legislativos que involucró a diversos actores de la sociedad: científicos, sectores industriales,

sociedad civil. El 18 de marzo de 2005 se publicó la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM), que entró en vigor el 4 de mayo del mismo año.

Previo al desarrollo de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados se contaban con algunas normas dispersas en la competencia de distintas secretarías. Las atribuciones de la Secretaría de Salud se encontraban en la Ley General de Salud. La regulación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca estaban en la Ley Federal de Sanidad Vegetal, la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas y la NOM-FITO-056. Mientras en materia de medio ambiente, las regulaciones correspondientes fueron la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y el Reglamento en Materia de Impacto Ambiental.

Conforme el artículo 1° de la LBOGM, su objeto es regular las actividades de utilización confinada, liberación experimental, liberación en programa piloto, liberación comercial, comercialización, importación y exportación de organismos genéticamente modificados, con el fin de prevenir, evitar o reducir los posibles riesgos que estas actividades pudieran ocasionar a la salud humana o al medio ambiente y a la diversidad biológica o a la sanidad animal, vegetal y acuícola.

El diseño de esta Ley busca atender los preceptos de los instrumentos internacionales de los que México es parte, como es el caso del Protocolo de Cartagena, por lo que incluye, además de los mecanismos para regular movimientos transfronterizos, el principio precautorio y considera aspectos socioeconómicos.

La LBOGM mantuvo la figura de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). Esta Comisión, conforme el artículo 19 de la Ley, está integrada por los titulares de las Secretarías de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación; Medio Ambiente y Recursos Naturales; Salud; Educación Pública; Hacienda y Crédito Público, y Economía, así como por el Director General del CONACyT.

La CIBIOGEM cuenta con una Presidencia rotatoria entre los titulares de las Secretarías de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de Salud, que conforme el artículo 10 de la Ley, son las autoridades competentes en materia de bioseguridad. Como se ha mencionado, además de las autoridades competentes están involucradas otras dependencias administrativas: la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en tanto regula el tráfico transfronterizo a través del servicio de aduanas; la Secretaría de Economía en su ámbito de regular el comercio exterior mexicano; El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Secretaría de Educación Pública,

indirectamente en lo tocante a la divulgación científica, al apoyo a la investigación y la articulación con desarrollo tecnológico.

Actualmente, es posible hacer uso seguro de la biotecnología en México, con la aplicación y cumplimiento de las disposiciones jurídicas en bioseguridad, que a lo largo de los años se han ido complementado, como se aprecia en el cuadro 6.

Cuadro 6. Marco normativo vigente en materia de bioseguridad

Año de creación	Instrumento normativo
2005	Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados
2006	Reglamento de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados
2007	Acuerdo por el que se expiden las Reglas de Operación de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados
2008	Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados
2009	Decreto de reforma al Reglamento de la LBOGM: Régimen de Protección Especial al Maíz,
2011	Acuerdo por el que se determina la información y documentación que debe presentarse en el caso de realizar actividades de utilización confinada y se da a conocer el formato único de avisos de utilización confinada de organismos genéticamente modificados
2012	Acuerdo por el que se determinan Centros de Origen y Centros de Diversidad Genética del Maíz
2014	Norma Oficial Mexicana NOM-164-SEMARNAT/SAGARPA-2013, Que establece las características y contenido del reporte de resultados de la o las liberaciones realizadas de organismos genéticamente modificados, en relación con los posibles riesgos para el medio ambiente y la diversidad biológica y, adicionalmente, a la sanidad animal, vegetal y acuícola
2014	Norma Oficial Mexicana NOM-001-SAG/BIO-2014, Especificaciones generales de etiquetado de organismos genéticamente modificados que

	sean semillas o material vegetativo destinados a siembra, cultivo y producción agrícola.
2018	Norma Oficial Mexicana NOM-002-SAG-BIO/SEMARNAT-2017, Por la que se establecen las características y requisitos que deberán contener los estudios de evaluación de los posibles riesgos que la liberación experimental de organismos genéticamente modificados pudieran ocasionar al medio ambiente y a la diversidad biológica, así como a la sanidad animal, vegetal y acuícola

A quince años de la entrada en vigor de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, México se ha posicionado como un líder en la región en materia de bioseguridad y desarrollo de biotecnología y cuenta con una regulación muy completa y robusta. Con esta además de regular las actividades con OGM para prevenir, evitar o reducir los posibles riesgos y garantizar el uso de la biotecnología de manera nacional atiende los convenios internacionales con los que se ha comprometido.



Imagen 5. Algodonera en Villahumada, Chihuahua.

1.9 Aspectos socioeconómicos y culturales de la producción de algodón GM

El algodón ha sido el cultivo GM más sembrado en México, durante más de 25 años, lo que representa la acumulación de experiencia regulatoria por parte de las autoridades, así como en temas técnicos y científicos en el manejo seguro de la tecnología, por lo que ha sido México ejemplo y pilar en el fortalecimiento de metodologías regulatorias en bioseguridad a nivel internacional. En estas dos décadas las Instituciones, Universidades y Centros de investigación, al igual que las empresas con base de innovación biotecnológica han generado información científica- técnica y reforzado capacidades en el país.

La siembra de algodón GM ha cumplido con todos los requisitos y etapas regulatorias establecidas en México para el uso seguro de organismos genéticamente modificados.

Según la mayoría de los agricultores mexicanos que producen algodón GM, a pesar de sus costos, sigue siendo económicamente rentable y es una de las principales fuentes de ingresos en los municipios donde se planta. En esos lugares, el uso de semilla GM parece garantizar la producción y previene las pérdidas por plagas de insectos, al mismo tiempo que reduce los costos y las actividades, así como el uso de vehículos para la aplicación de plaguicidas (Skevas *et al.*, 2013). El impacto en el rendimiento de los cultivos también fue significativo, ya que en Chihuahua, La Laguna y Mexicali los incrementos fueron de 1.8, 2.4 y 3.7 pacas/ha, respectivamente, lo que equivale a incrementos de \$8,700.00, \$11,500.00 y \$17,700.00 por hectárea (Rocha-Munive *et al.*, 2018).

Actualmente, México cuenta con las capacidades humanas y científicas para el desarrollo de una agricultura sustentable, se necesita un financiamiento constante de los objetivos a largo plazo (SAGARPA, 2017). Esto es particularmente importante debido a la falta de posibilidades para los productores en la fabricación de semillas GM, ya que no existe una política nacional en la producción de estas, lo que pone en riesgo no solo el algodón, sino también la seguridad alimentaria nacional. Hoy México depende totalmente de las semillas de las grandes compañías internacionales para la producción de algodón.

Las principales consecuencias económicas de los actuales cultivos GM para las explotaciones agrícolas, son el resultado de los cambios en la utilización de insumos y en los daños causados por las plagas. Si las nuevas semillas reducen la necesidad

de aspersiones con productos químicos, como puede ocurrir con los cultivos resistentes a las plagas, es posible que los agricultores inviertan menos dinero en productos químicos, por lo que en consecuencia dediquen menos tiempo para su aplicación. Si las nuevas semillas proporcionan una protección más eficaz contra las malezas y las plagas, los rendimientos efectivos de los cultivos serán mayores. Estos ahorros en gastos y aumentos de producción pueden traducirse en mayores beneficios netos en la explotación agrícola. Las ganancias económicas dependen de los costos y rendimientos de la nueva tecnología en comparación con otras prácticas posibles.

II. Metodología del estudio



2.1 Investigación de gabinete y de campo

Para lograr los objetivos contemplados se elaboró un plan de acción, basado en la revisión del estado del arte, determinación del alcance del estudio, población objetivo, cálculo del tamaño de la muestra, delimitación de las zonas de muestreo y elaboración de encuestas.

En función del tamaño de la muestra y de la delimitación de las zonas de muestreo, se visitó a productores del cultivo de algodón, trabajadores, autoridades gubernamentales, miembros de despepitadoras e industria (textil, borra) a quienes se les aplicaron las encuestas.

2.1.1 Población objetivo y cobertura

Se definió como población objetivo a productores, trabajadores, autoridades fitosanitarias y representantes de las Uniones de Productores, Se entrevistaron 179 personas, aplicando entrevistas y encuestas. La cobertura del estudio se delimitó en 4 regiones del norte de México (La Laguna: Durango y Coahuila, Mexicali, Tamaulipas y Chihuahua), las cuales en su conjunto representan el 95.88% de la superficie sembrada en el 2019 (SIAP, 2020). En el Cuadro 7 se muestran las localidades visitadas para recabar la información, así como la población objetivo.

Cuadro 7. Localidades productoras de algodón visitadas.

Estado	Municipios o localidades	Técnicos Encuestador	Población a entrevistar
Chihuahua	Buenaventura, Galeana, Nuevo Casas Grandes, Casas Grandes, Janos, Ascensión, Villa Ahumada Aldama, Coyame, Ojinaga Julimes, Meoqui, Delicias, Camargo y Jiménez	21	Autoridades locales Juntas de Sanidad Vegetal Sistema Producto Productores
Durango/ Coahuila	Tlahualilo de Zaragoza, Torreón, Gómez Palacio, Lerdo, San Pedro	4	Autoridades locales Juntas Locales de Sanidad Vegetal Sistema Producto Productores Autoridades locales
Tamaulipas	San Fernando, Matamoros, Reynosa, Rio Bravo y Valle Hermoso	2	Juntas Locales de Sanidad Vegetal Sistema Producto Productores Autoridades locales
Baja California	Mexicali, Hechicera, Benito Juárez, Cerro Prieto, Guadalupe Victoria, Colonias Nuevas y Delta	2	Juntas locales de Sanidad Vegetal Sistema Producto Productores

2.1.2 Diseño y aplicación de encuestas para productor, trabajador, miembros de despepitadora e industria textil

El diseño de la encuesta se realizó basado en indicadores relacionados a las acciones que se desarrollan a lo largo de la cadena de valor. El instrumento fue diseñado con el objetivo de establecer el perfil del encuestado y describir la producción del cultivo del algodón., para lo cual se determinaron los sitios de muestreo de manera aleatoria según la metodología propuesta por Rocha-Munive y colaboradores en el 2018. Dicho cuestionario se aplicó de manera directa e *in situ* a los diferentes integrantes de la cadena productiva del algodón en los Estados antes mencionados.

2.1.3 Estimación de la muestra

Para la estimación de la muestra se utilizó la fórmula siguiente

$$n = \frac{Z^2(p)(q)(N)}{\epsilon^2(N-1) + Z^2(p)(q)}$$

Donde

n = tamaño de la muestra

Z = 1.96 (que da el 95 % de confianza en la estimación)

ϵ = 0.05 (nivel máximo permitido de error en la estimación).

N = Número estimado de la población de jornaleros por polígono

p = 0.9 Proporción asumida de éxitos en la característica de interés en los jornaleros.

q = $1 - p$ = 0.1 Proporción de fracasos en la característica de interés.

2.1.4 Estimación de la población

Con respecto a la estimación de la población objetivo se trabajó con la siguiente formula

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n w_i X_i}{\sum w_i}$$

Donde

X_p = Promedio de jornaleros contratados por ha

n = número de productores encuestados

w_i = superficie (ha)

x_i = número de jornaleros contratados

2.1.5 Capacitación al personal

Para esta acción se integraron cuatro grupos de trabajo en función de las actividades a desarrollar: técnicos de campo, encargados de la revisión del estado del arte, así como de la metodología y estadística; también se contó con la participación de los responsables de la elaboración de los instrumentos de medición.

Se validó el instrumento y se adecuó a los requerimientos, posteriormente se convocó a los grupos de trabajo para la capacitación sobre la recopilación de datos mediante las encuestas, así como, la importancia del estudio. Se realizó una planeación de las rutas de trabajo en campo a visitar.

2.1.6 Rutas de trabajo en campo

En el Cuadro 8 se muestran las rutas de trabajo por región, así como municipio o localidad donde se llevó a cabo la aplicación de los instrumentos de recopilación de la información.

Cuadro 8. Rutas utilizadas en la aplicación de encuestas.

Región	Municipios o localidades
Chihuahua	Buenaventura, Galeana, Nvo. Casas Grandes, Casas Grandes, Janos, Ascensión, Villa Ahumada Aldama, Coyame, Ojinaga Julimes, Meoqui, Delicias, Camargo y Jiménez
La Laguna	Tlahualilo de Zaragoza, Torreón, Gómez Palacio, Lerdo, San Pedro
Tamaulipas	San Fernando, Matamoros, Reynosa, Rio Bravo y Valle Hermoso
Baja California	Mexicali, Hechicera, Benito Juárez, Cerro Prieto, Guadalupe Victoria, Colonias Nuevas y Delta

2.2 Estimación de la mano de obra que genera el cultivo

Los jornales reportados fueron calculados bajo metodología propia, en donde se consideraron seis días laborables de la semana y 46 semanas al año, según lo considerado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social en el 2019, para empleados de planta. En relación con los trabajadores temporales, los entrevistados manifestaron contar con una contratación por tres meses, lo cual se consideró como 12 semanas.

$$Jt = \sum_1^n \cdot (St \cdot 6)$$

Donde **Jt:** Jornales totales
n: número de empleados
St: cantidad de semanas trabajadas en el ciclo agrícola
6: valor constante

2.3 Estimación de la derrama económica

Se estimó una derrama económica con metodología propia, con un efecto multiplicador hacia atrás y hacia adelante del proceso de cultivo, en donde los gastos que genera el productor contemplan el pago de jornales. Para fines de globalizar la derrama económica se deberá cuidar no duplicar el importe de los costos del cultivo.

$$C = \sum_1^n \cdot (L + I + H + M)$$

Donde:
C: Costo de producción
n: número de hectáreas
L: Labores culturales (Preparación del terreno, siembra, fertilización y riegos) por ha
I: Insumos (control de plagas, enfermedades, malezas y reguladores de crecimiento) por ha
H: Costo de cosecha, selección y empaque por ha
M: Costo de comercialización y transporte por ha

Los rubros de desglose fueron establecidos con base a los estudios realizados por el Banco de México a través de FIRA y correlacionados al nivel de hectáreas reportadas por las diversas fuentes de información, como las Uniones de Productores, los Comités de Sanidad Vegetal y SADER a través del SIAP. Los precios fueron tomados de los reportes proporcionados por la UPAECH, los cuáles se regulan en la bolsa de valores de Chicago y Nueva York.

$$Dc = Iap + Isd + Iab$$

Donde:

Dc: Derrama bruta del cultivo (\$)

Iap: Ingreso por venta de algodón pluma (\$)

Isd: Ingreso por venta de semilla de desecho “alimento para ganado” (\$)

Iab: Ingreso por venta de borra (\$)

Para la estimación del algodón pluma se utilizó un factor coeficiente de transformación del 36%,

$$P = 0.36y$$

Donde:

P: Kilogramos de algodón pluma

y: Kilogramos de algodón hueso

Para la estimación de la semilla de desecho (obtenida para alimento de ganado), se utilizó un coeficiente de transformación del 50.769%, en base al promedio obtenido por las encuestas, el precio fue definido en \$4.00 kg.

$$S = 0.50769y$$

Donde:

S: Kilogramos de semilla obtenida para alimento de ganado

y: Kilogramos de algodón hueso

El algodón borra, fue calculado en proporción de una paca por cada 100 de algodón pluma, el precio se estableció en \$4.00 kg, según lo rescatado en las entrevistas.

$$B = E/100$$

Donde:

B: Número de pacas de borra

E: Número de pacas de algodón pluma

2.4 Análisis de respuesta sobre indicadores evaluados

En la información recabada en las entrevistas se observa la disposición de los agricultores a continuar utilizando variedades GM, así como la percepción de los beneficios o problemas que se han observado con el uso de éstas, lo que permitirá identificar el impacto en los rendimientos, costos de producción, control de plagas, manejo, uso de pesticidas y evaluar los efectos indirectos del uso de semillas mejoradas en el medio ambiente, socio-economía, producción y comercialización.

2.4.1 Variables a analizar sobre aspectos económicos y sobre la cadena productiva y de valor

- Superficie sembrada en México en los últimos cinco años
- Rendimiento por región en pacas y toneladas de los últimos cinco años
- Programas de tecnificación aplicables
- Manejo agronómico del cultivo y buenas prácticas agrícolas
- Impactos económicos para el agricultor (\$ MXN) ganancia por ha
- Ingreso total para los agricultores de algodón por región (Chihuahua, La Laguna, Mexicali, Tamaulipas)
- Ingreso promedio por ha
- Costo comparativo vs convencional (sobre datos históricos comparativos)
- Rendimiento promedio por ha en toneladas y pacas (comparativo contra datos históricos del convencional)
- Registro de ganancias del cultivo para el país en los últimos cinco años
- Análisis del incremento en productividad
- Número de agricultores que participan en el cultivo
- Familias que se benefician con el cultivo de algodón
- Número de jornaleros por ha
- Ingreso por jornalero
- Número de empleos directos e indirectos

- Monto de salarios de empleos directos e indirectos
- Mapeo de empleos, número de personas en campo, transporte, desepite, textilera y borra
- Equipos de asesores técnicos
- Industria de subproductos (compradores de borra –CDMX)
- Semilla de algodón para alimento balanceado (derrama económica, empleos generados y actores)
- Infraestructura (almacenes generales de depósito y calidad de la infraestructura para conservación de las pacas)

2.4.2 Variables a analizar sobre aspectos regulatorios

- Identificación de leyes, reglamentos y otros instrumentos regulatorios
- Implementación y cumplimiento regulatorio
- Áreas de oportunidad

2.4.3 Variables a analizar sobre análisis de aspectos sociales, económicos y culturales

- Análisis de actores y redes
- Nodos de comunicación y roles de acción de los diversos actores
- Comunidades indígenas establecidas en las zonas donde se pretende la liberación de algodón biotecnológico
- Formas de organización social interna y mecanismos de toma de decisiones

2.4.4 Variables a analizar sobre análisis de gobernanza

- Programas sociales y de asistencia (apoyos y servicios a la comercialización, seguros de cobertura)
- La educación, capacitación recibida, certificaciones
- Influencia de las autoridades sanitarias de EEUU

2.4.5 Experiencias de los agricultores en el tema ambiental

En función de los comentarios externados por el productor y trabajador.

- Reducción en el número de aplicaciones de plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas) en los últimos 10 años y su significado en impacto ecológico
- Reducción de uso de diesel por el uso de algodón biotecnológico
- Impacto de consumo de energía eléctrica
- Emisión de gases de efecto invernadero
- Mayor eficiencia en la utilización del agua
- Manejo y monitoreo de resistencias (determinar variaciones en las cantidades que se aplican por producto a través del tiempo)

2.4.6 Variables a analizar sobre retos actuales del sector

- Importaciones de la industria doméstica en los últimos 5 años
- Posición que ocupa México entre los principales importadores de fibra de algodón en el mundo
- Adquisición de algodón importado en millones de pesos
- Exportaciones de algodón en México y lugar que ocupa como exportador a nivel mundial
- Exportaciones en millones de pesos
- Incremento de la superficie de siembra en el país

2.4.7 Variables a analizar sobre la dinámica de la industria textil

- Razones por las que se prefiere importar
- Necesidades de la industria en infraestructura de acopio y almacenamiento de producto
- Necesidad de dar una mayor certidumbre en los precios de venta a través de la agricultura por contrato
- Acceso al financiamiento y almacenes generales de depósito

- Certificación HVI

2.4.8 Variables a analizar sobre otros usos del algodón

- Alimento para ganado
- Elaboración de aceites
- Farmacéutico

2.5 Análisis estadístico

Las variables fueron analizadas mediante el paquete estadístico SAS, definiendo un procedimiento de conglomerados para las variables que por su naturaleza pudieran definir las dimensiones establecidas (sociales, económicas y ambientales), para el resto de las variables se utilizó estadística descriptiva.

III. Estado actual y perspectivas económicas del cultivo de algodón GM en México



3.1 Incremento en la Productividad del Algodón

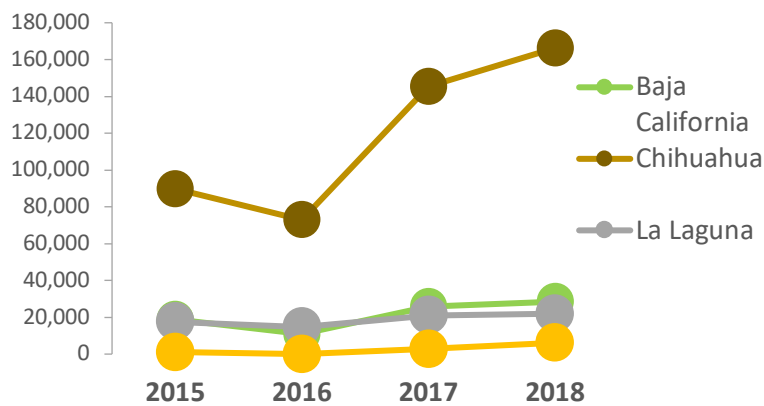
A partir del año 2010 se observa el uso potencial de la cascarilla y semilla, que se desprende de la limpia del algodón, la cual presentó un mayor interés (de 40% a 50.77%), esto se puede atribuir a sus propiedades para alimento de ganado lechero (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis en la productividad del Algodón, conforme resultados del estudio.

Año	% algodón pluma	% de rescate de semilla	% cascarilla	Total
2010	36	40	24	100
2018	36	50.77	13.23	100

La región con mayor productividad de los últimos cinco años es Chihuahua, enseguida se ubican Baja California, la Laguna y Tamaulipas (Figura 8).

Figura 8. Producción histórica de los años 2014-2018 en t/ha de cultivo de algodón de las regiones encuestadas.

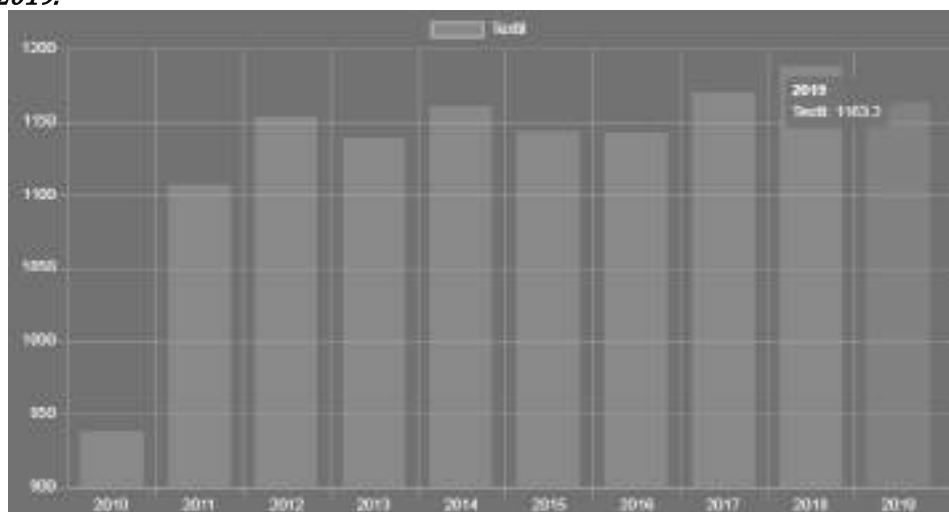


3.1.1 Importaciones de la industria doméstica en los últimos 5 años

China y Estados Unidos son los mayores proveedores en cuanto a la importación de algodón, seguidos de países asiáticos con productos de menor calidad y precio.

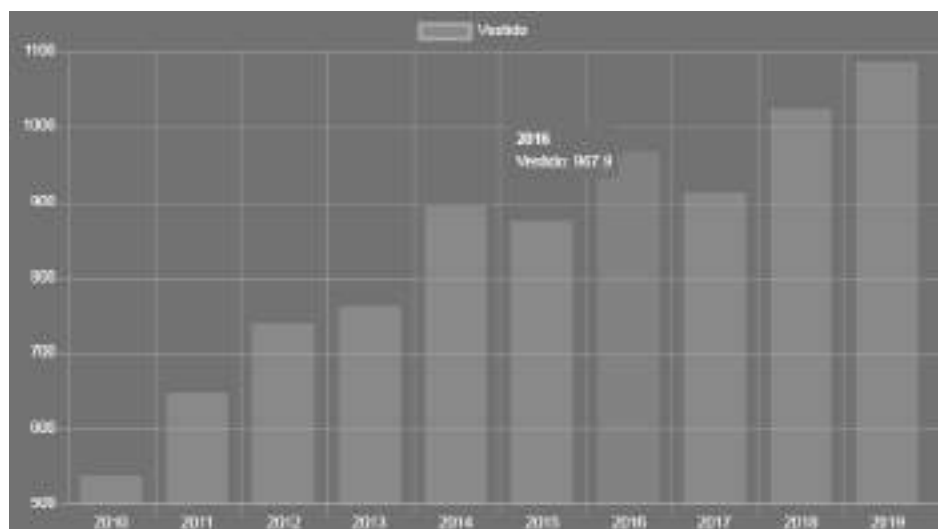
La industria textil en México se ubica como uno de los sectores más importantes para el mercado nacional y se han impulsado medidas para evitar la importación de textiles mediante prácticas desleales como el *dumping* (Figura 9 y Figura 10).

Figura 9. Importaciones de productos textiles, 2010-2019 enero-marzo, CANAINTEXT 2019.



*Valor en millones de dólares

Figura 10. Importaciones de productos confeccionados, 2010-2019 enero marzo, CANAINTEX 2019.



*Valor en millones de dólares

3.1.2 Posición que ocupa México entre los principales importadores de fibra de algodón en el mundo

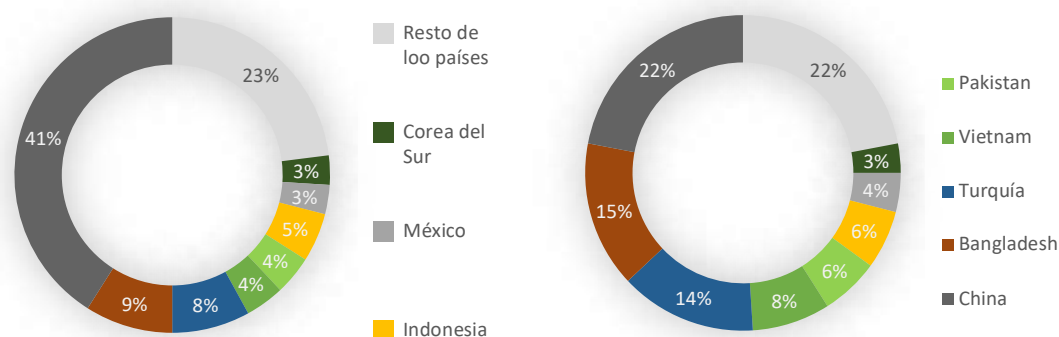
México se colocó en el lugar número 12 como mayor importador de mercancías en 2015, con 405 mil millones de dólares, de acuerdo con la Organización Mundial del Comercio (OMC). (OMC, 2015)

La producción nacional satisface el 80.67% de los requerimientos de industria textil, el restante es cubierto principalmente con importaciones provenientes de Estados Unidos.

El consumo nacional es de 604.80 miles de toneladas (MMt), de las cuales la producción está alrededor de 487.91 MMt, para lo cual se tienen que importar 126.63 MMt.

A nivel mundial, México tiene una participación del 3% como importador de algodón (Figura 11).

Figura 11. Importaciones de algodón a nivel mundial y proyecciones al 2022.



Fuente: OCCE y FAO, 2013.

3.1.3 Adquisición de algodón importado en millones de pesos

Específicamente, en importaciones poco más del 50% se concentran en cuatro grupos: cereales con 17%; cárnicos con 14%; semillas y frutos oleaginosos con 13%; lácteos y demás productos de origen animal con un 7%. Los grupos de cereales y el de semillas y frutos oleaginosos son los que presentan mayor dinamismo ya que sus importaciones crecieron 56 y 52%, en comparación con el periodo del año anterior (SADER, 2019¹). Para el 2018 se importaron 387 millones de dólares en algodón, hasta el mes de abril del 2019 se importaron 113 millones de dólares (SADER, 2019).

Según lo recopilado, México produce el 80% de la demanda nacional de algodón, por lo que se debe de importar el 20% restante. Es por este motivo que ingresa algodón de Estados Unidos, ya que es el principal proveedor de este producto; si la producción aumentara a la actual no se tendría la necesidad de importar, debido a que se cuenta con las herramientas y un eficiente manejo agronómico del cultivo, permitiendo obtener algodón de buena calidad.

3.1.4 Exportaciones de algodón de México a nivel mundial

Para el primer cuatrimestre de 2019, la balanza agropecuaria y agroindustrial registró un superávit de 4.222 mil millones de dólares. Durante este ciclo de referencia, las exportaciones agropecuarias y agroindustriales generaron 13.232 mil millones de dólares, es decir, presentaron un incremento anual de 5.4; por otro lado, las importaciones agroalimentarias fueron 1.1% superiores a las registradas en el periodo del año anterior, ascendiendo a un monto de 9.010 mil millones de dólares (SADER, 2019¹). Con respecto a la exportación de algodón, en 2018 fue de 105 millones de dólares y en abril del 2019 disminuyó a 91 millones de dólares en exportación de algodón (SADER, 2019).

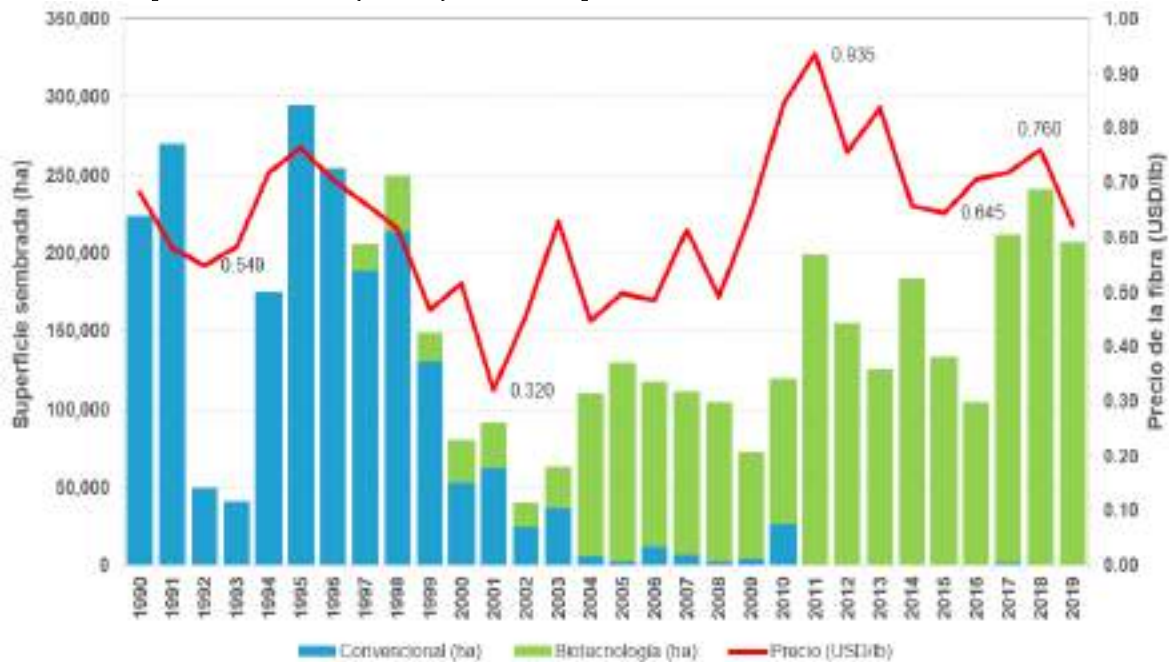
3.2 Impacto económico del cultivo del algodón en México

En las regiones productoras de algodón más importantes (Valle de Mexicali, B.C. - San Luis Río Colorado, Son.; Chihuahua, Comarca Lagunera y Norte de Tamaulipas), el cultivo se establece durante los meses de febrero a mayo bajo condiciones de riego, para ser cosechado durante los meses de agosto a diciembre. El Sur de Tamaulipas es la única región donde se siembra durante los meses de junio a julio para aprovechar la temporada de lluvias.

3.2.1 Superficie sembrada en México en los últimos cinco años

La superficie sembrada de algodón en México en el 2019 fue de 207,566 Hectáreas, ésta fluctúa año con año principalmente por el precio internacional de la fibra, el cual se cotiza en la Bolsa de Valores de Nueva York y varía según la relación inventario/consumo de los principales países productores. Los precios futuros se utilizan como referencia para el establecimiento de contratos de compra - venta de la fibra entre los agricultores, despepites e industria textil. En la Figura 12 se presentan los datos de superficie sembrada durante el periodo 1990 - 2019.

Figura 12. Superficie sembrada con algodón GM y convencional (hectáreas) y precio de la fibra (US\$7lb) durante el periodo 1990-2019.



Fuente:

USDA - National Agricultural Statistics Service (NASS). <https://quickstats.nass.usda.gov/#025436F6-59CC-3E46-B82F-DDFD0E259766>. Consultado el 24-octubre-2019.

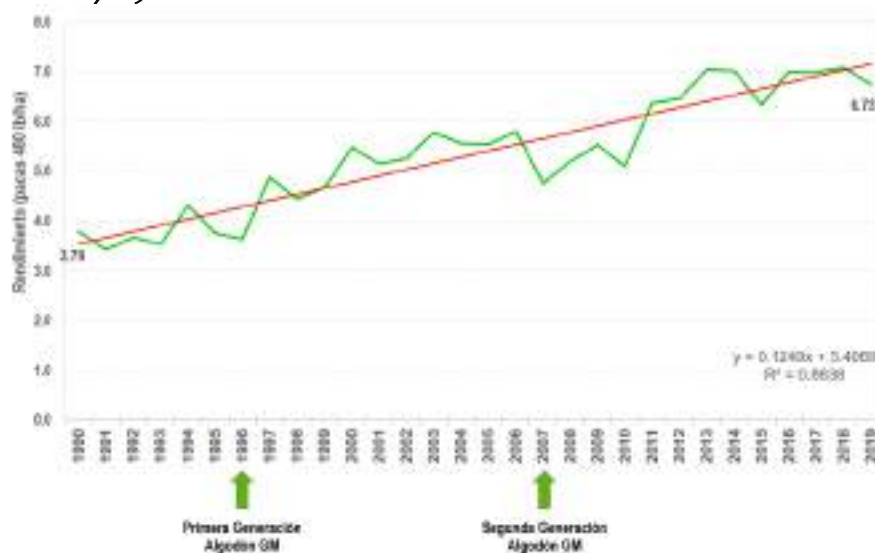
SADER - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do. Consultado el 24-octubre-2019.

3.2.2 Rendimiento de la producción de algodón GM

Paralelamente a la creciente adopción de algodón GM se ha observado una tendencia positiva en la productividad del cultivo en México. Desde 1996 el rendimiento promedio de fibra de algodón aumentó alrededor de 77% pasando de 824.57 kg/ha (3.79 pacas) a 1,465.67 kg/ha (6.73 pacas) en 2019 (Figura 13). Este aumento en la productividad del cultivo ha disminuido gradualmente la importación de fibra para la industria textil en México y en los últimos años ha logrado satisfacer el 80% del consumo interno (Cuadro 10).

Figura 13. Tendencia en el rendimiento del cultivo del algodón en México (pacas de 480 lb/ha) 1990-2019.



Fuente: SADER - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do). Consultado el 10-marzo-2020.

A nivel regional se observa que el mayor rendimiento se obtiene en la región del Valle de Mexicali, B.C. - San Luis Río Colorado, Son. En esta región el cultivo se mantiene en el campo por casi 10 meses, lo que permite aprovechar la capacidad de rebrote de la planta para obtener un rendimiento adicional.

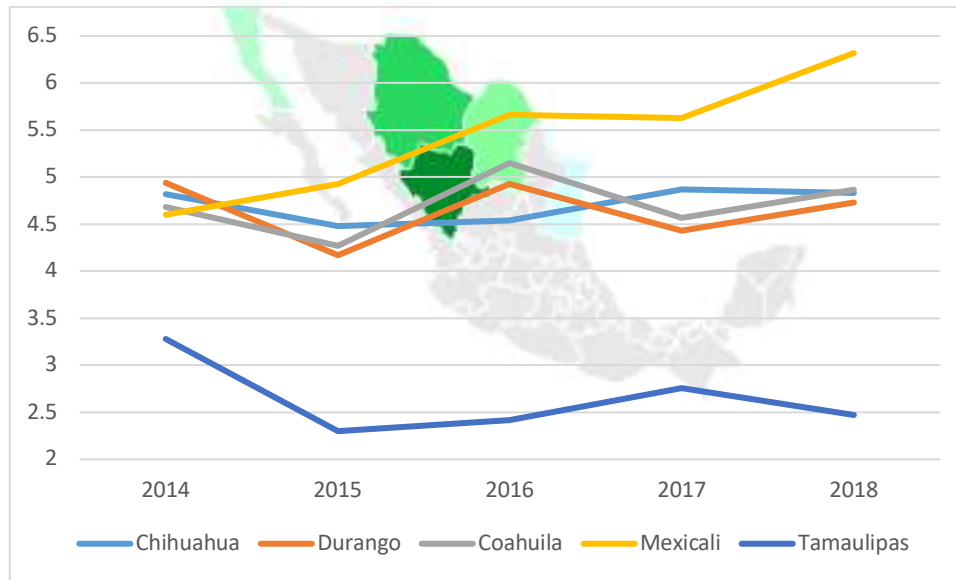
Cuadro 10. Rendimiento de fibra de algodón por región (pacas de 480 lb/ha)

Región	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Media regional
Chihuahua Norte	5.56	6.74	6.63	6.48	6.73	7.25	7.07	6.64
Chihuahua Sur	7.13	7.17	7.24	6.40	7.39	7.41	7.38	7.16
Comarca Lagunera	7.43	8.38	7.69	6.77	7.59	7.34	7.61	7.54
Mexicali, B.C. - San Luis Río Colorado, Son.	7.70	7.13	6.99	7.58	8.48	7.37	8.54	7.68
Tamaulipas	5.20	4.08	5.29	4.36	4.24	5.00	4.93	4.73

SADER - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do). Consultado el 10-marzo-2020.

El comportamiento observado en el rendimiento (t/ha) durante los años 2014 al 2018 se muestra en la Figura 14, en la que sobresale la región del Valle de Mexicali con un rendimiento histórico de 6.32t/ha, mientras que Chihuahua y La Laguna oscilan en las 4.81 t/ha y por su parte Tamaulipas con 3t/ha.

Figura 14. Mapa* de rendimiento en t/ha de las regiones encuestadas del 2014 al 2018.



*Elaboración propia con datos oficiales del Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta, SIAP-SADER.

3.2.3 Impacto económico de la producción de algodón GM

La mejora en la productividad se ha reflejado directamente en el aumento en la producción del cultivo. Durante 2018 se produjeron 406.9 t de fibra (1.86 millones de pacas) y 0.63 millones de toneladas de semilla para forraje, lo que representó un valor de la producción mayor a 15 mil millones de pesos (Cuadro 11). Este incremento en la producción de algodón se atribuir a diferentes factores como la adopción de variedades de algodón GM, programas eficientes de manejo de plagas e inversión en equipos de agricultura de precisión.

Cuadro 11. Producción de fibra, semilla para forraje y valor de la producción de algodón en México 1996-2018.

Año	Superficie sembrada (ha)	Producción de fibra (t)	Producción de fibra (Pacas 480 lb)	Producción de semilla para forraje (t)	Valor de la producción (Millones MXN)
1996	254,768.00	232,839.60	1,069,423.84	365,890.80	3,111.66
1997	205,364.00	211,687.00	972,270.72	332,651.00	2,762.49
1998	249,584.30	246,888.95	1,133,952.00	387,968.35	3,528.80
1999	149,299.00	150,748.99	692,384.63	236,891.26	1,690.85
2000	80,166.37	78,345.44	359,837.74	123,114.26	970.78
2001	91,898.84	96,891.88	445,020.89	152,258.67	766.63
2002	40,482.66	43,145.41	198,165.30	67,799.93	485.21
2003	62,892.45	73,370.70	336,988.95	115,296.81	1,248.73
2004	110,007.60	134,875.90	619,480.13	211,947.85	1,763.21
2005	129,533.43	140,337.60	644,565.51	220,530.51	1,916.07
2006	117,655.91	156,748.40	719,939.70	246,318.91	2,118.28
2007	111,575.48	132,604.61	609,048.18	208,378.68	2,322.75
2008	104,781.28	127,829.44	587,116.00	200,874.84	2,031.89
2009	72,251.30	97,483.97	447,740.33	153,189.09	2,213.17
2010	120,117.81	154,171.30	708,103.18	242,269.18	4,123.25
2011	198,439.53	261,186.04	1,199,618.02	410,435.21	8,014.31
2012	155,511.35	234,031.67	1,074,898.95	367,764.05	6,354.48
2013	125,432.35	205,567.96	944,166.19	323,035.37	5,882.02
2014	183,782.64	301,535.70	1,384,942.54	473,841.81	7,002.27
2015	133,575.74	207,703.82	953,976.12	326,391.72	5,870.53
2016	104,586.69	170,769.99	784,340.39	268,352.85	5,955.54
2017	212,014.21	353,186.20	1,622,171.42	555,006.89	12,066.50
2018	241,014.73	406,910.93	1,868,927.16	639,431.46	15,089.37

Fuente:

SADER - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

(http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do). Consultado el 10-marzo-2020.

La producción nacional de algodón satisface alrededor del 80% del consumo interno de esta fibra por la industria textil (que demanda alrededor de 2 millones de pacas anuales), sin embargo, la calidad de la fibra producida en México o la ubicación de las regiones productoras (como el caso del Valle de Mexicali, B.C. - San Luis Río Colorado, Son.), permiten mantener un mercado de exportación con beneficio importantes para los agricultores. Durante 2018 se exportaron 64 mil toneladas de fibra de algodón (294 mil pacas de 480 lb), principalmente a países de Asia, lo que generó alrededor de 103.15 millones de dólares en divisas para México (Cuadro 12).

Cuadro 12. Importación y exportación de fibra de algodón en México 2003-2018.

Año	Importación			Exportación		
	Fibra (t)	Fibra (Pacas 480 lb)	Millones USD	Fibra (t)	Fibra (Pacas 480 lb)	Millones USD
2003	441,405.01	2,027,357.22	533.98	17,234.80	79,158.83	19.44
2004	397,955.07	1,827,793.20	566.05	32,732.70	150,340.09	42.16
2005	388,602.68	1,784,838.01	458.16	54,880.12	252,062.38	55.74
2006	388,171.03	1,782,855.47	489.59	47,855.37	219,797.97	52.67
2007	346,696.29	1,592,363.51	461.93	46,737.22	214,662.38	57.54
2008	344,254.69	1,581,149.31	538.96	45,874.56	210,700.17	69.23
2009	300,763.93	1,381,397.84	411.88	24,509.52	112,571.32	31.97
2010	321,729.38	1,477,691.37	630.64	25,345.89	116,412.75	40.69
2011	264,053.27	1,212,787.10	834.43	39,494.04	181,394.71	97.00
2012	219,834.41	1,009,691.49	449.54	43,969.60	201,950.78	86.42
2013	238,622.15	1,095,982.87	456.19	45,399.88	208,520.02	79.63
2014	215,751.70	990,939.73	422.45	23,563.13	108,224.59	38.43
2015	221,026.90	1,015,168.53	337.26	23,264.73	106,854.05	32.17
2016	223,010.82	1,024,280.60	351.39	28,518.92	130,986.38	38.00
2017	229,013.35	1,051,850.01	413.69	37,670.16	173,017.67	57.04
2018	198,133.12	910,018.25	386.78	64,141.83	294,601.12	103.15

Fuente:

Secretaría de Economía - Sistema de Información Arancelaria (SIAVI)(<http://www.economia-snci.gob.mx/>). Consultado el 10-marzo-2020.

Adicionalmente a la importación de fibra, México es deficitario en semilla peluda de algodón para forraje, la cual es rica en contenido de grasa (15.4 - 36.3%) y proteína (21.8 - 34.2%) y es utilizada ampliamente para el consumo de ganado productor de leche (OECD, 2009). Durante 2018 se importaron 135 mil toneladas de semilla peluda procedente de Estados Unidos, con un valor de 27.04 millones de dólares. Esto significa que anualmente se consume un promedio de 523 mil toneladas de semilla peluda y la producción nacional satisface alrededor del 80.6% de la demanda (Cuadro 13).

Cuadro 13. Producción e importación de semilla peluda para consumo pecuario en México 2012-2018.

Año	Producción de semilla para forraje (t)	Importación semilla para forraje (t)	Total semilla para forraje (t)	Aportación nacional (%)	Importación semilla para forraje (Millones USD)
2012	367,764.05	67,767.31	435,531.36	84.44	23.54
2013	323,035.37	115,885.11	438,920.48	73.60	44.71
2014	473,841.81	85,796.67	559,638.48	84.67	27.40
2015	326,391.72	27,156.98	353,548.70	92.32	6.92
2016	268,352.85	126,630.18	394,983.03	67.94	35.73
2017	555,006.89	148,937.07	703,943.96	78.84	31.16
2018	639,431.46	135,119.35	774,550.81	82.56	27.04
		Media	523,016.69	80.62	

Fuente:

SADER - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

(http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do). Consultado el 10-marzo-2020.

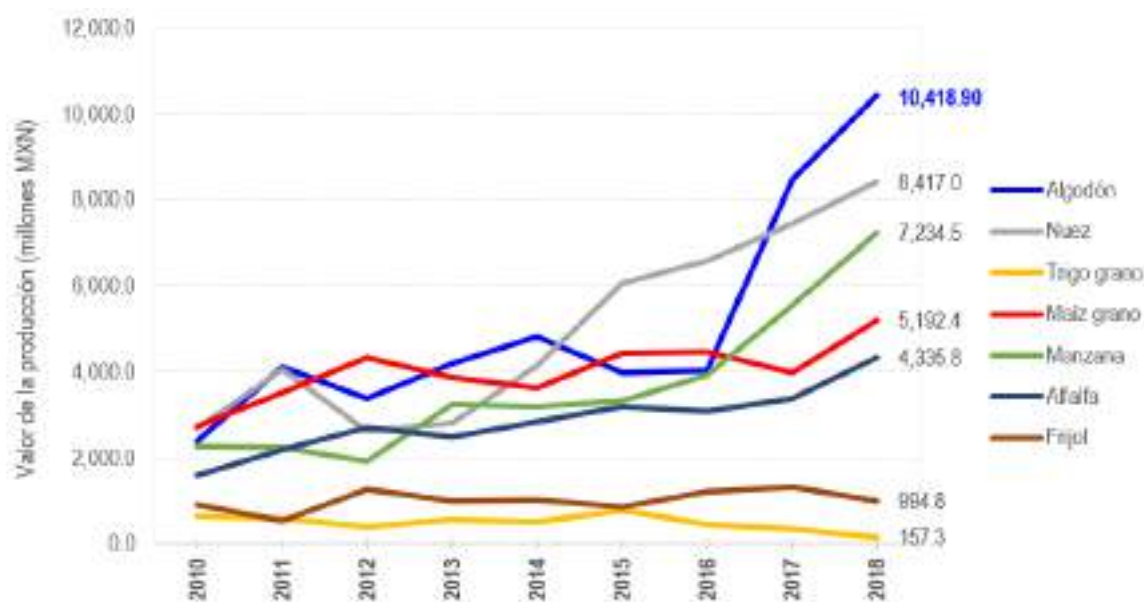
Secretaría de Economía - Sistema de Información Arancelaria (SIAVI)(<http://www.economia-snci.gob.mx/>). Consultado el 10-marzo-2020.

Un hallazgo importante es que actualmente la adopción de algodón GM en México es prácticamente del 100%, y no se encontraron productores ni proveedores de semilla convencional en la región norte del país. Entre las ventajas económicas que ofrece el algodón GM encontramos una disminución en el uso de agroquímicos, lo que resulta en una reducción de costos de producción. Además, la cadena de valor del cultivo es fuente de empleos directos tanto temporales como fijos. Asimismo, genera empleos indirectos los cuales están relacionados con las distintas actividades, por ejemplo; personal administrativo y operativo. En México se estima alrededor de 114 mil de personas beneficiadas (Brookes y Barfoot, 2018).

3.2.4 Valor de la producción de algodón GM por región

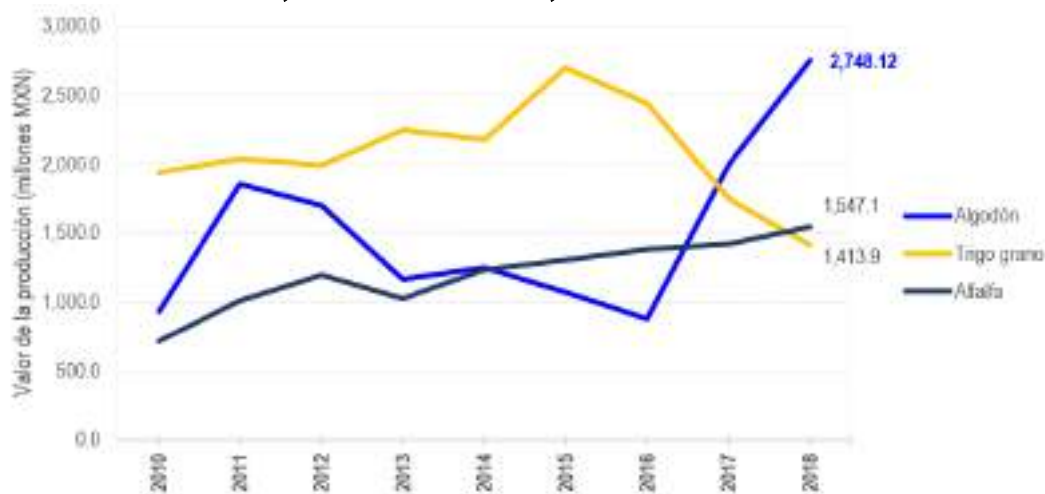
El cultivo del algodón ha adquirido una gran relevancia social y económica para la región Norte de México. En el Estado de Chihuahua con un valor de producción de 10.4 mil millones de pesos en 2018, ha superado en valor de producción a cultivos tradicionales como nuez (8.4 mil millones), manzano (7.2 mil millones) y maíz (5.6 mil millones) (Figura 15). Asimismo, en la región del Valle de Mexicali, B.C. - San Luis Río Colorado, Son. el valor de la producción durante 2018 fue de 2.7 mil millones de pesos, lo cual superó a los cultivos de alfalfa (1.5 mil millones) y trigo (1.4 mil millones) (Figura 16).

Figura 15. Valor de la producción de algodón en relación con otros cultivos representativos del estado de Chihuahua.



SADER - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
(http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do).
Consultado el 10-marzo-2020.

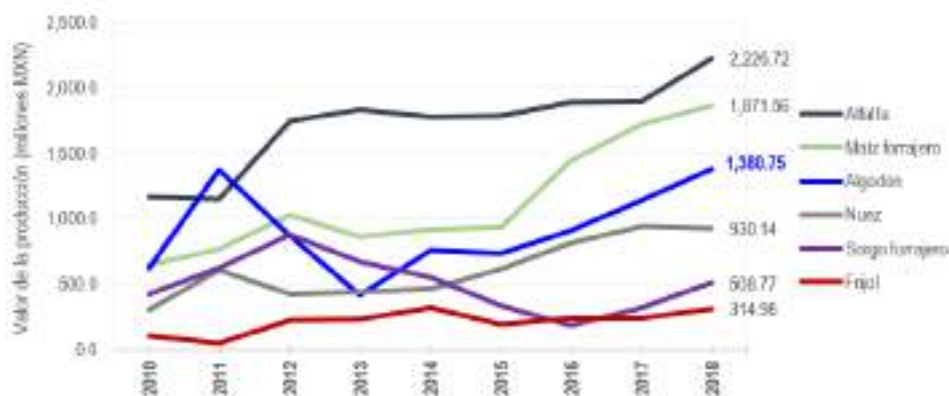
Figura 16. Valor de la producción del algodón en relación con otros cultivos representativos de la región del Valle de MEXICALI, B.C.-San Luis Colorado, Son.



SADER - Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).
(http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do). Consultado el 10-marzo-2020.

La Comarca Lagunera es una de las regiones más antiguas en producción de algodón en México, sin embargo, en los últimos años se ha observado un cambio de vocación productiva al consolidarse como la cuenca lechera más importante del país. Este cambio ha propiciado un aumento significativo en la superficie sembrada y producción de cultivos forrajeros como alfalfa y maíz, los cuales son cultivos altamente demandantes de agua. Aun así, el algodón se ha mantenido en tercer lugar y en 2018 aportó más de 1.3 mil millones de pesos a la economía de la región (Figura 17).

Figura 17. Valor de la producción del algodón en relación con otros cultivos representativos de la Comarca Lagunera.

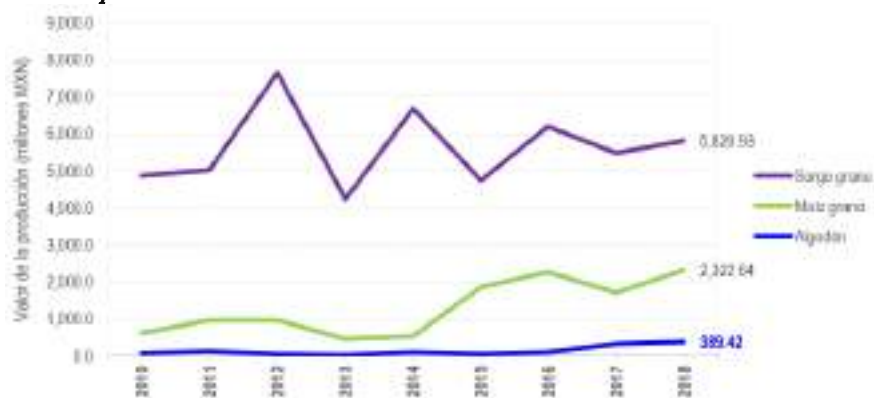


SIAP (Consultado el 10-marzo-2020).

La región Norte de Tamaulipas destaca por la producción de sorgo ya que se destinan en promedio unas 630 mil hectáreas para su cultivo a través de las condiciones de riego, temporal regular y temporal crítico. No obstante, la

rentabilidad por hectárea del cultivo del algodón es superior al sorgo, lo cual lo ha mantenido entre los cultivos más importantes en la región (Figura 18).

Figura 18. Valor de la producción de algodón en relación con otros cultivos representativos de la región de Tamaulipas Norte.



SIAP
(http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do).
Consultado el 10-marzo-2020.

3.2.5 Beneficio ambiental de la producción de algodón GM

Antes del algodón biotecnológico en México, la producción de esta fibra tenía enormes costos ambientales, económicos y sanitarios. El control de insectos requería alrededor de 9 aplicaciones de insecticidas/ha, unos 0.53 kg de ingrediente activo (i.a./ha). Después del algodón biotecnológico, las aplicaciones de insecticidas se han reducido a un promedio de 4 aplicaciones, unos 0.18 kg de i.a./ha (Nava-Camberos *et. al*, 2019).

El uso de algodón biotecnológico tolerante a herbicidas produjo una reducción global neta en el uso de ingredientes activos de aproximadamente 29.1 millones de kg durante el periodo 1996-2016, esto representa una reducción del uso del 8.2% y, en términos del indicador EIQ (cociente de impacto ambiental), una mejora ambiental neta del 16.6%. En 2016, el uso del algodón HT resultó en una reducción de 4 millones de kg en el uso de ingredientes activos (-16.2%) en relación con la cantidad esperada si la misma área se hubiera sembrado con algodón convencional, en términos del indicador EIQ, esto representa una mejora ambiental del 16.7%. Los ahorros globales en insecticidas por el uso de algodón resistente a insectos en 2016 fueron de 18.9 millones de kg (-56% de todos los insecticidas usados en algodón) de ingredientes activos en relación con las cantidades esperadas si se hubiera sembrado algodón convencional. En términos del indicador EIQ los beneficios ambientales en 2016 se asociaron en un 59% a la reducción de insecticidas en algodón. Es así como, desde 1996 ha habido una reducción de 288 millones de kg en el uso de ingredientes activos de insecticidas en algodón (Brookes y Barfoot, 2018).

Por lo tanto, el algodón biotecnológico representa una alternativa más sustentable que el algodón convencional. La reducción en las aplicaciones de insecticidas contribuye a disminuir su efecto negativo en las comunidades de agricultores, poblaciones de insectos benéficos y otros organismos no blanco. La reducción en las aplicaciones de agroquímicos ha reducido el uso de combustibles fósiles hasta en 49.69 L/ha de algodón.

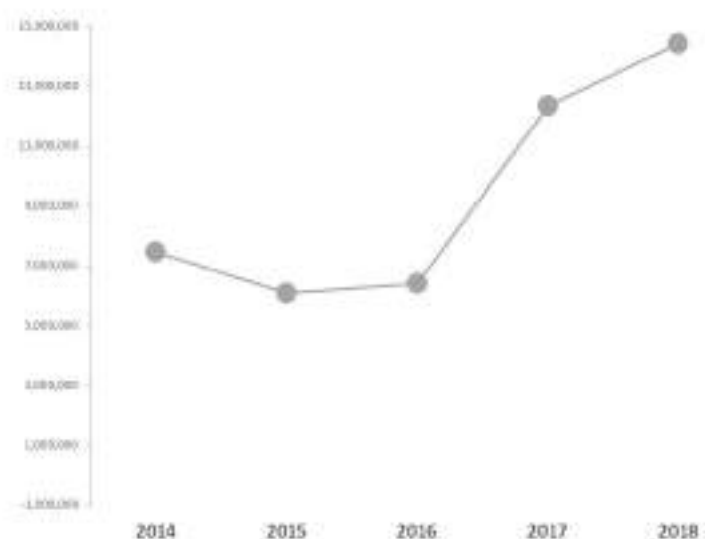
En relación con las emisiones de CO₂, en el periodo 1996-2016 la reducción permanente en el uso de combustible ha sido de aproximadamente 29.169 mil millones de kg de CO₂, deriva del uso reducido de combustible de 10.925 mil millones de litros; en términos equivalentes de automóviles, esto equivale a sacar de circulación a 18 millones de automóviles durante un año. Además de lo anterior, con base en los ahorros derivados de la rápida adopción de los sistemas agrícolas de labranza reducida o sin labranza, se estima que en 2016 se secuestraron 6.586 millones de kg adicionales de carbono en el suelo (equivalente a 24.172 millones de kg de CO₂ que no se liberaron en la atmósfera), por otro lado, la cantidad adicional de carbono almacenado en el suelo desde 1996 ha sido equivalente a 251.39 mil

millones de toneladas de CO2 que no se han liberado a la atmósfera. (Brookes y Barfoot, 2018).

3.2.6 Registro de ganancias en México del cultivo de algodón GM en los 5 últimos años

En el periodo del 2014 al 2016 se mostró una baja en las ganancias del precio del algodón, es a partir del año 2017 cuando se incrementó cerca del doble de ganancias por este cultivo. Esto se atribuye a la baja disponibilidad de producto en el mercado, lo que favoreció que el precio aumentara en los tres años anteriores (Figura 19).

Figura 19. Derrama económica del cultivo del algodón en miles de pesos mexicanos lograda en el periodo de 2014 al 2018.



3.2.7 Número de agricultores que participan en el cultivo de algodón GM

El total de productores de algodón en las regiones consideradas para el estudio es de 5,294. De los cuáles el 39% se encuentra localizado en la región de Chihuahua, el 37.5% en La Laguna, 21.8% en Baja California y finalmente 1.7% en Tamaulipas.

En el caso de los trabajadores, involucrados exclusivamente en el manejo del cultivo (hasta la pizca) se estiman un total de 30,149. De los cuales 11,188 están contratados de planta (todo el ciclo agrícola) y 18,961 se contratan de manera temporal (siembra o pizca).

En promedio el hogar del productor de algodón cuenta con 4.11 integrantes y el del trabajador cuenta con 4.22 integrantes, lo que permite deducir que de manera directa se ven beneficiadas 148,945 personas (Figura 20).

Figura 20. Proporción del número de integrantes de los hogares que se ven beneficiados directamente por las actividades del cultivo del algodón (hasta el proceso de pizca).



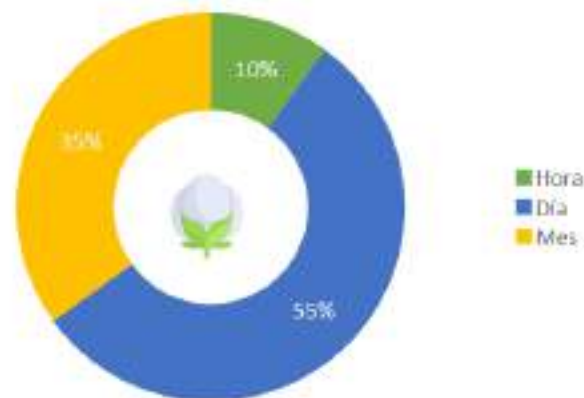
El 100 % de los productores encuestados, indicó que utiliza semilla biotecnológica, la cual es preferida por los algononeros por el rendimiento que han observado, además de una notable resistencia a las sequías. Entre las opiniones más importantes que mencionaron fue que *“sin el uso de dicha semilla (algodón GM), no seguirían dedicándose a esta labor, ya que, por el cambio climático, los costos elevados en las labores culturales y la falta de agua, el cultivo del algodón con semilla tradicional no es redituable”*.

3.2.8 Ingreso por jornalero

Durante la aplicación de las encuestas la presencia de jornaleros agrícolas era poca, lo cual es atribuible a su figura de participación temporal, siendo su contratación durante los meses de noviembre a enero principalmente. En el proceso de cosecha

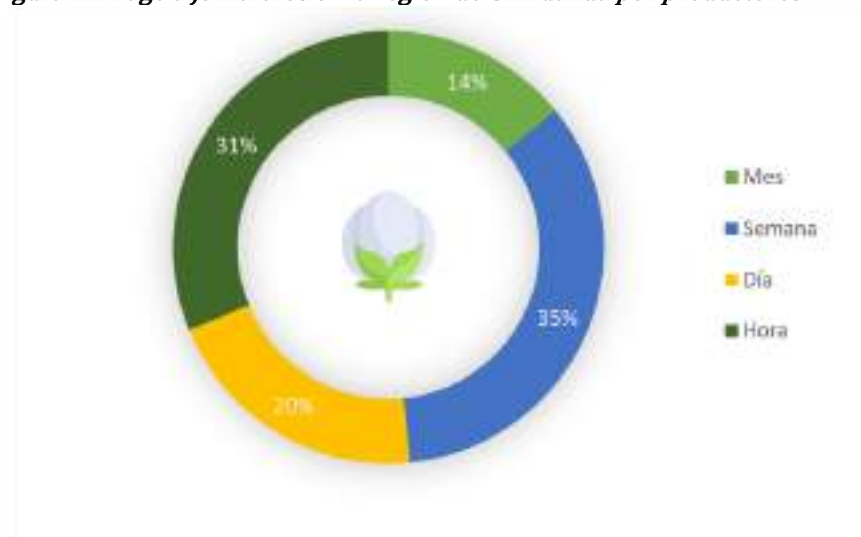
del algodón, el pago diario promedio a un trabajador es de \$350.00 en la región de Chihuahua, \$283.00 en la región de la Laguna y \$326.00 en Mexicali y Tamaulipas en aquellos lugares que se encontraban alejados de las zonas urbanas, mientras que los más cercanos percibían un sueldo menor, esto obedece a las dificultades que representa laborar lejos de los asentamientos urbanos, como lo es la adquisición de enseres, alimentos, ropa. La forma principal de pago que los productores realizan a sus trabajadores es por día (Figura 21) lo cual es atribuible a la alta tasa de rotación de personal, pues comúnmente los jornaleros agrícolas no terminan el ciclo agrícola con un solo empleador, gran influencia tiene en este fenómeno las condiciones adversas a las que se exponen como el clima en Chihuahua y Mexicali, así como la falta de asentamientos poblacionales donde adquirir productos básicos y personales en Tamaulipas y La Laguna.

Figura 21. Proporción de la forma de pago a los jornaleros que laboran en el cultivo de algodón en la región de La Laguna.



En la región de Chihuahua la permanencia de los jornaleros es muy variada, pero la mayoría trabaja de 1 a 3 meses, en el ciclo de cosecha. Algunos respondieron que se quedan con ellos hasta por un año, estos son tomados en cuenta como trabajadores de planta. La percepción de pago predominante es por semana (Figura 22).

Figura 22. Pago a jornaleros en la región de Chihuahua por productores.

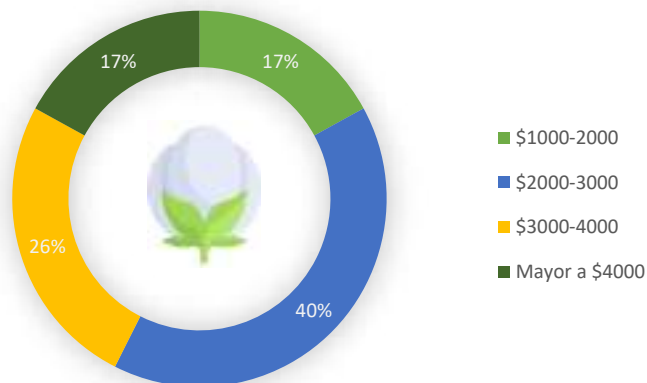


La mayor demanda de mano de obra es en el mes de abril, donde comienzan con la siembra; pero es en noviembre y diciembre cuando la demanda en el trabajo es más alta, ya que son los meses de cosecha.

Para contextualizar los salarios es importante mencionar que, en el caso de otros cultivos como la manzana, el salario semanal de un jornalero para 2019 fue de \$1,600.00, lo cual es considerado el salario más alto pagado por el sector manzanero, pues el año en mención se caracterizó por ser escaso en mano de obra disponible. Al respecto en el cultivo del algodón los salarios de los trabajadores han sido pagados hasta en \$5,000.00 por semana, lo cual está en función de la cantidad de responsabilidad que asume cada trabajador.

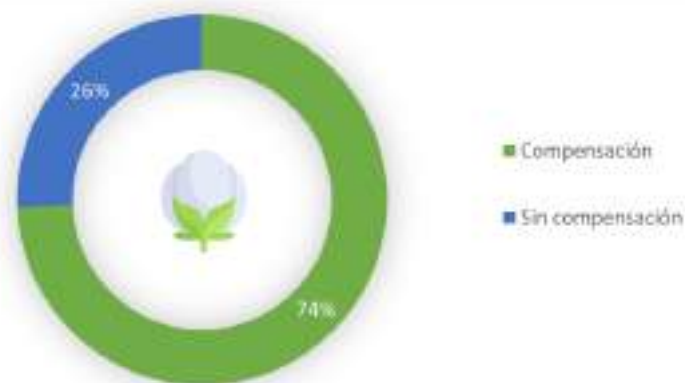
De ello se observan dos conglomerados que definen la variable “Salario” en función de la responsabilidad que asume en su trabajo, para estos fines denominada “puesto de trabajo” el primer conglomerado corresponde a un salario promedio de \$2165.30 y un segundo conglomerado con un salario promedio de \$4938.89 (Figura 23), cabe señalar que el segundo conglomerado se identificó en la región de Chihuahua, en ese sentido corresponden los mejores salarios a los trabajadores en tal región.

Figura 23. Salarios de los trabajadores del campo en la región de Chihuahua.



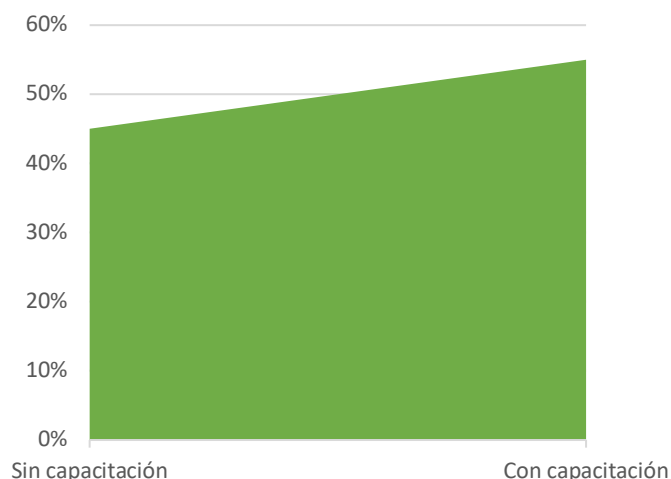
El productor indicó que a los trabajadores de planta les proporcionan las prestaciones de ley, mientras que los jornaleros no reciben dicho beneficio, ya que son temporales y la mayoría son contratados a través de un outsourcing y son ellos los que les generan IMSS. El 74% de los algodoneros brinda compensaciones a sus trabajadores al finalizar el ciclo (Figura 24).

Figura 24. Proporción de pago de compensaciones después de cosecha.



El 55 % de los productores comentó que capacita a su personal en el uso y manejo de agroquímicos, pero principalmente en el uso de maquinaria, ya que cuando llegan los jornales, les prestan las herramientas para que levanten la producción y el 100% de los algodoneros encuestados lo hace de forma mecánica (Figura 25).

Figura 25. Proporción de productores que realizan o han dado capacitación a trabajadores y jornaleros.



3.2.9 Equipos de asesores técnicos

La asesoría técnica para el manejo agronómico y fitosanitario del cultivo, que permita atender las normas fitosanitarias aplicables, es muy valorada por los productores, debido a que la consideran un apoyo en la toma de decisiones y en la atención oportuna para resolver cualquier problemática que surja durante el desarrollo del cultivo. Por lo tanto, mencionan que se necesita de un incremento en el número de técnicos.

En la región de Chihuahua se observó la figura del técnico habilitador, el cual en coordinación con la Unión de Productores facilitan el acompañamiento adecuado a los socios. Por ejemplo, en el municipio de Nuevo Casas Grandes se observan 2 productores del cultivo de algodón, siendo el Habilitador de ambos EIASA. Los Asesores Técnicos se encuentran en ALGOVIR, EIASA Y AGRUVASA, siendo 9 productores en total. Con 248 productores en el Municipio de Ascensión se contrataron los servicios de 6 habilitadores, entre ellos los arriba mencionados; así como CAMA, ALIANSA, CAUB Y UPASA. En el Municipio de Janos, se cuenta con 182 productores de cultivo de algodón, mismos que solicitaron asesoría técnica a 4 habilitadores. En total 441 productores ocuparon el servicio de 7 habilitadores para asesorías técnicas; siendo de suma importancia para el cultivo del algodón en esa región del Estado de Chihuahua (Cuadro 14).

Cuadro 14. Asesores técnicos en la región de Chihuahua.

Zona	No. de Productores atendidos	Habilitadores	Número de predios	Sup. Bt (Ha)	Sup. No-bt (Ha)	Sup total (Ha)
Casas Grandes	2	EIASA	5	154.58	0	154.58
Nuevo Casas Grandes	9	ALGOVIR EIASA AGRUVASA	21	461.07	0	461.07
Ascensión	248	AGRUVASA CAMA ALIANZA CAUB ALGOVIR UPASA	537	6430.04	902.7	7552.74
Janos	182	CAUB ALGOVIR EIASA ALIANZA	416	6904	427.93	7331.93

3.3 Conclusiones/Recomendaciones

El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, reporta que se cuentan con 64 despepitadoras de algodón en el norte de México de las cuales el 55% están en la región de Chihuahua, el 22% en la región de la Laguna, 20% en el Valle de Mexicali y el 3% en Tamaulipas. Los productores y miembros de las despepitadoras de la región de Chihuahua, se encuentran en condiciones para recibir y almacenar la producción de la región que atienden, contando en promedio con dos despepitadoras por zona encuestada (Figura 26).

Figura 26. Localización de las despepitadoras de las regiones algodoneras, el número obedece a la cantidad de despepitadoras establecidas en cada región.



En las regiones de La Laguna, Mexicali y Tamaulipas es necesario el establecimiento de centros de acopio para conservar las pacas, previamente a su comercialización; lo anterior concuerda con el limitado número de despepitadoras de estas regiones y moderadas bodegas de almacenamiento.

Así mismo se observó que el equipamiento y la mayoría de la infraestructura es especializada para las labores propias del algodón, lo cual demanda de un puntual suministro de los insumos para el productor. Existen casos de productores que por la escasez de semilla han migrado al cultivo de la alfalfa, lo cual demanda un incremento de $\geq 100\%$ en comparación del uso de agua para riego que utiliza el algodón (Cuadro 15).

Cuadro 15. Requerimientos de riego por hectárea.

Cultivo	Lamina de riego por ha
Algodón	45 cm
Alfalfa	≥ 100 cm

Los productores de algodón, así como los socios de las despepitadoras requieren de apoyo para acceder a una mayor certidumbre en el precio de venta, tal como han observado que otros cultivos como la nuez, ya que esto favorecería mayormente el incremento en la superficie sembrada. Siendo que los precios se fijan en base a la información de la bolsa de valores, provoca preocupación ya que ésta puede cambiar de un día a otro, generando un escenario de incertidumbre en el precio de venta entre cada cosecha. En ese sentido para coordinar y promover la producción y comercialización la FAO (Eaton y Shepherd, 2002) puntualiza que la agricultura por contrato reduce los riesgos y la incertidumbre tanto para el productor como para el comprador, contribuyendo a aumentar los ingresos y la rentabilidad, esto a través de:

- Suministro de servicios e insumos de producción
- Acceso a créditos, tecnología y destrezas apropiadas
- Precios garantizados y mercado confiables



Imagen 6. Algodonera el Agate, Aldama Chihuahua.

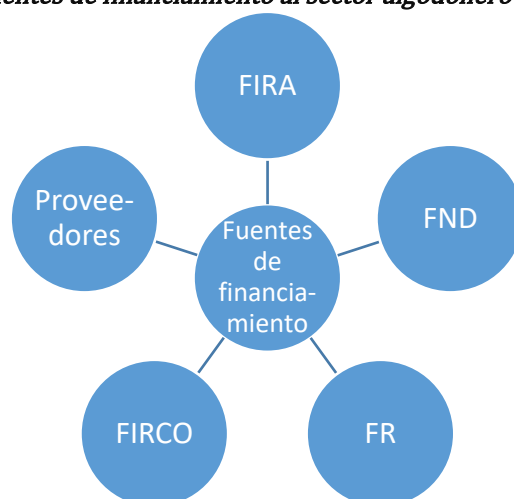
En el norte de Tamaulipas se cuenta con contratos con la industria textil que valdría la pena que se lograran replicar en otras regiones.

Los precios reportados en las bolsas de valores, influyen directamente en la decisión del productor sobre sembrar algodón o no el siguiente ciclo, dependiendo de la disponibilidad de la semilla, por ejemplo en 2019, se reportó una carencia en la disposición comercial de semilla para siembra, por ende en la producción. Sobre la planeación agrícola que tienen los productores para el 2020, manifestaron que por causas ajenas al mercado solo se contará con un 60% (aproximadamente) de la semilla necesaria para sus actividades agrícolas. El impacto de este fenómeno genera un efecto multiplicador, pues la infraestructura y el equipamiento sufrirán inevitablemente una depreciación anual, una imposibilidad de ser usados en otros cultivos (por ser especializados en algodón) y una reducción en la mano de obra que generar de manera regular. En ese sentido acciones como la firma de la Ley de Mejoramiento Agrícola (Guitchounts, 2018) por parte del Presidente de los Estados Unidos de América, permitió que el algodón hueso sea considerado como un producto básico, dando con ello la posibilidad de acceder programas como:

- Cobertura por disminución de precio y por riesgo agrícola
- Aseguranzas garantizadas y mejoradas
- Precios de referencia (anticíclicos)
- Préstamos para la comercialización
- Fomento a la competitividad textil

Con ello buscando propiciar un incremento significativo en las siembras del país. Dentro de las regiones consideradas en el estudio, se encuentran productores que han establecido esquemas avanzados de organización llevando a cabo registros puntuales sobre el número de trabajadores, productividad de los mismos, aprovechamiento de la planta, entre otros (INEGI, 2015), como es el modelo de las cooperativas o Asociaciones Civiles que les permiten de manera grupal conseguir financiamiento, paquetes tecnológicos e infraestructura. Mientras que en regiones como en el centro-sur de Chihuahua y Tamaulipas los productores predominantemente son independientes a las despepitadoras. Los esquemas de financiamiento detectados son promovidos por instituciones como el “Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura” (FIRA), el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero (FND), Financiera Rural (FR) como las más importantes (Figura 27). Además, se observó una participación muy activa de los proveedores de agroinsumos en esta actividad de financiamiento, pues ofrecen créditos a través de la comercialización de insumos. Con un compromiso de vender el producto a los mismos, dando un paso importante en la estrategia de “agricultura **por contrato**”.

Figura 27. Fuentes de financiamiento al sector algodonero del norte del país.



Los almacenes utilizados en las regiones competitivas (Cuadro 16) generalmente están en las despepitadoras, los productores en el momento en que empacan los “módulos” los envían a éstas y ahí esperan para su venta. Las regiones del centro-sur de Chihuahua, Tamaulipas y Mexicali maquilan su algodón en despepitadoras y nuevamente lo recopilan en sus predios para esperar el momento de la venta, poniendo de manifiesto una necesidad de contar con esquemas de organización más adecuadas para impactar al mercado con volumen.

Cuadro 16. Características de competitividad en las empresas.

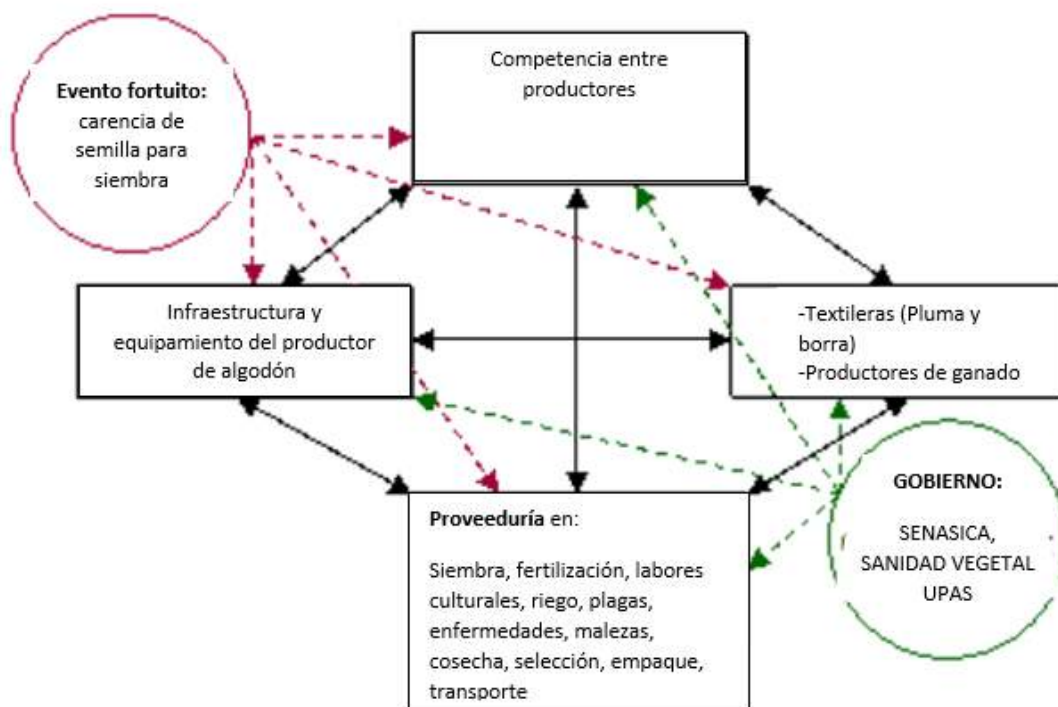
Característica	Empresa			
	Emergente	Confiable	Componente	Clase mundial
Prioridad	Supervivencia	Diferenciación	Innovación	Liderazgo
Mejores prácticas	Sistemas gerenciales y administrativos	Mejora continua y benchmarking	Desarrollo de nuevos productos	Obsolescencia de productos acelerada
Cobertura de mercado	Local	Nacional	Región Internacional	Global
Nivel de su administración	Operación	Calidad o exportación	Calidad y exportación	Gestión tecnológica
Capacidad tecnológica	Imitación	Adopción y/o mejora	Desarrollo	Licenciamiento
Actitud frente al cambio	Reacciona	Se adapta	Promueve	Origina

FUENTE: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006.

La interacción de los componentes de la cadena de valor del algodón se puede visualizar a través del Diamante de Porter (Figura 28), donde la primera fase se

relaciona con la industria semillera que ha tomado el papel de investigación y desarrollo de variedades de algodón para las diferentes regiones y condiciones agroecológicas. La segunda fase está relacionada con la producción primaria en el campo donde participan los agricultores, jornaleros, técnicos, proveedores de insumos fitosanitarios y de nutrición vegetal, autoridades de agricultura, instituciones académicas, instituciones financieras, así como, asociaciones de agricultores, transportistas, proveedores de maquinaria agrícola y sistemas de riego. La tercera fase la constituyen los despepites, en donde se producen dos productos primarios con valor comercial (fibra y semilla para forraje). La semilla obtenida se destina al consumo de ganado bovino productor de leche y la fibra es empleada como materia prima para la industria textil, que representa la cuarta fase de la cadena de valor. Finalmente, la quinta fase está relacionada con la confección de prendas de vestir por parte de la industria de la moda

Figura 28. Diamante de Porter adaptado al cultivo del algodón.



IV Efectos económicos del cultivo de algodón GM



4.1 Ingreso total para los agricultores de algodón por región

El precio de la paca de fibra de algodón en México, es altamente influenciado por factores externos al país, al ser considerado el algodón como una materia prima para la industria, principalmente la textil, es objeto de decisiones bursátiles mundiales en donde sobresalen:

- La demanda de la industria textil en todo el mundo
- La aparición de nuevas materias textiles
- Las condiciones climáticas que afectan a los países productores
- El comportamiento entre las exportaciones e importaciones de los grandes consumidores como China
- La calidad de las cosechas
- Las ayudas del Estado hacia la agricultura.

En ese sentido los productores de algodón en México se guían en referencia a las cotizaciones diarias de la Bolsa de Valores de Nueva York, Estados Unidos para comercializar su producto, en el entendido que, si ofertan a un precio mayor, los clientes potenciales voltearán a ver proveedores de otros lugares del mundo.

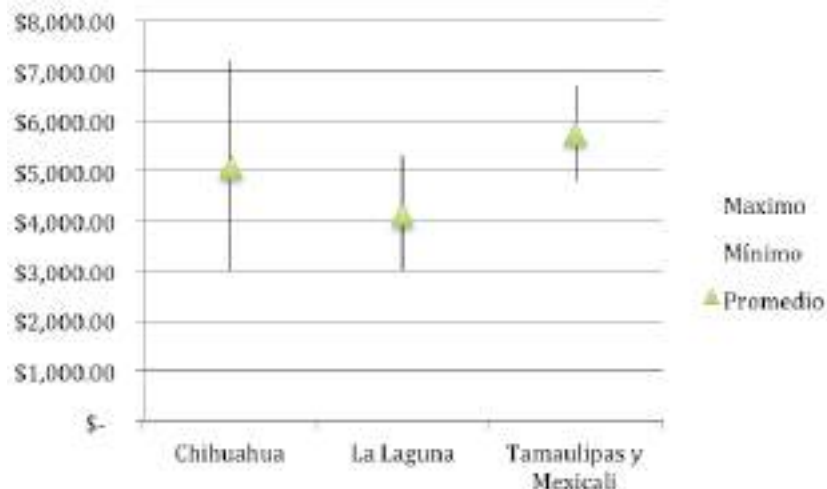
El uso más importante del algodón es su procesamiento para fibra textil al respecto la calidad del mismo representa un factor importante en la fijación del precio de comercialización del algodón, la USDA (1995) cita en sus normas los parámetros de clasificación mismos que se representan en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Parámetros de calidad que inciden en el precio de comercialización del algodón (USDA, 1995).

Parámetro	Descripción
Color	Principalmente determinado por las condiciones de temperatura, humedad, exposición a la luz del sol, y las variedades de algodón. La acción de parásitos o microorganismos, así como las deficiencias técnicas en la cosecha y su posterior almacenamiento y transporte, pueden afectar el color de algodón.
Contenido de basura (hoja de grado)	En una escala del 1 al 7, busca determinar la pureza del algodón contabilizando materias extrañas como pueden ser hojas foliares o tierra.
Largo de las fibras	La homogeneidad de la longitud de una fibra, así como su fuerza para la ruptura, son muy importantes a la hora de fijar el precio, está característica es atribuible tanto a la genética de la semilla como al clima, deficiencia de nutrientes o secado excesivo.
Otras como la fibra de finura y madurez	Bajo metodologías estandarizadas de ensayo, obedeciendo al particularidades de ciertos usos industriales del algodón.

Durante las entrevistas fue reportado por los productores un precio en un rango que oscila desde los \$3,000.00 a \$7,200.00 por paca (Figura 29). Siendo los mejores precios de venta atribuidos al nivel de tecnificación del productor.

Figura 29. Precio por paca de algodón pluma (\$MX) en el norte de México.



El rendimiento de algodón observado en el norte de México (promedio estimado a partir del reporte del SIAP, 2019) fueron de 4.73 t/ha para La Laguna, de 4.83 t/ha para Chihuahua, de 6.32 t/ha para el Valle de Mexicali y 4.0 t/ha para Tamaulipas.

En función del número de agricultores estimados (5594), así como del total de hectáreas reportadas en el 2019, se estima que el ingreso bruto promedio por la venta de algodón pluma fue de \$3'956,214.37 por productor en Chihuahua, \$1'045,310.37 por productor en La Laguna, \$1'771,858.73 por productor en Mexicali y \$3,767,729.21 por productor correspondiente a la región de Tamaulipas. Lo cual en su conjunto suma un ingreso total bruto de \$13,331'353,080.29 por concepto de venta de algodón pluma. En ese sentido, México incrementó los ingresos agrícolas derivados del algodón y la soya biotecnológicos sembrados entre 1996 y 2016, con un valor de \$553 millones USD, tan solo los beneficios para 2016 se estiman en \$62 millones de USD (Brookes y Barfoot, 2018).

4.2 Infraestructura de la producción de algodón (almacenes generales de depósito, calidad de la infraestructura para conservación de las pacas)

Dentro de la cadena de valor, las despepitadoras evidenciaron un papel importante, esto se debe principalmente a que el algodón necesita pasar por el proceso de despepite (limpieza) para estar en condiciones de ser comercializado el algodón pluma, la borra y la semilla rescatada, siendo declarado por los productores que el 100% de la cosecha se canaliza al despepite. Estos procesos de limpieza del algodón demandan equipamiento especializado y exclusivo para tal actividad (Imagen 7), siendo los equipos identificados: tragamódulo, quitapalos, doble quitapalos, báscula, bancos, limpia plumas y prensa.



Imagen 7. Equipo de despepitadora, Casas Grandes Chihuahua.

Las pacas llegan a la zona exterior de la despepitadora, donde son descargadas para, posteriormente, ser introducidas al almacén, una vez ingresadas inicia el proceso de limpieza, evitando en todo momento su exposición a la humedad, así como de otras inclemencias del clima (Imagen 8).



Imagen 10. Infraestructura y equipo algodonero, Casas Grandes Chihuahua.

Los servicios de limpieza (mediante la infraestructura y equipamiento) que proporcionan las despepitadoras de las diversas regiones del norte de México son similares, una vez finalizado el servicio, entregan al productor sus pacas de algodón

pluma, borra y semilla rescatada. Adicionalmente al servicio de limpieza, se observa una diferencia entre las despepitadoras en su grado de integración en la cadena de valor:

- a) Regiones en donde la despepitadora ofrece únicamente servicios de limpieza
- b) Regiones en donde la despepitadora ofrece servicios adicionales al productor, como lo es el acompañamiento técnico en el campo, apoyo en la búsqueda de mercados extranjeros y financiamiento. Comúnmente la propiedad de estas despepitadoras es de los productores mismos bajo figuras mercantiles de S.P.R de R.L. o de S.C.

El apoyo identificado en este último punto ha permitido a los productores ser más exitosos, además del impulso mencionado, fungen como agentes de venta, concentrando la producción del grupo de productores de la región y colocándolas en los mercados de La Laguna, Puebla y CDMX principalmente. Las despepitadoras correspondientes a las regiones de Mexicali, Tamaulipas y Centro-Sur de Chihuahua están organizadas como una figura ajena a los productores bajo el término de “privadas”, las cuales cobran por los servicios de despepite y al terminar el proceso, las pacas de algodón pluma son entregadas al productor, quien será el encargado de conseguir clientes. Al respecto, el 13.95% de los productores del norte de México solventan el pago de fletes hacia el despepite.

Este tipo de organización de Cooperativa mantiene una gran capacidad de almacenaje, la cual tan solo en la región del Norte de Chihuahua tiene una capacidad de resguardar 65,000 pacas en el exterior y 8,000 pacas más en bodega (Figura 32). El equipo con el cuentan las despepitadoras son tragamódulo, quitapalos, doble quitapalos, báscula, bancos, limpia plumas y prensa.



Imagen 9. Infraestructura de algodoneiros, Janos Chihuahua.

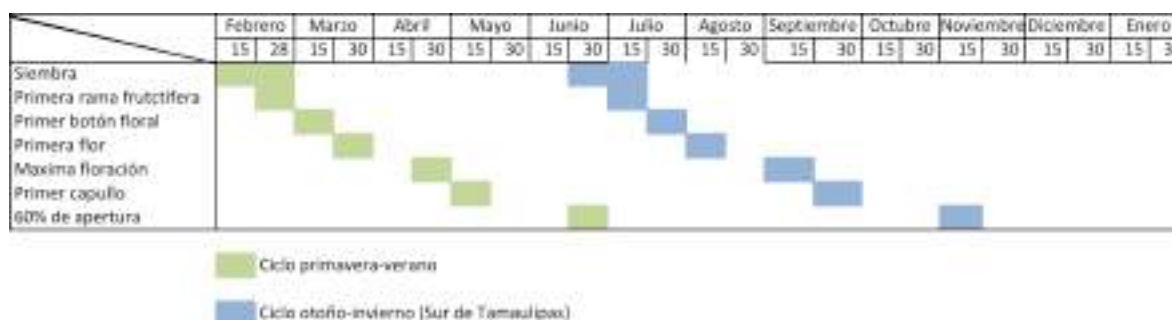
V. Impacto ambiental del cultivo de algodón GM



5.1 Manejo agronómico del cultivo y buenas prácticas agrícolas

El cultivo del algodón demanda de 12 meses, la siembra se lleva a cabo desde el 15 de febrero hasta el 15 de abril para las regiones del Valle de Mexicali, La Laguna, Chihuahua y el Norte de Tamaulipas, mientras que la región del sur de Tamaulipas realiza su siembra de algodón durante los meses de junio y julio. las actividades de cosecha se dan entre noviembre, diciembre y ocasionalmente en enero (Figura 30).

Figura 30. Calendario fenológico del algodón en el norte de México.



El 100% de los productores encuestados, indicó que utiliza semilla GM para sus plantaciones comerciales (Figura 31), mientras que en los refugios¹ se emplea

¹ Se le denomina refugio a la parcela establecida con plantas que no son BT cerca del cultivo GM, esto como una estrategia para monitorear y retrasar la evolución de la resistencia de insectos (Rocha-Munive, 2018).

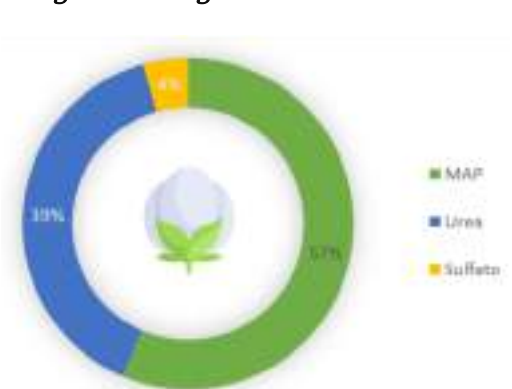
semilla mejorada, la cual deberá ser susceptible a ciertas plagas como estrategia de monitoreo sanitario. De acuerdo con los resultados de esta investigación se observó que la elección de la semilla GM para fines de establecimiento de predios comerciales es preferida por el costo/beneficio observado al ponderar el rendimiento, resistencia a plagas, tolerancia al glifosato y tolerancia a la escasez eventual de agua. Los agricultores de las diferentes regiones productoras de algodón de México tienen a su disposición actualmente semillas de algodón GM con características que les confieren tolerancia a herbicidas agrícolas cuyo ingrediente activo es glifosato y/o glufosinato y/o dicamba, además de características que les confieren resistencia a insectos plaga por la expresión de diferentes proteínas Bt (eventos apilados).

Figura 31. Proporción del tipo de semilla que se utiliza para el cultivo de algodón.



El tipo de fertilizante que aplican para este cultivo es químico y lo aplican de forma mecánica, según la respuesta de los productores. En la Figura 32, se observan los fertilizantes comunes que utilizan; el predominante fue el MAP², ya que los técnicos y asesores lo recomiendan, por el aporte que brindan al cultivo.

Figura 32. Proporción del tipo de fertilización que se utiliza para el cultivo de algodón en la región de la Laguna.



² MAP. Fosfato Monoamónico. Composición: nitrógeno 11% (N amoniacal 11%); fósforo 52% (soluble en agua 4%; disponible 52%).

Los fertilizantes comunes se muestran en la Figura 33, el MAP una vez más fue el predominante, ya que el 31% de los productores lo utilizan. La manera de aplicar este agroquímico es de forma mecánica y por fertirrigación. El MAP se aplica previo a la siembra, ya que es un fertilizante de fondo, mientras que la urea y los sulfatos tienen dos aplicaciones, una durante el desarrollo y otra en fructificación (Figura 34).

Figura 33. Diagrama del proceso de fertilización en tres etapas.

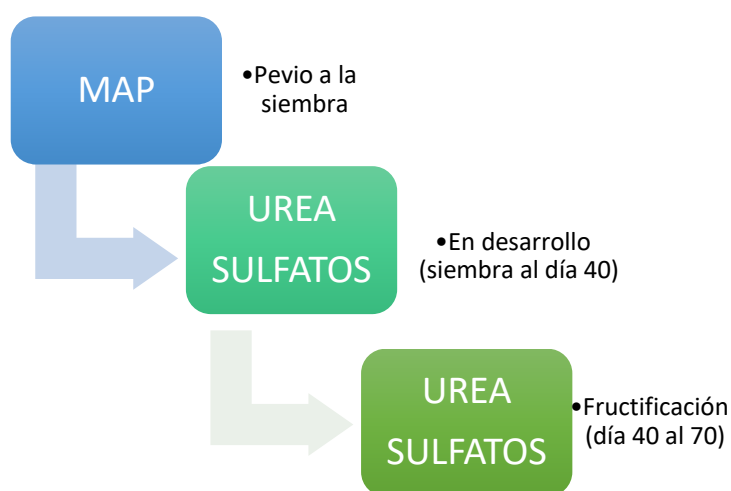
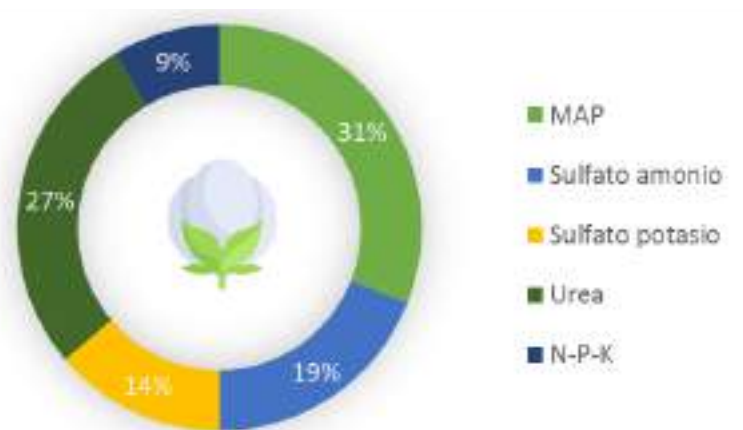
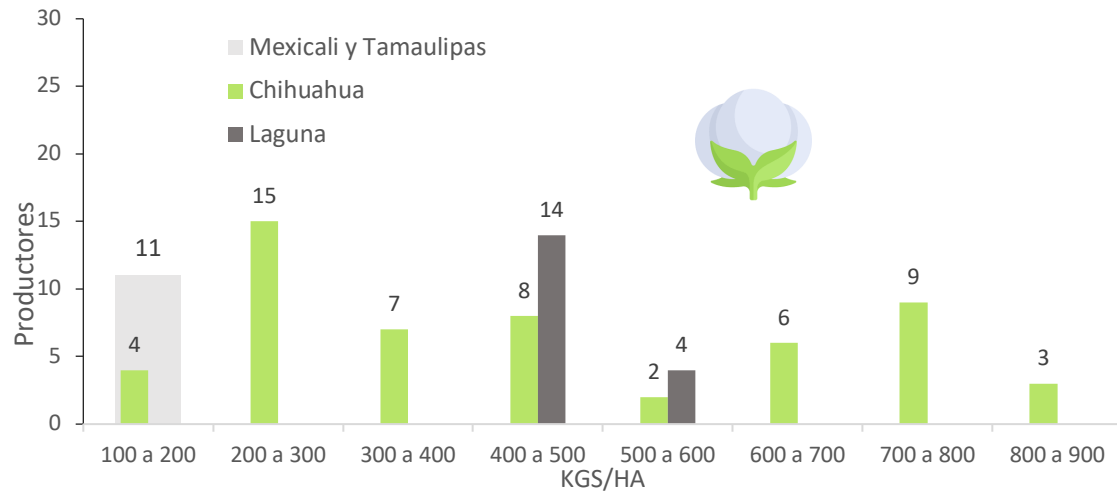


Figura 34. Fertilizantes utilizados en la región de chihuahua y su proporción de uso por productor.



La determinación de las cantidades de fertilizante que aplican durante el proceso de cultivo son en función de las recomendaciones que les brindan los facilitadores (técnicos), oscilando desde los 100 kg/ha hasta 900 kg/ha, según cada región, el detalle se aprecia en la Figura 35.

Figura 35. Proporción de fertilizantes Kg/ha que se utilizan en las 4 regiones del cultivo de algodón.

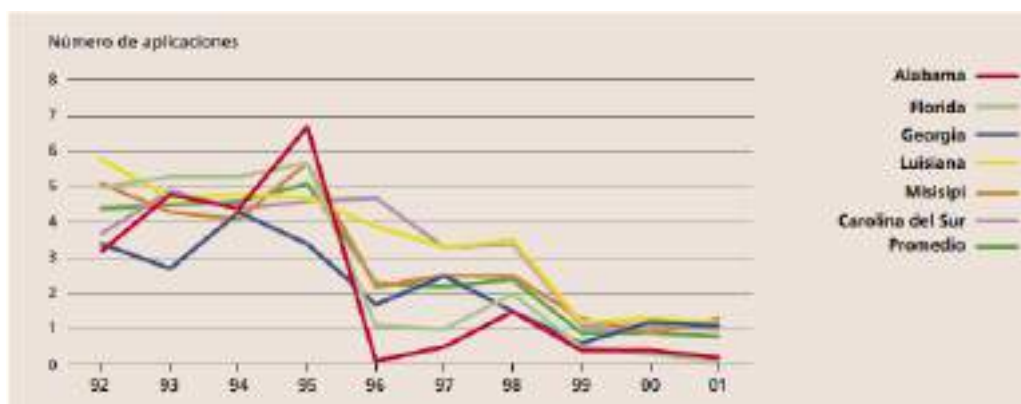


5.2 Reducción en el número de aplicaciones de plaguicidas en los últimos 10 años y su significado ecológico

El cultivo del algodón, tanto en la India, China y México, ha logrado ser recuperado a través de tecnología GM, no obstante, los alcances han ido más allá, pues han permitido reducir el uso de los contaminantes insecticidas químicos, así como un decremento en los contaminantes de los gases de efecto invernadero. Esto como parte de los beneficios tanto a los productores, a la salud de los trabajadores y al medio ambiente (Bolívar, 2019).

La reducción en el uso de agroquímicos para el control de insectos plaga ha sido el más evidente beneficio citado (Figura 36). El uso de tecnología GM en agricultura por evento tecnológico durante los primeros 21 años (1996-2016) reportó beneficios económicos de US \$186.1 mil millones, que desglosados por evento quedan de la siguiente manera: cultivos tolerantes a herbicidas US \$89.02 mil millones, cultivos resistentes a insectos US \$97.4 mil millones y otros cultivos biotecnológicos menores US \$0.4 mil millones (Brookes y Barfoot, 2018).

Figura 36. Aplicación de plaguicidas en Estados Unidos de 1992-2001.



Fuente: FAO, 2003.

En relación a las plagas que atacan al algodón, seis son consideradas las más dañinas, sobresaliendo el gusano rosado, oruga de la cápsula, oruga del brote del tabaco, oruga gregaria, gorgojo del algodonoero y la mosca blanca (Cuadro 18). En el control del Pulgón (*Aphis gossypii*), los insecticidas aplicados en los predios con tecnología convencional inciden en 3.6% en EIQ total, mientras en las variedades transgénicas

fue de 0.32% Nuopal BG/RR³, y de 0.33% en la variedad DP 455 BG-RR. En los insecticidas que se utilizaron en el control del gusano falso bellotero (*Spodoptera frugiperda*), se encontró un aporte al EIQ del 55.2% del índice total en la tecnología convencional. Para la variedad Nuopal BG/RR se encontró el 28% (Reyes *et al.*, 2010).



Imagen 10. Daños en bellota, capullo, fibra y flor roseteada, ocasionados por Pectinophora gossypiella (gusano rosado). Cortesía del Dr. Urbano Nava, Universidad Juárez del Estado de Durango.

Según lo reportado por los productores de la región de La Laguna, el picudo es el que tiene mayor aparición durante y después de la floración; indicando que el porcentaje de daño se encontró entre el 20% y el 30%. El producto que aplican para el control de los insectos es la cipermetrina.

³ BG/RR: tecnología que contiene proteína para el control de insectos lepidópteros pero también suma una ventana de aplicación más amplia de glifosato

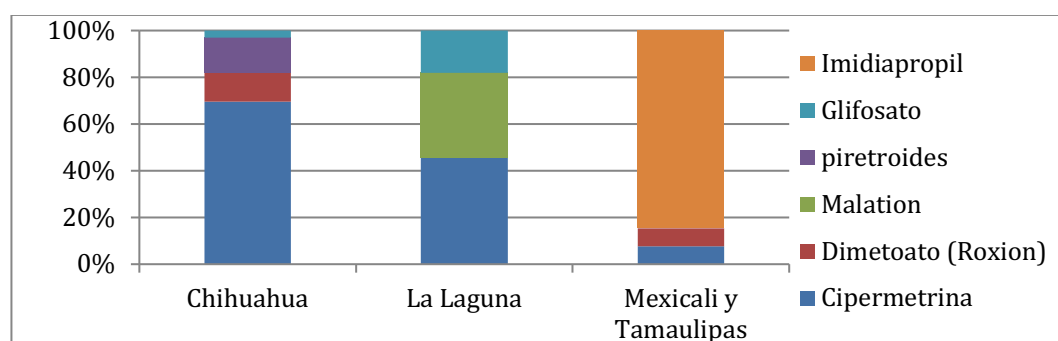
Cuadro 18. Adopción del algodón Bt y distribución geográfica de los problemas de plagas en las principales zonas algodoneras de México, 1997-98.

Plaga	Eficacia del Bt	Otras plantas huéspedes	Gravedad del problema ¹					
			Comarca Lagunera	Tamaulipas	Norte de Chihuahua	Sur de Chihuahua	Sonora	Baja California
Gusano rosado	Total	Ninguna	Altísima	Ninguna	Menor	Media	Media	Media
Oruga de la capule	Alta	Maíz, sorgo	Alta	Alta	Media	Media	Menor	Menor
Oruga del brote del tallo	Parcial	Maíz, sorgo	Media	Alta	Media	Media	Media	Menor
Oruga gregaria	Parcial	Muchas	Menor	Alta	Media	Media	Menor	Menor
Gorgojo del algodón	Ninguna	Ninguna	Erradicada	Altísima	Menor	Altísima	Menor	Ninguna
Mosca blanca	Ninguna	Muchas	Menor	None	Ninguna	Ninguna	Altísima	Altísima
Adopción de Bt en 2000 (porcentaje)			96	37	38	33	6	1

Fuente: FAO, 2003.

En Chihuahua, entre las plagas comunes que se presentan en el cultivo del algodón (Figura 46) la chinche lygus es la que tiene mayor aparición, esto según lo comentado por 45 productores, mientras que la mosca blanca y la conchuela muy pocos encuestados manifestaron que afectan al cultivo. Para combatir a dichas plagas, los productos de mayor mención fueron la cipermetrina en dosis de 2 L/ha, dimetoato 1.5 L/ha y metamidofos 6 L/ha. Las dosis aplicadas, son recomendaciones de los técnicos (Figura 37).

Figura 37. Principales insecticidas que se usan para combatir las principales plagas del cultivo de algodón.



5.3 Reducción del consumo de diesel por la siembra de algodón GM

La adopción de nuevas tecnologías en el cultivo del algodón resistente a plagas y enfermedades representan un ahorro en materia de aplicaciones de agroquímicos, por ende, en el uso de combustibles fósiles que proporcionan a los tractores. En el Cuadro 19 se presentan dos escenarios de ahorro en combustible, las variaciones son el número de caballos de fuerza (HP) y la otra variación es el tipo de aspersora utilizada (d). Mediante una estimación de los km lineales ahorrados se aprecia que el consumo de combustible se ha disminuido hasta en 49.69 L/Ha de algodón.

Cuadro 19. Ahorro en combustible por Ha de algodón GM.

Modelo del tractor (HP)	Velocidad (a)	Consumo de combustible (b)	Consumo por Km recorrido F= (b/a)	Número de aplicaciones reducidas (c)	Tipo de aspersora utilizada (d)	Estimación de kilómetros lineales disminuidos (e)	Ahorro en combustible por Ha (e*F)
110.7	7.5 km/h	23.36 (l/h)	3.1148 l	12	Autopropulsada (Moyote de 32mt)	300m*12= 3.6 km	3.6 km*3.1148 l= 11.21 L*Ha
111.7	7.5 km/h	27.98 (l/h)	3.7307 l	12	De 3 puntos para 10-12 surcos	1110m*12=13.3 2 km	13.32km*3.730 7 l= 49.69 L*Ha

El ahorro estimado con estas tecnologías permite la reducción de 3 aplicaciones de agroquímicos, se estima 16.75 Kw/ha con un tractor promedio y una aspersora de 10-12 surcos, lo cual es equivalente a una potencia de 22.3 HP que necesita una secadora industrial de cascarilla (Cuadro 20).

Cuadro 20. Estimación en el consumo de energía eléctrica por el uso del tractor.

Modelo del tractor (HP)	Velocidad (a)	Consumo de combustible (b)	Consumo por Km recorrido F= (b/a)	Número de aplicaciones reducidas (c)	Tipo de aspersora utilizada (d)	Estimación de kilómetros lineales disminuidos (e)	Ahorro en combustible por Ha (e*F)	Ahorro en kw (840grs=1 lt)
110.7	7.5 km/h	23.36 (l/h)	3.1148 l	12	(de 32mt)	300m*12= 3.6 km	3.6 km*3.1148 l= 11.21 L*Ha	(0.283 l/kw·h)*(11.21) = 3.177 kw/Ha
111.7	7.5 km/h	27.98 (l/h)	3.7307 l	12	De 3 puntos para 10-12 surcos	1110m*12=13.32 km	13.32km*3.7307 l= 49.69 L*Ha	(0.337 l/kw·h)*(49.69) = 16.75 kw/Ha

5.4 Emisión de gases de efecto invernadero

Las emisiones de gases de efecto invernadero, no sólo están siendo emitidos por las empresas, cualquier desplazamiento que se tiene en vehículo, tren, e incluso encender la luz en casa representa una liberación de estos gases, principalmente de CO₂. En este punto es preciso mencionar que, desde el Protocolo de Kioto, se han establecido mecanismos para fomentar las buenas prácticas que permiten una reducción en la emisión de estos gases, por medio de los bonos de CO₂. Así, las empresas que desean comprar bonos pueden compensar sus emisiones al adquirir estos, de una manera regulada y en apego a normas y metodologías como lo son “Greenhouse Gas Protocol”, PAS 2050, así como algunas ISO de 14,064 y 14,067 (CeroCO2, 2019). Dentro de los gases de efecto invernadero, uno de los más importantes es el bióxido de carbono (CO₂). De la muestra entrevistada, se realizaron estimaciones del ahorro en estas emisiones, tomando como base, la reducción en el uso de un tractor agrícola, con ello se puede estimar la cantidad de bonos ambientales en la superficie estudiada/ha. Según los reportes de CeroCO2, una de las organizaciones más recurridas en España para cuestiones de bonos de carbono, un vehículo diesel (equivalente al tractor agrícola) emite 0.185 kg de CO₂ por cada kilómetro recorrido, lo cual nos hace pensar que si las aplicaciones de agroquímicos se disminuyeron de 15 a 3 en últimos 20 años y un tractor agrícola recorre en el predio de algodón entre 300-1110 metros lineales por hectárea, la huella de carbono se ha reducido entre 0.666-2.464 kg de CO₂ con el apoyo de tecnologías en semilla y labores culturales (Cuadro 21).

Cuadro 21. Emisiones de gases de efecto invernadero.

Tipo de aspersora	Tamaño del lote promedio	Número de aplicaciones reducidas	Estimación de kilómetros lineales disminuidos	Ahorro en la emisión de CO ₂	Cantidad necesaria para un bono
Autopropulsada (Moyote de 32mt)	1 ha	12	300m*12= 3.6 km	3.6 km*0.185 kg de CO ₂ = 0.666 kg de CO ₂ *ha	1500 ha
De 3 puntos para 10-12 surcos	1 ha	12	1110m*12=13.32 km	13.32km*0.185 kg de CO ₂ = 2.464 Kg de CO ₂ *ha	405.8 ha

5.5 Manejo de la maleza

La presencia de maleza es uno de los factores más importantes que limitan la productividad del algodón. La competencia de la maleza por luz, agua y nutrimentos afecta el desarrollo y calidad del algodón y si no se controla eficientemente durante los primeros 50 a 60 días después de la emergencia del cultivo, se reduce el rendimiento en un 30 a 50% (Loera-Gallardo *et al.*, 2015). Adicionalmente, la maleza ocasiona daños en forma indirecta al dificultar la cosecha, contaminar la fibra e influir en la incidencia de insectos plaga y enfermedades que utilizan a las malezas como hospederos alternantes, implicando también el control de maleza en las fases finales de desarrollo del cultivo (Loera-Gallardo *et al.*, 2015). Para disminuir el daño ocasionado por la maleza el productor asigna recursos para su control a través de métodos manuales (azadón), mecánicos (escardas) y químicos (herbicidas).

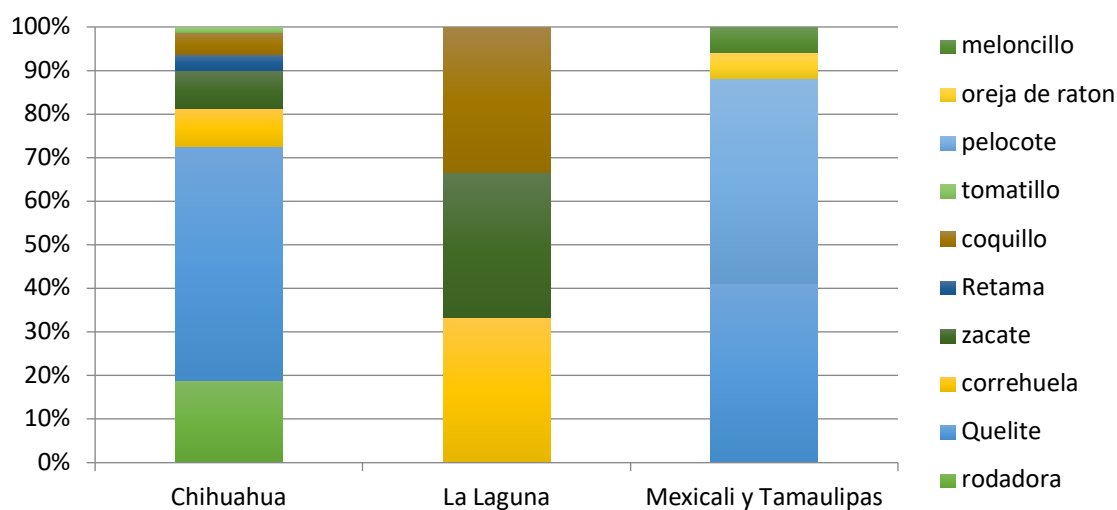
En la actualidad las prácticas de control de maleza en algodón en el Norte de México se basan principalmente en la aplicación de herbicidas pre-emergentes residuales (acetoclor, trifluralina y pendimetalina), herbicidas post-emergentes (setoxidim, glifosato, glufosinato de amonio y dicamba), cultivos mecánicos y deshierbes manuales esporádicos. La aplicación de algún ingrediente activo solo o en mezcla de tanque, está relacionada con el tipo de maleza presente en el campo de cada agricultor, en el Cuadro 22 y Figura 38 se presentan las especies de maleza más comunes en las regiones algodoneras.

Cuadro 22. Nombre común, científico y familia de especies de maleza comunes en el cultivo del algodón en el Norte de México.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Zacate Johnson	<i>Sorghum halepense</i>	Poaceae
Zacate chino	<i>Cynodon dactylon</i>	Poaceae
Zacate toboso	<i>Panicum texanum</i>	Poaceae
Zacate guiador	<i>Panicum reptans</i>	Poaceae
Zacate pinto	<i>Echinochloa colona</i>	Poaceae
Coquillo	<i>Cyperus esculentus</i>	Cyperaceae
Quelite	<i>Amaranthus palmeri</i>	Amaranthaceae
Chual	<i>Chenopodium murale</i>	Chenopodiaceae
Retama	<i>Flaveria trinervia</i>	Asteraceae
Cadillo	<i>Xanthium strumarium</i>	Asteraceae
Ceniza	<i>Verbesina encelioides</i>	Asteraceae
Trompillo	<i>Solanum elaeagnifolium</i>	Solanaceae
Tomatillo	<i>Physalis ixocarpa</i>	Solanaceae
Rodadora	<i>Salsola kali</i>	Chenopodiaceae
Campanita	<i>Ipomoea purpurea</i>	Convolvulaceae
Correhuela	<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae
Huizachito	<i>Hoffmanseggia glauca</i>	Fabaceae
Cacahuatate	<i>Arachis hypogea</i>	Fabaceae
Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae
Torito	<i>Kallstroemia parviflora</i>	Zygophyllaceae

Fuente: Delgado et al., 2020; Garzón-Tiznado et al., 2019¹; Garzón-Tiznado et al., 2019²

Figura 38. Principales malezas reportadas por los productores del algodón del norte de México



La adopción de variedades de algodón biotecnológico tolerante a herbicidas ha puesto a disposición de los agricultores diferentes mecanismos de acción herbicida como glifosato, glufosinato de amonio y dicamba que ahora pueden aplicarse de forma postemergente total, lo que permite un manejo más eficiente y flexible de la maleza en el cultivo del algodón. Esta disponibilidad de mecanismos de acción combinada con el uso de herbicidas pre-emergentes y cultivos mecánicos es particularmente importante para el manejo y prevención de resistencia de las especies de maleza a los herbicidas.

El uso inapropiado de los herbicidas puede llevar a la selección de especies de maleza resistentes. Por lo tanto, es extremadamente importante que el manejo de maleza se realice siguiendo una estrategia de manejo integrado que considere todas las técnicas de control económicamente disponibles (Rosales *et al.*, 2002; CropLife, 2012). Las compañías desarrolladoras de cultivos biotecnológicos han propuesto planes de manejo de maleza que comunican y actualizan permanentemente a los agricultores con el objetivo de retrasar la selección de especies de maleza resistentes:

- a) Sembrar en un terreno bien preparado y libre de maleza.
- b) Utilizar semilla legal libre de semilla de especies de maleza.
- c) Aplicar riegos muertos para manejar la maleza de forma mecánica o con herbicidas no selectivos antes de la siembra del cultivo.
- d) Calibrar el equipo de aplicación para asegurar que la aplicación se realice de manera correcta.
- e) Usar la dosis de herbicida y el método de aplicación indicado en la etiqueta.
- f) Controlar las malezas en sus primeras etapas (altura no mayor a 15 cm) para evitar la competencia con el cultivo y la producción de semillas.
- g) Utilizar labranza convencional como un componente esencial del manejo de malezas.
- h) Rotar herbicidas con diferente modo de acción y que sean efectivos contra las mismas malezas.
- i) Rotar cultivos que permitan el uso de herbicidas con diferentes modos de acción y el empleo de diferentes labores culturales.
- j) Monitorear la efectividad de los herbicidas aplicados y las poblaciones de maleza a nivel parcela. En caso de fallas de control, reportar a la empresa proveedora del producto.
- k) Eliminar escapes de malezas de forma manual o con escardas para evitar la producción de semillas.
- l) Garantizar que la maquinaria siempre esté limpia, sobre todo cuando se introduce de otras áreas agrícolas desde donde se pueden acarrear semillas de malezas que no están presentes en la zona agrícola de interés.
- m) Eliminar malezas en bordes de parcelas y canales de riego.
- n) Asistir a capacitaciones para el reconocimiento de especies de maleza e información sobre su biología y comportamiento.

5.6 Necesidades y áreas de oportunidad

La población encuestada manifestó que los riegos se han permanecido en la misma rutina, tanto en número como en cantidad de agua aplicada, eventualmente durante el tiempo de sequía, han observado cierta tolerancia al estrés hídrico, sin embargo, indican que sería conveniente, mejorar variedades para estos fines. Sobre el uso de agua- no solo la tecnología de semilla- resulta de interés fomentar una cultura del cuidado del agua y de mantos freáticos, con adecuado acompañamiento el productor puede llegar a integrar a sus labores, aquellas actividades que abonen a la sustentabilidad en el uso del agua. En la actualidad se tiene conocimiento que en las regiones del Valle de Mexicali y de Chihuahua existen problemas de disposición de agua, lo cual es una oportunidad para explorar opciones menos demandantes de agua, pues el nogal (1650mm de agua anuales), el manzano (650mm) y el durazno (800mm), han comenzado a sufrir por la carencia del agua.

Para las labores agrícolas se deben usar aquellos insumos con un potencial de optimizar el rendimiento de la producción y eso es lo que se observa en los comentarios del productor.

Los agricultores usuarios de la tecnología reciben la capacitación para su buen uso y manejo por parte de las empresas productoras de semilla, en atención al cumplimiento a la normatividad. Además, las empresas de protección de cultivos realizan capacitaciones, ya sea de forma directa como a través de asociaciones como PROCYT mediante de su programa CuidAgro (PROCYT, 2015). Estos procesos deben incrementarse y mantenerse para coadyuvar al establecimiento de buenas prácticas de manejo de agroquímicos.

La producción de algodón en México enfrenta retos muy complejos que van desde la disponibilidad de semilla, la competencia desleal con semilla ilegal o pirata, la infestación de plagas y maleza, hasta el acceso a financiamiento y comercialización de la fibra. En este sentido es importante contar con procesos regulatorios eficientes, transparentes y basados en ciencia que den certidumbre a este sector productivo. México cuenta con una experiencia de más de 25 años y un marco regulatorio sólido para el manejo de cultivos biotecnológicos, lo cual debería permitir el acceso a nuestros agricultores a las nuevas tecnologías que les permitan ser más competitivos y productivos.

VI. Gobernanza del cultivo de Algodón



6.1 Leyes, reglamentos y otros instrumentos regulatorios aplicados al algodón GM

En México, desde el año 2005, con la entrada en vigor de la Ley de Bioseguridad de OGM, se ha solicitado el permiso de liberación al ambiente de variedades del cultivo de algodón modificado genéticamente con uno a más eventos, aunque desde el año 1996 se dieron los permisos de siembra de acuerdo con la NOM-056-FITO-1995 (Rocha Munive *et al.*, 2018).



*Imagen 11. Daños en algodón por Helicoverpa zea (gusano bellotero).
Cortesía de BASF.*

En los eventos solicitados para su liberación, se resaltan dos tipos de caracteres principales: uno que confiere tolerancia a herbicidas como el glifosato, glufosinato de amonio y dicamba, productos para la protección de cultivos que se utilizan para combatir el crecimiento de malezas y el otro que confiere resistencia a plagas de insectos del orden Lepidóptera, como *Pectinophora gossypiella* (gusano rosado), *Helicoverpa zea* (gusano bellotero), *Heliothis virescens* (gusano tabacalero), *Spodoptera exigua* (gusano soldado) y *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero).



Imagen 12. Daños en algodón por Spodoptera frugiperda (gusano cogollero). cortesía de BASF.



Imagen 13. Daños en algodón por Spodoptera exigua (gusano soldado). cortesía de BASF.

Estas solicitudes de liberación se han hecho para 8 cultivos en los últimos 15 años en donde sobresalen el maíz y el algodón por el número de permisos obtenidos, particularmente para el algodón las compañías promoventes son Monsanto, Dow Agrosiences, Bayer Crop Science y Syngenta (Rocha Munive *et al.*, 2018). En ese sentido, el Sistema Nacional de Información de CIBIOGEM (2019)⁴ indica que se han otorgado 671 permisos de liberación en sus diferentes etapas al ambiente de cultivos GM (Cuadro 23).

⁴ Consulta realizada el 18 de Abril de 2020, disponible en:
<https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/permisos-por-cultivo-2005-2019>

Cuadro 23. Permisos de liberación al ambiente en sus diferentes etapas de OGM en México, conforme a la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (2005-2019).

PERMISOS POR TIPO DE SOLICITUD			
Año	Experimental	Programa piloto	Comercial
2019	0	0	0
2018	11	10	6
2017	3	18	3
2016	12	12	2
2015	3	4	2
2014	21	13	0
2013	12	8	1
2012	43	25	5
2011	90	20	4
2010	86	23	1
2009	50	14	0
2008	44	6	0
2007	49	0	0
2006	26	0	0
2005	43	0	0
Total	493	6	24

Fuente: CIBIOGEM, 2019.

La Comisión Intersectorial de Bioseguridad de los Organismo Genéticamente Modificados (CIBIOGEM) es un órgano dependiente del Poder Ejecutivo Federal. Esta comisión se encarga de establecer las políticas con respecto al uso de Organismos Genéticamente Modificados (OGM). La CIBIOGEM está integrada por las siguientes instancias: SADER (antes SAGARPA), MEDIO AMBIENTE (antes SEMARNAT), Secretaría de Salud, Secretaría de Economía, Secretaria de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de educación Pública y CONACYT. Esta Comisión está a cargo del Sistema Nacional de Información sobre Bioseguridad y dentro de este, del Registro Nacional de Información⁵ sobre Bioseguridad.

⁵ En el cual se hace pública la información de los eventos que han sido solicitados por los diferentes promoventes (academia e industria), las resoluciones de las autoridades y toda la información del producto, desde sus características hasta la región geográfica involucrada. Consulta realizada el 18 de Abril de 2020, disponible en: <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/sistema-nacional-de-informacion/registro-nacional-bioseguridad-ogms>,

El cultivo de algodón GM está presente en México desde hace más de 25 años. En general la ley de bioseguridad y su reglamento dictan que la liberación de organismos genéticamente modificados debe ser analizada de forma particular y por varios procesos por parte del a SAGARPA y SEMARNAT, es decir, paso a paso y caso por caso. Las solicitudes deben ser evaluadas por los organismos mencionados con la finalidad de determinar mediante el análisis de riesgo⁶, las medidas de bioseguridad⁷ que se deben implementar durante la liberación al ambiente para evitar, reducir o mitigar cualquier impacto del cultivo genéticamente modificado. Es así como estos cultivos son evaluados científicamente para comprobar su seguridad. En caso de un dictamen favorable de liberación para siembra de un cultivo GM, se deberán seguir las pautas en las que se deberá realizar la introducción de esta semilla a las áreas productivas.

Además de las evaluaciones técnicas y el análisis de riesgo por las autoridades competentes, conforme el artículo 108 de la LBOGM, la CIBIOGEM, en coordinación con la Comisión para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, cuenta con un Protocolo para la “Consulta a Pueblos y Comunidades Indígenas asentadas en las zonas donde se pretenda la liberación de OGM”. El protocolo tiene un enfoque de “caso por caso”, es decir, contiene lineamientos generales para el desarrollo de consultas *ad hoc*, según sea el caso y el permiso por expedir. El objeto de las consultas es llegar a acuerdos con las comunidades y, en su caso, a la definición de medidas adicionales, cuando ello aplique. En el caso de las consultas por la liberación al ambiente de algodón GM, la mayor parte de los procesos presentó como resultado una opinión colectiva favorable, al no percibir afectaciones por la liberación de algodón GM en las zonas agrícolas que abarcan sus territorios. Solo en dos casos las comunidades indígenas formularon una opinión colectiva en sentido negativo, debido a la falta de beneficios directos por el uso del algodón GM, al no ser agricultores o productores de este tipo de cultivo (Pérez *et al.*, 2018).

De este modo la Ley determina que *“todo OGM que esté destinado a ser liberado comercialmente debe ser previamente sometido a pruebas satisfactorias conforme*

⁶ Estas pueden ser consultadas en el Centro de Intercambio de Información sobre Seguridad de la Biotecnología (CIISB), que es un mecanismo creado por el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología para facilitar el intercambio de información sobre organismos vivos modificados (OVM) y ayudar a las Partes a cumplir sus obligaciones en virtud del Protocolo.

<https://bch.cbd.int/about/countryprofile.shtml?country=mx>

<https://bch.cbd.int/database/results?searchid=774829>

⁷ Bioseguridad: Las acciones y medidas de evaluación, monitoreo, control y prevención que se deben asumir en la realización de actividades con organismos genéticamente modificados, con el objeto de prevenir, evitar o reducir los posibles riesgos que dichas actividades pudieran ocasionar a la salud humana o al medio ambiente y la diversidad biológica, incluyendo los aspectos de inocuidad de dichos organismos que se destinen para uso o consumo humano (LBOGM)

<https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/normatividad/normatividad-vigente-en-materia-de-bioseguridad>

a los estudios de riesgo, la evaluación de riesgos y los reportes de resultados aplicables en la realización de actividades de liberación experimental y de programa piloto” (SEMARNAT, 2019).

En materia de normatividad vigente⁸ (2020) en materia de bioseguridad, México cuenta con:

- Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados
- Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados
- Reglamento de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados
- Reglas de Operación de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados

⁸ <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/normatividad/normatividad-vigente-en-materia-de-bioseguridad>

6.2 Implementación y cumplimiento regulatorio

Por ley, sólo se han otorgado permisos para cultivar algodón GM en el norte del país debido a la presencia de algodón nativo al sur de México (Acevedo *et al.*, 2009). La LBOGM en el Título cuarto, Capítulo 1, Artículo 86-88 “considera como zonas restringidas de OGM aquellas donde se desarrollan especies de las que los Estados Unidos Mexicanos sea centro de origen y de diversidad genética, así como las áreas geográficas en las que se localicen”.

La Norma Oficial Mexicana NOM-164-SEMARNAT/SAGARPA-2013, establece las características y contenido del reporte de resultados de la o las liberaciones realizadas de organismos genéticamente modificados, en relación con los posibles riesgos para el medio ambiente y la diversidad biológica y, adicionalmente, a la sanidad animal, vegetal y acuícola.

También la NOM-026-SAG/FITO-2014, que establece el control de plagas de algodonero, contiene las regulaciones de carácter obligatorio que se deben cumplir para prevenir la dispersión y controlar las plagas: gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* Saunders), picudo (*Anthonomus grandis* Boheman) y el complejo gusano bellotero (*Heliothis zea* Bodie y *H. virescens* normativo Fabricius) que afectan al cultivo del algodonero; así como las medidas fitosanitarias para evitar la dispersión de estas plagas a zonas libres o de baja prevalencia. La relevancia en la actualización de esta Norma obedece a la responsabilidad de los productores para el cultivo del algodón en temas fitosanitarios y la intervención de las autoridades para el cumplimiento de la misma que permite la implementación de campañas para la erradicación de las plagas del algodonero. Este programa ha sido un éxito para el uso de los recursos derivado del uso de la biotecnología y la implementación de las prácticas fitosanitarias.



Imagen 14. Palomilla de Pectinophora gossypiella (gusano rosado). Cortesía del Dr. Urbano Nava, Universidad Juárez del Estado de Durango

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), mediante acuerdos publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF), ha establecido las siguientes zonas libres de gusano rosado (*Pectinophora gossypiella*) en México (Cuadro 24).

Cuadro 24. Acuerdos por los que se declaran zonas libres de gusano rosado en México.

<i>Fecha de publicación (Diario Oficial de la Federación)</i>	<i>Acuerdo</i>
<i>22 de noviembre de 2012</i>	<i>ACUERDO por el que se declara zona libre de gusano rosado (Pectinophora gossypiella) y picudo del algodnero (Anthonomus grandis) a los municipios de Juárez, Práxedes G. Guerrero, Guadalupe, Ahumada, Janos, Ascensión, Nuevo Casas Grandes, Casas Grandes, Galeana y Buenaventura, en el Estado de Chihuahua.</i>
<i>8 de diciembre de 2014</i>	<i>ACUERDO por el que se declara como zona libre de gusano rosado (Pectinophora gossypiella) al Estado de Chihuahua, al Municipio de Sierra Mojada del Estado de Coahuila y a los municipios de Álamos, BÁCUM, Benito Juárez, Cajeme, Etchojoa, Huatabampo, Navojoa y San Ignacio Río Muerto del Estado de Sonora.</i>
<i>3 de febrero de 2016</i>	<i>ACUERDO por el que se declara como zona libre de Gusano Rosado (Pectinophora gossypiella) a los Estados de Baja California y Sonora</i>
<i>25 de octubre de 2018</i>	<i>ACUERDO por el que se declaran como zonas libres del gusano rosado del algodnero (Pectinophora gossypiella), a las entidades federativas de Chihuahua, Sonora, Baja California y al Municipio de Sierra Mojada en Coahuila</i>
<i>20 de diciembre de 2018</i>	<i>ACUERDO por el que se declara como zona libre del gusano rosado (Pectinophora gossypiella) a los estados de Coahuila de Zaragoza y Durango</i>

Las campañas fitosanitarias (CESAVECH, 2019) y la siembra de algodón biotecnológico resistente a insectos lepidópteros encaminadas a la supresión de gusano rosado han tenido un impacto muy positivo en la región Norte de México. Como resultado de la alta efectividad de la tecnología Bollgard® introducida en México en 1996 y al éxito del programa binacional de erradicación de gusano rosado implementado por autoridades de agricultura de México y Estados Unidos, se han reducido significativamente los niveles de infestación de insectos lepidópteros en el cultivo del algodón, lo cual se complementa con la introducción de la tecnología Bollgard II® al permitir un mayor espectro de control de insectos lepidópteros. Estos resultados ponen de manifiesto la importancia que ha tenido la utilización de algodón biotecnológico como parte fundamental del programa de erradicación de gusano rosado en esta región agrícola de México.

El apoyo del Sistema Producto Algodón incluye el abastecimiento de equipo técnico, insumos productivos, recursos financieros, la producción primaria, acopio, transformación, distribución y comercialización. El sistema cuenta con comités, denominados Comités Sistema Producto, que operan en tres niveles principales estatal, regional y nacional y se conforman por los sectores:

- Productivo: productores, proveedores de insumos, maquinaria y equipo, industriales y comercializadores.
- Gubernamental: Gobierno Federal y los Gobiernos Estatales. En la operación, el gobierno solamente participa en los aspectos normativos y como facilitador del proceso.
- Organizaciones no gubernamentales: organismos e instituciones de enseñanza e investigación, agrupaciones de profesionistas y técnicos, entre otros.

Cada Sistema Producto está integrado por algunos de los siguientes eslabones: productores, industria, comercializadores, proveedores de insumos, equipos y servicios, investigación y asistencia técnica y representantes gubernamentales (DOF, 2013).



Imagen 15. Larvas de Pectinophora gossypiella (gusano rosado). Cortesía del Dr. Urbano Nava, Universidad Juárez del Estado de Durango

6.3 Programas sociales y de asistencia: apoyos, servicios a la comercialización y seguros de cobertura)

Si bien se cuentan con los organismos capaces de estimular la productividad del cultivo del algodón (Cuadro 25), los programas de apoyos han ido disminuyendo, para 2019 aún se mantuvieron:

- Los Incentivos para la administración de riesgos de precios del programa de agromercados sociales: Adquisición de coberturas de algodón pluma, 2019, con la finalidad de aprovechar las condiciones del mercado que les resulten favorables a los productores para proteger el ingreso esperado por la comercialización de sus cosechas.
- Los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA) apoyaron con gestiones para que intermediarios financieros brindaran servicios de fondeo, garantía y apoyos tecnológicos a los productores de algodón.
- Por su parte a nivel de gobiernos estatales se mantuvieron los apoyos del seguro por catástrofe, donde se beneficiaron productores de 1,147 ha de algodón con \$2,400.00 por cada una de esas hectáreas tan solo en caso de Chihuahua.
- Las campañas fito-sanitarias sufrieron una demora en la asignación de recursos económicos para operar.

Cuadro 25. Programas de apoyo al sector algodonero.

Institución	Programa	Descripción	Tipo
SNITT	Transferencia de tecnología	Difusión de conocimiento tecnológico	Apoyo en materia de investigación, transferencia de tecnología e innovación de las cadenas productivas
COFUPRO	Fortalecimiento de las Fundaciones PRODUCE	Validación y transferencia de tecnología	Apoyo al fortalecimiento de las Fundaciones PRODUCE
ASERCA	Cobertura de precios para el algodón	Asegurar precio base	Definición de agendas de innovación
FIRA	Financiamiento para el cultivo de algodón Fortalecimiento para organizaciones agroempresariales	Incremento al techo financiero para respaldar la siembra Producción, comercialización, acopio, despepito de algodón, dispersión de crédito agrícola	Subsidio directo a los productores Créditos directos a los productores
FIRCO	Proyecto estratégico para el fortalecimiento de infraestructura para la movilización y acopio de granos y oleaginosas	Apoyo para la construcción, modernización, ampliación y acondicionamiento y/o equipo de centros de acopio, para el almacenamiento de granos básicos u oleaginosas, en zonas de producción o de consumo	Apoyo directo a los productores organizados

Fuente: FAO, SAGARPA, 2014

Durante el 2020 se excluyeron del presupuesto federal:

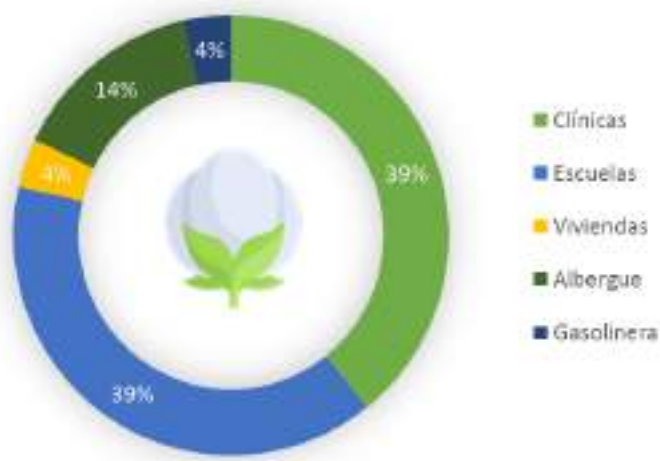
- Programa de Apoyos a la comercialización que auxiliaba a los productores de maíz, trigo panificable y cristalino, sorgo, soya, cártamo, canola, arroz, girasol y algodón pluma.
- Los programas de concurrencia de las entidades federativas.
- Además, los programas de tecnificación están orientados a apoyar sólo a productores con extensiones menores de 20 hectáreas, resulta importante mencionar que el promedio de extensión por productor algodonero es superior a las 20 ha, siendo únicamente aplicable a la región de la Laguna donde se reportó el promedio más bajo (13 ha por productor).
- Por parte de las campañas fitosanitarias se observa que la reducción de presupuesto ocasiona la desaparición de 4 iniciativas: tales como el control de malezas que inevitablemente afectará a otros cultivos como el frijol.

6.4 Áreas de oportunidad

En cuestión de normatividad, los puntos principales a tratar para la cadena productiva del algodón en México se relacionan con la gestión para el establecimiento de una Norma Oficial Mexicana que considere unidades de medición estándares para la clasificación del algodón. Ello implica la elaboración de reglamentos de la norma, establecimiento de mecanismos e instancias para la aplicación de los parámetros de calidad establecidos. El uso de la tecnología HVI podría dar mayor confiabilidad a todos los actores de la cadena y es un área de oportunidad a atender para que este tipo de evaluaciones sean de valor no solo para la industria textil, para apoyar en el establecimiento del valor de la producción.

Los productores de Chihuahua encontraron como áreas de oportunidad para la comodidad y bien de sus trabajadores la creación de espacios para escuelas, debido a que solo hay hasta el grado de primaria, y otra fue de clínicas y hospitales, ya que para acudir a un centro de salud tienen que viajar al municipio más cercano, la mayoría de las localidades visitadas se encuentran alejadas de las zonas urbanas (Figura 39); los productores de La Laguna, Mexicali y Tamaulipas, la respuesta fue que les falta capacitar más a los empleados.

Figura 39. Áreas de oportunidad detectadas por los productores en la región aldonera de Chihuahua.



VII. Cadena productiva y cadena de valor del algodón



En los resultados obtenidos se encontró que la producción de algodón de las regiones de Baja California, Chihuahua, Coahuila y Tamaulipas es destinada solo para la industria textil y pecuaria. Por lo que no se cuentan con datos de la fabricación de aceites a base de algodón cultivado en los sitios encuestados.

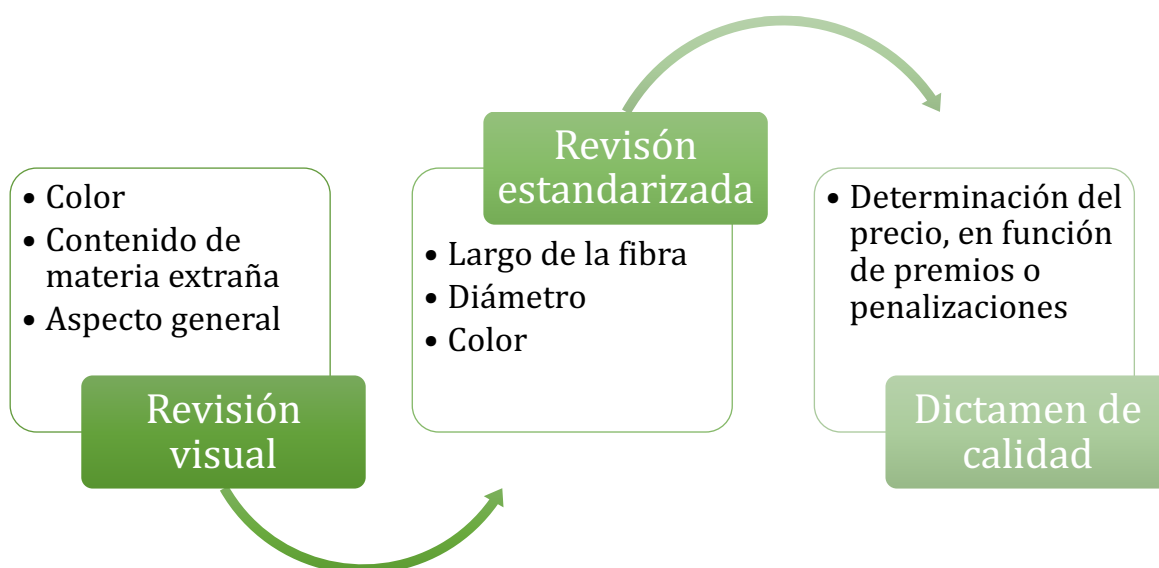
Así mismo, en los resultados obtenidos para las regiones de Baja California, Chihuahua, La Laguna y Tamaulipas los actores desconocen si se obtienen subproductos para usos farmacéuticos.

Durante la primera mitad del siglo XX una parte del aceite que se obtenía del algodón se destinaba para la elaboración de jabón, tal como fue el caso de la Compañía Industrial Jabonera del Pacífico, S.C.L. (1925) y la Compañía Industrial Jabonera de La Laguna (1925) que formaban parte de la cadena de valor del cultivo. Esta actividad industrial dejó de ser rentable después de los años 70' como resultado de la baja en los precios del algodón, mientras que los insecticidas, fertilizantes, sus aplicaciones y el mantenimiento de los tractores y equipos mantuvieron su costo, ocasionando así que la producción total del cultivo disminuyera drásticamente (Grijalva, 2014). Actualmente se utiliza el aceite de algodón, de girasol y de cártamo en procesos de la industria de alimentos, teniendo que México importó durante 2019 17,209 toneladas de estos aceites (SIAVI, 2019).

7.1 Algodón Pluma⁹

El algodón pluma es el principal producto esperado en el cultivo. Conforme el estudio se estima que por cada tonelada de algodón hueso que se cosecha, un 36% corresponde al algodón pluma. Este contiene las propiedades y estándares necesarios para su uso en la industria textilera (Figura 40).

Figura 40. Proceso de clasificación de las fibras de algodón.



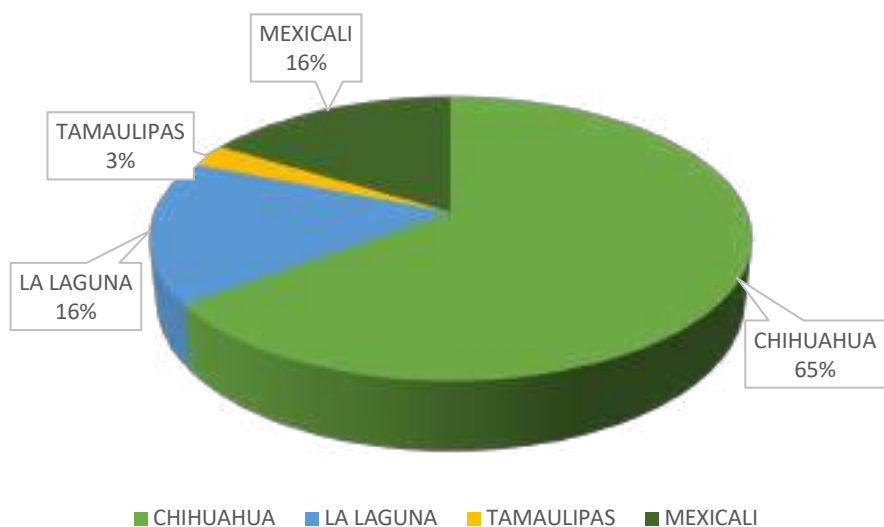
Elaborado con base en Grijalva, 2014.

Tan solo para el 2018 se estima, derivado del estudio, que los productores de algodón del norte de México obtuvieron \$13,331'353,080.29¹⁰ por el algodón pluma cosechado (Figura 41).

Figura 41. Valor de la producción del algodón pluma para el año 2018.

⁹ Una vez seca la flor del algodón, comienza a crecer el capullo, el cual una vez maduro y listo para su cosecha será llamado algodón hueso. Este a su vez está compuesto por miles de fibras de color blanco (algodón pluma) que cubren un considerable número de semillas (Grijalva, 2014).

¹⁰ Valor Estimado, tomando como referencia la cosecha de algodón hueso (SIAP, 2019), la superficie sembrada (Comités Estatales de Sanidad Vegetal 2019) que reportó el SIAP (2019), el precio de venta (Agro-costos FIRA, 2019) así como el coeficiente de transformación de 36% (estimación propia)



Clasificación del Algodón Pluma

Clasificar la fibra de algodón se refiere a la aplicación de procedimientos normalizados para la medición de los atributos físicos que afectan tanto a la transformación de la fibra en hilo, como a la calidad del producto (tejidos). Estos parámetros de calidad además de ser importantes para la calidad de hilo y tejido, también son utilizados como base de los textileros para pagar por el producto.

En la actualidad la necesidad de procesar una gran cantidad de muestras ha demandado la elaboración de instrumentos de precisión, tal es el caso de las pruebas de alto volumen, comúnmente referidas como “High Volume Instrument” (por sus siglas HVI) con base en la medición características de las fibras (Comité Nacional Sistema Producto Algodón, 2012). En ese sentido, la industria productora de semilla de algodón desarrolla variedades productoras de fibra con características para cumplir con los parámetros de calidad que la industria textil requiere como se muestra en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Clasificación de la fibra de algodón.

Medición básica	Descripción
Longitud de fibra	La longitud de la fibra del algodón es la longitud promedio de la mitad más larga de las fibras de una muestra (longitud media superior), la cual se expresa generalmente en centésimas y/o 32avos de pulgada (<i>staple</i>). La importancia de la longitud de la fibra depende del tipo de industria textil, ya que una fibra larga produce hilos más fuertes y mejora la apariencia de las prendas, también es importante para mantener la eficiencia del proceso de hilatura, en especial con las nuevas tecnologías como la hilatura neumática o vortex (<i>Air-Jet Spinning</i>) que pueden ser más sensibles a problemas por fibra corta.
Uniformidad de longitud de fibra	La uniformidad de la longitud es la relación entre la longitud media de la muestra con relación a la longitud media superior de las fibras expresada en porcentaje (%). Si todas las fibras en la muestra tuvieran la misma longitud, la longitud media y la longitud media superior serían las mismas y el índice de uniformidad sería 100. El índice de uniformidad también es una medida indirecta del contenido de fibra corta (fibra < 0.5 in - 12.5 mm) ya que a menor índice de uniformidad, mayor contenido de fibra corta. La uniformidad de la longitud afecta la uniformidad y resistencia del hilo, reduce la eficiencia del hilado, aumenta las imperfecciones y limita los usos del hilo. La base es 80% y por debajo de este valor se aplican descuentos.
Resistencia de la fibra	La resistencia es la fuerza en gramos requerida para romper una unidad de fibra denominada tex (peso en g de 1000 m de fibra). La resistencia al rompimiento de la fibra de algodón es el factor más importante para determinar la resistencia al hilado de la fibra La resistencia de la fibra es determinada en gran medida por la variedad, sin embargo, el clima y la deficiencia de nutrientes también pueden afectar esta característica. Existe una alta correlación entre la resistencia de la fibra y la resistencia del hilo, por lo tanto, un algodón con una resistencia más alta soportará las roturas durante el proceso de hilatura. La medición de la longitud y a resistencia se deben determinar en la misma muestra de algodón. La base es ~28 g/tex, por debajo de este valor se aplican descuentos, arriba de 29.4 podría aplicar algún premio
Micronaire	Refleja la finura y madurez de la fibra. Una masa constante (2.34 g) de fibras de algodón es comprimida en un espacio de volumen y penetración de aire conocido. Es influenciado durante el periodo de crecimiento por condiciones ambientales como la humedad, temperatura, luz solar, la nutrición de la planta, crecimiento vegetativo excesivo, aplicación prematura del defoliante, entre otros. La fineza de la fibra afecta el proceso y la calidad del producto final en varias formas. En los procesos de limpieza y cardado los algodones con bajo <i>micronaire</i> o fibra fina requieren velocidades de proceso más lentas para prevenir el daño de las fibras.

continúa página siguiente...

Color	El color del algodón es determinado por el grado de reflectancia (Rd) y amarillez (+b) de la fibra. La reflectancia indica qué tan lustrosa u opaca es la muestra y la amarillez el grado de pigmentación. Se utiliza un código de color de tres dígitos para determinar el punto en el que los valores Rd y +b se intersectan en la carta de color del algodón Upland Americano. El color de la fibra es afectado por lluvia, heladas, daño de insectos, hongos, contacto de la fibra con el suelo, hierba o las hojas de la plana de algodón, humedad y temperatura excesivas durante el almacenamiento. La degradación del color debida a las condiciones ambientales afecta la capacidad de la fibra de absorber y retener colorantes.
Basura	La basura es la cantidad de material que no se puede hilar en el algodón, tales como hoja y corteza de la planta. La superficie de la muestra de fibra se escanea y la imagen digital es analizada para calcular el porcentaje (%) de área ocupada por partículas de basura, así como el número de estas partículas visibles . Un alto porcentaje de basura resulta en una gran cantidad de desperdicio en la planta textil y baja calidad del hilo. Pequeñas partículas de basura “pimienta”, son altamente indeseables, debido a que es más difícil removerlas de la fibra que las partículas más grandes
Grado de hoja	El grado de hoja es una medida del contenido de hoja de la planta en la fibra de algodón. Estos valores son afectados por la variedad, el método de recolección y condiciones durante la cosecha. El contenido de hoja es siempre un desperdicio y existen costos asociados a su remoción. Adicionalmente, las partículas pequeñas no siempre pueden removerse y éstas afectan la calidad del producto final
Materia extraña	La materia extraña es cualquier sustancia que se encuentra en el algodón que no sea fibra u hoja. Ejemplos de materia extraña son corteza de la planta, bolsas de plástico, tornillos, polvo y mielecilla derivada del ataque de insectos chupadores como pulgón y mosquita blanca. El tipo de materia extraña y un indicador de la cantidad (mucho o poca) son registrados por el clasificador como un comentario en el documento de clasificación.

Fuente: USDA, 2005.

Aunque en algunas regiones no se implementan medidas de tecnificación que optimice el cuidado de la fibra, en el Valle de Mexicali y Chihuahua, se observó una notable preocupación por parte de los productores y autoridades por mantener y obtener la mejor calidad de la fibra de algodón.

7.2 Semilla de algodón para alimento balanceado: derrama económica, empleos generados y actores relevantes en la cadena de valor

Si bien el principal producto corresponde a la fibra del algodón pluma, existen subproductos obtenidos en el proceso de desepite, principalmente semilla y borra. Cada tonelada de algodón hueso cosechado, además de contener un 36% de algodón pluma como se indicó, contiene un 50.769% de peso en semilla, un 0.36% de borra y el resto de cascarilla e impurezas (12.871%). En ese sentido, la semilla para alimento de ganado representa un importante volumen de peso y de operación para su obtención. Si bien los precios de este subproducto han tenido una baja del 12.50% en los últimos 8 años, la producción (oferta) se ha incrementado en 385% en el mismo lapso de tiempo, lo cual representa un saldo favorable a la hora de estimar el valor de la semilla obtenida la cual para el 2018 se fijó en \$1,470'095,550.00 para Chihuahua, \$216'041, 597.54 para La Laguna, \$76,761.50 para Tamaulipas y 407'840,684.55 para Mexicali (Cuadro 27).

Cuadro 27. Valor económico de la semilla obtenida del desepite de algodón para el año 2018.

Región	Valor en \$ (M/N) por región	Valor en \$ (M/N) total
Chihuahua	\$1,470'095,550.00	
La Laguna	\$216'041,597.54	
Tamaulipas	\$76,761.50	
Mexicali	\$407'840,684.55	
	Total	\$2,094'054,593.60

7.3 La borra¹¹

Una vez culminado el proceso de despepite y limpieza existen hebras de algodón las cuales no presentan la longitud mínima para ser consideradas en la industria textil, este subproducto es conocido en el mercado como borra (linter) y comúnmente utilizado como relleno en prendas de vestir como chamarras o en relleno de colchones y boxs de la base de las camas. En materia de transformación del algodón hueso se observó que tiene una relación de obtención de 1 paca de borra por cada 100 pacas obtenidas de algodón pluma, en las regiones de estudio representó un valor de \$23'647,420.80 tan solo en el 2018. La producción de borra corresponde a 1.2%, en Tamaulipas el 18% en La Laguna, el 30.42% en Mexicali y más del 50% en Chihuahua (Cuadro 28).

Cuadro 28. Valor económico de la borra rescatada del proceso de despepite (2018).

Región	Valor en \$ (M/N) por región	Valor en \$ (M/N) total
Chihuahua	11'913,501.60	
La Laguna	4'255,364.80	
Tamaulipas	285,251.60	
Mexicali	7'193,302.80	
	Total	\$23'647,420.80

Quizás el pago que recibe el productor por el concepto de venta de la borra sea el rubro que menos ingreso le representa, sin embargo, en su conjunto, es equivalente al total de los costos de transporte estimaos para desplazar el algodón hueso al despepite en todo el estado de Tamaulipas¹².

¹¹ Cuando sale del despepite, la semilla está aún cubierta con miles de fibras cortas denominadas borra, estas comúnmente adheridas a la cáscara de la semilla (Grijalva, 2014).

¹² Se estima que los costos de transporte del algodón hueso en el estado de Tamaulipas asciende a \$23,077,421.64, estimación propia tomando como referencia el número de hectáreas reportadas en el 2019 (Comité estatal de Sanidad Vegetal de Tamaulipas), así como el costo de transporte reportado por FIRA Agrocostos, 2019).

VIII. Caracterización social, económica y cultural de comunidades indígenas y actores relevantes de la cadena de valor



8.1 Análisis de actores y redes

La interacción entre los actores directos del cultivo del algodón en las regiones de estudio, y su tamaño, es proporcional al número de interacciones que efectúa el actor con otros miembros del cultivo (Figura 42). Esto indica que las personas más influyentes en el sector son en primer lugar las despepitadoras y los productores, en segundo lugar, los Comités de Sanidad Vegetal, las Uniones de Productores de Algodón (UPAS) y los técnicos de campo. Los proveedores de servicios y de fletes muestran una interacción más limitada; finalmente el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria por su naturaleza se apoya en los Comités Estatales para permear sus políticas hacia el sector:

Despepitadoras. Empresa encargada de proporcionar el servicio de despepite a los productores, estas se encuentran establecidas de manera estratégica sobre ciertas regiones en donde se garantice dar cobertura a los productores de esa región. Existen algunas despepitadoras que son independientes de los productores, otras se involucran más con los productores facilitándoles conocimiento, técnicos e insumos para establecer un compromiso de venta del algodón al terminar el ciclo. Estas mantienen una gran influencia en toda la cadena de valor del algodón, incluso mantienen proyecciones de las cosechas, para programar el servicio de flete (macheras), de despepite y de entrega.

Productores. Personas físicas o morales que cultivan algodón, se pueden identificar pequeños, medianos y grandes productores (10, 70, 200 ha respectivamente). Comúnmente proporcionan fuente de empleo en las comunidades donde tienen

establecidos sus predios algodonereros, naturalmente es el eslabón más importante y su interacción es con el 100% de los eslabones de la cadena de valor del cultivo.

Comités de Sanidad Vegetal. Integrados por organismos auxiliares en las diferentes regiones agropecuarias de cada estado del país, se encargan de llevar a cabo las campañas y los programas de prevención y erradicación de plagas para los diversos cultivos del estado al que corresponden. Institucionalmente pertenecen al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA).

Uniones de Productores de Algodón. Asociaciones constituidas como Sistema Producto en donde los productores toman acuerdos y retroalimentan a los diversos actores. Su nivel de interacción es tal que, son quienes autorizan que técnicos de campo puedan brindar asesorías a sus agremiados, así como con los proveedores.

Técnicos de campo. Encargados de proporcionar principalmente servicios de asesoría a los productores, tal servicio puede ser prestado en cualquier etapa del cultivo y tratando de ofertar soluciones más integrales, los técnicos de campo cuentan con una cartera de proveedores de insumos para el cultivo.

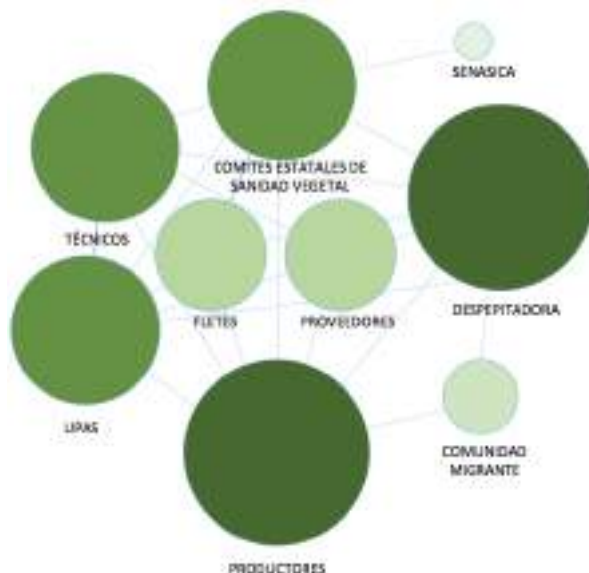
Proveedores. Su principal función es la venta de insumos, equipo e infraestructura. Por lo general cuentan con acuerdos con los entes de financiamiento para proporcionar al productor diversas opciones, recurrentemente están trabajando con los técnicos de campo, quienes a su vez reciben incentivos monetarios por su apoyo en la comercialización de productos.

Prestadores de servicio de transporte (fletes). Comúnmente están integrados dentro de los servicios de las despepitadoras, otros absorben estos gastos para trasladar sus pacas de algodón hueso al proceso de despepite, una vez obtenido al algodón pluma, la borra y la semilla, se recurre nuevamente al flete para trasladarlo a la propiedad del productor o eventualmente al cliente textilero.

Comunidad Migrante. Su participación como actor en el sector algodonerero obedece a su condición migrante en donde la comunidad se traslada por diversas localidades en busca de trabajo como jornaleros, en ese sentido ellos conocen los ciclos de cosechas de los diversos cultivos generadores de mano de obra, siendo la manzana, la nuez, el durazno, el chile y la cebolla los más demandantes por hectárea, particularmente el cultivo del algodón demanda entre 3 o 4 personas por hectárea, lo cual en una interpretación de 239,000 ha evidencia su importancia. Emanado del estudio se conoce que estas comunidades no se establecen de manera definitiva en alguna región o cultivo, careciendo de asentamientos fijos.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. El mecanismo de influencia hacia el sector algodonero del SENASICA es a través de los Comités de Sanidad Vegetal de cada Estado. En términos macros se definen las políticas y el presupuesto para las diversas actividades en materia de Sanidad Inocuidad y Calidad.

Figura 42. Nodo de actores directos en el cultivo de algodón.



Comunidad migrante que depende del cultivo de algodón

Se presenta un concentrado del comportamiento de la población de trabajadores (eventuales) que se contratan en las actividades del campo algodonero en México, con un error experimental del 5% se estima que la población de jornaleros contratados es de 18,027 (± 901), la importancia de este número radica en que el empleado (indígena) comúnmente migra a las regiones agrícolas de los Estados del Norte en donde el cultivo del algodón requiere de estas contrataciones con una duración de 1 a 3 meses, éste periodo no necesariamente es cubierto con las mismas personas durante los tres meses, debido a la alta tasa de migración y otros factores como por ejemplo en el desierto de Chihuahua donde las personas abortan su estadía en los campos algodoneros por las condiciones climáticas del lugar (Cuadro 29).

Estos jornaleros permanecen generalmente con sus familias en los predios, donde los patrones les facilitan alojamiento y servicios básicos. En los trayectos de visita no se identificaron asentamientos permanentes de indígenas, únicamente albergues para brindar atención en épocas de pizca o cosecha de productos como chile, nuez, cebolla y algodón.

Dentro de sus hábitos se encuentra el practicar algún deporte en el tiempo libre, como lo es el fútbol, basquetbol y voleibol.

Los trabajadores migrantes, no establecen comunidades fijas por su calidad de trabajo eventual, es común que los productores les proporcionen hospedaje y servicios básicos (agua, electricidad) durante su estancia. La dinámica del trabajador migrante obedece a la naturaleza de la pizca de los diversos cultivos que se dan en los estados, siendo los más demandantes de mano de obra migrante la cebolla, el tomate, el chile, la uva, la nuez, la manzana y el durazno.

En el caso del algodón los diversos procesos están tecnificados, por lo tanto la mano de obra por hectárea es de 2 a 4 empleados, no obstante al considerar el número de hectáreas establecidas en el norte de México, se vuelve un cultivo que requiere de mano de obra.

Si bien los contratos eventuales son por tres meses, existe una tasa de rotación de personal, pues las condiciones climáticas de las regiones algodonerías son tan extremas que ocasionan la deserción de un buen número de migrantes.

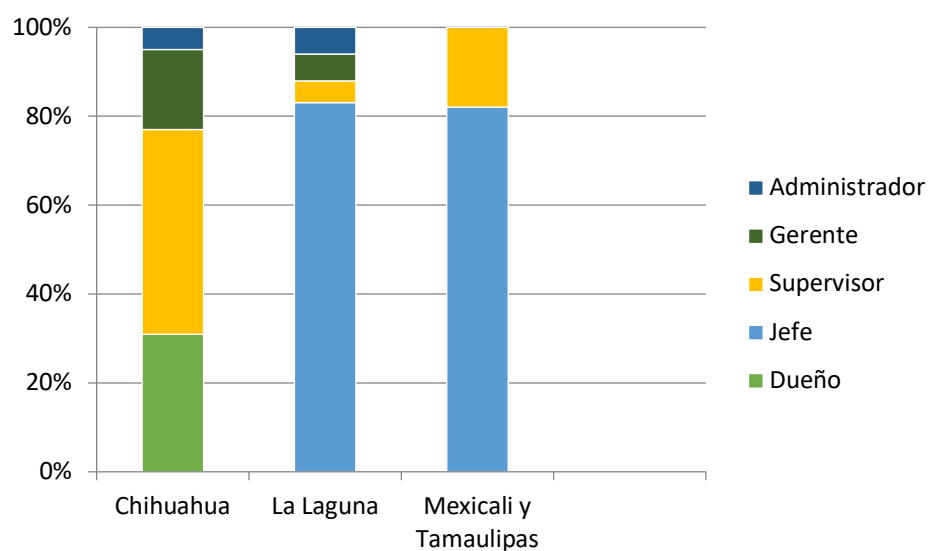
Cuadro 29. Estimación de jornaleros eventuales en las regiones productoras de algodón.

Lista de Empleadores General	Lista de empleadores depurada (EI)	Empleadores encuestados (EE)	N contratada por encuestados (Xi)	Superficie en hectáreas (Wi)	superficie promedio por empleador (S/ha) = Wi/EE	XP = Xi/Wi	Empleadores no encuestados (EnE) = EI-EE	Jornaleros estimados para EnE (JEnE) = (S/HA)(XP)(EP)	N estimada = JEnE + Xi	ε	error aplicado (ε) (N estimada)
5594	5056	168	599	2911.1	17.32798	.2058	4888	17428.05	18027	.05	901.35

8.2 Formas de organización social interna y mecanismos de toma de decisiones

Para las cuatro regiones algodoneras del norte de México se observó una organización jerárquica, en donde el trabajador recurre a su supervisor o jefe directo cuando se le presenta algún problema (Figura 43). Únicamente en la región de Chihuahua se identificó una mayor apertura por parte del propietario para atender a los trabajadores de área operativa, en donde bajo una estructura del tipo matricial el trabajador cumple con los objetivos de su jefe directo y además con la supervisión del propio dueño.

Figura 43. Personal a quien los trabajadores recurren al tener un problema.



IX. Aspectos socioeconómicos y culturales de la producción de algodón GM



9.1 Familias que se benefician con el cultivo de algodón

El número total de familias beneficiadas por el cultivo del algodón es de 54,283, tanto de productores como de trabajadores de campo, de transporte y de despepite.

El mayor porcentaje de los entrevistados corresponde al género masculino. No obstante, un fenómeno importante observado es la participación de la mujer en la producción y despepite de algodón en la Región de La Laguna, las cuales sumaron el 28% del total de la muestra, a su vez, dos de ellas contestaron que son las propietarias de los predios visitados y el resto ocupan puestos administrativos (Figura 44).

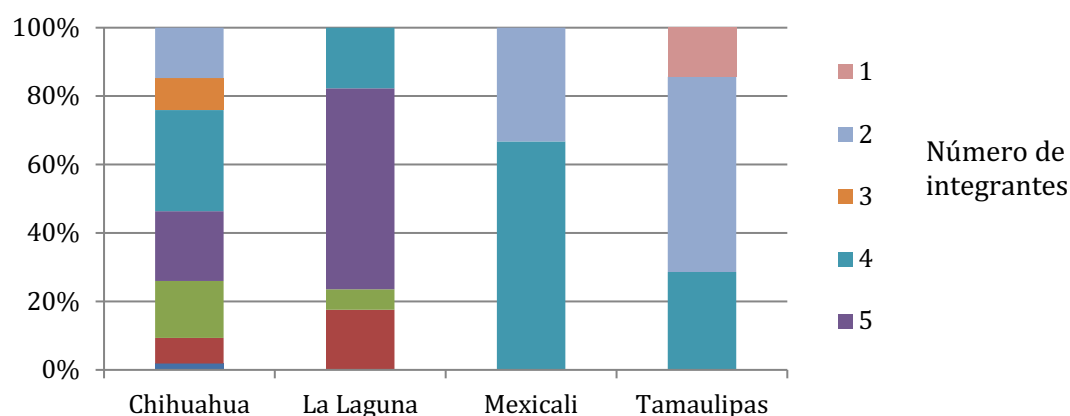
Figura 44. Proporción de hombres y mujeres entrevistadas de la región de La Laguna.



Las funciones detectadas que realizan los productores dentro del cultivo de algodón son: propietario, administrador, capataz y encargado.

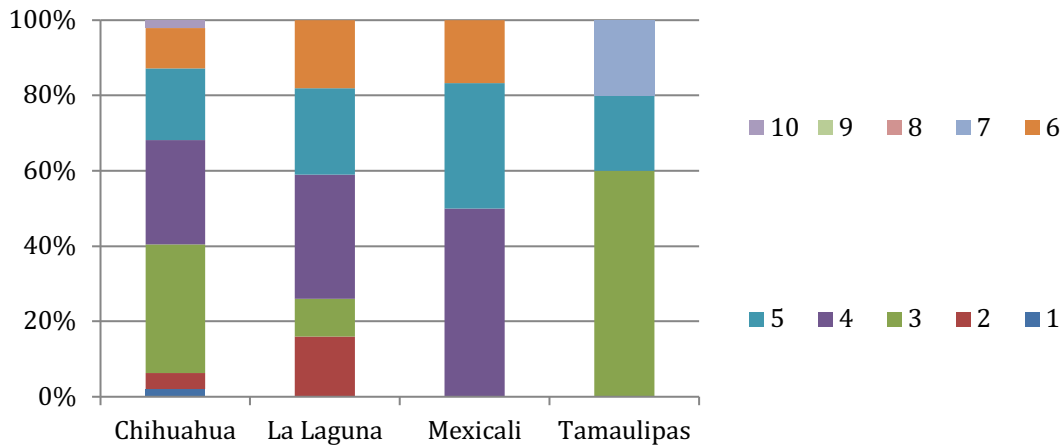
En Chihuahua el 83% son productores privados, del 100% encuestado, respondió el 71% que son los dueños y a su vez rigen el papel de administradores, el 81% de los productores indicó tener nivel secundario, ya que los algodoneros de Chihuahua principalmente son de origen menonita y el aprendizaje que manejan es distinto. Si bien, más de la mitad (52%) de los hogares de los productores de la región de Chihuahua se mantienen bajo el mismo número de integrantes que en La Laguna (4-5 integrantes), fue la única región del estudio donde se encontraron hogares de hasta 8 integrantes (8% del total de los productores de Chihuahua), lo cual es importante señalar, pues pone de manifiesto el nivel de dependencia hacia el cultivo del algodón para proveer el sustento económico al hogar. En Mexicali y Tamaulipas el 100% de los encuestados fueron los mismos dueños de los predios visitados (Figura 45). En regiones de Mexicali y Tamaulipas, el número de integrantes en los hogares de los productores es muy similar entre sí, siendo cuatro integrantes el mayor número observado, esto en comparación de los hogares en Chihuahua y La Laguna donde los hogares cuentan hasta con 7 integrantes.

Figura 45. Conformación de las familias de los productores algodoneros en función del número de integrantes en el norte de México.



El comportamiento de las familias de los trabajadores en tal región es muy similar a lo observado con los productores pues el 56% de las familias están integradas por 4-5 integrantes. Así mismo el 100% de ellos son los responsables del sustento económico de su hogar, siendo el cultivo del algodón su primera opción al buscar un empleo, esto por ser mejor pagados que en el resto de los cultivos. La cantidad de jornaleros/ha se estimó en 12, los cuales presentaron un promedio de 5 integrantes en el hogar Figura 46.

Figura 46. Conformación de las familias de trabajadores del cultivo del algodón en el norte de México, en función del número de integrantes.



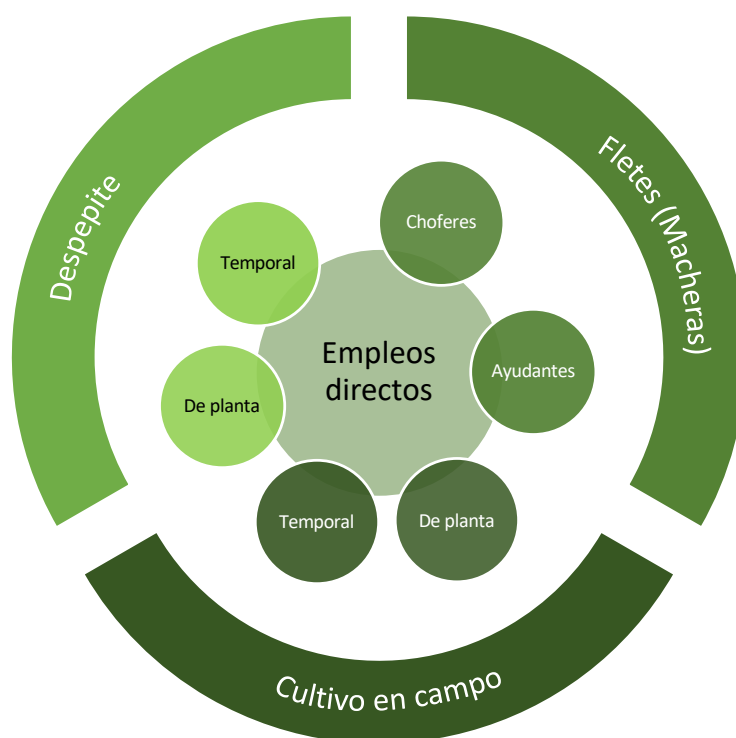
En la región de Chihuahua, el rol predominante del productor es como propietario del predio, sin embargo, los volúmenes de producción de algodón le han demandado contratar administradores y capataces para llevar las finanzas y el recurso humano (respectivamente) del predio.

Por su parte los trabajadores de las regiones de Tamaulipas y Mexicali, forman parte de hogares cuyo número de integrantes predomina entre los 4-5, y en menor grado hogares de 6-7 integrantes, fenómeno que sobrepasa lo reportado en la región de la Laguna.

9.2 Número de empleos directos e indirectos

Comúnmente, al hablar de los empleos que genera una actividad económica, se asocia el término a la generación de los empleos directos, es decir aquellos que intervienen de manera muy puntual en la producción de este, con ello se deja de lado la contabilización de aquellas actividades indirectas que permiten la integración de la cadena de valor. Los empleos directos pueden ser agrupados en tres categorías: aquellos que se dan en el cultivo del algodón, el despepito y los transportistas de campo a despepito, localmente denominados macheras. Las modalidades de contratación son “de planta” y eventuales, los primeros contratados por todo el ciclo agrícola y los de temporal por períodos de 3 meses. (Figura 47).

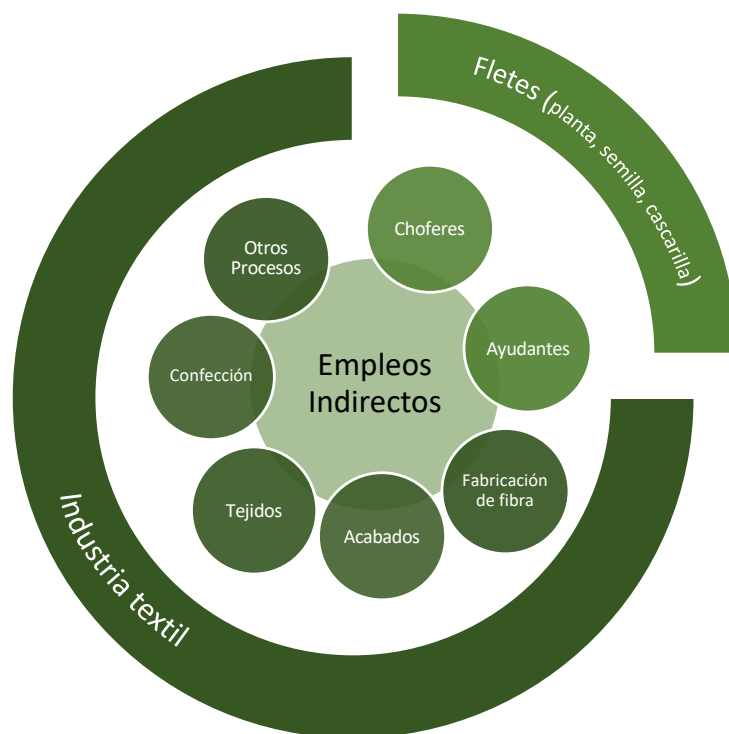
Figura 47. Categorías de los empleos directos generados por el cultivo de algodón, agrupados entre categorías: cultivo, despepito y fletes (macheras).



Los empleos indirectos se concentran en dos categorías, el servicio de fletes y la industria textil. Los primeros correspondientes a choferes y ayudantes, los propios de

la industria textil en fabricantes de fibra, acabados, tejidos, confección y otros procesos de acabado (Figura 48).

Figura 48. Categorías de los empleos indirectos generados por el cultivo del algodón¹³.



Número de jornales por hectárea

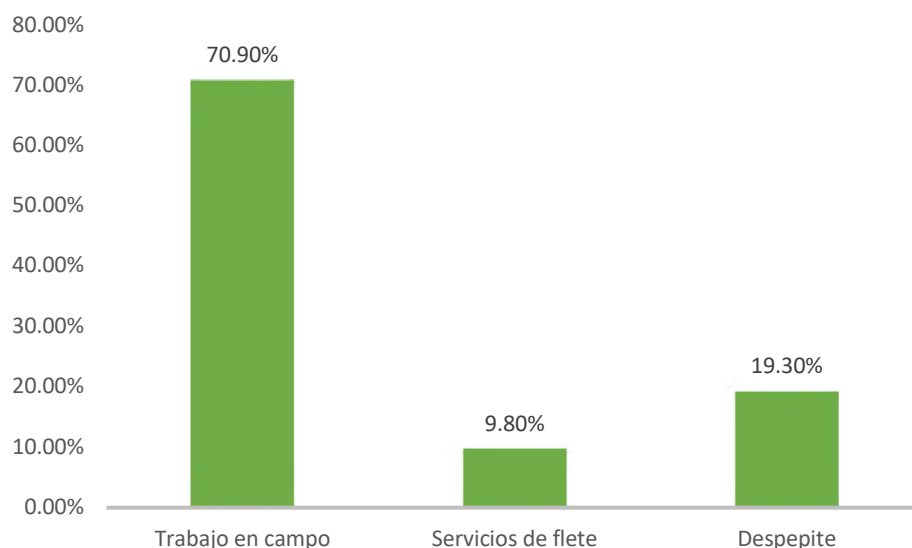
El jornal es la percepción económica por el trabajo desempeñado en una jornada de 8 horas de trabajo, con seis días de trabajo y uno de descanso (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2012).

Hasta los años 1940-50's, el algodonero fue el cultivo tradicional de La Laguna y durante muchos años fue casi un monocultivo llegándose a sembrar hasta 100,000 hectáreas por ciclo. Durante generaciones la actividad agrícola fue girando alrededor de este importante cultivo, alto generador directo e indirecto de mano de obra de 110 a 140 jornales /ha., con la mecanización, y antes de ella se llegó a tener de 200 a 230 jornales por ha (Aguirre, 2001).

¹³ Agrupados en dos categorías: servicio de fletes (para transporte de los subproductos) e industrial textil (actividades correspondientes a fibras, tejidos y confecciones)

Como resultado de las encuestas se observa que, debido a la tecnificación agrícola, para el cultivo del algodón se requieren actualmente en promedio 2 jornaleros por hectárea con habilidades en el manejo de esta tecnología, que simplifica las labores. Se cuenta con 11,188 empleados de planta y 18,961 eventuales, para el transporte mediante el uso de macheras se estima que 2,840 choferes son contratados y 5,680 ayudantes mientras que en despepito 2,414 trabajadores de planta y 7,606 temporales, es decir, el cultivo de algodón da empleo a 48689 personas. Esto se traduce en 6,280,416 jornales al año siendo distribuidos en 70.9% en campo, 9.8% en fletes y 19.3% en despepito (Figura 49).

Figura 49. Porcentaje de jornales generados de forma directa por el cultivo del algodón en México.



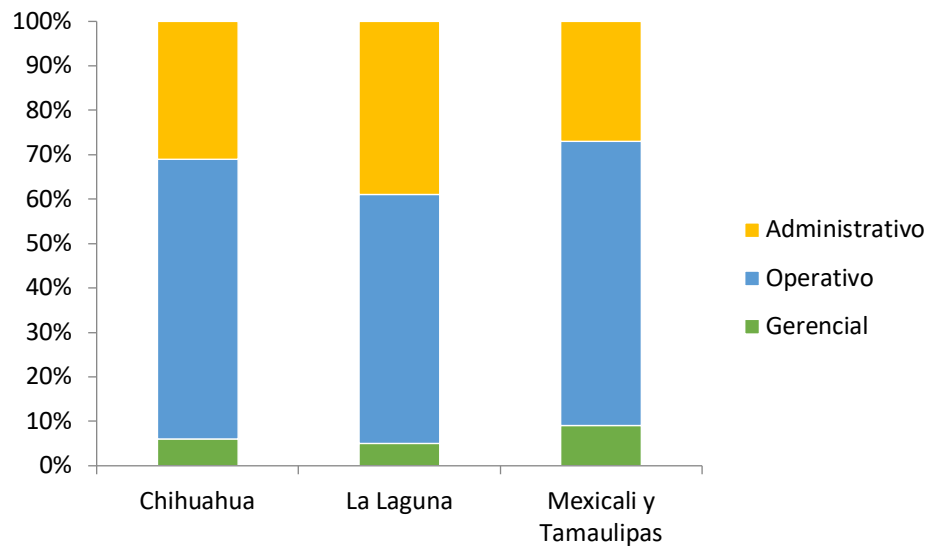
9.3 Remuneración de empleos directos e indirectos

La remuneración que perciben los jornaleros es de \$120.00 hasta \$350.00 diarios, siendo este su sueldo base y dependiendo de la distancia de la zona urbana; el 90% de los entrevistados indicó que, al finalizar el ciclo, les proporcionan una compensación, por ser temporales, éstos no tienen las prestaciones de ley, pero el productor se hace responsable del pago total en caso de algún accidente o enfermedad ocasionada por el trabajo. La permanencia del jornalero fue muy variada, se reportan altas de rotación en ellos, algunos cada semana se cambian de lugar de trabajo; los meses o tiempos que

requieren de mayor mano de obra es en noviembre y diciembre ya que es cuando cosechan. Así mismo el productor cuenta con gran interés de contratar a los trabajadores que el año anterior tuvo, pues ya cuentan con experiencia en campo.

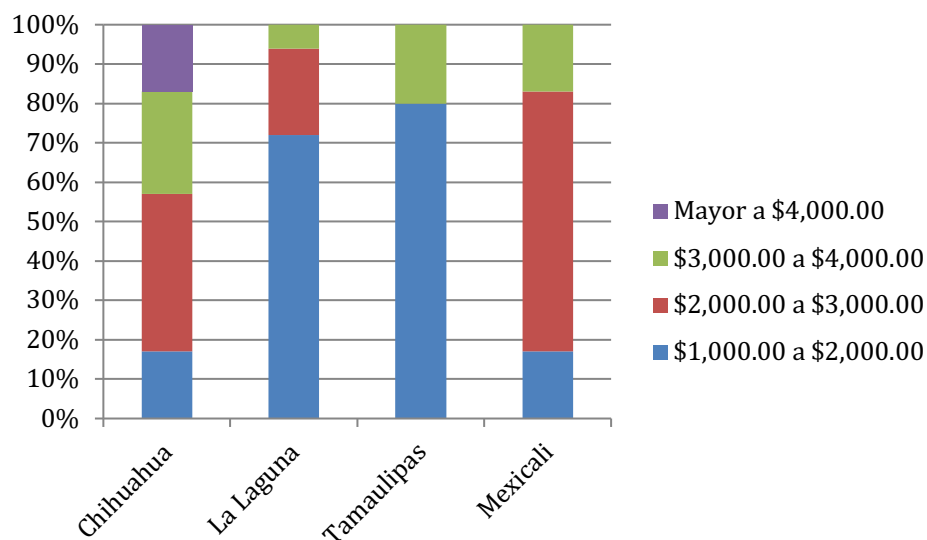
Los puestos y/o funciones de los trabajadores en los despepites se clasificaron en tres grupos, gerencial, administrativo y operativo (Figura 50).

Figura 50. Representación de los puestos de trabajadores de las despepitadoras en el norte de México.



Los más destacados son el personal de operaciones, es ahí donde entran los de mantenimiento, preñeros y ayudantes, por mencionar algunos, cuyos sueldos estuvieron alrededor de \$1,000.00 a \$2,000.00 semanales (Figura 51). Por otro lado, los gerentes presentaron la percepción más alta. En la región de Chihuahua existen 46 despepites, los cuales presentan un promedio de 34 trabajadores de planta cada uno.

Figura 51. Comportamiento de los sueldos de trabajadores del cultivo del algodón en el norte de México.



Mientras que en la región de La Laguna los salarios van desde \$1,000.00 hasta \$3,500.00 semanales, según la función y/o puesto que desempeñan. El personal de operación es principalmente quien percibe sueldos por debajo de \$2,000.00 semanales.

9.4 Empleos generados de la producción de algodón GM

A partir de las fuentes de información primarias como lo fueron las Autoridades Estatales, Municipales, Comités de Sanidad y Asociaciones locales, se obtuvo en primera instancia un listado de productores (empleadores), de los cuales se llevó a cabo una depuración de estos obedeciendo a aquellos que ya no trabajan en el algodón, ya no radican en la zona o debido a que la cantidad de productores en ciertas localidades era tan limitada que no era representativa del sitio. A partir de esa lista (empleadores) se estimó la muestra (n) y la población estimada de jornaleros eventuales.

Los jornales directos que genera el cultivo de algodón suman 6,280,416 durante el año, en este número entran los jornaleros que se encargan de la cosecha de dicho cultivo, sumado a estos entran los trabajadores de planta, quienes se encargan de las buenas prácticas agrícolas y de la manipulación del algodón mientras se encuentra en

desarrollo, así como el personal conformado en las despepitadoras, quienes lo procesan para que este se pueda industrializar (Cuadro 30). Estos jornales, se traducen en 48689 personas contratadas de planta y eventuales.

Cuadro 30. Mano de obra directa generada en el sector primario en el cultivo de algodón.

REGIÓN			MANO DE OBRA DIRECTA										TOTAL		
			CULTIVO				FLETE A MACHERAS		DESPEPITE						
			DE PLANTA	TEMPORAL	CHOFER	AYUDANTE	PLANTA	TEMPORALES							
CHIHUAHUA	2179	46	2	4322	4	8716	40	1840	80	3680	34	1564	111	6306	25364
MEXICALI	1223	9	2	3444	3	3666	40	368	80	736	34	206	100	908	8296
TAMAULIPAS	99	4	2	188	3	279	40	160	80	320	34	136	100	400	3483
LA LAGUNA	2100	22	2	4300	5	6900	40	480	80	960	34	408	100	1200	13548
Subtotal	5584	71	8	11188	15	12861	160	2840	320	6650	136	3414	411	7806	48889
		jornales por semana		67128		123768		17040		34080		14484		45636	282134
		jornales al año		3507882		645552		89408		178560		75624		24072	4288416
			70.9%				9.8%				19.3%				100%

El cultivo de algodón genera una amplia cantidad de empleos, desde la mano de obra directa como la indirecta. Derivado de las encuestas se determinó que el algodón al ser una materia prima para la industria textil genera empleos de manera indirecta, en donde se estima que 1,242,471 trabajadores llevan a cabo actividades de fabricación de fibras, acabados, tejidos, confección y otros procesos (Cuadro 31). Adicionalmente se estima que la cantidad de fletes para transportar algodón pluma, semilla obtenida y cascarrilla es de 122653 tráileres, lo cual es equivalente a la cantidad de vehículos que recibe la Central de Abastos de la Ciudad de México en todo un día de operaciones.

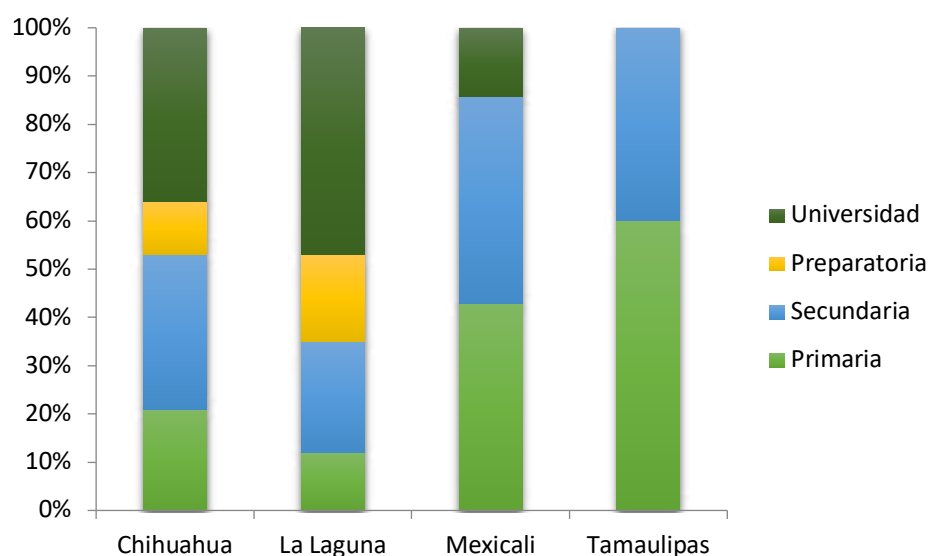
Cuadro 31. Mano de obra indirecta generada en el sector textil.

			MANO DE OBRA INDIRECTA								FORMALES	INFORMALES	
			FLETE DE SUBPRODUCTOS			INDUSTRIA TEXTIL							
REGIÓN	NÚMERO DE PRODUCTORES	NÚMERO DE DESPEPITADORAS	TRÁILERES PLUMA (JORNAL)	TRÁILERES SEMILLA DE CASCARRILLA	TRÁILERES CASCARRILLA	FABRICACIÓN DE FIBRAS	ACABADOS	TEJIDOS	CONFECCIÓN	OTROS PROCESOS			
CHIHUAHUA	2179	46											
MEXICALI	1223	9	41422	88948	18918	77884	30741	21182	307472	138628			
TAMAULIPAS	99	4											
LA LAGUNA	2100	22											
Subtotal	5584	71	41422	88948	18918	77884	30741	21182	307472	138628	481471	108008	
Totales					122653 Totales						Empleados de la industria textil	1 242 471	

9.5 Educación y capacitación

De los trabajadores en el cultivo del algodón, para las regiones de Chihuahua y La Laguna sobresale la cantidad de ellos que cuentan con estudios de universidad, este nivel de profesionalización es importante para los productores, pues la contratación de conlleva grandes responsabilidades como estar encargados del manejo técnico de los predios, en donde destaca el manejo de agroquímicos, riegos, monitoreo, muestreos, proyecciones de cosecha (Figura 52).

Figura 52. Grado académico de los trabajadores del cultivo del algodón en el norte de México.



En las regiones de Mexicali y Tamaulipas predominan los trabajadores con estudios de primaria y secundaria, ejerciendo puestos operativos principalmente. Los trabajadores de género femenino se encargan de las actividades administrativas tanto en los predios como en las despepitadoras (Figura 75). Sobre la capacitación recibida manifiestan que se da durante la jornada laboral, cada vez que el capataz los acompaña y vigila su desempeño. El 100% de los empleados encuestados, manifiestan que no cuentan con una certificación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboites Marques, G., Verduzco G. F. 2011. Centroamérica: Usos de semilla genéticamente modificadas e incremento del ingreso de los agricultores. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Naciones Unidas. Coahuila, México. PP. 624–640. doi: 10.1111/1477-9552.12007.
- Acevedo G F. Huerta E. Lorenzo S. Ortiz G S. 2009. La bioseguridad en México y los organismos genéticamente modificados: cómo enfrentar un nuevo desafío, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio, México, pp. 319-353.
- Aguirre, H. F. 2001. Panorama económico del algodón en México Evolución de la siembra y la problemática del TLC en la comercialización. Revista Mexicana de Agronegocios, (8). Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/141/14108512.pdf>
- Álvarez-Morales A. 1995. Implementation of Biosafety Regulations in a Developing Country: The Case of Mexico. African Crop Science Journal, Uganda, Africa. Pp 309-314. Disponible en <https://www.ajol.info/index.php/acsj/search/authors/view?givenName=A&familyName=Alvarez-Morales&affiliation=&country=&authorName=Alvarez-Morales%2C%20A>
- Anónimo. 2019. Nota periodística: México, segundo lugar del mundo en importación de mercancías. Disponible en <https://www.milenio.com/negocios/mexico-segundo-lugar-del-mundo-en-importacion-de-mercancias> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Argüello, G. 1989. “El primer medio siglo de vida independiente (1824-1867)”, en Semo, E., (coordinador) (1989), México, un pueblo en la historia. Campesinos y hacendados, generales y letrados, Tomo 2, 1770-1875), México, Alianza Editorial, (312 pp.).
- Arroyo López, María del Pilar Ester., Cárcamo Solís, María de Lourdes. 2010. La evolución histórica e importancia económica del sector textil y del vestido en México. Economía y Sociedad, XIV(25), undefined-undefined. [fecha de Consulta 2 de Diciembre de 2019]. ISSN: 1870-414X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=510/51015546004>.
- Bair, J. y G. Gereffi. 2002. “NAFTA and the Apparel Commodity Chain.” In Free Trade and Uneven Development, Gereffi, G., Spener, D. and Bair, J. (eds.). Philadelphia, PA: Temple University Press, pp. 23-48.

- Benbrook Ch. 2012. Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. the first sixteen years. Journal-Environmental Sciences Europe. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/257885039_Impacts_of_genetically_engineered_crops_on_pesticide_use_in_the_US-the_first_sixteen_years/citation/download
- Berg P. Baltimore D. Brenner S. Roblin R. O. Singer M. F. 1975. Summary statement of the Asilomar conference on recombinant DNA molecules. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 72(6).
- Bolivar Zapata F. 2019 La Importancia Vital y Estratégica para México de los Organismos Transgénicos y sus Productos. El Colegio Nacional. Disponible en http://www.ibt.unam.mx/computo/pdfs/presentacion_ECN_23_de_agosto_20ago2019.pdf
- Brookes G. Barfoot P. 2010. Global Impact of Biotech Crops: Environmental Effects, 1996-2008. AgBioForum.13(1):76-94.
- Cámara Nacional de la Industria Textil (CANAINTEX). 2019. Información estadística del sector. Disponible en <https://www.canaintex.org.mx/informacion-estadistica/> Consultado el 17 de noviembre de 2019.
- Cámara Nacional de la Industria Textil (CANAINTEX). 2019. Importaciones de productos confeccionados del 2010 al 2019. Disponible en <https://www.canaintex.org.mx/estadistica/importaciones-de-productos-confeccionados-2010-2019-ene-mar-valor-en-millones-de-dolares/> Consultado el 17 de noviembre de 2019.
- Cantrell, R. 2005. The world of cotton. Pflanzenschutz Nachrichten. Bayer - English Edition. No. 58 Vol. 1 Pages 77 - 92.
- Carlson, P.S. 1990. Biología de la productividad de los cultivos. Editorial AGT. México, DF. ISBN 978-968-463-048-2
- Casquier, J. y R. Ortiz. 2012. Recursos fitogenéticos, agrobiotecnología y cambio climático. Reflexiones bioéticas. En: Bioética Herramienta de las Políticas Públicas y de los Derechos Fundamentales en el Siglo XXI. Ed. UMSA-UNISA-ProDiversitas.
- Casquier, J.; Ortiz, R. 2012. Las semillas transgénicas: ¿un debate bioético? Revista Derecho PUCP. 69:281-300. Disponible en <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechopucp/article/view/4277>
- Center for Environmental Risk Assessment (CERA). 2010. GM Crop. ILSI Research Foundation. Washington D.C. Disponible en: http://cera-gmc.org/index.php?action=gm_crop_database. Consultado el 3 de marzo de 2020

- Chaparro G. A. 2011. Cultivos Transgénicos: Entre Los Riesgos Biológicos y Los Beneficios Ambientales Y Económicos. Acta biol. Colomb., Vol. 16 n.o 3, 231 – 252.
- Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). 2018. Registro Nacional de Bioseguridad de OGMs. Disponible en <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/index.php/sistema-nacional-de-informacion/registro-nacional-bioseguridad-ogms> Consultado el 15 de noviembre de 2019.
- Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). 2011. Orden Jurídico Nacional e Internacional en materia de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. Disponible en <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/normatividad/vigente/Orden-juridico/eBookOrdenJuridico20151203.pdf> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM). 2015. Orden Jurídico Nacional e Internacional en Materia de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, México D.F., ISBN 978-607-8273-14-0 Disponible en <https://isbnmexico.indautor.cerlalc.org/catalogo.php?mode=detalle&nt=171813>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2018. Biodiversidad mexicana: Algodón, diversidad genética y conservación del algodón. Disponible en http://www.conabio.gob.mx/remib_ingles/doctos/remibnodosdb.html Consultado el 03 de enero de 2018.
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Chihuahua (Cesavech). 2014. Campaña contra plagas reglamentadas del Algodonero. <https://www.cesavech.net/algodn> Consultado el 17 de noviembre de 2019.
- Comité Sistema Producto Algodón. 2005. “Plan rector Sistema Producto Algodón. Segunda fase: diagnóstico inicial, base de referencia y estructura estratégica”. SAGARPA, ITESM e INCA Rural, Reynosa, México.
- CropLife, 2012. Enfoques prácticos del Manejo de la Resistencia de los Insectos para los Cultivos Derivados de la Biotecnología. CropLife Internacional. Disponible en <https://croplife.org/wp-content/uploads/2014/04/Practical-Approaches-to-Insect-Resistance-Management-for-Biotech-Crops-Spanish.pdf> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Delgado, J.C.; De la Cruz, S.; Clemente, J.; Solano, C.; Jerónimo, M.; Baca, A.; Mérida, D.; García, D. 2020. Malezas del cultivo de algodón en Chihuahua. NOVUS. Ciudad de México.

- Dennis M. Thenell S. 2019. RE: Biotechnology Notification File No. BNF 000163. U.S. Food & Drug. Disponible en <https://www.fda.gov/media/131711/download> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Diario Oficial de la Federación. 2005, Marzo 18. Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LBOGM>.
- Diario Oficial de la Federación, 2013. Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5326584&fecha=13/12/2013
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2018. Acuerdo por el que se declaran como zonas libres del gusano rosado del algodón (*Pectinophora gossypiella*), a los Estados de Baja California y Sonora. Disponible en https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5542033&fecha=25/10/2018
- Edge J.M, Benedict J.H, Carroll J.P, Reding H.K. Bollgard. 2001. Cotton: An Assessment of Global Economic, Environmental, and Social Benefits. J Cotton Sci. 5:1-8.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1996. Manejo de Malezas para Países en Desarrollo. Disponible en <http://www.fao.org/3/t1147s00.htm#Contents> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2003. El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2003-04. La Biotecnología agrícola: ¿una respuesta a las necesidades de los pobres? Colección FAO Agricultura N°35. Roma, Italia.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. Measuring Sustainability in Cotton Farming Systems. International Cotton Advisory Committee. Roma, Italia.
- Fernández Aguirre, H. 2001. Panorama económico del algodón en México. Evolución de la siembra y la problemática del TLC en la comercialización. Revista Mexicana de Agronegocios. 5(8): 190-201.
- Fernandez-Cornejo J¹, Wechsler S, Livingston M, Mitchell L. Genetically engineered crops in the United States. 2014. USDA Economic Research Service report ERR 162. Disponible en https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/err162/43668_err162.pdf
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). 2016. Agrocostos. Disponible en <https://www.fira.gob.mx/agrocostosApp/AgroApp.jsp> Consultado el 06 de mayo de 2020.

- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). Información Especializada. Disponible en <https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/TemasUsuario.jsp> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2014. Más que algodón. Boletín trimestral. Agencia Brasileña de Organización (ABC). Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i6987s.pdf> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Fundación Ecología y Desarrollo. 2018. Servicios Cero CO₂. Zaragoza, España. Disponible en <https://ceroco2.org/calculadoras/calculoGEI> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Gatehouse J. 2008. Biotechnological Prospects for Engineering Insect-Resistant Plants. *Plant Physiol.* pp 146:881-887.
- Garzón-Tiznado¹, G.; Rosales-Robles, E. 2019. Evaluación agronómica y ambiental de la tecnología GlyTol® TwinLink® en algodón en programa piloto en el Norte de Tamaulipas, durante el ciclo agrícola PV-2018. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sin. (No Publicado).
- Garzón-Tiznado², G.; Cruz-Villegas, M.; Torres-Bojórquez, A.; González-Ruiz, A.; Murillo-Ramírez, J.; González-Salazar, M. 2019. Evaluación agronómica y ambiental de la tecnología GlyTol® TwinLink® en algodón en programa piloto en Mexicali, B.C., durante el ciclo agrícola PV-2018. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sin. (No Publicado).
- Gill, S.S., E.A. Cowles y P.V. Pietrantonio. 1992. The mode of action of *Bacillus thuringiensis* endotoxins. *Annu. Rev. Entomol.* 37: 615-636.
- Greenplate, J.T., G.P. Head, S.R. Peen y V.T. Kabuye. 1998. Factors potentially influencing the survival of *Helicoverpa zea* on bollgard cotton. *Proceedings Beltwide Cotton Conferences. National Cotton Council of America. Memphis, TN.*
- Guitchounts A. 2019. 77th Plenary Meeting-Reports from the ICAC Secretariat. International Cotton Advisory Committee. Washington, D.C. Consultado el 15 de Febrero de 2020. Disponible en https://na.eventscloud.com/file_uploads/31ce95881d74d74eeb12da36ca0da42f1_Open.pdf
- Haber, Stephen H. 1990. "La economía mexicana, 1830-1940: obstáculos a la industrialización (II)", *Revista de Historia Económica*, año VIII, no. 2. Stanford University: pp 335-362 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015. Cálculo de los Índices de Productividad Laboral y del Costo Unitario de la Mano de Obra. México. Consultado

- el 19 de Febrero de 2020. Disponible en <http://www.stps.gob.mx/gobmx/estadisticas/productividad/metodologia2015.pdf>
- Jauhar P. 2006. Modern Biotechnology as an Integral Supplement to Conventional Plant Breeding: The Prospects and Challenges. *Crop Sci.* 46:1841-1859.
- Klumper W¹. Qaim M A. Meta analysis of the impacts of genetically modified crops. *Plos One* 2014; 9(11): e111629; PMID:25365303; <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>
- Loera-Gallardo J. Rosales-Robles E. Reyes-Rosas M. 2015. Guía para cultivar algodón en el Norte de Tamaulipas. Campo Experimental Río Bravo, CIR-Noreste INIFAP.
- Martínez-Carrillo, J. L. 2015. "El algodón GM en México". VIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali. pp 1166-1170
- McBride, M. 1998. Genética en el jardín. Discover United Editors de México. México, DF.
- Monteagudo-Cuevas A. 2014. Siembra comercial de cultivos genéticamente modificados en el campo mexicano: una herramienta viable para el desarrollo rural sustentable y la seguridad alimentaria. *El Cotidiano*. 188: 103-109.
- Novillo C. Soto J. Costa J. 1999. Resultados en España con variedades de algodón. Protegidas genéticamente contra las orugas de las capsulas. *Bol. San. Veg. Plagas*, 25: 383-393.
- Núñez Cárdenas L. 2011. Orígenes, obtención y aplicaciones de los organismos genéticamente modificados. *Rev Cubana Aliment Nutr.* 21(1):121-128.
- Oberdoerfer R. B, Shillito R. D, De Beuckeleer M, Mitten DH. 2005. Rice (*Oryza sativa* L.) Containing the Bar Gene is Compositionally Equivalent to the Nontransgenic Counterpart. *J Agric Food Chem.* 53:1457-1465.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)-Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. Perspectivas Agrícolas © Disponible en https://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2015_agr_outlook-2015-es
- Otero A. y Elms R. 2019. Report: Mexico Cotton and products update. Cotton seed shortage to reduce production from previous year record. USDA Foreign Agricultural Service. Disponible en <https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Cotton%20and%20Products%20Update%20Mexico%20City%20Mexico%208-29-2019.pdf>

- Perez E. Ramirez M A. Campos-Reales N. Arguello H. Grez M y Ortiz S. 2018. Experiencia del Gobierno Mexicano en consulta indígena. Capítulo: Proceso de consulta indígena por la liberación al ambiente de organismos genéticamente modificados (OGM). Secretaría Ejecutiva de la CIBIOGEM. Ciudad de México.
- Protección de Cultivos, Ciencia y Tecnología A.C. (PROCCYT). 2015. Cuidagro. Disponible en <http://www.proccyt.org.mx/programas/buma/introduccion> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Qiao F. Huang J. y Wang X. 2017. Fifteen Years of Bt Cotton in China: Results from Household Surveys. *World Development*. 98:351-359.
- Quiñonez S M. 2007. Análisis del eslabón primario (producción) en la cadena productiva del algodón en la comarca lagunera del estado de Coahuila. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila México.
- Reyes G., A. Chaparro-Giraldo, K. Ávila. 2010. Efecto ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón. *Rev. Colomb. Biotecnol.* 12(2): 151-162.
- Robertson B. Bednarz C. Burmester C. 2007. Growth and Development-First 60 Days. *Cotton Physiology Today*. Vol 13. Num 2. Consultado el 03 de marzo de 2020. Disponible en <http://agrilife.org/lubbock/files/2011/10/cptvol13no22007.pdf>
- Rocha-Munive M. Soberón M. Castañeda S. Niaves E. Schinvar E. Eguiarte L E. Mota-Sánchez D. Rosales-Robles E. Nava-Camberos U, Martinez-Carrillo J L., Blanco C A. Bravo A. and Souza V. 2018. Evaluation of the Impact of Genetically Modified Cotton After 20 Years of Cultivation in Mexico. *Front. Bioeng. Biotechnol.*, Disponible en | <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00082>
<https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/Fomento-investigacion/sala-exhibicion.virtual/Ar-eval-impac-algodon-GM-20.pdf>
- Rosales, R.E., T. Medina C., E. Contreras C., L.M. Tamayo E. y V. Esqueda E. 2002. Manejo de maleza en maíz, sorgo y trigo bajo labranza de conservación. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Río Bravo. Folleto Técnico 24. Tamaulipas, México. pp 81.
- RUGH CL. Genetically Engineered Phytoremediation: One Man s Trash is Another Man s Transgene. *Trends Biotechnol.* 2004;22:496-498.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado el 08 de Febrero de 2020. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap>
- Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. Análisis de la cadena de valor en

- la producción de algodón en México. E-ISBN 978-92-5-308240-7 (PDF), <http://www.redinnovagro.in/pdfs/algodon.pdf>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. Acuerdo Por el que se Declara Como Zona Libre de Gusano. Disponible en <https://www.gob.mx/senasica/prensa/declara-sagarpa-zona-libre-del-gusano-rosado-del-algodonero-a-tres-estados-y-un-municipio-de-coahuila?state=published>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2017. Algodón Mexicano: Planeación agrícola nacional 2017-2020. Primera edición. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257068/Potencial-Algodon.pdf>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. 1970. Ley Federal del Trabajo. Disponible en <http://www.profedet.gob.mx/profedet/pdf/LeyFederaldelTrabajoActualizada.pdf>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2019. Liberaciones comerciales de organismos genéticamente modificados. Disponible en http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D4_R_BIOSEG_00_06&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce Consultado el 06 de mayo de 2020
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola. Producción agrícola. Ciclo: cíclicos y perennes 2007. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Sistema de Información Arancelaria Via Internet (SIAVI). 2019. Disponible en <http://www.economia-snci.gob.mx> Consultado el 06 de mayo de 2020.
- Singh OV, Ghai S, Paul D, Jain RD. 2006. Genetically Modified Crops: Success, Safety Assessment, and Public Concern. Appl Microbiol Biotechnol. 71:598-607.
- Skevas, T., Stefanou, S. E., and Lansink, A. O. (2013). Do farmers internalize Environmental spillovers of pesticides in production? J. Agric. Econ. 64,
- Streatfield S, Howard J.A. Plant-based Vaccines. Int J Parasitol. 2003; 33:479-493.
- The United States Department of Agriculture (USDA). The Classification of Cotton. Washington, D.C. Consultado el 20 de marzo de 2020. Disponible en <https://naldc.nal.usda.gov/download/CAT10825960/PDF>

Tiessen F A. 2012. Fundamentos de mejoramiento genético vegetal. Editorial EAE. CINVESTAV. Isbn 978-3-8484-6841-6 Consultado el 06 de mayo de 2020. Disponible en <http://www.ira.cinvestav.mx/portals/0/Documentos/Publicos/FundamentosMejoramientoGenetico38EAE6.pdf>

World Health Organization (WHO). 2004. Modern Food Biotechnology, Human Health and Development: An Evidence-based Study. Geneva: World Health Organization. Disponible en https://www.who.int/foodsafety/publications/biotech/biotech_en.pdf



EL CULTIVO DEL ALGODÓN

ANÁLISIS DEL IMPACTO SOCIAL, ECONÓMICO Y AMBIENTAL EN MÉXICO

Autor(es): Luján Aguirre R.S., Porras Flores D. A., Flores Córdova M. A., Hernández Huerta J., Pérez Leal R., Balandrán Valladares M. I., Tarín Estrada L. A., Portillo Duarte E., Ortega Ortega A., Acevedo Barrera A. A., Jimenez Castro J. A., Esparza Vela M. E., Berzoza Gaytán C. A., Arras Vota A. M. G. (2020). El cultivo del algodón: análisis del impacto social, económico y ambiental en México. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.

ISBN: 978-607-536-052-2

