**¿Pueden los productores de algodón adoptar prácticas de agricultura regenerativa?**

**Resumen ejecutivo**

Múltiples organizaciones han proporcionado principios, resultados y/o prácticas de agricultura regenerativa (AR) con el objetivo de influir en las decisiones de los productores. Son las prácticas las que adoptan los productores. Este documento está diseñado para estimular un debate sobre las prácticas de AR y su viabilidad para las explotaciones con recursos de diferentes niveles y tamaños.

Las prácticas agrícolas que se consideran AR son diversas, al igual que las explotaciones mundiales que cultivan algodón. Se identificaron doce marcos o normas de AR, se categorizaron sus prácticas y se contaron para crear una lista de 25 prácticas comunes de AR basadas en su inclusión en estos marcos/normas.

Los cultivos de cobertura y la labranza (reducida, mínima, siembra directa o labranza cero) son las prácticas a las que se hace referencia con más frecuencia en los marcos/normas de AR. Le siguen la rotación de cultivos, el pastoreo y la reducción de insumos sintéticos (plaguicidas y fertilizantes). Se examinó la viabilidad y las implicaciones de la adopción de las 25 prácticas por parte de 12 categorías de explotaciones agrícolas que representaban la diversidad global de tamaño, agua, mecanización y ganado.

El gráfico de colores resume si las prácticas específicas son muy viables, viables, desafiantes o muy desafiantes. De este gráfico se desprende que la mayoría de las prácticas regenerativas reivindicadas no son uniformemente viables para las 12 categorías de explotaciones. Por ejemplo, sólo 5 de las 25 prácticas tienen el mismo color. En promedio, las prácticas son más viables en las explotaciones medianas, es decir, las que tienen entre 10 y 50 hectáreas de algodón por persona. Las explotaciones pequeñas dependen de la mano de obra, lo que limita la adopción de la siembra directa, la mejora continua y los entornos de trabajo seguros. Las grandes explotaciones totalmente mecanizadas dependen más de insumos adquiridos fuera de la explotación, como fertilizantes y plaguicidas. Otra dimensión es la adecuación del agua del suelo. La falta de agua limita la adopción de cultivos de cobertura, pero mejora el uso del agua y la tolerancia a insectos y enfermedades. El ganado también presenta ventajas y desventajas: produce estiércol pero dificulta la seguridad de los trabajadores.

Dado que existen muchas interacciones entre las prácticas de AR y las categorías de explotaciones, la comprensión de las prácticas de AR requiere un mayor escrutinio que se ofrece en las páginas siguientes junto con las implicaciones (beneficios, riesgos, consecuencias adversas no deseadas y cambios necesarios). Sobre la base de este resumen, está claro que muchas de las prácticas de AR reivindicadas pueden ser adoptadas de manera viable por las diversas explotaciones algodoneras de todo el mundo.



**Introducción**

Múltiples organizaciones han proporcionado principios, resultados y/o prácticas de Agricultura Regenerativa (AR) con el objetivo de influir en las decisiones de los productores. Aunque los principios y los resultados sirven de orientación, son las prácticas las que adoptan los productores -- si son viables y económicas en sus propias explotaciones. Este documento está diseñado para estimular el debate sobre la viabilidad y los retos de diversas prácticas de AR en explotaciones con recursos de diferentes niveles y tamaños. Las orientaciones sobre el impacto económico, el riesgo empresarial o los resultados medioambientales de cada práctica de AR quedan fuera del alcance de este documento.

Muchas organizaciones presentan prácticas de AR que se entremezclan con principios y resultados. Por ejemplo, abordar el cambio climático es un principio, secuestrar carbono en el suelo es un resultado y la siembra directa es una práctica que, en determinadas condiciones, puede secuestrar carbono y, por tanto, abordar el cambio climático.

Las prácticas agrícolas reivindicadas como regenerativas son diversas, al igual que las explotaciones que cultivan algodón en todo el mundo. El presente documento incluye una amplia gama de prácticas de AR reivindicadas. La lista de 25 prácticas de agricultura regenerativa se seleccionó en función de la frecuencia de inclusión en 12 marcos/normas de agricultura regenerativa y se enumeraron por orden de frecuencia.



Estas prácticas de agricultura regenerativa reivindicadas no están normalizadas en todos los marcos/normas. Algunas como los "cultivos de cobertura" y la "siembra directa" se mencionan con frecuencia. Otras, como "trabajo seguro", "OMG" y "rentabilidad", rara vez se mencionan como prácticas de la agricultura regenerativa. El siguiente cuadro proporciona enlaces a 12 sitios web diferentes de marcos/normas de AR utilizados para identificar las 25 prácticas de AR. La terminología de las prácticas de AR se ha normalizado, por lo que no coincide exactamente con la de cada marco/norma.



Para permitir una evaluación manejable de la viabilidad, se seleccionaron 12 categorías de explotaciones para representar la diversidad de las explotaciones algodoneras mundiales. Las categorías se basan en el tamaño y los recursos de la explotación: adecuación del agua, disponibilidad de mecanización y presencia de ganado en la explotación. Tres tamaños de explotación (pequeña, mediana y grande) se cuantifican por el número promedio de hectáreas de algodón manejadas desde la siembra hasta la cosecha por una persona adulta. De este modo se elimina la confusión relativa a la situación laboral (propietario, familia, empleado a tiempo completo, empleado estacional, etc.). No se tuvieron en cuenta todas las combinaciones factoriales de tamaño de explotación y recursos. Por ejemplo, las grandes explotaciones se consideran totalmente mecanizadas. Las 12 categorías de explotaciones se derivan de las 6 características siguientes.

1. Pequeñas explotaciones con menos de 2 hectáreas de algodón por adulto
2. Explotaciones medianas con 10 a 50 hectáreas de algodón por adulto
3. Grandes explotaciones con más de 200 hectáreas de algodón por adulto.
4. Suministro de agua superior al 100% de evapotranspiración (ET) del algodón procedente del riego, la lluvia y el almacenamiento en el suelo.
5. Disponibilidad de mecanización: nula, parcial o total para la siembra, las operaciones de temporada y la cosecha.
6. Cría continuamente de ganado rumiante (vacuno, ovino y caprino) en la explotación.

La viabilidad de la adopción por parte de los productores de las 12 categorías de las explotaciones se estimó para cada una de las 25 prácticas regenerativas reivindicadas como muy viable, viable, desafiante o muy desafiante. Esta matriz de 12 por 25 está codificada por colores y se presenta en la tabla al final del documento. Cada una de las 25 prácticas se trata en una sección explicativa que detalla la práctica regenerativa reivindicada junto con las implicaciones (beneficios, riesgos y consecuencias adversas no deseadas y cambios necesarios para una mayor adopción) de cada práctica. Estas secciones explicativas proporcionan la mayor parte de la información transmitida en el documento. Muchas de las 25 prácticas son sinérgicas y los productores adoptan un conjunto en función de su región, su explotación agrícola y su camino hacia la agricultura regenerativa. Las referencias de las secciones explicativas de cada práctica de AR se incluyen como notas a pie de página. Debido a la sinergia y conexión entre las prácticas de AR, las referencias pueden ser aplicables a múltiples secciones.

**Secciones explicativas**

1. **Cultivos de cobertura.** *[[1]](#footnote-1)[[2]](#footnote-2)[[3]](#footnote-3)*[[4]](#footnote-4)[[5]](#footnote-5)[[6]](#footnote-6)[[7]](#footnote-7)[[8]](#footnote-8)[[9]](#footnote-9)[[10]](#footnote-10)[[11]](#footnote-11)[[12]](#footnote-12)[[13]](#footnote-13)[[14]](#footnote-14)[[15]](#footnote-15)[[16]](#footnote-16) Los cultivos de cobertura crecen durante el intervalo entre la cosecha del algodón y la siembra del cultivo de la temporada siguiente y amplían la cobertura del suelo durante todo el año. Si las unidades anuales de humedad y calor bien distribuidas superan las necesidades del algodón, la vegetación autóctona (a menudo sólo malezas de invierno) puede cubrir el suelo después de la cosecha. La vegetación autóctona no requiere formación técnica ni insumos fuera de la explotación y aporta los beneficios de las raíces vivas y la cobertura del suelo. Alternativamente, los cultivos de cobertura probados a nivel local, adaptados y con semillas disponibles pueden sembrarse antes de la cosecha del algodón o poco después. Las especies de cultivos de cobertura más comunes son Cebada *Hordeum vulgare*, Avena negra *Avena strigose*, Avena de semilla negra *Avena sativa*, Centeno *Secale cereale*, Trigo común *Triticum aestivum*, Caupí *Vigna unguiculata*, Trébol carmesí, *Trifolium incarnatum*, Rábano daikon *Raphanus sativus*, Haba *Vicia faba*, Veza peluda *Vicia villosa*, Colza *Brassica napus*, Trébol rojo *Trifolium pratense*, Serradela *Ornithopsus sativua*, Cáñamo *Crotalaria juncea* y Guisantes de invierno *Pisum sativum.*

**Implicaciones (beneficios).** Los cultivos de cobertura proporcionan múltiples beneficios agrícolas y no agrícolas a sus comunidades. Algunos de los beneficios previstos abarcan: población de lombrices de tierra, control de la erosión, forraje para el ganado, población microbiana que incluye la supresión de patógenos, captador de nutrientes para evitar la pérdida en invierno, fuente de nitrógeno, disponibilidad de nutrientes, adición de materia orgánica, hábitat de polinizadores, propiedades hidráulicas del suelo (infiltración, almacenamiento, liberación y pérdidas), estructura del suelo que incluye la mejora de la compactación, la moderación de la temperatura del suelo y supresión de malezas.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas). Las** malezas de invierno utilizadas como cobertura pueden albergar plagas de insectos y enfermedades durante el invierno (p. ej., Henbit *Lamium amplexicaule*), inhibir la germinación del algodón por alelopatía y persistir para competir con el algodón (p. ej., Hierba de caballo *Erigeron canadensis* y Raigrás anual *Lolium multiflorum*). Los cultivos de cobertura también plantean riesgos de manejo, ya que algunos pueden ser difíciles de eliminar sin herbicidas foliares o prensadores de rodillos pesados o pueden liberar N2 O si son inmaduros en el momento de la eliminación. Algunos cultivos de cobertura pueden resembrar y persistir en detrimento de futuras decisiones de cultivo. Cuando el riego y las precipitaciones son inferiores a la ET anual del algodón, los cultivos de cobertura utilizan la limitada humedad sin generar una cosecha cosechable. Este riesgo de humedad desincentiva su adopción por parte del productor, a menos que los beneficios no cosechables de los cultivos de cobertura superen el riesgo derivado de la menor disponibilidad de agua para el cultivo cosechable - por ejemplo, protección contra la erosión eólica en campos arenosos. El mayor riesgo de los cultivos de cobertura cuando la humedad es limitada se produce en el momento de la siembra, si un cultivo de cobertura ha agotado suficientemente la humedad del suelo como para que no se pueda conseguir un banco sano de algodón.

**Implicaciones (cambios necesarios).** Para utilizar plenamente los cultivos de cobertura se requiere investigación local para evaluar las especies y cultivares óptimos, las mezclas de especies, los métodos/calendario de siembra, la agronomía, los métodos/calendario de terminación y un suministro local de semillas de cultivos de cobertura no contaminadas con semillas de malezas. Los requisitos necesarios para manejar con éxito los cultivos de cobertura dificultan su adopción en las pequeñas explotaciones, a menos que la investigación, la educación y el acceso a las semillas estén instaladas localmente. Los cultivos de cobertura son viables en explotaciones de tamaño medio con acceso a la tecnología y a insumos fuera de la explotación. Cuando cada persona es responsable de muchas hectáreas (>200), puede no haber suficiente mano de obra para sembrar y cosechar (o terminar) tanto el cultivo de algodón como el cultivo de cobertura. Independientemente del tamaño de la explotación, la adopción de cultivos de cobertura es más difícil cuando la humedad del suelo (lluvia, almacenamiento o riego) es insuficiente para la plena producción de algodón. La mejora de las previsiones meteorológicas a largo plazo, junto con las herramientas para controlar con precisión la humedad del suelo y terminar abruptamente el cultivo de cobertura, mitigaría parte del riesgo del cultivo de cobertura en entornos de baja humedad, permitiendo a los productores preservar la humedad necesaria del suelo en respuesta a la sequía invernal imprevista.

1. **Siembra directa.** [[17]](#footnote-17)[[18]](#footnote-18)[[19]](#footnote-19)[[20]](#footnote-20)[[21]](#footnote-21)[[22]](#footnote-22)[[23]](#footnote-23)[[24]](#footnote-24)[[25]](#footnote-25)[[26]](#footnote-26)[[27]](#footnote-27)[[28]](#footnote-28) La siembra directa o labranza cero no perturba el suelo más que para colocar las semillas. Los residuos se mantienen en la superficie del suelo. Las malezas no se cultivan ni se arrancan. La siembra directa es muy difícil de practicar en las pequeñas explotaciones debido a la dificultad de controlar las malezas sin perturbar el suelo durante el cultivo o la escarda manual. Los productores que practican la siembra directa suelen confiar en el control herbicida de las malezas. La labranza cero no herbicida es un reto, ya que requiere estrategias a largo plazo para manejar el banco de semillas de malezas existente y evitar la introducción de semillas de malezas o el escape de malezas. Entre los ejemplos de control de malezas no herbicida y sin labranza se incluyen: cultivos de cobertura con alto contenido en residuos (>6 Tm por hectárea de Centeno *Secale cereale*), cultivos rotativos supresores de malezas, solarización e inundación estival. Las explotaciones con más de 200 hectáreas por persona han optado predominantemente por el control de las malezas mediante herbicidas, frente al cultivo y el deshierbe manual que requieren más mano de obra. La siembra directa complementa este cambio, ya que una sola persona que maneje un pulverizador terrestre de gran precisión puede tratar 200 hectáreas al día. Así pues, el ahorro de mano de obra ha sido uno de los principales factores que han impulsado tanto la adopción de la siembra directa como la ingeniería de equipos capaces de cubrir grandes hectáreas en un solo día.

**Implicaciones (Beneficios).** Los beneficios que impulsan la adopción de la siembra directa son la disponibilidad de mano de obra y los costos de producción. Los productores obtienen ahorros de capital, combustible y mano de obra al eliminar tanto la labranza primaria (arados de vertedera, subsuelos, escarificadores, etc.) como la labranza secundaria (arados de discos, cultivadores de campo, gradas, etc.). Gran parte de estas operaciones de labranza eran ciclos autoinfligidos: el tráfico de maquinaria pesada en suelos con una estructura física deficiente provoca una compactación profunda que requiere maquinaria pesada de labranza primaria para aflojar el suelo compactado; el cultivo mecánico para arrancar las malezas altera el suelo llevando nuevas semillas de malezas a la superficie, donde germinan durante la siguiente lluvia y requieren más laboreo; la preparación del lecho de siembra crea agregados finos del suelo que son vulnerables a la erosión eólica y al deshielo después de una lluvia, lo que requiere más labranza para hacer más rugosa la superficie del suelo y aumentar la infiltración del agua. Aunque los beneficios de la siembra directa (labranza cero) a menudo tardan de 3 a 7 años en materializarse plenamente en la explotación, permiten a los productores salir de estos círculos viciosos: los campos de siembra directa son menos vulnerables a la compactación profunda y cualquier compactación superficial puede ser tratada por las raíces de los cultivos y de los cultivos de cobertura; las semillas de malezas en la superficie se deterioran más rápidamente y las semillas colocadas en profundidad no brotan; los campos de siembra directa tienen residuos en la superficie que protegen los cultivos de la erosión eólica; los macroporos inalterados dejados por las lombrices de tierra y las raíces en descomposición permiten una rápida infiltración del agua. Otros beneficios de la siembra directa son paralelos a los de los cultivos de cobertura y la labranza reducida: los residuos de la superficie estabilizan el rango diario de temperatura del suelo, lo que favorece el crecimiento de raíces y hongos; la siembra directa ralentiza el movimiento del oxígeno hacia el suelo y la oxidación de la materia orgánica del suelo, lo que favorece el secuestro de carbono; la materia orgánica del suelo favorece las poblaciones microbianas beneficiosas y la retención de nutrientes en la materia orgánica; los rendimientos del algodón son mayores, especialmente en campos de secano con agua limitada. Aún se está estudiando el alcance de los beneficios de la siembra directa.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas).** La siembra directa introduce múltiples riesgos para la producción de cultivos. La obtención de un banco en suelos con alto contenido de residuos (a menudo más fríos en el momento de la siembra) con una mayor carga de esporas de patógenos fúngicos requiere semillas de siembra de algodón vigorosas, tratamientos fungicidas de las semillas, ocasionalmente fungicidas suplementarios, sembradoras de siembra directa y experiencia en la siembra/plantación. La estratificación de nutrientes inmóviles procedentes de fertilizantes aplicados en superficie, especialmente P y K, puede restringir la absorción cuando las raíces superficiales están inactivas. La transición brusca a la siembra directa en explotaciones sin acceso a herbicidas foliares selectivos plantea riesgos adicionales de fracaso de los cultivos debido a la competencia de las malezas.

**Implicaciones (cambios necesarios).** La expansión de la siembra directa en las pequeñas explotaciones requiere la adopción de herbicidas o de un control no mecánico de las malezas. En la actualidad, los herbicidas foliares selectivos combinados con herbicidas residuales en el suelo son la opción más rentable para controlar las malezas en el algodón con labranza cero sin acelerar la resistencia de las malezas a los herbicidas. Los escardadores láser están disponibles comercialmente para cultivos de hortalizas de alto valor, pero no son económicamente viables para el algodón. Se necesita una importante labor de investigación y desarrollo para encontrar otras estrategias de control de malezas no herbicidas para la siembra directa.

1. **Labranza reducida con retención de residuos superficiales.**[[29]](#footnote-29)**[[30]](#footnote-30)[[31]](#footnote-31)**[[32]](#footnote-32)[[33]](#footnote-33)[[34]](#footnote-34)[[35]](#footnote-35) La labranza reducida es muy factible en las pequeñas explotaciones en las que no se eliminan los residuos de los cultivos porque la azada manual sólo perturba el suelo superficial cerca de las malezas. Los cultivadores de campo de tracción animal generalmente socavan las malezas, dejando el subsuelo intacto y sin compactar con residuos vegetales en la superficie. Se han desarrollado equipos de labranza para explotaciones mecanizadas medianas y grandes que crean una estrecha zona del lecho de siembra dejando la mayor parte de los residuos vegetales en la superficie. Incluso cuando el subsuelo está compactado o consolidado, el equipo de labranza en franjas puede aflojar el subsuelo sin enterrar los residuos vegetales.

**Implicaciones (Beneficios). La** labranza reducida ofrece beneficios para el suelo superficial similares a los de la siembra directa (labranza cero), pero sin todo el ahorro de mano de obra y beneficios para el suelo. Los residuos superficiales protegen el suelo y el cultivo de la erosión eólica, la insolación, la evaporación superficial y la descomposición de los agregados del suelo por los impactos de la lluvia. Los residuos superficiales mejoran las tasas de infiltración, dan sombra a las pequeñas malezas sembradas y reducen la descomposición de las plantas, lo que estabiliza el ciclo de los nutrientes y del carbono en beneficio del cultivo y de los microbios del suelo.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas).** La labranza reducidaimpide el saneamiento (mezcla de los residuos del cultivo con el suelo) para destruir los propágulos infecciosos del patógeno. Dependiendo del patógeno y del entorno, la labranza reducida puede aumentar o disminuir los propágulos del patógeno. La rotación de cultivos es una alternativa viable al saneamiento.

**Implicaciones (cambios necesarios).** Herramientas de detección de la compactación del suelo que permitan a los agricultores con recursos limitados determinar si es necesaria la labranza primaria para aflojar los suelos consolidados de la zona radicular. Además, es necesaria una mayor concienciación sobre los beneficios a largo plazo de la labranza reducida.

1. **Rotación de cultivos** **.** [[36]](#footnote-36)[[37]](#footnote-37)[[38]](#footnote-38)[[39]](#footnote-39)[[40]](#footnote-40)[[41]](#footnote-41)[[42]](#footnote-42) La rotación de cultivos es habitual en las pequeñas explotaciones, ya que la nutrición familiar procede de cultivos distintos del algodón. La capacidad de vender sus cosechas de alimentos y piensos depende de la infraestructura poscosecha y de los mercados. La rotación de cultivos también es habitual en las explotaciones medianas y grandes para diversificar los ingresos agrícolas y aportar beneficios agronómicos.

**Implicaciones (beneficios).** Losproductores de todos los tamaños rotan los cultivos en beneficio de la explotación agrícola y de los cultivos individuales. La diversidad de mercados para cultivos como las hortalizas, la fibra, los cereales forrajeros y los cereales alimentarios se traduce en flujos de ingresos independientes que no suben ni bajan al unísono. Debido a la distinta tolerancia a las plagas y al clima, y a la dispersión de las fechas de siembra, la diversidad de cultivos estabiliza aún más los ingresos. La rotación mejora el rendimiento tanto del algodón como de sus cultivos de rotación. Por ejemplo, el algodón suprime las enfermedades transmitidas por el suelo para el cacahuete y el algodón reduce el banco de semillas de malezas para los cultivos hortícolas posteriores, en los que el cultivo y los herbicidas suponen un reto. Las leguminosas y los cereales proporcionan nutrientes residuales y suprimen las malezas para los cultivos de algodón posteriores. La rotación de cultivos en un campo amplía la biodiversidad microbiana del suelo en beneficio del manejo de plagas, la nutrición de las plantas y la disponibilidad de agua.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas).** Mientras los agricultores tengan experiencia con los cultivos de rotación adaptados a la zona y sus mercados, los riesgos son mínimos para las explotaciones pequeñas, medianas y grandes. Los nuevos cultivos plantean incertidumbre en el manejo de plagas, ya que los insectos y las enfermedades pueden acumularse de forma imprevista en un nuevo cultivo y amenazar los campos de algodón. Por ejemplo: Las especies de mosca blanca *Bemisia se instalan* en los campos de calabazas cosechados y abandonados y luego se trasladan al algodón, creando un algodón pegajoso. Cuando se excavan campos de patatas adyacentes, los Miridae (por ejemplo, las especies *Lygus* y *Creontiades*) pueden desplazarse al algodón causando daños a las yemas florales. El maíz sembrado junto al algodón puede crear poblaciones de plagas de insectos que no causan daños al maíz, pero devastan el fruto del algodón cuando salen del secado del maíz y se desplazan al algodón.

**Implicaciones (cambios necesarios)**. Muchos cultivos de rotación requieren infraestructuras y mercados poscosecha. Las explotaciones más grandes dependen menos de la infraestructura y los mercados poscosecha existentes que las más pequeñas, ya que pueden instalar individual o colectivamente las instalaciones de procesamiento necesarias y establecer nuevos mercados. Para mejorar la adopción por parte de las explotaciones pequeñas y medianas, es necesario invertir más en infraestructuras y mercados poscosecha. En explotaciones de todos los tamaños, la experiencia con cultivos rotativos probados localmente y bien adaptados es fundamental para reducir los riesgos agronómicos. Un mayor conocimiento de las interacciones del manejo integrado de plagas (MIP) en toda la explotación entre los cultivos vecinos y los cultivos de rotación minimizaría las consecuencias adversas no deseadas y, con suerte, identificaría sinergias beneficiosas del manejo integrado de plagas (MIP) entre los cultivos.

1. **Pastoreo del ganado. [[43]](#footnote-43)[[44]](#footnote-44)[[45]](#footnote-45)** Los modelos óptimos de pastoreo de rumiantes para la Agricultura Regenerativa siguen normas manejadas de pastoreo, como el pastoreo en manada o el pastoreo en celdas, que limitan el tiempo de pastoreo y permiten la recuperación de las plantas tras la retirada de los animales. Estas prácticas óptimas requieren un cercado físico o virtual. Si no se utilizan pautas de pastoreo óptimas, se favorece la dominancia de malezas y, cuando se emplean altas tasas de carga ganadera, también se degrada el suelo. La capacidad de proporcionar un pastoreo óptimo en explotaciones sin ganado depende de la disponibilidad de animales ajenos a la explotación. El pastoreo en AR puede lograrse con menos trabajo para el productor con animales introducidos temporalmente, ya que el tamaño del rebaño puede ajustarse al tamaño del campo. El pastoreo a corto plazo puede mejorar la recuperación de las plantas en comparación con el pastoreo a largo plazo, una vez retirados los animales.

**Implicaciones (beneficios).** El pastoreo de ganado en campos cosechados de algodón era una práctica común para capturar valor de la semilla de algodón que quedaba en el campo. En la actualidad, el pastoreo de ganado en los cultivos de rotación del algodón o en los cultivos de cobertura es el uso dominante del pastoreo en el algodón. Los beneficios pueden superar los del estiércol seco aplicado, ya que el estiércol fresco tiene una microflora dinámica, incluye orina y se incorpora al suelo con el pisoteo.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas).** El pastoreo de unos pocos animales de carga o de carne en una explotación pequeña plantea pocos riesgos de daños medioambientales, ya que es probable que pasten en zonas no cultivadas. Sin embargo, suponen un riesgo para el riego y otras infraestructuras de la explotación. En el caso de las pequeñas explotaciones, llevar ganado a una explotación cercana supone un riesgo mínimo de introducir semillas de malezas exóticas, ya que es probable que el ganado proceda de explotaciones con especies de malezas similares.

**Implicaciones (cambios necesarios).** Es necesario investigar para conocer mejor la viabilidad de las semillas de especies de malezas comunes que pasan a través del estiércol de animales de pastoreo. En las explotaciones medianas y grandes con ganado, el pastoreo requiere una cerca para evitar degradar los pastos o los cultivos. Las cercas virtuales ofrecen una solución potencialmente valiosa que puede manejarse con un teléfono inteligente y se espera una disminución de su precio. Se necesita investigar para conocer las repercusiones del estiércol fresco y la orina en el algodón en comparación con el producto seco procedente de fuera de la explotación.

1. **Fertilizantes sintéticos prohibidos.** [[46]](#footnote-46)[[47]](#footnote-47)[[48]](#footnote-48)[[49]](#footnote-49)[[50]](#footnote-50)[[51]](#footnote-51)[[52]](#footnote-52)[[53]](#footnote-53)[[54]](#footnote-54)[[55]](#footnote-55)[[56]](#footnote-56)[[57]](#footnote-57)[[58]](#footnote-58)[[59]](#footnote-59) El algodón puede producirse sin fertilizantes sintéticos (manufacturados) si las expectativas de rendimiento coinciden con la capacidad de suministro de nutrientes del suelo. Tras décadas de retirar material vegetal de un campo en el cultivo cosechado sin reponer nutrientes, disminuye el potencial de rendimiento. Las fuentes de nutrientes fertilizantes no sintéticos incluyen el estiércol, las leguminosas, la harina de semilla de algodón, el fosfato de roca y la ceniza de madera. El algodón puede recibir N sin insumos fuera de la explotación cuando se cultiva después de las leguminosas o en zonas con una importante actividad de tormentas eléctricas que añaden N reactivo al agua de lluvia. Estos dos elementos combinados pueden aportar el N eliminado en la semilla de aproximadamente 2 fardos por hectárea. Si toda la harina de algodón se devuelve al campo (no recomendado), se puede mantener una nutrición adecuada del suelo. Las reservas del suelo son una fuente de P y K que acaban agotándose si no se reponen con estiércol y fosfato de roca (P), ceniza de madera (K) o fertilizantes sintéticos (P y K). Las necesidades nutricionales del algodón son independientes del tamaño de la explotación. Independientemente de que las hectáreas manejadas por persona sean pequeñas, medianas o grandes, un alto rendimiento del algodón requiere un elevado aporte de nutrientes del suelo. Cuando las expectativas de rendimiento están muy limitadas por la disponibilidad de humedad, las necesidades nutricionales del algodón son menores. Los suelos nativamente fértiles que han sido cultivados recientemente pueden mantenerse durante más temporadas sin agregar nutrientes que los campos similares con riego. Los residuos del suelo y de los cultivos de rotación y el estiércol son la fuente de nutrientes más común cuando los productores no utilizan fertilizantes sintéticos.

**Implicaciones (beneficios).** Prohibir los fertilizantes sintéticos reduce los costos de los insumos sin sacrificar el rendimiento cuando los suelos siguen teniendo un alto contenido de todos los nutrientes necesarios o cuando se dispone fácilmente de nutrientes orgánicos a bajo costo. Los principales beneficios de limitar los fertilizantes sintéticos son la reducción de costos, de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la fabricación actual de fertilizantes N y el cumplimiento de los requisitos de un mercado específico.

**Riesgos y consecuencias adversas no deseadas.** Depender exclusivamente de la fertilidad residual contribuye a una disminución constante del potencial de rendimiento, mientras que depender exclusivamente del estiércol plantea riesgos de desequilibrio de nutrientes que perjudican al cultivo o al medioambiente. El contenido en nutrientes del estiércol varía mucho en función de su manipulación y almacenamiento. Cuando los productores dependen exclusivamente del estiércol para obtener rendimientos elevados en cultivos no leguminosos (como el algodón), pueden producirse daños medioambientales por el exceso de P aplicado para satisfacer las necesidades de N del estiércol. Los riesgos secundarios de depender exclusivamente del estiércol se derivan de la logística de transporte, almacenamiento y esparcimiento, además de la lenta mineralización (liberación) de N, que puede dar lugar a un exceso de N durante la apertura de la cápsula, lo que estimula el crecimiento vegetativo durante las temporadas húmedas de cosecha y provoca problemas de insectos y de calidad. Cuando el N disponible en el suelo sigue siendo alto durante la apertura de la cápsula, la preparación de la cosecha requiere un control preciso del suministro de agua, como por ejemplo con el riego por goteo en entornos desérticos o con altas tasas de Ayudas a la Cosecha.

**Cambios necesarios.** Los productores necesitan herramientas de bajo costo y fáciles de usar para evaluar el estado nutricional de sus suelos y cultivos. Esta necesidad es especialmente crítica cuando los productores adoptan cultivares de mayor rendimiento que dividen más nutrientes en frutos. Estas herramientas deben combinarse con la formación de los productores sobre nutrición vegetal y manejo de nutrientes. A pesar de décadas de ensayos de campo con fertilizantes en el algodón, investigaciones recientes demuestran que es necesario lograr mejoras sustanciales en la eficiencia en el uso de fertilizantes.

1. **Reducción de herbicidas. [[60]](#footnote-60)[[61]](#footnote-61)[[62]](#footnote-62)[[63]](#footnote-63)** El acceso a los herbicidas no es esencial para las explotaciones algodoneras de pequeñas hectáreas, en las que un solo trabajador puede mantener libre de malezas el periodo crítico de las 6 primeras semanas tras la siembra. El cultivo mecánico puede aliviar parte de esta carga de tiempo de deshierbe manual en explotaciones de tamaño medio, especialmente si las habilidades y el equipo permiten un cultivo cercano que cubra o arranque las malezas de los surcos. En las explotaciones grandes, el acceso a los herbicidas es esencial cuando la relación hectáreas de algodón/mano de obra impide incluso el cultivo mecánico. Los modernos pulverizadores terrestres de gran tamaño pueden cubrir más de 50 hectáreas por hora, frente a las 10 hectáreas por hora del cultivo mecánico. A los problemas de mano de obra que plantea el cultivo mecánico, es necesario agregar su necesidad semanal o quincenal si existen malezas perniciosas o si las lluvias frecuentes hacen germinar nuevos brotes de malezas. Esto contrasta con los herbicidas, que suelen aplicarse de 2 a 5 veces por temporada de cultivo. Así pues, las explotaciones de grandes hectáreas por persona dependen de los herbicidas para el control de las malezas.

**Implicaciones (beneficios). La** reducción de herbicidas ahorra costos de insumos sin sacrificar el rendimiento cuando los suelos están libres de malezas y los aportes de semillas de malezas procedentes de la siembra, el equipo, el estiércol, los pájaros, el agua y el viento pueden manejarse con aislamiento, cultivo y/o escarda manual. El principal beneficio de la reducción de herbicidas es cumplir los requisitos de un mercado específico.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)** La reducción del uso de herbicidas conlleva múltiples riesgos: La resistencia de las malezas a los herbicidas puede desencadenarse por dosis bajas de herbicidas y/o modos de acción de un solo herbicida. Retrasar la aplicación de herbicidas y desherbar a mano durante las 6 semanas posteriores a la siembra del algodón permite una fuerte competencia de malezas que puede reducir el rendimiento a cero. Retrasar la aplicación de herbicidas más adelante en la temporada permite el crecimiento de malezas que luego requieren mayores dosis de herbicidas o contribuyen al banco de semillas de malezas en el suelo. La eliminación de los herbicidas y la dependencia del cultivo mecánico de las malezas puede tener consecuencias adversas: el suelo se compacta fácilmente, lo que reduce la densidad y la profundidad de las raíces cuando la maquinaria agrícola transita por el suelo previamente labrado cerca de los algodoneros; las lluvias frecuentes después de la siembra impiden el cultivo y estimulan múltiples brotes de malezas que pueden ser difíciles de controlar, incluso para el deshierbe manual. El algodón sin laboreo, en el que no se altera la superficie del suelo salvo para colocar las semillas, es casi imposible sin herbicidas.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Existe una necesidad sustancial de educación sobre el uso de herbicidas en la agricultura con labranza cero y labranza reducida y sobre prácticas de manejo que eviten la resistencia de las malezas a los herbicidas. La inversión a largo plazo en nuevas estrategias de control de las malezas es esencial para evitar los costos de la escarda manual.

1. **Reducción de insecticidas y acaricidas.** [[64]](#footnote-64)[[65]](#footnote-65)[[66]](#footnote-66)[[67]](#footnote-67)[[68]](#footnote-68)[[69]](#footnote-69) A diferencia de las malezas, los insectos no pueden eliminarse manualmente, por lo que el impacto de la reducción de insecticidas y acaricidas es independiente del tamaño de la explotación; las explotaciones pequeñas, medianas y grandes se ven igualmente afectadas si las plagas de insectos superan los umbrales económicos. Los insectos rara vez reducen el rendimiento por debajo del 50% cuando la duración de la temporada es adecuada, ya que la mayoría de las plagas de insectos son alimentadores selectivos móviles y sus poblaciones se reducen cíclicamente después de agotar las fuentes de alimento preferidas o debido a la expansión del control biológico de plagas. La resistencia de la planta hospedera (también conocida como rasgos autóctonos) proporciona protección frente a plagas de insectos específicas, por ejemplo, el algodón de hoja pilosa suprime los jásidos *Amrasca* y *Empoasca* y el algodón de hoja suave limita la mosca blanca *Bemisia*. El control cultural proporciona una protección parcial frente a las plagas de insectos, por ejemplo, el manejo de la temporada corta minimiza los daños de la temporada tardía frente a la alimentación de lepidópteros, míridos y el picudo de la cápsula *Anthonomous grandis*, y los residuos de cereales en la superficie durante la siembra suprimen los daños de la temporada temprana causados por especies de *Frankliniella*. Sin embargo, los cultivares de alto rendimiento con resistencia múltiple de la planta huésped contra todas las plagas de insectos que dañan el algodón en una región no se han comercializado en una superficie considerable. La sequía y la baja humedad que limitan gravemente el rendimiento del algodón también proporcionan protección contra la mayoría de las plagas de insectos, ya que sus primeras fases de vida (huevos y neonatos) son vulnerables a la desecación y a la luz solar intensa. Sin embargo, algunas plagas de insectos pueden reducir aún más el rendimiento y retrasar la cosecha en condiciones de sequía y baja humedad (por ejemplo, las especies de *Frankliniella*).

**Implicaciones (beneficios). La** reducción de la aplicación de insecticidas y acaricidas disminuye la exposición humana y los costos de los insumos sin sacrificar el rendimiento cuando los campos permanecen toda la temporada por debajo de los umbrales económicos de plagas de insectos. Evitar las aplicaciones tempranas de insecticidas y acaricidas de amplio espectro permite que los insectos beneficiosos se acumulen en el campo. La reducción de insecticidas y acaricidas cumple los requisitos de mercados específicos.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)** Las repercusiones negativas de limitar el acceso a los insecticidas y acaricidas suelen ser esporádicas, ya que el algodón tiene una alta tolerancia a muchas plagas de insectos que, cuando se superan, pueden desencadenar una necesidad urgente de remediación de plaguicidas. El manejo del algodón sin acceso a insecticidas y acaricidas en entornos húmedos requiere una tolerancia a la pérdida de rendimiento de hasta el 50%. Dado que las predicciones de sequía a lo largo de la temporada son de alcance regional y de baja precisión, confiar en el estrés por sequía/calor para controlar las plagas de insectos es arriesgado. Las lluvias imprevistas y oportunas en regiones con sequía suelen aumentar el potencial de rendimiento y permiten a las explotaciones recuperarse de años anteriores de bajo rendimiento. Por lo tanto, la incapacidad de aprovechar los beneficios de la lluvia para aumentar el rendimiento debido a los daños causados por los insectos es económicamente perjudicial cuando las explotaciones dependen de la rentabilidad plurianual para mantener sus operaciones.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Dado que los primeros rasgos Bt OGM han perdido eficacia frente a algunas plagas de lepidópteros en algunas regiones (por ejemplo, Cry1Ac contra el gusano rosado de la cápsula en el sur de Asia), se necesita urgentemente una resistencia adicional de la planta huésped, ya sea a partir de rasgos nativos o de la manipulación de genes (edición u OGM). Además, es necesaria la experiencia de los productores para anticiparse a las plagas de insectos específicas antes de la selección de semillas, con el apoyo de una industria de semillas profesional para realizar pruebas fiables, identificar, asesorar con precisión a los productores y entregar las semillas. Con el cambio climático, es posible que los productores de zonas históricamente poco o muy lluviosas tengan que adoptar estrategias de manejo de plagas más proactivas para protegerse de la incertidumbre pluviométrica.

1. **Reducción de fungicidas.** [[70]](#footnote-70)[[71]](#footnote-71)[[72]](#footnote-72)[[73]](#footnote-73)[[74]](#footnote-74) Los hongos que dañan el algodón pueden proceder del suelo y de otros campos. La mayoría de los hongos transmitidos por el suelo pueden controlarse con la rotación de cultivos y el saneamiento (labranza que incorpora totalmente los residuos de cultivos anteriores). Algunos hongos patógenos del algodón transmitidos por el suelo y el aire pueden desplazarse largas distancias e infectar al algodón cultivado en campos que no tienen antecedentes de estos patógenos. Los hongos patógenos *Ramulariopsis gossypii*, *Corynespora cassicola* y *Fusarium oxysporum vas infectans* no pueden controlarse fácilmente con los fungicidas disponibles en el mercado ni con las variedades comerciales resistentes a la planta hospedera en todas las regiones en las que se dan estos patógenos. Estos tres hongos patógenos pueden reducir el rendimiento del algodón en más de un 50%. Las enfermedades fúngicas de las plántulas sólo pueden controlarse parcialmente con semillas vigorosas sembradas en épocas y profundidades óptimas, por lo que la falta de acceso a fungicidas de tratamiento de semillas supone un reto. El acceso a los fungicidas de tratamiento de semillas es más crítico en los campos de siembra directa de las grandes explotaciones, ya que los residuos superficiales pueden reducir el calentamiento del suelo en primavera y a menudo se necesita mucho tiempo para sembrar la mayor superficie por persona.

**Implicaciones (beneficios)** Prohibir los fungicidas reduce los costos de los insumos sin sacrificar el rendimiento cuando los campos están libres de patógenos fúngicos. El principal beneficio de prohibir los fungicidas es cumplir los requisitos de un mercado específico.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)** La presencia de patógenos fúngicos foliares contra el viento supone un riesgo para el rendimiento de los campos de algodón cuando se prohíben los fungicidas. Dado que los patógenos de tratamiento de semillas son ubicuos, no utilizar fungicidas de tratamiento de semillas supone un riesgo de fracaso del banco si el tiempo posterior a la siembra es frío o húmedo. La replantación de semillas de algodón en bancos infectados por hongos es un reto, ya que el inóculo del suelo puede ser elevado y se retrasa el cultivo resultante.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Se requieren conocimientos locales para evitar la rotación del algodón con cultivos que sustentan hongos patógenos. Dado que el algodón tolera los bancos dispersos (brechas de baja densidad), se necesita un alto nivel de conocimientos agrícolas para evaluar cuidadosamente qué partes de cada campo dañado deben replantarse, cómo conseguir un banco de resiembra y cuál es la mejor manera de manejar un cultivo de algodón tardío o disperso. Una evaluación satisfactoria de la resiembra incorpora muchos factores: duración prevista de la temporada y riesgos bióticos y abióticos al final de la temporada, suministro de humedad, cultivar sembrado, cultivares disponibles para la resiembra, intenciones de cultivos posteriores, etc. Se necesita resistencia de la planta hospedera a los patógenos de las enfermedades de las plántulas.

1. **Acceso a los nematicidas.** [[75]](#footnote-75)[[76]](#footnote-76)[[77]](#footnote-77)[[78]](#footnote-78) No se sabe si los nematodos patógenos (gusanos microscópicos del suelo) del algodón se transmiten por semillas o por el aire, por lo que pueden controlarse mediante la rotación de cultivos y la resistencia de la planta hospedera. Las diferentes plagas de nematodos tienen diferentes rangos de hospederos (algunos a nivel de cultivar) y necesitan genes específicos de resistencia a la planta hospedera para su control, por lo que se requiere una identificación precisa de los nematodos en un campo específico. Algunos nematodos pueden desplazarse por el suelo o el agua, por lo que es necesario sanear el campo si hay nematodos presentes en una zona. Por ejemplo, el nematodo reniforme *Rotylenchus reniformis* puede propagarse en el suelo seco de la maquinaria agrícola. Los nematodos pueden manejarse con éxito sin nematicidas en explotaciones pequeñas, medianas y grandes si se identifican las especies y se emplea la rotación adecuada y la resistencia de la planta hospedera.

**Implicaciones (beneficios)** Los nematicidas son insumos caros y, aparte de los nematicidas fumigantes, sólo proporcionan un control parcial de los nematodos del nudo de la raíz *Meloidogyne incognita* y del nematodo reniforme *Rotylenchus reniformus*. Reducir el uso de nematicidas en campos por debajo de los umbrales económicos de nematodos patógenos ahorra costos de insumos sin sacrificar el rendimiento.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)** Los nematodos pueden reducir el rendimiento casi a cero en campos muy infestados. Muchos cultivares populares comercialmente no contienen una resistencia eficaz de la planta hospedera contra los nematodos locales, lo que provoca pérdidas de rendimiento en los campos infestados. Dado que las poblaciones de nematodos se acumulan con el tiempo, afectan a las raíces y son difíciles de diagnosticar, la eliminación de las aplicaciones profilácticas de nematicidas (tratamiento de semillas o en el surco) puede dar lugar a pérdidas de rendimiento imprevistas.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Aunque se dispone de rasgos de resistencia de la planta hospedera para algunos nematodos patógenos, se necesita una inversión continua para crear rasgos nematicidas para todos los nematodos dañinos del algodón y para retrasar el desarrollo de resistencia a los rasgos actualmente disponibles. El muestreo y análisis del suelo en busca de nematodos patógenos requiere experiencia de campo y de laboratorio, así como equipos especializados. Esta capacidad no está al alcance de muchos productores de escasos recursos.

1. **Acceso a bactericidas.** [[79]](#footnote-79)[[80]](#footnote-80) Sólo un patógeno bacteriano del algodón está muy extendido, *Xanthomonas citri pv. Malvacearum* , agente causal de la roya bacteriana del algodón. Este patógeno reside en el suelo sobre restos vegetales y puede propagarse mediante semillas contaminadas y salpicaduras de agua. La resistencia de la planta hospedera a la Roya Bacteriana, no a los bactericidas, es ampliamente empleada en cultivares comerciales por pequeñas, medianas y grandes explotaciones.

**Implicaciones (beneficios)** Aparte de los biocidas de amplio espectro, los campos de producción de fibra no utilizan bactericidas en la actualidad. La eliminación del uso de bactericidas en la producción de algodón ahorraría costos de insumos sin sacrificar el rendimiento si los campos se siembran con cultivares resistentes libres de enfermedades.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)** Prohibir el acceso a bactericidas durante la producción de semillas podría permitir que las semillas de siembra se infectaran durante las etapas de desmotado y procesado.

**Implicaciones (cambios necesarios)** A menos que se realice un esfuerzo continuo para incorporar la resistencia de la planta hospedera a la roya bacteriana en las nuevas variedades, los campos sin un historial reciente de infestación pueden infestarse. Es necesario acelerar la inversión en la nueva resistencia de la planta hospedera contra la roya bacteriana, ya que un solo rasgo se utiliza actualmente en millones de acres y, por lo tanto, está expuesto a la presión de selección de cepas que rompen la resistencia*.*

1. **Contaminación del agua. [[81]](#footnote-81)[[82]](#footnote-82)[[83]](#footnote-83)[[84]](#footnote-84)** Cuando se aplican nutrientes y plaguicidas, es necesario contenerlos en los campos. El movimiento de estos costosos insumos fuera del campo o por debajo de la zona radicular desperdicia recursos valiosos y puede contaminar zonas alejadas del campo. El movimiento de nutrientes por las aguas superficiales y poco profundas del subsuelo hacia arroyos, ríos, lagos y océanos es la principal preocupación, ya que el N y el P pueden provocar eutrofización y toxicidad. Otra inquietud es el movimiento de nitratos y plaguicidas a las aguas subterráneas que, una vez contaminadas, son difíciles de solucionar *in situ* o de procesar en instalaciones de tratamiento de aguas. Cuando se ponen nuevas tierras en producción es más fácil incluir estructuras de contención de los contaminantes del agua, como sistemas de retorno aguas abajo y estanques de retención que aborden el movimiento superficial. Los terrenos que se han cultivado durante varias décadas, especialmente cuando se subdividen, presentan mayores dificultades a la hora de equiparlos con estructuras de contención. La contaminación de las aguas subterráneas también es más difícil en las pequeñas explotaciones, ya que estructuras como los cabezales de pozos seguros y las instalaciones de almacenamiento/mezcla de plaguicidas requieren recursos e ingeniería.

**Implicaciones (beneficios). Los** beneficios de contener los contaminantes no puntuales del agua de origen agrícola en las explotaciones son muchos. La contaminación procedente de fuentes no puntuales es más difícil de identificar que la de las fuentes puntuales como fábricas o minas. Por ello, es preferible que los productores adopten medidas proactivas para contener los contaminantes en lugar de las medidas de control, ejecución y reducción que se utilizan con la contaminación puntual. Además de los beneficios no agrícolas derivados de la reducción de la contaminación del agua, los productores obtienen rentabilidad en sus explotaciones cuando no pierden los insumos adquiridos (fertilizantes, plaguicidas, correcciones, estiércol). Dado que cientos y miles de campos alimentan masas de agua comunes, sólo unos pocos campos altamente contaminantes pueden pasar desapercibidos hasta que los niveles aguas abajo son lo suficientemente altos como para activar una alerta. El control de las aguas subterráneas es aún más difícil, ya que es caro y se centra principalmente en los problemas del agua potable en el punto de suministro, no en el subsuelo.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas).** Las estructuras de contención de la contaminación son costosas de diseñar y construir. Aparte de estos costos considerables, no se identifican riesgos ni consecuencias adversas imprevistas.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Se necesitan inversiones sustanciales en el diseño y el manejo de los sistemas de contención de contaminantes del agua para las explotaciones existentes y las pequeñas.

1. **Silvicultura integrada.** [[85]](#footnote-85) Al igual que los cultivos intercalados, la siembra de árboles en campos de algodón es factible cuando la mano de obra es adecuada para manejar y cosechar los árboles, junto con todas las operaciones del algodón. La silvicultura es un reto en explotaciones de tamaño mediano (10-50 hectáreas por persona) debido al uso de herbicidas en el algodón que pueden dañar los árboles intercalados. Incluso en las explotaciones que utilizan el control mecánico de las malezas en lugar de herbicidas, los árboles en crecimiento interfieren con el equipo de cultivo. Las grandes explotaciones encontrarían la silvicultura muy difícil debido al tamaño de los equipos de campo y a la divergencia entre las prácticas hortícolas y la agronomía algodonera.

**Implicaciones (beneficios).** La silvicultura aporta beneficios económicos y diversidad biológica similares a los cultivos intercalados. Cuando los productores abandonan los cultivos en surcos, como el algodón, para dedicarse a los árboles de crecimiento lento, pueden cultivar árboles jóvenes hasta que éstos interfieran con los cultivos en hilera. La silvicultura de baja densidad puede permitir que los cultivos en hilera y los árboles coexistan durante más tiempo y obtener beneficios nutricionales en suelos empobrecidos en nutrientes gracias a los árboles simbióticos fijadores de nitrógeno y a la recuperación de nutrientes profundos de las raíces de los árboles hacia la superficie a través de la biomasa de los brotes de los árboles.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas).** Cuando los árboles son pequeños, los riesgos de la silvicultura en los campos de algodón son similares a los de los cultivos intercalados. Sin embargo, los árboles siguen creciendo y compiten con los cultivos anuales del bosque bajo por la luz solar y el agua. Con el tiempo, el productor tendrá que decidir si convierte el campo de algodón en un bosque manejable o elimina los árboles. La plantación y recolección mecanizada del algodón se impedirá entre 2 y 5 años después de sembrar árboles en un campo de algodón. Así pues, la silvicultura para explotaciones medianas y grandes es una práctica a corto plazo.

**Implicaciones (cambios necesarios).** Un mayor conocimiento de las interacciones entre los árboles adyacentes y el algodón podría identificar beneficios bióticos y abióticos que podrían ser aprovechados por los productores que adopten una silvicultura integrada. Para extender la silvicultura a las grandes explotaciones se necesitaría una importante labor de investigación y desarrollo en materia de mecanización (probablemente con pequeños equipos autónomos).

1. **Los RCP y el acceso a las ayudas a la cosecha. [[86]](#footnote-86)[[87]](#footnote-87)[[88]](#footnote-88)[[89]](#footnote-89)[[90]](#footnote-90)[[91]](#footnote-91)** Los reguladores del crecimiento de las plantas (PGR), ampliamente utilizados en el algodón, reducen la expansión de hojas, ramas y tallos. Esta reducción del dosel vegetal puede tener beneficios secundarios en la reducción de la podredumbre de la cápsula, facilitando la penetración de la pulverización en el dosel, la cosecha a máquina y el manejo del cultivo cuando el exceso de nitrógeno y/o agua es inevitable. Las ayudas a la cosecha facilitan la cosecha a máquina y pueden mejorar la calidad de la fibra si se utilizan en coordinación con la cosecha a máquina o con mano de obra.

**Implicaciones (beneficios)** La prohibición de los RCP reduce los costos de los insumos sin sacrificar el rendimiento y la calidad cuando los campos son cortos de forma confiable, el agua y el nitrógeno pueden controlarse con precisión para gestionar la altura de las plantas o cuando el crecimiento en surcos no es perjudicial. La prohibición de las ayudas a la cosecha reduce los costos de los insumos sin sacrificar el rendimiento ni la calidad cuando las temperaturas otoñales defoliaban el cultivo de forma confiable o cuando predominaba la cosecha manual. El principal beneficio de prohibir los RCP y las ayudas a la cosecha es cumplir los requisitos de un mercado específico.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)** La falta de acceso a los RCP y a las ayudas a la cosecha es muy difícil en las explotaciones grandes y medianas en las que la cosecha está totalmente mecanizada.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Se necesita maquinaria de recolección innovadora que, idealmente, pueda recoger la cosecha sin ayudas a la cosecha.

1. **Estiércol.** [[92]](#footnote-92)[[93]](#footnote-93)[[94]](#footnote-94)[[95]](#footnote-95)[[96]](#footnote-96)[[97]](#footnote-97)[[98]](#footnote-98)[[99]](#footnote-99) En las explotaciones con ganado, la captura y esparcimiento de estiércol es habitual y presenta riesgos limitados para las explotaciones algodoneras pequeñas, medianas y grandes cuando el estiércol proporciona sólo una parte de la nutrición del algodón. La obtención de estiércol de ganado en lugares ajenos a la explotación es cara debido a su baja densidad de nutrientes y presenta cierto riesgo por las sales de los corrales de engorde y las semillas de malezas. El estiércol avícola es más denso en nutrientes y, por tanto, más rentable de transportar; además, la sal no se considera un riesgo con este tipo de estiércol. El alto contenido de fosfato de la gallinaza complementa el nitrógeno y el potasio de otras fuentes, como las leguminosas, los fertilizantes nitrogenados y potásicos y los suelos ricos en potasio.

**Implicaciones (beneficios).** Antes de la producción de Haber Bosch de nitrógeno reactivo a partir de nitrógeno inerte, el estiércol era la fuente dominante de nutrientes para los cultivos mediante la utilización de animales (predominantemente aves, murciélagos y rumiantes) para forrajear nutrientes de zonas no cultivadas de manera que se pudiera acceder a ellos y aplicarlos a la explotación. El estiércol aporta la mayoría de los nutrientes esenciales para las plantas, pero predominantemente P y N. El estiércol aporta microbios que pueden ser beneficiosos y, en combinación, crea sinergias con otras modificaciones del suelo. Para el algodón, el estiércol es una excelente fuente de P disponible, ya que una sola aplicación satisface las necesidades del cultivo durante varios años. Cuando el estiércol se aplica juiciosamente a cultivos como el algodón, se mitiga el daño medioambiental derivado del exceso de N y P creado en las operaciones de alimentación confinada. Las combinaciones de estiércol y fertilizantes pueden proporcionar programas de nutrición del algodón de alto rendimiento.

**Implicaciones** **(riesgos y consecuencias adversas no deseadas.** El principal riesgo del estiércol aplicado en superficie es el exceso de P, que puede pasar a las aguas superficiales cercanas provocando la eutrofización. Cuando el estiércol es la única fuente a largo plazo para la nutrición del algodón, las deficiencias de nitrógeno serán evidentes o la contaminación por P será perjudicial. Los riesgos secundarios incluyen las emisiones de óxido nitroso procedentes de la aplicación de estiércol.

**Implicaciones (cambios necesarios).** Es necesaria unamayor concienciación sobre los beneficios globales y de campo de un programa equilibrado de nutrientes, junto con la disponibilidad de servicios de análisis de suelos/tejidos vegetales de bajo costo y calibrados localmente.

1. **Compostaje y biocarbón. [[100]](#footnote-100)[[101]](#footnote-101)[[102]](#footnote-102)[[103]](#footnote-103)[[104]](#footnote-104)[[105]](#footnote-105)[[106]](#footnote-106)[[107]](#footnote-107)[[108]](#footnote-108)** El compostaje de la materia orgánica para retener los nutrientes y reducir al mismo tiempo los patógenos requiere algo más que amontonar residuos para su posterior aplicación en los campos. Idealmente, la temperatura, la humedad y la aireación de la pila de compost se manipulan con la adición de agua y la agitación para promover el consumo bacteriano aeróbico del material orgánico que concentra los nutrientes y las moléculas orgánicas más recalcitrantes. Las fuentes habituales de materia orgánica compuesta en las explotaciones de algodón son los residuos alimentarios, los residuos vegetales, los residuos de las desmotadoras y el estiércol. El biocarbón es el resultado del compostaje anaeróbico a alta temperatura y proporciona beneficios similares al compostaje aeróbico, pero retiene una mayor fracción de la materia orgánica en moléculas recalcitrantes. El compostaje puede realizarse en explotaciones de cualquier tamaño.

**Implicaciones (Beneficios)** El compostaje de materia orgánica crea una modificación del suelo rico en nutrientes que aplicada a la superficie del suelo o incorporada al suelo beneficiará a la mayoría de los cultivos, incluido el algodón. El compost incorporado al suelo favorece el secuestro de carbono y la retención de nutrientes, especialmente el biocarbón. Durante el proceso de compostaje, las bacterias generan calor que reduce los niveles de patógenos fúngicos. El compostaje de residuos orgánicos urbanos es una oportunidad para transferir una nutrición de nutrientes y eliminar residuos de alimentos (y quizás residuos humanos, si se emplean los procedimientos de seguridad adecuados).

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)**. El compostaje anaeróbico a temperaturas bajas o moderadas puede generar metano y óxido nitroso, ambos potentes gases de efecto invernadero. La eliminación de patógenos de los residuos de la desmotadora no es factible en las explotaciones, por lo que puede producirse cierta propagación de patógenos entre explotaciones al aplicar residuos de desmotadora compostados. El exceso de humedad que escurre sobre el compost provoca una pérdida de nutrientes, ya que ahora están más disponibles tanto para su absorción por las plantas como para su pérdida. La concentración de nutrientes del compost varía en función del material de origen y de los métodos de compostaje, lo que crea incertidumbre en la fertilidad estacional de los campos de algodón. El compost libera los nutrientes más lentamente que los fertilizantes sintéticos, lo que puede liberar un exceso de N a finales de la apertura de la cápsula, con lo cual se agravan las plagas de finales de temporada y el exceso de vegetación.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Senecesita orientación sobre la mezcla y el compostaje óptimos de material orgánico diverso, así como acceso a herramientas sencillas y de bajo costo que permitan acceder a la densidad de nutrientes y la temperatura. Se necesita financiación inicial para establecer vínculos entre la ciudad y las granjas que manipulen, composten, transporten y apliquen de forma segura, según sea necesario, los residuos orgánicos procedentes de la ciudad.

1. **Amortiguadores de conservación. [[109]](#footnote-109)[[110]](#footnote-110)[[111]](#footnote-111)[[112]](#footnote-112)** Las zonas de amortiguadores de conservación son zonas sin cultivos ni pastos dentro y alrededor de los campos que ayudan a retener el agua de lluvia en el campo. Las zonas de amortiguadores de conservación incluyen los canales de drenaje naturales y las zonas de amortiguadores de gramínea alrededor de los campos. Las gramíneas perennes son las preferidas en las zonas de amortiguadores porque no interfieren con la maquinaria agrícola y su crecimiento se ve estimulado por el N y el P, reteniendo estos nutrientes en raíces y brotes.

**Implicaciones (beneficios)** Las zonas de amortiguadores alrededor de los campos retrasan el movimiento del agua de lluvia, el suelo y los productos químicos disueltos (fertilizantes, estiércol y plaguicidas), lo que permite que se infiltren en la zona de amortiguación en lugar de fluir hacia hábitats y masas de agua sensibles. Los cursos de agua de pasto también retrasan la erosión del suelo y los amortiguadores de pasto frenan la erosión del suelo en capas. Con las intensas precipitaciones, desencadenadas por el cambio climático, estos amortiguadores permanentes serán importantes para evitar el movimiento aguas abajo del agua, el suelo y los productos químicos disueltos.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)** Las zonas barrera de conservación no proporcionan ningún producto cosechado ni pastoreado, pero ocupan tierras agrícolas productivas y requieren plantación y mantenimiento.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Los amortiguadores de conservación son estructuras permanentes diseñadas por ingenieros especializados en drenaje y conservación del suelo. La selección de las especies de gramíneas y la disponibilidad de semillas para la plantación son fundamentales para garantizar el éxito y evitar la aparición de problemas como malezas invasoras.

1. **Mejora de la eficiencia en el uso del agua.** [[113]](#footnote-113)[[114]](#footnote-114)[[115]](#footnote-115)[[116]](#footnote-116)[[117]](#footnote-117) El objetivo de la mejora de la eficiencia en el uso del agua es obtener más algodón cosechado con el agua disponible. Este objetivo abarca muchos parámetros y prácticas en función de la infraestructura de riego y las fuentes de agua. Algunas de estas prácticas incluyen la programación del riego, los canales/tuberías de transporte de agua, el almacenamiento de agua en la explotación con sistemas de retorno y las condiciones del suelo que capturan el agua de lluvia, reducen la evaporación y almacenan agua en la zona radicular. Cuando el agua del suelo en la temporada es inadecuada, las prácticas de AR mejoran la captación, el almacenamiento y el suministro de agua de lluvia al cultivo y también mejoran la eficiencia en el uso del agua. Cuando el agua del suelo es adecuada, hay que aumentar la proporción de algodón cosechado por agua, ya sea incrementando el rendimiento o restringiendo el agua. El diseño y el manejo óptimos de los sistemas de riego requieren conocimientos de ingeniería e inversiones en infraestructuras. Por este motivo, mejorar la eficiencia en el agua de riego es todo un desafío en las explotaciones de regadío pequeñas y con pocos recursos.

**Implicaciones (beneficios).** El agua es el insumo más limitante para la agricultura mundial. La mejora de la eficiencia en el uso del agua conduce a una mayor producción agrícola total o a un uso beneficioso del agua en otros lugares. En el caso de los cultivadores de algodón, la eficiencia en el uso del agua reduce la posibilidad de que el agua aplicada sea inadecuada o excesiva, dos factores que reducen el rendimiento y los beneficios. Dado que el algodón es un cultivo muy tolerante a la sequía, con una respuesta lineal positiva del rendimiento al agua transpirada (evaporada de las hojas), permite una elevada eficiencia en el uso del agua en una amplia gama de aportaciones hídricas. Esta adaptabilidad se deriva de la capacidad del algodonero para ajustar su crecimiento al agua disponible. La incertidumbre sobre el suministro de agua en el momento de la siembra es un hecho común en la agricultura de secano o cuando el riego depende del almacenamiento estacional. El cambio climático agrava esta incertidumbre.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)** La mejora de la eficiencia del uso del agua en el algodón no conlleva riesgos conocidos, ya que tanto el exceso como la escasez de agua aplicada al algodón en forma de lluvia o riego reducen el rendimiento. El exceso de agua lixivia los nutrientes, enfría la planta y favorece la aparición de enfermedades y plagas. Demasiada poca agua reduce la transpiración de la planta y el rendimiento.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Se necesitan importantes inversiones de capital y formación en el diseño, la instalación y el manejo de un suministro de agua eficiente para las pequeñas explotaciones.

1. **Cultivos intercalados.** [[118]](#footnote-118)[[119]](#footnote-119)[[120]](#footnote-120)[[121]](#footnote-121)[[122]](#footnote-122)[[123]](#footnote-123) El cultivo intercalado con algodón (también llamado siembra de relevo, ya que los cultivos con diferentes etapas de vida crecen adyacentes entre sí) es factible cuando la mano de obra es adecuada para sembrar, desherbar y cosechar los cultivos alternativos. Éstos se siembran en el mismo surco o en surcos adyacentes al algodón. Los requisitos de mano de obra hacen que el cultivo intercalado sea deseable en pequeñas explotaciones con recursos limitados de tierra; sin embargo, a medida que aumenta la mecanización o la tierra y disminuye la oferta de mano de obra en relación con las hectáreas, el cultivo intercalado se convierte en un desafío.

**Implicaciones (beneficios).** Los cultivos intercaladosamplían la diversidad y la duración en que un campo puede cultivar un producto cosechable. Los cultivos intercalados también proporcionan estabilidad económica y diversidad biológica del suelo, de forma similar a la rotación de cultivos. Al igual que con los cultivos de cobertura, la diversidad biológica puede tener impactos positivos o negativos. Por ejemplo, los granos pequeños cosechados que se dejan en pie en las plántulas de algodón protegen del viento y los trips, mientras que el maíz intercalado compite con el algodón por la luz solar, el agua y los nutrientes.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas).** Los cultivosintercalados plantean algunos de los mismos riesgos que la rotación en campos adyacentes. Es probable que el cultivo intercalado siga siendo un desafío para las grandes explotaciones.

**Implicaciones (cambios necesarios).** Un mayor conocimiento de las interacciones entre cultivos adyacentes podría aportar beneficios de MIP al algodón y podría reactivar los cultivos intercalados a la escala de los anteriores cultivos trampa.

1. **Derechos humanos.** Las políticas de derechos humanos abordan la salud y la seguridad de los trabajadores, la remuneración y la rentabilidad, la diversidad, la inclusión y el trabajo forzoso. Las explotaciones, individual y colectivamente, pueden desarrollar y adoptar políticas de derechos humanos adecuadas a su situación local**.**

**Implicaciones (beneficios).** Más allá de los beneficios básicos de los derechos humanos para quienes se dedican a la agricultura y a la transformación posterior, las medidas proactivas adoptadas por la industria algodonera para reconocer y reparar las violaciones de los derechos humanos cometidas en el pasado tanto en la producción como en la transformación pueden mejorar nuestra reputación ante los consumidores.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas).** La adopción de políticas de derechos humanos por parte de las explotaciones no tiene riesgos aparentes ni consecuencias adversas no deseadas. Esta práctica no depende del tamaño de la explotación, la disponibilidad de agua, la mecanización o la presencia de ganado.

**Implicaciones (cambios necesarios).** Debe ampliarse la comunicación agrícola relativa a los derechos humanos básicos, junto con orientaciones para establecer políticas de derechos humanos culturalmente pertinentes para las explotaciones agrícolas.

1. **Mejora continua.** [[124]](#footnote-124) A medida que el clima, la tecnología agrícola, los mercados de cultivos y la política gubernamental evolucionan y cambian bruscamente, los productores rentables siguen mejorando y adaptándose. Los productores dispuestos a invertir en la mejora continua podrán acceder a diversas innovaciones que abordarán muchos objetivos comunes de la agricultura regenerativa. La mejora continua requiere tiempo alejado de las tareas agrícolas cotidianas y, por lo tanto, se consigue mejor cuando la mecanización reduce la mano de obra y la superficie por persona es moderada. La capacidad de dedicar tiempo suficiente a la mejora continua es escasa en las unidades agrícolas que dependen de la mano de obra. En las explotaciones mecanizadas de secano, el tiempo para la mejora continua es mayor que cuando hay que manejar agua de riego. En general, a mayor superficie por persona, menos tiempo para la mejora continua.

**Implicaciones (beneficios).** Las métricas estáticas generales tienen un valor limitado en la agricultura, donde cada explotación es diferente y se encuentra en distintas fases de mejora. La mejora continua mediante la evaluación comparativa, la autoevaluación y las herramientas educativas permite a los productores ampliar sus conocimientos, su rentabilidad y su capacidad de respuesta a los cambios del clima, las plagas y los mercados.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas imprevistas).** No existen riesgos aparentes ni consecuencias adversas imprevistas asociadas a la mejora continua de los agricultores**.**

**Implicaciones (cambios necesarios).** Existe una gran necesidad de herramientas educativas e informativas para los productores que lleguen a explotaciones de todos los tamaños, productores de todos los niveles de cualificación, en sus idiomas y costumbres locales.

1. **Trabajo seguro. [[125]](#footnote-125)[[126]](#footnote-126)[[127]](#footnote-127)** Los trabajadores agrícolas están expuestos a numerosos desafíos de seguridad física y mental. El contacto estrecho con el ganado expone a los trabajadores a agentes patógenos y a daños físicos. Las aplicaciones de plaguicidas, salvo en sistemas de mezcla-carga-aplicación totalmente cerrados y filtrados por aire, presentan riesgos de exposición. El trabajo encorvado de larga duración para sembrar y desherbar tiene repercusiones musculoesqueléticas. La recolección manual del algodón es un movimiento repetitivo que resulta abrasivo para los dedos. El trabajo en el campo puede provocar exposición al sol y al calor. El trabajo agrícola es solitario y estresante por la incapacidad de controlar los componentes clave del éxito: el clima, las plagas y los mercados.

**Implicaciones (beneficios).** Más allá de los importantes beneficios humanos de un trabajo seguro, la agricultura necesita atraer a trabajadores jóvenes y mantener a los trabajadores experimentados. Un entorno de trabajo seguro es esencial para atraer a nuevos productores a la vida agrícola.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas).** Lamecanización de la siembra, la labranza, el control de las malezas y la cosecha elimina gran parte de los problemas de seguridad física en la agricultura asociados a la exposición prolongada al sol, el calor y el trabajo encorvado. El manejo de animales grandes y de maquinaria agrícola presenta el riesgo de accidentes, que puede mitigarse con protocolos de seguridad, capacitación y cumplimiento.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Dado que las normas de seguridad de los trabajadores y su cumplimiento son regionales, es necesario compartir la experiencia adquirida en los países con una recogida de datos más sólida con los países rezagados en la notificación de incidentes relacionados con la seguridad de los trabajadores. La educación en materia de seguridad de los trabajadores debe difundirse amplia y repetidamente.

1. **Acceso a OGM TH.** [[128]](#footnote-128) Los OGM de tolerancia a los herbicidas actualmente disponibles incluyen múltiples rasgos de tolerancia a herbicidas (TH) que proporcionan tolerancia del cultivo a los herbicidas glifosato, glufosinato, dicamba, 2,4-D y HPPD. Cuando estos herbicidas no se emplean en la temporada, los rasgos TH de los OGM proporcionan un valor defensivo frente al uso de herbicidas en otros cultivos que derivan hacia los campos de algodón. Esto es preocupante cuando se cultivan juntos cereales y algodón, ya que muchos herbicidas para cereales dañan gravemente al algodón. Todos los herbicidas asociados al algodón OGM TH son eficaces sin la incorporación al suelo, lo que los hace útiles en los campos de algodón de siembra directa. Cuando las malezas aún no han adquirido resistencia a estos cinco herbicidas, su uso en algodón genéticamente modificado TH puede reducir en gran medida la necesidad de desherbar a mano, cultivar y realizar labores que incorporen herbicidas activos en el suelo.

**Implicaciones (beneficios)** La restricción de las semillas OGM TH puede reducir los costos de los insumos en algunos mercados sin sacrificar el rendimiento cuando los campos están libres de malezas y las semillas de malezas importadas en aves, animales, agua y semillas pueden controlarse con otros métodos. La restricción de las semillas OGM TH también retrasa el desarrollo de la resistencia de las malezas a los herbicidas apareados a la TH al impedir su uso frecuente durante el periodo vegetativo. Esto es especialmente cierto en el caso de los herbicidas altamente eficaces y de amplio espectro.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)** Sepueden utilizar herbicidas distintos de los cinco asociados al algodón transgénico TH para crear un programa viable de control de malezas que no requiera el deshierbe manual y el cultivo frecuente, ya que éste era el *status quo* antes de 1997 en América y Australia. Sin embargo, el régimen de herbicidas requería experiencia por parte del operador de la máquina, investigación en la ciencia de las malezas y tolerancia a las lesiones de los cultivos. La falta de acceso a los cultivares de algodón transgénico TH conduce a una de estas tres situaciones: los productores dependen del deshierbe manual, el cultivo se utiliza para controlar las malezas, lo que degrada la salud del suelo, o los productores adquieren los conocimientos y el equipo necesarios para aplicar e incorporar los regímenes de herbicidas anteriores a 1997. Ninguna de estas tres opciones es viable cuando una sola persona cultiva una gran superficie.

**Implicaciones (cambios necesarios**) Es necesario educar sobre el papel de los herbicidas de OGM TH en la agricultura con labranza cero y labranza reducida y sobre las prácticas de manejo que evitan la resistencia de las malezas. La inversión a largo plazo en nuevas estrategias de control de las malezas es esencial para una agricultura productiva.

1. **Acceso a los OGM Bt.** [[129]](#footnote-129)[[130]](#footnote-130) Los OGM de algodón actualmente disponibles incluyen múltiples rasgos de OGM que expresan la proteína *Bacillus thuringiensis* (Bt) contra las plagas de gusanos, míridos y trips (Lepidópteros, Miridae y *Frankinellia*). Los rasgos de los OGM Bt aportan valor en los casos en que sus plagas objetivo específicas siguen siendo susceptibles a estas toxinas Bt y dañan periódicamente el algodón no Bt de OGM.

**Implicaciones (beneficios)** Restringir el acceso a las semillas OGM Bt puede reducir los costos de los insumos en algunas regiones si los campos permanecen por debajo de los umbrales económicos para las plagas de insectos indicativos Bt o si las plagas indicativas desarrollan resistencia al rasgo Bt.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)** La falta de acceso a los rasgos actuales del algodón Bt de OGM en regiones con plagas indicativas susceptibles obliga a los productores a aceptar cualquiera de los siguientes resultados: (a) el algodón debe ser estrechamente vigilado y tratado con insecticidas basados en directrices de MIP investigadas localmente y pertinentes o (b) los productores deben aceptar la pérdida periódica de rendimiento del algodón. A medida que aumenta el número de hectáreas por persona, resulta más difícil llevar a cabo una vigilancia adecuada de las plagas de insectos. En algunos mercados, la imposibilidad de acceder a semillas genéticamente modificadas limita el acceso a cultivares de alto rendimiento bien adaptados, ya que las multinacionales de semillas, por lo general, limitan la comercialización de su mejor germoplasma en cultivares genéticamente no modificados.

**Implicaciones (cambios necesarios)** La inversión a largo plazo en nuevas estrategias de control de insectos es esencial para una agricultura productiva.

1. **Rentabilidad/Productividad. [[131]](#footnote-131)[[132]](#footnote-132)[[133]](#footnote-133)[[134]](#footnote-134)[[135]](#footnote-135)[[136]](#footnote-136)[[137]](#footnote-137)[[138]](#footnote-138)** A diferencia de los asalariados, los productores invierten sus ahorros y su mano de obra sin un rendimiento estable de la inversión. Sólo cuando la producción del campo coincide con la fortaleza del mercado obtienen los productores un ingreso.. Por lo tanto, los productores dependen de estos años rentables ocasionales para compensar los muchos años en los que los gastos superan a los ingresos. Dado que las explotaciones agrarias son negocios complejos, los productores exitosos realizan un seguimiento y una previsión de los gastos e ingresos para evitar sorpresas de rentabilidad que podrían mitigarse con un manejo oportuno. Los componentes clave de la rentabilidad escapan al control del productor: el clima; los mercados; los insectos invasores, las malezas y las enfermedades. Sólo controlan las decisiones tomadas en la explotación, como el manejo de los cultivos, las inversiones de capital y el momento oportuno para el mercado. A menos que los productores sean rentables a largo plazo, fracasarán y la tierra será abandonada o manejada por un productor más eficiente.

**Implicaciones (beneficios)** La rentabilidad de las explotaciones es esencial para el suministro de alimentos, piensos y fibras del que depende la población mundial. Una rentabilidad confiable permite a los productores realizar inversiones a largo plazo en riego, equipos y prácticas agrícolas que, por lo general, conducen a una mayor rentabilidad de las explotaciones y al suministro de cultivos. Por lo general, las prácticas agrícolas mejoran la salud del suelo y aumentan la productividad.

**Implicaciones (riesgos y consecuencias adversas no deseadas)**. La alta rentabilidad de las explotaciones algodoneras provoca la destrucción de la demanda textil, la sustitución por fibras sintéticas, la subsiguiente siembra excesiva y la rápida reducción del precio de la fibra.

**Implicaciones (cambios necesarios)** Cerrar las brechas de rendimiento de la productividad (rendimientos potenciales o de parcelas de investigación menos los rendimientos medios de las explotaciones de una localidad) puede mejorar sustancialmente la rentabilidad, ya que un mayor rendimiento del algodón sólo requiere mayores gastos en la recolección y el desmotado. El cierre de las brechas de rendimiento requiere una investigación intensiva para determinar las causas locales de las brechas de rendimiento, junto con la extensión y la infraestructura para hacer frente a estas limitaciones.







1. US Department of Agriculture, National Resources Conservation Practices. 2020. Plant Materials Technical Note no. 3: Evaluation of Cool Season Cover Crops in the Southeast Region. East National Technology Support Center, Greensboro, NC. [↑](#footnote-ref-1)
2. Acharya, P., Ghimire, R. y Acosta-Martínez, V., 2024. Cover crop-mediated soil carbon storage and soil health in semi-arid irrigated cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *361*, p.108813. [↑](#footnote-ref-2)
3. Adetunji, A.T., Ncube, B., Mulidzi, R. y Lewu, F.B., 2020. Management impact and benefit if cover crop on soil quality. : A review. Soil and Tillage Research, 204, p.104717. [↑](#footnote-ref-3)
4. Balkcom, K.S., Read, Q.D. y Gamble, A.V., 2023. Rye planting date impacts biomass production more than seeding rate and nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal*, *115*(5), pp.2351-2368. [↑](#footnote-ref-4)
5. Billman, E.D. y Campbell, B.T., 2023.Cover cropping history affects cotton boll distribution, lint yields and fiber quality. *Crop Science*. [↑](#footnote-ref-5)
6. Toler, H.D., Augé, R.M., Benelli, V., Allen, F.L. y Ashworth, A.J., 2019. Global meta-analysis of cotton yield and weed suppression from cover crops. *Crop Science*, *59*(3), pp.1248-1261. [↑](#footnote-ref-6)
7. Vendig, I., Guzman, A., De La Cerda, G., Esquivel, K., Mayer, A.C., Ponisio, L. y Bowles, T.M., 2023. Quantifying direct yield benefits of soil carbon increases from cover cropping. *Nature Sustainability*, pp.1-10. [↑](#footnote-ref-7)
8. Hand, L.C., Randell, T.M., Nichols, R.L., Steckel, L.E., Basinger, N.T. y Culpepper, A.S., 2021. Cover crops and residual herbicides reduce selection pressure for Palmer amaranth resistance to dicamba-applied postemergence in cotton. *Agronomy Journal*, *113*(6), pp.5373-5382. [↑](#footnote-ref-8)
9. Burke, J.A., Lewis, K.L., DeLaune, P.B., Cobos, C.J. y Keeling, J.W., 2022. Soil water dynamics and cotton production following cover crop use in a semi-arid ecoregion. *Agronomy*, *12*(6), p.1306. [↑](#footnote-ref-9)
10. Abalos, D., Rittl, T.F., Recous, S., Thiébeau, P., Topp, C.F., van Groenigen, K.J., Butterbach-Bahl, K., Thorman, R.E., Smith, K.E., Ahuja, I. y Olesen, J.E., 2022. Predicting field N2O emissions from crop residues based on their biochemical composition: A meta-analytical approach. *Science of the Total Environment*, *812*, p.152532. [↑](#footnote-ref-10)
11. Ye, R., Parajuli, B., Ducey, T.F., Novak, J.M., Bauer, P.J. y Szogi, A.A., 2020. Cover cropping increased phosphorus stocks in surface sandy Ultisols under long-term conservation and conventional tillage. *Agronomy Journal*, *112*(4), pp.3163-3173. [↑](#footnote-ref-11)
12. Adeli, A., Brooks, J.P., Read, J.J., Miles, D.M., Shankle, M.W. y Jenkins, J.N., 2021. Impact of cover crop on nutrient losses in an upland soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *52*(5), pp.536-550. [↑](#footnote-ref-12)
13. Price, A.J., Monks, C.D., Culpepper, A.S., Duzy, L.M., Kelton, J.A., Marshall, M.W., Steckel, L.E., Sosnoskie, L.M. y Nichols, R.L., 2016. High-residue cover crops alone of with strategic tillage to manage glyphosate-resistant Palmer amaranth (Amaranthus palmeri) in southeastern cotton (Gossypium hirsutum). *Journal of Soil and Water Conservation*, *71*(1), pp.1-11. [↑](#footnote-ref-13)
14. Shekoofa, A., Safikhan, S., Raper, T.B. y Butler, S.A., 2020. Allelopathic impacts of cover crop species and termination timing on cotton germination and seedling growth. *Agronomy*, *10*(5), p.638. [↑](#footnote-ref-14)
15. Mitchell, C.C., Delaney, D.P. y Balkcom, K.S., 2008. A historical summary of Alabama’s old rotation (circa 1896): The world’s oldest, continuous cotton experiment. *Agronomy Journal*, *100*(5), pp.1493-1498. [↑](#footnote-ref-15)
16. Peng, Y., Rieke, E.L., Chahal, I., Norris, C.E., Janovicek, K., Mitchell, J.P., Roozeboom, K.L., Hayden, Z.D., Strock, J.S., Machado, S. y Sykes, V.R., 2023. Maximizing soil organic carbon stocks under cover cropping: insights from long-term agricultural experiments in North America. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *356*, p.108599. [↑](#footnote-ref-16)
17. Montgomery, D.R., 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences, *104*(33), pp.13268-13272. [↑](#footnote-ref-17)
18. Fonte, S.J., Hsieh, M. y Mueller, N.D., 2023. Earthworms contribute significantly to global food production. *Nature Communications*, *14*(1), p.5713. [↑](#footnote-ref-18)
19. Ye, R., Parajuli, B., Ducey, T.F., Novak, J.M., Bauer, P.J. y Szogi, A.A., 2020. Cover cropping increased phosphorus stocks in surface sandy Ultisols under long-term conservation and conventional tillage. *Agronomy Journal*, *112*(4), pp.3163-3173. [↑](#footnote-ref-19)
20. Farmaha, B.S., Sekaran, U. y Franzluebbers, A.J., 2022. Cover cropping and conservation tillage improve soil health in the southeastern United States. *Agronomy Journal*, *114*(1), pp.296-316. [↑](#footnote-ref-20)
21. Acosta-Martinez, V., Cotton, J., Slaughter, L.C., Ghimire, R. y Roper, W., 2023. Soil health assessment to evaluate conservation practices in semiarid cotton systems at producer site scale. *Soil Systems*, *7*(3), p.72. [↑](#footnote-ref-21)
22. Korres, N.E., Norsworthy, J.K., Young, B.G., Reynolds, D.B., Johnson, W.G., Conley, S.P., Smeda, R.J., Mueller, T.C., Spaunhorst, D.J., Gage, K.L. y Loux, M., 2018 Seedbank persistence of Palmer amaranth (Amaranthus palmeri) and water hemp (Amaranthus tuberculatus) across diverse geographical regions in the United States. *Weed Science*, *66*(4), pp.446-456. [↑](#footnote-ref-22)
23. Cechin, J., Schmitz, M.F., Hencks, J.R., Vargas, A.A.M., Agostinetto, D. y Vargas, L., 2020. Burial depths favor Italian ryegrass persistence in the soil seed bank. *Scientia agricola*, *78*, p.e20190078. [↑](#footnote-ref-23)
24. Burke, J.A., Lewis, K.L., Ritchie, G.L., DeLaune, P.B., Keeling, J.W., Acosta-Martinez, V., Moore, J.M. y McLendon, T., 2021. Net positive soil water content following cover crops with no tillage in irrigated semi-arid cotton production. *Soil and Tillage Research*, *208*, p.104869. [↑](#footnote-ref-24)
25. Bauer, P.J., Fortnum, B.A. y Frederick, J.R., 2010. Cotton responses to tillage and rotation during the turn of the century drought. *Agronomy Journal*, *102*(4), pp.1145-1148. [↑](#footnote-ref-25)
26. Pittelkow, C.M., Linquist, B.A., Lundy, M.E., Liang, X., Van Groenigen, K.J., Lee, J., Van Gestel, N., Six, J., Venterea, R.T. y Van Kessel, C., 2015. When does no-till yield more? A global meta-analysis. *Field crops research* ,*183*, pp.156-168. [↑](#footnote-ref-26)
27. Wright, A.L., Hons, F.M., Lemon, R.G., McFarland, M.L. y Nichols, R.L., 2007. Stratification of nutrients in soil for different tillage regimes and cotton rotations. *Soil and Tillage Research*, *96*(1-2), pp.19-27. [↑](#footnote-ref-27)
28. McDonald, M.D., Lewis, K.L. y Ritchie, G.L., 2020. Short-term cotton lint yield improvement with cover crop and no-tillage implementation. *Agronomy*, *10*(7), p.994. [↑](#footnote-ref-28)
29. Ahmad, S., Hussain, I., Ghaffar, A., Rahman, M.H.U., Saleem, M.Z., Yonas, M.W., Hussnain, H., Ikram, R.M. y Arslan, M., 2022. Organic amendments and conservation tillage improve cotton productivity and soil health indices under arid climate. *Informes científicos*, *12*(1), p.14072. [↑](#footnote-ref-29)
30. Nafi, E., Webber, H., Danso, I., Naab, J.B., Frei, M. y Gaiser, T., 2020. Interactive effects of conservation tillage, residue management, and nitrogen fertilizer application on soil properties under maize-cotton rotation system on highly weathered soils of West Africa. *Soil and Tillage Research*, *196*, p.104473. [↑](#footnote-ref-30)
31. Sonune, B.A., Kharche, V.K., Gabhane, V.V., Jadhao, S.D., Mali, D.V., Katkar, R.N., Kadu, P.R., Konde, N.M., Deshmukh, D.P. y Goramnagar, H.B., 2021. Sustaining soil health and cotton productivity with tillage and integrated nutrient management in Vertisols of Central India. *Indian Journal of Soil Conservation*, *49*(1), pp.1-11. [↑](#footnote-ref-31)
32. Wheeler, T.A., Bordovsky, J.P., Keeling, J.W., Keeling, W. y McCallister, D., 2020. The effects of tillage system and irrigation on Verticillum wilt and cotton yield.. *Crop Protection*, *137*, p.105305. [↑](#footnote-ref-32)
33. Khan, N.U., Khan, A.A., Goheer, M.A., Shafique, I., Hussain, S., Hussain, S., Javed, T., Naz, M., Shabbir, R., Raza, A. y Zulfiqar, F., 2021. Effect of zero and minimum tillage on cotton productivity and soil characteristics under different nitrogen application rates. *Sustainability*, *13*(24), p.13753. [↑](#footnote-ref-33)
34. Idowu, O.J., Sultana, S., Darapuneni, M., Beck, L., Steiner, R. y Omer, M., 2020. Tillage effects on cotton performance and soil quality in an irrigated arid cropping system. *Agriculture*, *10*(11), p.531. [↑](#footnote-ref-34)
35. Karamanos, A.J., Bilalis, D. y Sidiras, N., 2004. Effects of reduced tillage and fertilization practices on soil characteristics, plant water status, growth and yield of upland cotton. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *190*(4), pp.262-276. [↑](#footnote-ref-35)
36. Sehgal, A., Singh, G., Quintana, N., Kaur, G., Ebelhar, W., Nelson, K.A. y Dhillon, J., 2023. Long-term crop rotation affects crop yield and economic returns in humid subtropical climate. *Field Crops Research*, *298*, p.108952. [↑](#footnote-ref-36)
37. Khaitov, B. y Allanov, K., 2014. Crop rotation with no-till methods in cotton production of Uzbekistan. *Eurasian Journal of Soil Science*, *3*(1), pp.28-32. [↑](#footnote-ref-37)
38. Bennett, A.J., Bending, G.D., Chandler, D., Hilton, S. y Mills, P., 2012. Meeting the demand for crop production: the challenge of yield decline in crops grown in short rotations. *Biological reviews*, *87*(1), pp.52-71. [↑](#footnote-ref-38)
39. Stetina, S.R., Young, L.D., Pettigrew, W.T. y Bruns, H.A., 2007. Effect of corn-cotton rotations on reniform nematode populations and crop yield. *Nematropica*, pp.237-248. [↑](#footnote-ref-39)
40. Mitchell, C.C., Delaney, D.P. y Balkcom, K.S., 2008. A historical summary of Alabama’s old rotation (circa 1896): The world’s oldest, continuous cotton experiment. *Agronomy Journal*, *100*(5), pp.1493-1498. [↑](#footnote-ref-40)
41. Davis, R.F. y Kemerait, R.C., 2021. Integrated management of Melodogyme incognita, the most economically damaging pathogen of cotton in the south-eastern United States. In Integrated Nematode Management*: State-of-the-art and visions for the future* (pp. 87-93). Wallingford, Reino Unido: CABI. [↑](#footnote-ref-41)
42. Jordan, D.L., Barnes, J.S., Corbett, T., Bogle, C.R., Johnson, P.D., Shew, B.B., Koenning, S.R., Ye, W. y Brandenburg, R.L., 2008. Crop response to rotation and tillage in peanut-based cropping systems. *Agronomy Journal*, *100*(6), pp.1580-1586. [↑](#footnote-ref-42)
43. Mosier, S., Apfelbaum, S., Byck, P., Ippolito, J. y Cotrufo, M.F., 2022. Improvements in soil properties under adaptive multipaddock grazing relative to conventional grazing. *Agronomy Journal*, *114*(4), pp.2584-2597. [↑](#footnote-ref-43)
44. Bartley, R., Abbott, B.N., Ghahramani, A., Ali, A., Kerr, R., Roth, C.H. y Kinsey-Henderson, A., 2023. Do regenerative grazing management practices improve vegetation and soil health in grazed rangelands? Preliminary insights from a space-for-time study in the Great Barrier Reef catchments, Australia. *The Rangeland Journal*, *44*(4), pp.221-246. [↑](#footnote-ref-44)
45. Teague, R. y Kreuter, U., 2020. Managing grazing to restore soil health, ecosystems function , and ecosystems services. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, p.157. [↑](#footnote-ref-45)
46. Schulte-Uebbing, L.F., Beusen, A.H.W., Bouwman, A.F. y De Vries, W., 2022. From planetary to regional boundaries for agricultural nitrogen pollution. *Nature*, *610*(7932), pp.507-512. [↑](#footnote-ref-46)
47. Maggi, F., Tang, F.H. y Tubiello, F.N., 2023. Agricultural pesticide land budget and river discharge to oceans. *Nature*, *620*(7976), pp.1013-1017. [↑](#footnote-ref-47)
48. https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/highlights/detail/en/c/1601502/ [↑](#footnote-ref-48)
49. Sažinas, R., Li, K., Andersen, S.Z., Saccoccio, M., Li, S., Pedersen, J.B., Kibsgaard, J., Vesborg, P.C., Chakraborty, D. y Chorkendorff, I., 2022. Oxygen-enhanced chemical stability of lithium-mediated electrochemical ammonia synthesis. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, *13*(20), pp.4605-4611. [↑](#footnote-ref-49)
50. Crystal-Ornelas, R., Thapa, R. y Tully, K.L., 2021. Soil organic carbon is affected by organic amendments, conservation tillage, and cover cropping in organic farming systems: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *312*, p.107356. [↑](#footnote-ref-50)
51. Lewis, K., Morgan, G., Frame, W.H., Fromme, D., Dodds, D.M., Edmisten, K.L., Robertson, B., Boman, R., Cutts, T., Delaney, D.P. y Burke, J.A., 2021. Cotton yield response to soil applied potassium across the US Cotton Belt. *Agronomy Journal*, *113*(4), pp.3600-3614. [↑](#footnote-ref-51)
52. Sánchez, P.A., 2015. En route to plentiful food production in Africa. *Nature Plants*, *1*(1), pp.1-2. [↑](#footnote-ref-52)
53. Mitchell, C.C., Delaney, D.P. y Balkcom, K.S., 2008. A functional summary of Alabama’s old rotation (circa 1896): The world’s oldest, continuous cotton experiment. *Agronomy Journal*, *100*(5), pp.1493-1498. [↑](#footnote-ref-53)
54. Singh, J., Gamble, A.V., Brown, S., Campbell, B.T., Jenkins, J., Koebernick, J., Bartley III, P.C. y Sanz-Saez, A., 2023. 65 years of cotton lint yield progress in the USA: Uncovering key influential yield components. *Field Crops Research*, *302*, p.109058. [↑](#footnote-ref-54)
55. Keresztesi, Á., Nita, I.A., Boga, R., Birsan, M.V., Bodor, Z. y Szép, R., 2020. Spatial and long-term analysis of rainwater chemistry over the conterminous United States. *Environmental research*, *188*, p.109872. [↑](#footnote-ref-55)
56. Zangarini, S., Pepè Sciarria, T., Tambone, F. y Adani, F., 2020. Phosphorus removal from livestock effluents: recent technologies and new perspectives on low-cost strategies. *Environmental Science and Pollution Research*, *27*, pp.5730-5743. [↑](#footnote-ref-56)
57. Main, C.L., Barber, L.T., Boman, R.K., Chapman, K., Dodds, D.M., Duncan, S., Edmisten, K.L., Horn, P., Jones, M.A., Morgan, G.D. y Norton, E.R., 2013. Effects of nitrogen and planting seed size on cotton growth, development, and yield. *Agronomy Journal*, *105*(6), pp.1853-1859. [↑](#footnote-ref-57)
58. Pabuayon, I.L.B., Lewis, K.L. y Ritchie, G.L., 2020. Dry matter and nutrient partitioning changes for the past 30 years of cotton production. *Agronomy Journal*, *112*(5), pp.4373-4385. [↑](#footnote-ref-58)
59. Scheer, C., Rowlings, D.W., Antille, D.L., De Antoni Migliorati, M., Fuchs, K. y Grace, P.R., 2023. Improving nitrogen use efficiency in irrigated cotton production. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, *125*(2), pp.95-106. [↑](#footnote-ref-59)
60. Colbach, N. y Cordeau, S., 2022. Are no-till herbicide-free systems posisble? A simulation study. *Frontiers in Agronomy*, *4*, p.823069. [↑](#footnote-ref-60)
61. Norsworthy, J.K., Ward, S.M., Shaw, D.R., Llewellyn, R.S., Nichols, R.L., Webster, T.M., Bradley, K.W., Frisvold, G., Powles, S.B., Burgos, N.R. y Witt, W.W., 2012. Reducing the risks of herbicide resistance best management practices and recommendations. *Weed science*, *60*(SP1), pp.31-62. [↑](#footnote-ref-61)
62. Jamali, H., Nachimuthu, G., Palmer, B., Hodgson, D., Hundt, A., Nunn, C. y Braunack, M., 2021. Soil compaction in a new light: Know the cost of doing nothing-A cotton case study. *Soil and Tillage Research*, *213*, p.105158. [↑](#footnote-ref-62)
63. Norsworthy, J.K., Green, J.K., Barber, T., Roberts, T.L. y Walsh, M.J., 2020. Destrucción de semillas de malas hierbas en cultivos del sur de EE.UU. utilizando calor y quema en hilera estrecha. *Weed Technology*, *34*(4), pp.589-596. [↑](#footnote-ref-63)
64. Rosenheim, J.A., Cluff, E., Lippey, M.K., Cass, B.N., Paredes, D., Parsa, S., Karp, D.S. y Chaplin-Kramer, R., 2022. Increasing crop field size does not consistently exacerbate insect pest problems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *119*(37), p.e2208813119. [↑](#footnote-ref-64)
65. Kennedy, G.G. y Huseth, A.S., 2022. Pest species respond differently to far field site. Proceedings of the National Academy of Sciences *119*(39), p.e2214082119. [↑](#footnote-ref-65)
66. Bordini, I., Ellsworth, P.C., Naranjo, S.E. y Fournier, A., 2021. Novel insecticides and generalist predators support conservation biological control in cotton. *Biological Control*, *154*, p.104502. [↑](#footnote-ref-66)
67. Manley, D.G., DuRant, J.A., Bauer, P.J. y Frederick, J.R., 2002. Rye cover crop, Surface tillage, crop rotation, and soil insecticide impact on thrips numbers in cotton in the southeastern coastal plain. [↑](#footnote-ref-67)
68. Gagic, V., Holding, M., Venables, W.N., Hulthen, A.D. y Schellhorn, N.A., 2021. Better outcomes for pest pressure,, insecticide use, and yield in less intensive agricultural landscapes. Proceedings of the National Academy of Sciences, *118*(12), p.e2018100118. [↑](#footnote-ref-68)
69. Henneberry, T.J., 2007. Integrated systems for control of the Pink bollworm Pectinophora gossypiella in cotton. In *Area-wide control of insect pests: from research to field implementation* (pp. 567-579). Dordrecht: Springer Netherlands. [↑](#footnote-ref-69)
70. Rothrock, C.S., Winters, S.A., Miller, P.K., Gbur, E., Verhalen, L.M., Greenhagen, B.E., Isakeit, T.S., Batson Jr, W.E., Bourland, F.M., Colyer, P.D. y Wheeler, T.A., 2012. Importance of fungicide seed treatment and environment on seedling diseases of cotton. Plant disease, *96*(12), pp.1805-1817. [↑](#footnote-ref-70)
71. Stukenbrock, E. y Gurr, S., 2023. Address the growing urgency of fungal disease in crops. *Nature*, *617*(7959), pp.31-34. [↑](#footnote-ref-71)
72. Mehl, H.L., Dufault, N.S., Allen, T.W., Hagan, A.K., Price, P., Kemerait, R.C., Kelly, H., Mulvaney, M.J. y Nichols, R.L., 2020. Multiyear regional evaluation of foliar fungicide applications for cotton target spot management in the Southeastern United States. *Plant disease,104*(2), pp.438-447. [↑](#footnote-ref-72)
73. Suassuna, N.D., Morello, C.D.L., Silva Filho, J.L.D., Pedrosa, M.B., Perina, F.J., Magalhães, F.O.D.C., Sofiatti, V. y Lamas, F.M., 2020. BRS 372 y BRS 416: high-yielding cotton cultivars with multiple disease resistance Crop Breeding and Applied Biotechnology *20*. [↑](#footnote-ref-73)
74. Doan, H.K. y Davis, R.M., 2015. Efficacy of seed treatments on viability of Fusarium oxysporium t. sp. vasinfectum race 4 in infected cotton seed. *Crop Protection*, *78*, pp.178-184. [↑](#footnote-ref-74)
75. McCarty Jr, J.C., Jenkins, J.N., Wubben, M.J., Hayes, R.W., Callahan, F.E. y Deng, D., 2017. Registration of six germplasm lines of cotton with resistance to the root knot and reniform nematodes.. *Journal of Plant Registrations*, *11*(2), pp.168-171. [↑](#footnote-ref-75)
76. Stetina, S.R., Young, L.D., Pettigrew, W.T. y Bruns, H.A., 2007. Effect of corn-cotton rotations on reniform nematode populations and crop yield. *Nematropica*, pp.237-248. [↑](#footnote-ref-76)
77. Faske, T.R., Kandel, Y., Allen, T.W., Grabau, Z.J., Hu, J., Kemerait, R.C., Lawrence, G.W., Lawrence, K.S., Mehl, H.L., Overstreet, C. y Thiessen, L.D., 2022. Meta-analysis of the field efficacy of seed-and soil-applied nematicides on Meloidogyne incognita and Rotylenchulus reniformis across the US cotton belt. *Plant Disease*, *106*(8), pp.2228-2238. [↑](#footnote-ref-77)
78. Davis, R.F. y Kemerait, R.C., 2021. Integrated management of Meloidogyne incognita and Rotylenchulus reniformis across the US cotton belt*: State-of-the-art and visions for the future* (pp. 87-93). Wallingford, United Kingdom: CABI. [↑](#footnote-ref-78)
79. Zhang, J., Bourland, F., Wheeler, T. y Wallace, T., 2020. Bacterial blight resistance in cotton: genetic basis and molecular mapping. *Euphytica*, *216*, pp.1-19. [↑](#footnote-ref-79)
80. Mijatović, J., Severns, P.M., Kemerait, R.C., Walcott, R.R. y Kvitko, B.H., 2021. Patterns of seed-to-seedling transmission of Xanthomonas citri pv. malvacearum, the causal agent of cotton bacterial blight. *Phytopathology®*, *111*(12), pp.2176-2184. [↑](#footnote-ref-80)
81. Maggi, F., Tang, F.H. y Tubiello, F.N., 2023. Agricultural pesticide land budget and river discharge to oceans. *Nature*, *620*(7976), pp.1013-1017. [↑](#footnote-ref-81)
82. Zhao, B., Sun, Z. y Liu, Y., 2022. An overview of in-situ remediation for nitrate in groundwater. Science of The Total Environment, 804, p.149981. [↑](#footnote-ref-82)
83. Morillo, E. y Villaverde, J., 2017. Advanced technologies for the remediation of pesticide-contaminated soils. *Science of the Total Environment*, *586*, pp.576-597. [↑](#footnote-ref-83)
84. Raffa, C.M. y Chiampo, F., 2021. Bioremediation of agricultural soils polluted with pesticides: A review. *Bioengineering*, *8*(7), p.92. [↑](#footnote-ref-84)
85. Sánchez, P.A., Buresh, R.J. y Leakey, R.R., 1997. Trees, soils, and food security. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *352*(1356), pp.949-961. [↑](#footnote-ref-85)
86. Singh, K., Rathore, P. y Gumber, R.K., 2015. Impact of harvest aid defoliants on yield of American cotton and their monetary evaluation *.Int J. Plant Sci*, *28*, pp.41-46. [↑](#footnote-ref-86)
87. Harvest-Aid interactions under Different Temperature Regimes in Field Grown Cotton [↑](#footnote-ref-87)
88. Dodds, D.M., Banks, J.C., Barber, L.T., Boman, R.K., Brown, S.M., Edmisten, K.L., Faircloth, J.C., Jones, M.A., Lemon, R.G., Main, C.L. y Monks, C.D., 2010. Beltwide evaluation of commercially available plant growth regulators. *Journal of Cotton Science*, *14*(3), pp.119-130. [↑](#footnote-ref-88)
89. Liao, B., Ren, X., Du, M., Eneji, A.E., Tian, X. y Li, Z., 2021. Multiple applications of mepiquat chloride enhanced development of plant-wide fruits from square initiation to boll opening in cotton. *Crop Science*, *61*(4), pp.2733-2744. [↑](#footnote-ref-89)
90. Chambers, A.Y. y McCutchen, T.C., 1977. Use of BAS 083 growth regulator in cotton boll rot control. In *Proc. Beltwide Cotton Production Res. Conf., Atlanta, Ga. to-12 Jan* (pp. 28-29). [↑](#footnote-ref-90)
91. Kerby, T.A., Hake, K. y Keeley, M., 1986. Cotton Fruiting Modification with Mepiquat Chloride 1. *Agronomy Journal*, *78*(5), pp.907-913. [↑](#footnote-ref-91)
92. Sonune, B.A., Kharche, V.K., Gabhane, V.V., Jadhao, S.D., Mali, D.V., Katkar, R.N., Kadu, P.R., Konde, N.M., Deshmukh, D.P. y Goramnagar, H.B., 2021. Sustaining soil health and cotton productivity with tillage and integrated nutrient management in Vertisols of Central India. *Indian Journal of Soil Conservation*, *49*(1), pp.1-11. [↑](#footnote-ref-92)
93. Ahmad, S., Hussain, I., Ghaffar, A., Rahman, M.H.U., Saleem, M.Z., Yonas, M.W., Hussnain, H., Ikram, R.M. y Arslan, M., 2022. Organic amendments and conservation tillage improve cotton productivity and soil health indices under arid climate. *Informes científicos*, *12*(1), p.14072. [↑](#footnote-ref-93)
94. Adeli, A., Brooks, J.P., Miles, D., Misna, T., Feng, G. y Jenkins, J.N., 2022. Combined effects of organic amendments and fertilization on cotton growth and yield. *Agronomy Journal*, *114*(6), pp.3445-3456. [↑](#footnote-ref-94)
95. Gaudaré, U., Kuhnert, M., Smith, P., Martin, M., Barbieri, P., Pellerin, S. y Nesme, T., 2023. Soil organic carbon stocks potentially at risk of decline with organic farming expansion. *Nature Climate Change*, *13*(7), pp.719-725. [↑](#footnote-ref-95)
96. DeFries, R., Ahuja, R., Friedman, J., Gordon, D.R., Hamburg, S.P., Kerr, S., Mwangi, J., Nouwen, C. y Pandit, N., 2022. Land management can contribute to net zero. *Science*, *376*(6598), pp.1163-1165. [↑](#footnote-ref-96)
97. Franzluebbers, A.J., 2021. Soil health conditions under cotton production in North Carolina. *Agronomy Journal*, *113*(2), pp.2132-2149. [↑](#footnote-ref-97)
98. Peñuelas, J. y Sardans, J., 2022. The global nitrogen-phosphorous imbalance. *Science*, *375*(6578), pp.266-267. [↑](#footnote-ref-98)
99. Adeli, A., Brooks, J.P., Miles, D., Mlsna, T., Quentin, R. y Jenkins, J.N., 2023. Effectiveness of Combined Biochar and Lignite with Poultry Litter on Soil Carbon Sequestration and Soil Health. *Open Journal of Soil Science*, *13*(2), pp.124-149. [↑](#footnote-ref-99)
100. Popkin, G., 2023. Staky ground.  *Science* Magazine. [↑](#footnote-ref-100)
101. Pinnamaneni, S.R., Lima, I., Boone, S.A., Anapalli, S.S. y Reddy, K.N., 2023. Effect of continuous sugarcane bagasse-derived biochar application on rainfed cotton (Gossypium hirsutum L.) growth, yield and lint quality in the humid Mississippi delta. *Scientific Reports*, *13*(1), p.10941. [↑](#footnote-ref-101)
102. Adeli, A., Brooks, J.P., Miles, D., Misna, T., Feng, G. y Jenkins, J.N., 2022. Combined effects of organic amendments and fertilization on cotton growth and yield. *Agronomy Journal*, *114*(6), pp.3445-3456. [↑](#footnote-ref-102)
103. Allsup, C.M., George, I. y Lankau, R.A., 2023. Shifting microbial communities can enhance tree tolerance to changing climates. *Science*, *380*(6647), pp.835-840. [↑](#footnote-ref-103)
104. Adeli, A., Brooks, J.P., Miles, D., Mlsna, T., Quentin, R. y Jenkins, J.N., 2023. Effectiveness of Combined Biochar and Lignite with Poultry Litter on Soil Carbon Sequestration and Soil Health. *Open Journal of Soil Science*, *13*(2), pp.124-149. [↑](#footnote-ref-104)
105. Coban, O., De Deyn, G.B. y van der Ploeg, M., 2022. Soil microbiota as game-changers in restoration of degraded lands. *Science*, *375*(6584), p.abe0725. [↑](#footnote-ref-105)
106. Saba, F., Cornelis, J.T., Sawadogo, H., Lefebvre, D., Bacia, R.K., Cisse, D., Bandaogo, A.A., Mamadou, T. y Nacro, H.B., 2023. Nutrient-charged biochars increased nutrient-use efficiency in a cotton-maize rotation in Burkina Faso. *Agronomy Journal*, *115*(2), pp.958-975. [↑](#footnote-ref-106)
107. Shakoor, A., Dar, A.A., Arif, M.S., Farooq, T.H., Yasmeen, T., Shahzad, S.M., Tufail, M.A., Ahmed, W., Albasher, G. y Ashraf, M., 2022 Do soil conservation practices exceed their relevance as a countermeasure to greenhouse gases emissions and increase crop productivity in agriculture? *Science of the Total Environment*, *805*, p.150337. [↑](#footnote-ref-107)
108. Novak, J.M., Ippolito, J.A., Lentz, R.D., Spokas, K.A., Bolster, C.H., Sistani, K., Trippe, K.M., Phillips, C.L. y Johnson, M.G., 2016. Soil health, crop productivity, microbial transport, and mine spoil response to biochars. *BioEnergy Research*, *9*, pp.454-464. [↑](#footnote-ref-108)
109. Lovell, S.T. y Sullivan, W.C., 2006. Environmental benefits of conservation buffers in the United States: Evidence, promise, and open questions. *Agriculture, ecosystems & environment*, *112*(4), pp.249-260. [↑](#footnote-ref-109)
110. Alagele, S.M., Anderson, S.H. y Udawatta, R.P., 2022. Conservation buffers and soil water. *Soil hydrology in a changing climate*, pp.133-156. [↑](#footnote-ref-110)
111. Mekonnen, M., Keesstra, S.D., Stroosnijder, L., Baartman, J.E. y Maroulis, J., 2015. Soil conservation through sediment trapping: a review.. *Land degradation & development*, *26*(6), pp.544-556. [↑](#footnote-ref-111)
112. Schoeneberger, M., Bentrup, G., De Gooijer, H., Soolanayakanahally, R., Sauer, T., Brandle, J., Zhou, X. y Current, D., 2012. Branching out: Agroforestry as a climate change mitigation abd adaptation tool for agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, *67*(5), pp.128A-136A. [↑](#footnote-ref-112)
113. Barnes, E.M., Campbell, B.T., Vellidis, G., Porter, W., Payero, J., Leib, B., Sui, R., Fisher, D.K., Anapalli, S., Colaizzi, P. y Bordovsky, J., 2020. Forty years of increasing cotton’s wáter productivity and why the trend will continue. *Applied Engineering in Agriculture*, *36*(4), pp.457-478. [↑](#footnote-ref-113)
114. Yang, Y., Jin, Z., Mueller, N.D., Driscoll, A.W., Hernandez, R.R., Grodsky, S.M., Sloat, L.L., Chester, M.V., Zhu, Y.G. y Lobell, D.B., 2023 Sustainable irrigation and climate feedbacks. *Nature Food*, *4*(8), pp.654-663. [↑](#footnote-ref-114)
115. Lascano, R.J., Payton, P., Mahan, J.R., Goebel, T.S. y Gitz III, D.C., 2022. Annual Rainfall and Dryland Cotton Lint Yield-Southern High Plains of Texas. *Agricultural Sciences*, *13*(2), pp.177-200. [↑](#footnote-ref-115)
116. Himanshu, S.K., Ale, S., Bell, J., Fan, Y., Samanta, S., Bordovsky, J.P., Gitz III, D.C., Lascano, R.J. y Brauer, D.K., 2023. Evaluation of growth-stage-based variable deficit irrigation strategies for cotton production in the Texas High Plains. *Agricultural Water Management*, *280*, p.108222. [↑](#footnote-ref-116)
117. Herritt, M.T., Thompson, A. y Thorp, K., 2022. Irrigation management impacts on cotton reproductive development and boll distribution. *Crop Science*, *62*(4), pp.1559-1572. [↑](#footnote-ref-117)
118. Guo, X., Zhang, Z., Sun, G., Xiong, S., Han, Y., Wang, G., Li, C., Li, Y., Zhang, Y. y Wang, Z., 2023. Relay intercropping cover crop combined with reduced nitrogen application improves subsequent cotton agronomic traits while maintaining yield and quality. *Crop Science*, *63*(4), pp.2475-2490. [↑](#footnote-ref-118)
119. Gesch, R.W., Berti, M.T., Eberle, C.A. y Weyers, S.L., 2023. Relay cropping as an adaptive strategy to cope with climate change. *Agronomy Journal*. [↑](#footnote-ref-119)
120. Zhang, K., Maltais-Landry, G., George, S., Grabau, Z.J., M. Small, I., Wright, D. y Liao, H.L., 2022. Long-term and soil-based rotation promotes beneficial root microbiomes, and increases crop productivity. *Biology and Fertility of Soils*, *58*(4), pp.403-419. [↑](#footnote-ref-120)
121. Parajulee, M.N., Montandon, R. y Slosser, J.E., 1997. Relay intercropping to enhance abundance of insect predators of cotton aphid (Aphis gossypii Glover) in Texas cotton. *International Journal of Pest Management*, *43*(3), pp.227-232. [↑](#footnote-ref-121)
122. Billman, E.D., Campbell, B.T. y Reay-Jones, F.P., 2023. Using perennial groundcover crops to suppress weeds and thrips in the southeast cotton belt. *Crop Science*, *63*(5), pp.3037-3050. [↑](#footnote-ref-122)
123. Ali, H., Sarwar, N., Ahmad, S., Farooq, O., Nahar, K. y Hasanuzzaman, M., 2020. Cotton-based Intercropping systems. *Cotton Production and Uses: Agronomy, Crop Protection, and Postharvest Technologies*, pp.321-340. [↑](#footnote-ref-123)
124. Northrup, D.L., Basso, B., Wang, M.Q., Morgan, C.L. y Benfey, P.N., 2021. Novel technologies for emission reduction complement conservation agriculture to achieve negative emissions from row-crop production. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias*, *118*(28), p.e2022666118. [↑](#footnote-ref-124)
125. White, B., 2012. Agriculture and the generation problem: rural youth, employment and the future of farming. *ids Bulletin*, *43*(6), pp.9-19. [↑](#footnote-ref-125)
126. Priyadarshani, W.V.D., de Namor, A.F.D. y Silva, S.R.P., 2023. Rising of a global silent killer: critical analysis of chronic kidney disease of uncertain etiology (CKDu) worldwide and mitigation steps. *Environmental Geochemistry and Health*, *45*(6), pp.2647-2662. review [↑](#footnote-ref-126)
127. Almaguer, M., Herrera, R. y Orantes, C.M., 2014. Chronic kdney disease of unknown etiology in agricultural communities. *MEDICC Review*, *16*(2), pp.09-15. [↑](#footnote-ref-127)
128. Zeng, L., Wu, J., Bourland, F.M., Campbell, B.T., Dever, J.K., Hague, S., Myers, G.O., Raper, T.B., Smith, W. y Zhang, J., 2021. Comparative study of transgenic and non-transgeniic cotton. *Crop Science*, *61*(4), pp.2467-2477. [↑](#footnote-ref-128)
129. Zeng, L., Wu, J., Bourland, F.M., Campbell, B.T., Dever, J.K., Hague, S., Myers, G.O., Raper, T.B., Smith, W. y Zhang, J., 2021. Comparative study of transgenic and non-transgenic cotton.. *Crop Science*, *61*(4), pp.2467-2477. [↑](#footnote-ref-129)
130. Kranthi, K.R. y Stone, G.D., 2020. Long-term impacts of Bt cotton in India. *Nature plants*, *6*(3), pp.188-196. [↑](#footnote-ref-130)
131. Zhou, X.V., Larson, J.A., Sykes, V.R., Ashworth, A.J. y Allen, F.L., 2021. Crop rotation, cover crop, and poultry litter effects on no-tillage cotton profitability. *Agronomy Journal*, *113*(3), pp.2648-2663. [↑](#footnote-ref-131)
132. Schulte, L.A., Dale, B.E., Bozzetto, S., Liebman, M., Souza, G.M., Haddad, N., Richard, T.L., Basso, B., Brown, R.C., Hilbert, J.A. y Arbuckle, J.G., 2022. Meeting global challenges with regenerative agriculture producing food and energy. *Nature Sustainability*, *5*(5), pp.384-388. [↑](#footnote-ref-132)
133. Lobell, D.B., Cassman, K.G. y Field, C.B., 2009. Crop yield gaps: their importance magnitudes and causes. *Annual review of environment and resources*, *34*, pp.179-204. [↑](#footnote-ref-133)
134. Bagnall, D.K., Rieke, E.L., Morgan, C.L., Liptzin, D.L., Cappellazzi, S.B. y Honeycutt, C.W., 2023. A minimum suite of soil health indicators for North American agriculture. *Soil Security*, *10*, p.100084. [↑](#footnote-ref-134)
135. Khangura, R., Ferris, D., Wagg, C. y Bowyer, J., 2023. Regenerative Agriculture-A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health. *Sustainability*, *15*(3), p.2338. [↑](#footnote-ref-135)
136. Newton, P., Civita, N., Frankel-Goldwater, L., Bartel, K. y Johns, C., 2020. What is regenerative agriculture? A review of scholar and practitioner definitions based on processes and outcomes. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *4*, p.194. [↑](#footnote-ref-136)
137. Nouri, A., Lee, J., Yin, X., Tyler, D.D. y Saxton, A.M., 2019. Thirty-four years of no-tillage and cover crops improve soil quality and increase cotton yield in Alfisols, Southeastern USA *Geoderma*, *337*, pp.998-1008. [↑](#footnote-ref-137)
138. Zhou, X.V., Larson, J.A., Boyer, C.N., Roberts, R.K. y Tyler, D.D., 2017. Tillage and cover crop impacts on economics of cotton production in Tennessee.. *Agronomy Journal*, *109*(5), pp.2087-2096. [↑](#footnote-ref-138)