

Flujo de Genes en Alfalfa

Biología, Mitigación y Efectos Potenciales en la Producción





The Science Source for Food,
Agricultural, and Environmental Issues

Council for Agricultural Science and Technology
4420 West Lincoln Way, Ames, IA 50014-3447, USA
Teléfono: (515) 292-2125; Fax: (515) 292-4512
Email: cast@cast-science.org
Sitio web de CAST: www.cast-science.org

Misión de CAST

La misión del Consejo para la Agricultura y la Tecnología Agrícola (CAST) es reunir, interpretar y comunicar información científica verosímil en forma regional, nacional e internacional a los legisladores, reguladores, responsables de políticas, a los medios, al sector privado y al público. CAST es una organización sin fines de lucro compuesta por sociedades científicas, y muchos individuos, estudiantes, miembros de empresas, asociaciones sin fines de lucro, y de sociedades asociadas. La Junta Directiva de CAST está formada por representantes de sociedades científicas, miembros individuales y un comité ejecutivo. CAST se estableció en 1972 como resultado de un encuentro patrocinado por el Consejo Nacional de Investigación de la Academia Nacional de Ciencias, en el año 1970.

Copias adicionales de este documento se encuentran disponibles en CAST. Carol Gostele, Managing Scientific Editor (Directora editorial científico). <http://www.cast-science.org>.

Este material se basa en el trabajo realizado bajo la subvención No. 2007-31100-06019 / ISU Proyecto No. 413-40-02 y la Subvención No. 2008-04111 - extensión pendiente. Cualquier opinión, hallazgo, conclusión o recomendaciones expresados en esta publicación pertenece al/los autor/es y no refleja necesariamente la visión del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos o Universidad Estatal de Iowa.

Flujo de Genes en Alfalfa: Biología, Mitigación y Efectos Potenciales en la Producción

© 2008 by The Council for Agricultural Science and Technology
All rights reserved
Printed in the United States of America

Layout and cover design by Richard Beachler, Information
Technology Services, Iowa State University, Ames

Cover photo sources:

Bee on alfalfa courtesy of Larry R. Teuber, University of
California–Davis

Combine in field courtesy of Troy Waters, Waters Farms,
Fruita, Colorado

Other photos courtesy of the Image Archive, CHS, Inc.,
St. Paul, Minnesota

ISBN 978-1-887383-30-1

ISSN 0194-407x

12 11 10 09 08 5 4 3 2 1

Special Publication

No. 28

September 2008

Council for Agricultural Science and Technology

Ames, Iowa, USA

Miembros de la fuerza de trabajo

Autores

Allen E. Van Deynze (Chair), Seed Biotechnology Center, University of California–Davis

Sharie Fitzpatrick, Forage Genetics International, West Salem, Wisconsin

Bob Hammon, Agronomy and Entomology, Tri River Area Extension, Grand Junction, Colorado

Mark H. McCaslin, Forage Genetics International, Prior Lake, Minnesota

Daniel H. Putnam, Department of Plant Sciences, University of California–Davis

Larry R. Teuber, Foundation Seed Program, Department of Plant Sciences, University of California–Davis

Daniel J. Undersander, Department of Agronomy, University of Wisconsin–Madison

Revisores

Edward Charles Brummer, Crop and Soil Sciences, University of Georgia, Athens

A. Bryan Endres, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Urbana–Champaign

Allan S. Felsot, Entomology & Environmental Toxicology, Washington State University–Tri-Cities, Richland

Heathcliffe Riday, U.S. Dairy Forage Research Center, USDA–ARS, Madison, Wisconsin

Zeng-yu Wang, Forage Improvement Division, Samuel Roberts Noble Foundation, Ardmore, Oklahoma

Enlace con CAST

John Havlin, Department of Soil Science, North Carolina State University, Raleigh

Traducción

Susana Fredin

Contenidos

Resumen Ejecutivo	1
Introducción	3
Antecedentes y Datos Demográficos	5
Biología de la Alfalfa	7
Crecimiento y Floración, 7	
Crecimiento y Floración, 7	
Formación De Las Semillas, 8	
Semillas Duras, 8	
Auto Toxicidad, 8	
Longevidad, 8	
Alfalfa Feral, 9	
Flujo de Genes a Través del Polen en la Alfalfa	10
De Heno a Heno, 10	
Semilla a Heno, 11	
De Heno Feral a Heno, 11	
De Heno a Semilla, 12	
De Semilla a Semilla, 13	
Normas Oficiales Para El Aislamiento De Campos De Semillas Certificadas, 13	
Investigación Sobre Las Abejas Megachile Rotundata Utilizando El Rasgo Roundup Ready, 14	
Investigación Sobre La Abeja Apis Mellifera Utilizando El Rasgo Roundup Ready, 14	
De Feral a Semilla, 15	
Uso De Los Datos de Flujo Genético en la Administración de la Producción de Semillas, 15	
De Heno a Feral, 18	
De Semilla a Feral, 19	
De Feral a Feral, 21	
Flujo de Genes a Través de la Semilla de Alfalfa	22
Mezcla de Semillas, 22	
Plántulas Voluntarias, 22	
Pastoreo	24
Resumen	23
Apéndice A: Abreviaturas y Acrónimos	25
Apéndice B: Glosario	27
Literatura Citada	28
Índice	30

Figuras

- 1 Comparación del potencial relativo de flujo de genes en varios sistemas de producción, 10
- 2 Probabilidad de flujo de genes de heno a heno RRA se refiere a la alfalfa Roundup Ready, 11
- 3 Probabilidad del flujo de genes de heno a semilla; RRA es la alfalfa Roundup Ready, 12
- 4 Flujo de genes a través del polen en la producción de semilla utilizando *Megachilerotundata* del 2000 al 2001 o abeja *A. mellifera* como polinizadores en 2003,
- 5 Emergencia de plántulas voluntarias por trimestre en Idaho (Sitio 1) y Texas (Sitio 2) durante 3 años después de la destrucción del campo de semillas (promedio / acre), 23

Tabla

- 1 Posibles escenarios para el flujo de genes a través del polen en alfalfa, 10

Foreword

In January 2008, the National Concerns Committee and the CAST Board of Directors authorized CAST to complete a special publication on the topic of gene flow in alfalfa.

Dr. Allen Van Deynze, University of California-Davis, served as Project Chair. Six additional scientists participated as authors; five subject specialists selected by CAST served as reviewers; one member of the CAST Board of Directors acted as project liaison.

The authors prepared an initial draft of this document and reviewed and revised all subsequent drafts based on reviewers' comments. The CAST Executive Committee and Editorial and Publications Committee reviewed the final draft, and all task force members reviewed the galley proofs. The CAST staff provided editorial and structural suggestions and published the document. The task force authors are responsible for the publication's scientific content.

On behalf of CAST, we thank the chairperson, authors, and reviewers who gave of their time and expertise to prepare this publication as a contribution by the scientific community to public understanding of

the issue. We also thank the employers of the scientists who made the time of these individuals available to CAST, thus making the project a reality.

This document is being distributed widely; recipients include Members of Congress, the White House, the U.S. Department of Agriculture, the Congressional Research Service, the Food and Drug Administration, and the Environmental Protection Agency. Additional recipients include media personnel and institutional members of CAST. The document may be reproduced in its entirety without permission. If copied in any manner, credit to the authors and to CAST would be appreciated.

Dr. Kassim Al-Khatib
President

John M. Bonner
Executive Vice President

Linda M. Chimenti
Managing Scientific Editor

Note

This publication is an outcome of the National Alfalfa & Forage Alliance-sponsored workshop, *Peaceful Coexistence: Creating a Strategy for Harmony among GM, Organic, and Conventional Alfalfa Producers*, Denver, Colorado, October 10, 2007.

Resumen Ejecutivo

Los agricultores de heno y de semilla de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) de Estados Unidos producen para diversos mercados y deben tener la posibilidad de seguir haciéndolo, así como de adoptar nuevas tecnologías que les permitan enfrentar situaciones cambiantes en los mercados globales y seguir siendo competitivos. Dichas tecnologías pueden ser de producción, agronómicas o de calidad. A la vez, es esencial que los productores se unan para satisfacer las necesidades de distintos mercados. Como en cualquier otro sistema biológico, puede resultar muy difícil lograr el 100% de pureza (o 0% de impurezas) de un elemento y dicho nivel de pureza puede resultar imposible en términos económicos. Lo anterior es particularmente cierto para la agricultura a escala de campo. Por lo tanto, agricultores y sociedades agrícolas han adoptado estrategias basadas en el proceso, tal es el caso de *Certified Seed y National Organic Programs* (Semillas certificadas y programas nacionales de producción orgánica) que tienen tolerancia a un umbral bajo y aceptable de impurezas en el producto final, se trate de plaguicidas, semillas de otras variedades, o de malezas. Estos sistemas han sido reconocidos y adoptados en todo el mundo.

Este artículo describe tanto la biología como las prácticas agronómicas que deben tomarse en cuenta al desarrollar estrategias de coexistencia que proporcionen opciones para que los productores puedan elegir específicamente entre los mercados de productos de la ingeniería genética (GE), los convencionales, y los mercados sensibles a GE. Estas estrategias tienen bases científicas y se derivan de principios bien establecidos de coexistencia que los productores de semillas usan habitualmente. Las prácticas de manejo que utilizan actualmente los productores de la alfalfa *Roundup Ready* (RRA por sus siglas en inglés) se presentan como un ejemplo de las estrategias desarrolladas por la industria de la semilla de la alfalfa que permiten la coexistencia de diferentes sistemas de producción.

La mayor parte del mercado nacional no es sensible a la alfalfa GE, pero algunos sectores de dicho mercado y gran parte del mercado de exportación de heno y semilla sí son sensibles a la presencia adventicia (AP) de genes provenientes de la ingeniería genética. Una estrategia exitosa para la coexistencia de la alfalfa genéticamente modificada,

la convencional y la orgánica debe reconocer y enfrentar la posibilidad del flujo de genes entre el heno y la semilla.

El flujo de genes se describe como un intercambio de genes entre una población y otra. Existen diversos modos por los que puede darse dicho flujo de genes a través del polen y de la semilla. Comprender la magnitud del riesgo asociado a cada una de estas modalidades puede ayudar a desarrollar estrategias de mitigación racionales y a minimizar el flujo potencial de genes de la alfalfa GE a la producción de heno y semilla convencionales. En términos de superficie y de valor, este es el punto de contacto más frecuente entre estos dos tipos de heno, sin embargo, pruebas científicas muestran que esta situación es controlable y genera una posibilidad mínima de flujo de genes. La alfalfa no es compatible sexualmente con ninguna otra especie de plantas ferales o cultivadas en los Estados Unidos (McGregor 1976).

A diferencia de la mayor parte de los cultivos derivados de la biotecnología que actualmente se produce, el uso más frecuente de la alfalfa en el mercado es el heno para forraje y no la semilla. El hecho de que la producción de semilla viable sea un requisito para el flujo de genes tiene implicaciones importantes para el flujo potencial de genes en la alfalfa. Aunque existe el potencial de flujo de genes por medio de la semilla, las mejores prácticas de manejo en la limpieza y gestión del equipo de cosecha y procesamiento de semillas son efectivas en el control de mezclas de semillas de alfalfa transgénicas y convencionales. Si a lo anterior se añaden prácticas de cultivo y de rotación para el manejo de semillas voluntarias, el flujo de genes en la alfalfa probablemente será muy bajo.

El flujo de genes a través del polen requiere la presencia de polinizadores, la proximidad y la sincronía en la floración de las plantas de origen y las receptoras y la producción de semillas viables en los campos y plantas receptoras. La gestión sistemática de calendarios de corte en la producción de la alfalfa limita la sincronía en la floración y prácticamente elimina el potencial de producción de semilla viable, estos dos últimos pasos son necesarios en el flujo efectivo de genes por medio del polen. Cuando estos factores se añaden a otras barreras biológicas, descritas en este artículo, la probabilidad del flujo de genes en el heno se reduce a casi cero.

Los términos en cursivas (con excepción de género y especie) se definen en el Apéndice B: Glosario.

En este artículo el término derivado de la biotecnología, también conocido como *genéticamente modificado* [GM], transgénico, o *derivado de la ingeniería genética* [GE].

Existen menos barreras al flujo de genes en los campos de producción de semilla de alfalfa pues-to que estos campos florecen durante un periodo más prolongado, se utilizan polinizadores introducidos para maximizar la producción de semillas y el producto deseado es la semilla viable. Aunque existe el potencial de flujo de genes a través del polen de la alfalfa feral o de heno a semilla, por lo general se controla por medio de diversas prácticas de manejo y se ve limitado por la abundancia relativamente baja de polen de los campos de origen de producción de semilla y los campos receptores durante la floración. El mecanismo primario de flujo de genes a través de polen en la alfalfa es de un campo de semillas a otro.

El flujo de genes se gestiona de forma proactiva en la producción comercial de semillas convencionales con el fin de optimizar la pureza genética del varietal. La estrategia de mitigación clave utilizada para el manejo del flujo de genes es la distancia de separación o aislamiento entre plantas. Los resultados de varios experimentos de flujo de genes han proporcionado guías para polinizadores específicos para la separación entre plantas.

Dichas guías, basadas en la ciencia, están diseñadas para minimizar el flujo de genes de la alfalfa transgénica (GE) a las variedades convencionales. La industria ha adoptado estas distancias de aislamiento en la producción de semillas RRA y son el modelo a seguir para futuros cultivos de alfalfa derivados de la biotecnología. El protocolo de las mejores prácticas de la *National Alfalfa and Forage Alliance* (NAFA) (Alianza Nacional de Alfalfa y Forrajes) también requiere de pruebas frecuentes para detectar AP en lotes de semillas convencionales utilizando pruebas disponibles para el público que sirven para determinar si las normas de gestión son adecuadas (NAFA 2008).

Estas pruebas aseguran el procesamiento dinámico para el monitoreo y, si fuera necesario, para ajustar los requisitos de aislamiento para la producción de alfalfa GE. Un primer paso importante para el desarrollo de estrategias de manejo para mitigar el flujo de genes es comprender el potencial de dicho flujo en la producción de heno y semillas de alfalfa. Los autores concluyen que se dispone de suficientes datos científicos para diseñar dichas estrategias y, como se esboza en este documento, dichas estrategias podrán manejar eficazmente el flujo de genes de la producción de alfalfa GE a aquella del heno y la semilla convencionales. Sin embargo, también se requiere de pruebas frecuentes para monitorear la efectividad de dichas estrategias y, cuando sea necesario, deberán hacerse ajustes.

Introducción

Los agricultores de heno y de semilla de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) de Estados Unidos producen para diversos mercados y deben tener la posibilidad de seguir haciéndolo, así como de adoptar nuevas tecnologías que les permitan enfrentar situaciones cambiantes en los mercados globales y seguir siendo competitivos. Dichas tecnologías pueden referirse a factores de producción, agronómicos o de calidad. A la vez, es esencial que los productores se unan para satisfacer las necesidades de distintos mercados. Como en cualquier otro sistema biológico, puede resultar muy difícil lograr el 100% de pureza (o 0% de impurezas) de un elemento y esto puede resultar imposible en términos económicos. Lo anterior es particularmente cierto para la agricultura a escala de campo. Por consiguiente, agricultores y sociedades agrícolas han adoptado estrategias basadas en el proceso, tales como *Certified Seed* (Semillas Certificadas) (AOSCA 2003) y *National Organic Programs* (USDA 2005) que toleran un umbral aceptable de impurezas en el producto final, sea este de plaguicida, semilla de varietal, o semilla de maleza. Estos sistemas han sido reconocidos y adoptados en todo el mundo durante un siglo (AOSCA 2008; ISF 2008).

La adopción rápida y sostenida de la biotecnología, especialmente en campos de cultivos modificados para la adquirir resistencia a herbicidas, insectos o enfermedades, indica claramente una ventaja económica. Por ejemplo, el 31% de la tierra de cultivo en los Estados Unidos se dedica a los cultivos derivados de la biotecnología (James 2005; USDA-NASS 2007b). Asimismo, la superficie dedicada a cultivos orgánicos certificados aumentó en promedio 25% cada año entre 1995 y 2005, y cubrió el 0.51% de la superficie de cultivo de los Estados Unidos en 2005 (USDA-NASS 2007b). Este artículo describe las prácticas biológicas y agronómicas en alfalfa que deben considerarse para desarrollar estrategias de coexistencia que den opciones a los productores, sobre todo en cuanto a los mercados de GE, convencional, y sensible a GE en los Estados Unidos.

El cultivo de la alfalfa ha mejorado por medio de fito mejoramiento convencional y se introducen nuevas características por medio del uso de la biotecnología. En muchos sectores de la producción agrícola, ha habido una rápida adopción de variedades mejoradas gracias al uso de nuevas tecnologías genéticas. Otros sectores de mercado rechazan todas las variedades, piensos y alimentos que contengan hasta cantidades ínfimas de tales modificaciones genéticas. Se han desarrollado rápidamente mecanismos para permitir que los productores de variedades convencionales, orgánicas y derivadas de la biotecnología puedan coexistir en el mercado mundial de granos y semillas. A diferencia de la mayor parte de los cultivos derivados de la biotecnología que se cultivan actualmente, el producto primario (*commodity*) de la alfalfa es el heno para forraje y no la semilla. Este hecho tiene repercusiones importantes en cuanto a la posibilidad de AP en dicho producto.

Un componente esencial para la coexistencia en el caso de la alfalfa será el manejo cuidadoso de la pureza genética durante las actividades de producción de semilla o de forraje. La pureza genética se ve afectada por la transferencia de semillas o de polen que puede resultar en el flujo de genes entre la alfalfa que crece en los campos de heno y los campos de semilla, o que crece feral sin ser cultivada. La pureza genética se logra mitigando la mezcla genética (esto es, utilizando prácticas agrícolas que restrinjan el flujo natural de genes entre poblaciones). Las reglas de certificación de semillas exigen, y los productores profesionales de semillas actualmente aplican, principios básicos que son necesarios para la mitigación exitosa del flujo de genes entre poblaciones de alfalfa (AOSCA 2003). Prácticamente, toda la producción de semillas de alfalfa registradas en los Estados Unidos, y la mayor parte de la producción de variedades del dominio público, se realizan utilizando las restricciones establecidas por la Asociación de Agencias Oficiales de Certificación de Semillas (AOSCA) que permite que tengan los requisitos necesarios para que las dependencias estatales de certificación los certifiquen. No existen dichas restricciones en la producción de semillas convencionales.

Por lo general, se controla el flujo de genes durante la producción de semillas mediante el aislamiento espacial de otras plantas de alfalfa, la rotación de cultivos para eliminar las variedades de alfalfa cultivadas previamente, y la limpieza minuciosa del equipo entre lotes de semillas de diferentes variedades para evitar la mezcla (AOSCA 2003; Sundstrom et al. 2003). Los productores de forraje interesados en la pureza genética y / o el estatus de orgánico seleccionan semillas de origen, variedad y pureza conocidos. Si bien el flujo de genes es técnicamente posible en todos los escenarios, su probabilidad e impacto dependen de numerosos principios bien entendidos (CAST 2007; Putnam 2006).

La introducción y sensibilidad de los rasgos derivados de la biotecnología en la alfalfa han provocado que científicos, las compañías de semillas, la AOSCA, el *U.S. Department of Agriculture – Animal and Plant Health Inspection Service* (Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, USDA-APHIS), y los productores de semillas reexaminen el flujo de genes y su posible efecto sobre la AP de una característica derivada de la biotecnología en forrajes o semillas que no tienen dicha característica. En ocasiones, la baja tolerancia a los rasgos derivados de la biotecnología se debe en gran medida a la capacidad de detectar dichos rasgos en niveles que no pueden lograrse en la mayoría de los rasgos que no se derivan de la biotecnología.

En la agricultura, la base de la coexistencia es la adopción de umbrales bajos prácticos para AP. Como se describe en la *Federal Seed Act* (Ley Federal de Semillas) y en otras instancias, la semilla de heno no ha sido reconocida históricamente como una sustancia pura, y se toleran ciertas especies genéticas, y las impurezas inertes. En contraste, la tolerancia para los rasgos de GE no ha sido determinada por algunos sectores orgánicos u otros sectores del mercado sensibles a GE, como los importadores o exportadores de semillas (Federal 1998). Por ejemplo, la Unión Europea (UE) ha adoptado un umbral del 0.9% para la AP para las características derivadas de la biotecnología aprobadas en productos derivados orgánicos y convencionales, y Japón ha adoptado un umbral del 5% para la AP en alimentos. Sin embargo, la UE no acepta ningún rastro de GE en la semilla (ESA y EuropaBio 2007).

En este artículo, los autores resumen la investigación reciente sobre el flujo de genes y la ubican en el contexto de la biología de la alfalfa, así como en el uso y las prácticas de cultivo de los Estados Unidos. Este documento también explora estrategias clave para gestionar el flujo de genes para mitigar la AP en el heno y la semilla producidos para mercados sensibles a dicha presencia.

Antecedentes y Datos Demográficos

La alfalfa es una especie introducida, cultivada en América del Norte y constituye el cuarto cultivo más importante en términos de área de los Estados Unidos. Casi todas las semillas de alfalfa se utilizan para establecer campos de heno, y solo una pequeña cantidad es utilizada para semilla de reserva en campos de semilla (aumento de variedad) o para germinados. La semilla de alfalfa no se consume como grano y, por lo tanto, no se usa directamente como alimento o producto alimentario. Esencialmente, todas las semillas de siembra de alfalfa producidas en los Estados Unidos se cultivan utilizando insecticidas y / o herbicidas (Peters y Linscott 1988), lo que excluye el uso legal de dichas semillas para alimentos y germinados. Por lo tanto, los productos de la semilla que entran en los canales de distribución para siembra y germinados se mantienen bien diferenciados.

La alfalfa crece en tres formas:

1. Alfalfa cultivada para la producción de forraje comercial: heno seco, ensilaje, alfalfa picada o heno (colectivamente denominada heno);
2. Alfalfa cultivada para la producción comercial de semillas (semillas); y
3. Alfalfa no cultivada que ocurre como plantas ferales.

En este artículo, la alfalfa sin manejo agronómico, utilizada para el pastoreo se considerará feral debido a su similitud. Como sucede con los genes convencionales, existe la posibilidad de que los transgenes fluyan hacia y desde cada interfaz de población de alfalfa (es decir, semilla, heno y feral). Cada tipo de alfalfa tiene varias características únicas que son importantes para comprender el potencial del flujo de genes dentro o fuera de la población. Si bien la alfalfa cultivada en pastizales y consumida por animales que pastorean está incluida en la categoría de "heno", existen características únicas asociadas con el manejo de la cosecha, que en ocasiones es menos intensivo en estos sistemas. El pastoreo de alfalfa es extenso en otros países, pero no se practica ampliamente en los Estados Unidos (Lacefield et al. 1997).

La producción de heno y de semilla de alfalfa difieren en términos de demografía, área total de cultivo, sistemas de producción y ubicación geográfica. En 2007, había aproximadamente 23.5 millones de acres de heno y heno de alfalfa y se estima que menos de 100,000 acres (0.45%) se dedican a la producción de semillas de alfalfa en los Estados Unidos (datos agregados de USDA-NASS 2007c). Los valores anuales de cultivo para heno y para semilla fueron aproximadamente de ocho mil novecientos millones de dólares y 80 millones de dólares, respectivamente (USDA – NASS 2007a). Basado en superficie y valor, la interfaz de heno a heno es la más frecuente, pero la evidencia científica muestra que esta situación puede manejarse y brinda una menor posibilidad de flujo de genes (consulte la sección Heno a Heno). En consecuencia, las interfaces semilla a semilla, heno a semilla y feral probablemente constituyen la minoría (<1%) de las situaciones potenciales de flujo de genes (Putnam 2006). Los sistemas de producción de heno y semilla también difieren drásticamente, este hecho afecta el flujo de genes y su mitigación.

El heno de alfalfa se cultiva en todo el territorio continental de los Estados Unidos y, en general, se cultiva en todos los lugares donde se alimenta el ganado que consume alfalfa. Por otra parte, la alfalfa cultivada para semilla no está distribuida uniformemente en todo el país. Los principales sitios para la producción de semillas son California, Idaho, Oregon, Washington y varios otros estados del oeste (USDA – NASS 2007c). Incluso dentro de estos estados, las regiones de producción de semillas generalmente son limitadas y se concentran en lugares donde el clima es adecuado para dicha producción.

Por ejemplo, California tiene aproximadamente 28,000 acres de producción certificada de semillas de alfalfa, pero la mayoría de esos campos se encuentran en dos condados grandes: el Condado Imperial con 475,000 acres de producción de cultivos en general, de los cuales 168,000 son heno y 14,000 son semillas; y el Condado Fresno tiene un total de 3.3 millones de acres de producción de cultivos, de los cuales 300,000 son heno y 14,000 son semillas (datos agregados de los informes del condado 2004–2006, USDA – NASS 2007d)

Por lo tanto, incluso en aquellos condados donde la semilla es importante, las interacciones de semilla a semilla o heno a semilla comprenden una minoría de situaciones y se limitan a campos específicos en áreas específicas.

La producción de semillas de alfalfa es una empresa altamente coordinada (Rincker et al. 1988). La mayoría de los productores de semillas las producen por contrato, y la ubicación de los campos de semillas se planifican cuidadosamente con anticipación para obtener el historial pertinente de cultivos anteriores y el aislamiento físico de otros campos de semillas de alfalfa y heno para garantizar la pureza y la calidad de las semillas (Rincker et al. 1988).

En el condado Imperial las interacciones heno semilla son hasta cierto punto probables. Lo anterior debe tenerse en cuenta al elegir los campos de semillas. La AOSCA y la Ley Federal de Semillas exigen que las prácticas certificadas de producción de semillas de alfalfa garanticen una pureza genética varietal mínima de 95 a 99% (AOSCA 2003; Federal 1998). El nivel de pureza genética es específico para la generación o la clase de semilla certificadas. Los mercados sensibles a GE pueden requerir un nivel más alto de pureza genética.

Biología de la Alfalfa

La alfalfa es una especie de leguminosas herbácea perenne utilizada como forraje. En virtud de su amplia adaptación ambiental, el forraje se produce en todas las regiones agrícolas de los Estados Unidos. No hay especies ferales o cultivadas sexualmente compatibles en América del Norte (McGregor 1976).

Crecimiento y Floración.

Una planta de alfalfa comienza su crecimiento inicial a partir de una semilla durante su establecimiento, pero después de cada cosecha o invierno vuelve a crecer a partir de brotes que surgen de los tallos o de la corona. El intervalo de crecimiento vegetativo (es decir, el calendario de cosecha) durante la mayoría de las épocas del año es de 22 a 40 días. La cosecha de forraje se realiza típicamente de dos a ocho veces por año, dependiendo de la ubicación y el clima estacional. La mayor parte de la alfalfa en los Estados Unidos se maneja para limitar su crecimiento al estado vegetativo con el fin de optimizar la producción de biomasa forrajera (rendimiento) y la calidad nutricional del heno. El heno de madurez tardía (presencia de flores abiertas o semillas) es de baja calidad como alimento y en términos de valor de mercado (Blank, Orloff y Putnam 2001)

Los campos de alfalfa sembrados con alfalfa GE y utilizados para el pastoreo serán de alto insumo por definición, y probablemente se manejarán de manera intensiva por medio de la rotación del pasto-reo. Lacefield y sus colegas (1997) determinaron que en el pastoreo el tiempo y la extensión de la cosecha pueden ser variables. El predominio del heno comparado con la superficie dedicada a las semillas y el tiempo de cosecha comúnmente utilizado para la producción de heno sugiere que, en todo momento, es probable que más del 99% de la alfalfa de Estados Unidos (Comparando el total de la superficie dedicada al heno y aquella dedicada a semillas, USDA – NASS 2007a) no tenga flores (estado vegetativo) o sus flores se encuentren en una etapa temprana de desarrollo. Por lo tanto, es atípico, esporádico y poco común que los campos de heno manejados tengan flores o, después de la floración, produzcan semillas viables.

En los campos de semillas, se promueve la floración y la producción de semillas, y en la mayoría de dichos campos, las yemas florales comienzan a formarse en los tallos aproximadamente de 4 a 6 semanas después de segar el campo durante fotoperíodos de días largos y clima cálido. La floración no comienza durante los días cortos, ni cuando el clima es fresco (es decir, del fin del verano y hasta mediados de la primavera). Una vez que se produce la floración, la alfalfa florece de forma incierta y su duración depende de la humedad, la temperatura, la luz y varios otros factores (McGregor 1976).

Polinización

La alfalfa es predominantemente de polinización cruzada, y las flores dependen de las abejas para la polinización. En la alfalfa la polinización cruzada por el viento no se da (Vysons, Sun y Barnes 1988). La alfalfa requiere que las abejas estimulen a las flores para liberar el polen para la fertilización de óvulos y la producción de semillas. En los Estados Unidos, los campos de producción de semillas de alfalfa se polinizan principalmente con abejas cultivadas “cortadoras de hojas” (*Megachile rotundata* F.) en el noroeste del Pacífico y con abejas europeas cultivadas (*Apis mellifera* L.) en California (30% de la producción, USDA-NASS 2007c). Algunos productores en áreas específicas del sur de Washington utilizan abejas cultivadas (*Nomia melanderi* C.), y ciertos productores de semillas usan una mezcla de especies cultivadas para la polinización. Las abejas silvestres y las abejas autóctonas, como *Bombus* spp., *Osmia* spp., *Agapostomen* spp., y *Megachile* spp. pueden encontrarse en la alfalfa en diferentes cantidades. No se ha demostrado que otros insectos polinizadores sean efectivos para la alfalfa (Hammon, Rinderle y Franklin 2006; McGregor 1976).

Formación De Las Semillas

Después de la polinización de las flores y la fertilización, los embriones de las semillas de alfalfa requieren entre 4 y 6 semanas adicionales con condiciones de crecimiento adecuadas para convertirse en semillas viables (McGregor 1976). La precipitación, las bajas temperaturas o la nieve durante el tiempo de maduración causarán una disminución en la producción de semillas viables y una calidad deficiente de las semillas (por ejemplo, una disminución en el vigor de las plántulas y un menor porcentaje de germinación debido a la infección por hongos patógenos de la semilla, al brote prematuro de las semillas y a que éstas mueren en la vaina) (Rincker et al. 1988).

Las diferencias genéticas entre variedades con respecto a la madurez también afectarán el desarrollo de las semillas. La semilla de alfalfa se transporta en una vaina leguminosa enrollada que no se abre. La dispersión natural y no mecanizada de semillas es muy local, y la semilla de alfalfa es demasiado densa y suave para ser efectivamente diseminada por el viento. En situaciones donde los animales se alimentan de alfalfa que contiene vainas de semillas maduras, también es posible la dispersión de semillas por éstos, pero la descomposición de las semillas durante la digestión y / o ensilaje puede disminuir esa probabilidad (Blackshaw y Rode 1991).

Semillas Duras

Es típico que una proporción de cualquier lote de semillas de alfalfa muestre una latencia posterior a la cosecha (*dormancy*) en relación con la "semilla dura". La cáscara, que es dura e impermeable, impide de forma temporal que penetre el agua, retrasando así la germinación hasta que dicha cáscara se desgaste, envejezca o se escorie. A diferencia de las semillas en suelos húmedos, las semillas que se mantienen secas almacenadas pueden permanecer viables durante décadas. La alfalfa no muestra una verdadera latencia fisiológica de las semillas, y en la mayoría de las semillas es posible que el agua penetre y germinan fácilmente en la mayor parte de los casos. En la alfalfa, la semilla dura se define como el porcentaje de semilla a la que no le penetra el agua durante una prueba de germinación estándar de 72 horas. Sin embargo, se ha observado que esta semilla dura comúnmente germina en condiciones de campo. Undersander y sus colegas (1993) examinaron la velocidad y el grado de germinación de los lotes de semillas de alfalfa que contenían diversas proporciones de semillas duras y no encontraron correlación entre la clasificación de semillas duras (porcentaje de semillas duras) y la germinación en el campo.

Auto Toxicidad

Las plantas de alfalfa y los desechos de alfalfa producen compuestos que provocan una reacción auto tóxica cuando germinan las semillas de alfalfa. La reacción auto tóxica y la competencia entre las plantas limitan severamente la germinación y el vigor de las plántulas de la alfalfa sembrada o dejada caer en sembradíos de alfalfa existentes ecién establecidos. Los campos cultivados no se pueden auto poblar con éxito. Los intentos de incrementar la densidad de las plantas de alfalfa existentes intercalando deliberadamente nuevas semillas suelen fallar, por lo que la mayoría de los agrónomos no recomiendan esta práctica (Canevari et al. 2000). El establecimiento de plantas voluntarias o la re-siembra en los campos establecidos pueden tener un poco más de probabilidades de éxito en suelos arenosos y bien drenados, particularmente con riego. Por lo tanto, es muy poco probable que las plántulas secundarias constituyan una ruta para el flujo efectivo de genes hacia campos de alfalfa existentes y continuos.

Algunos productores de semillas plantan sus campos en surcos en lugar de plantaciones continuas; en estas situaciones, se producen voluntarios en el cultivo a partir de semillas caídas y las plántulas secundarias resultantes podrían ser un medio de flujo de genes a cultivos posteriores. Sin embargo, para mantener la pureza varietal y de especies requerida, estos productores de semillas rutinariamente controlan la germinación de plántulas de alfalfa y malezas por medio de cultivos, irrigación y / o herbicidas activos en el suelo que no impactan el cultivo en crecimiento preestablecido. La alta probabilidad de auto toxicidad es una de las razones por las cuales los productores deben rotar a un cultivo diferente durante al menos un año completo después de la eliminación de los campos de alfalfa establecidos.

Longevidad

La alfalfa es una planta perenne de corta duración. Los campos cultivados para la producción de heno generalmente se mantienen durante 3 a 6 años y más tiempo en algunas áreas. La producción comercial del cultivo de semillas de alfalfa se confina exclusivamente a las regiones occidentales de los Estados Unidos, donde es poco probable que haya lluvia a fines de la temporada (post-polinización), el riego se maneja con cuidado; y se dispone de productores de semillas de alfalfa, equipos e infraestructura especializados (Rincker et al. 1988). Para garantizar la integridad varietal, los contratos comerciales de producción de semillas generalmente requieren que los sembradíos se destruyan después de 3 años.

La alfalfa se destruye totalmente usando una variedad de métodos mecánicos, culturales y / o químicos. El glifosato, aunque es bastante efectivo en el control de la alfalfa convencional no deseada, generalmente no se utiliza o se usa en combinación con otras prácticas de destrucción de sembradíos. El glifosato no controlará RRA; sin embargo, otros herbicidas y prácticas culturales siguen siendo efectivos (Van Deynze et al. 2004). Una vez que se eliminan los sembradíos cultivados, tanto los productores de semillas como los de heno rotan el campo a una especie de cultivo diferente por uno o más años, durante los cuales los voluntarios de alfalfa pueden ser controlados, si es necesario.

Alfalfa Feral

Las plantas ferales son plantas de cultivo que crecen y se reproducen fuera de éste. Las plantas de alfalfa ferales se pueden encontrar en ocasiones en los bordes de las carreteras, en las cercas y en los campos abandonados. En los Estados Unidos, las poblaciones de alfalfa feral se han producido a través de plantaciones no intencionales de variedades cultivadas ("escapes" del cultivo) o, en ciertos casos, estas poblaciones se originaron a partir de la plantación intencional de campos abandonados, bordes de caminos o tierras marginales. La alfalfa feral se produce a muy baja densidad y escala comparada con la alfalfa cultivada destinada para semilla o heno.

Los datos del estudio biogeográfico de cinco estados (California, Idaho, Pensilvania, Dakota del Sur y Wisconsin) indican que en la mayoría de dichas áreas agrícolas, las plantas de alfalfa feral no se producen o son escasas (Kendrick et al. 2005). En un estudio realizado en varios estados entre 2001 y 2002, se encontraron plantas ferales en una densidad baja o en manchones dispersos a una distancia de 1.25 millas de campos de alfalfa cultivada en el 22% de los sitios evaluados.

Las plantas de alfalfa ferales a veces se manejan en los bordes de las carreteras mediante la poda de rutina, ya sea cosechando el heno o simplemente dejándolas en el suelo junto con otra vegetación al lado del camino. Una población feral excepcional de alfalfa de flores amarillas se ha establecido en un campo remoto en Dakota del Sur (Boe et al. 2004).

En algunos casos las plantas ferales no tienen ningún manejo y, dada la humedad adecuada y la presencia oportuna de polinizadores, puede florecer y producir semillas. Las plantas ferales son susceptibles a las tensiones ambientales (por ejemplo, la sequía en el oeste del país que cuenta con riego) y las tensiones bióticas (por ejemplo, las chinches *Lygus* en el oeste y *Empoasca fabae* en el este) comunes en cada zona. A pesar de la aparición de la alfalfa feral y sus 200 años de historia en América del Norte, no se considera maleza, nociva o invasiva en entornos cultivados o silvestres (CFIA 2005).

Flujo de Genes a Través del Polen en la Alfalfa

El flujo de genes se describe como el intercambio de genes de una población a otra. Es el mecanismo natural que cambia la frecuencia genética de la población a lo largo del tiempo y es responsable de la riqueza de la diversidad biológica actual. El flujo de genes es un concepto neutral: podría considerarse útil, perjudicial, molesto o sin importancia, según la situación y los genes implicados. Para que se produzca un verdadero flujo de genes debe haber tanto la formación de semillas de polinización cruzada como el posterior establecimiento de la plántula. Si bien las abejas polinizadoras introducidas y / o que ocurren naturalmente pueden transportar polen a largas distancias, el verdadero flujo de genes no ocurre hasta que el polen da como resultado una descendencia viable y en crecimiento.

El flujo de genes a través del polen generalmente depende de la distancia de aislamiento físico entre dos poblaciones, el grado en que coincide el momento de floración, la frecuencia de los genes, a densidad de los polinizadores disponibles y la especie de abeja polinizadora preponderante (Cane 2008).

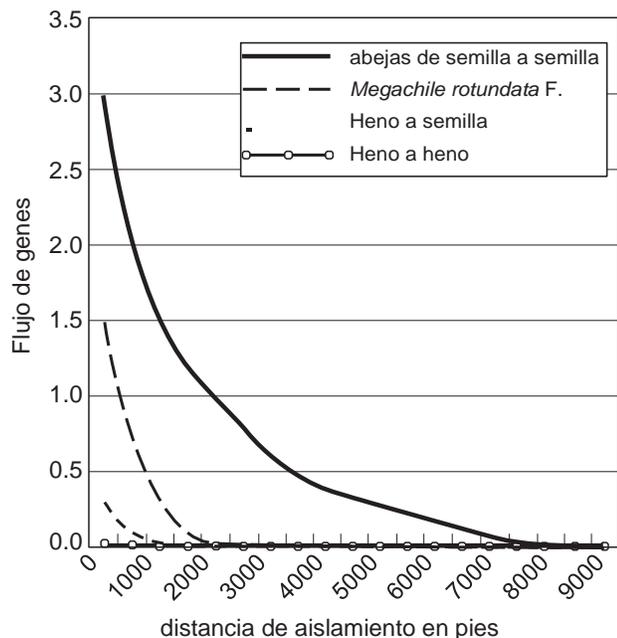


Figura 1 Comparación del potencial relativo de flujo de genes en varios sistemas de producción (Resumen de Fitzpatrick, Reisen, and McCaslin 2003; Putman 2006; Teuber et al. 2004, 2007).

El mecanismo principal para el flujo de genes a través del polen en la alfalfa es de un campo de semilla a otro (Figura 1).

Existen nueve combinaciones de fuentes genéticas y de poblaciones receptoras de genes para el flujo génico a través del polen en la alfalfa en los Estados Unidos (Tabla 1). El flujo de polen de cualquier fuente a heno comercial o semilla comercial podría resultar en un flujo efectivo de genes y AP en un cultivo comercial. A continuación se presenta cada escenario.

Tabla 1. Posibles escenarios para el flujo de genes a través del polen en alfalfa

	A: Heno	Semilla	Feral
De:			
Heno	semilla a heno	heno a semilla	heno a feral
Semilla	semilla a heno	semilla a semilla	semilla a feral
Feral	feral a heno	feral a semilla	feral a feral

De Heno a Heno

Para que la transferencia de genes ocurra entre un campo de heno y otro, se deben completar varios pasos, cada uno de los cuales tiene cierta probabilidad (Figura 2). El flujo de polen requiere insectos polinizadores y es insuficiente en sí mismo para la transferencia de genes. Para que el flujo de genes tenga un impacto en la producción de heno, debe resultar en la fertilización de una flor, la producción y dehiscencia de una semilla viable, la germinación y la producción de una planta que contribuye a la biomasa del cultivo de heno circundante (CFIA 2005). Si bien la transferencia de genes de un campo de heno de alfalfa a otro es posible teóricamente, una serie de barreras ambientales hacen que el movimiento del gene de heno a heno sea un evento con una probabilidad muy baja. Estas barreras incluyen:

1. Las prácticas de los productores para cosechar alfalfa en una etapa vegetativa y hasta la floración temprana (antes de la floración significativa) para forraje de alta calidad;
2. Escasez de polinizadores adecuados;

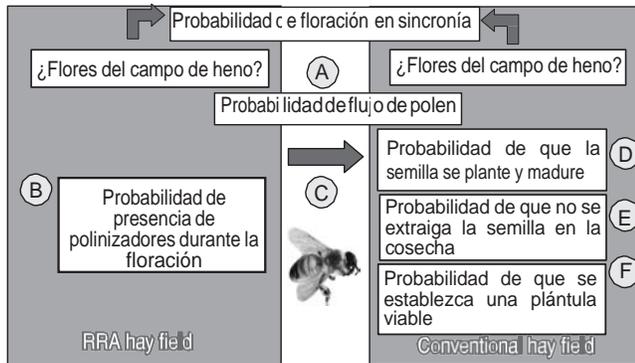


Figura 2. Probabilidad de flujo de genes de heno a heno (Putman 2006). RRA se refiere a la alfalfa Roundup Ready.

3. Eliminación frecuente y total de toda la biomasa en la superficie;
4. Incapacidad demostrada de algunas semillas que se encuentran en el campo de heno para germinar, crecer y competir con las plantas existentes y convertirse en una planta viable que contribuye a la materia seca del cultivo de forrajeo.

El riesgo de flujo de genes hacia los campos de heno sensibles a AP puede reducirse a casi cero realizando la cosecha del campo de heno antes de que se formen semillas maduras (es decir, la probabilidad de "D" en la Figura 2 es cercana a cero). El heno de alfalfa normalmente se cosecha ya sea durante o antes de la primera floración, 6 a 9 semanas antes de la etapa de semilla madura, lo que hace que el flujo de genes heno a heno sea extremadamente improbable (Putnam 2006). Los productores que desean evitar el flujo de genes (por ejemplo, aquellos que producen heno para los mercados que rechazan los cultivos transgénicos) deben prestar atención a los hábitos de floración (evitando la floración simultánea) y los programas de cosecha, y no permitir o quitar las colmenas de los apicultores comerciales. Si bien la fecha de cosecha del heno puede demorarse una semana o más debido al clima húmedo o la falla de equipo, la recolección antes de la etapa de semilla madura es posible en todas las circunstancias excepto en las más extremas (consulte las secciones Polinización y Auto Toxicidad).

Si los vecinos no siembran variedades GE para producción de heno el riesgo de que se dé el flujo de genes transgénicos se reduce aún más debido a que el flujo genético disminuye exponencialmente con la distancia entre campos (Fitzpatrick, Reisen y McCaslin 2003; Teuber et al. 2004, 2007).

El potencial del flujo de genes a través del polen de un campo de producción de semillas a un campo de heno de alfalfa es determinado por la mayoría de las barreras ambientales descritas anteriormente para situaciones de heno a heno. Aunque el campo de semillas florecerá y los polinizadores estarán presentes, también se aplican otros factores relacionados con el manejo del cultivo de heno. Debido a la mayor presencia de polen en los campos de semillas en floración total en las cercanías y la presencia de polinizadores para el campo de semillas, los productores de heno sensibles a AP que estén interesados en limitar estrictamente la posibilidad de flujo de genes pueden ajustar su calendario de corte de heno para limitar la duración de la floración y evitar que las semillas de heno maduren.

Semilla a Heno

Existen pruebas disponibles comercialmente para monitorear la presencia o ausencia del rasgo Roundup Ready en el heno cosechado y el tejido fresco de la hoja. Las tiras de prueba basadas en proteínas se usan ampliamente para confirmar AP no detectable en el heno que se vende (Teuber et al. 2007; Woodward, Putnam y Reisen 2006).

Una vez más, el manejo prudente del corte de un campo de heno sensible a AP es un método eficaz para reducir el riesgo de flujo de genes de semilla a heno a casi cero. Si los vecinos no siembran variedades GE para la producción de semillas, el riesgo de flujo genético del rasgo GE se reduce aún más. Al igual que en el escenario de heno a heno, la mitigación más importante para el flujo de genes en semilla a heno es comenzar con semilla certificada o semilla libre de transgénicos (Teuber et al. 2007).

De Heno Feral a Heno

Las barreras ambientales descritas para el flujo de genes de heno a heno también se aplican al de feral a heno. Si las plantas ferales son escasas y dispersas, habrá muy poco polen disponible en comparación con la cantidad proveniente de fuentes cultivadas locales. Aunque las plantas de alfalfa feral no manejadas pueden florecer durante un período prolongado de tiempo, éstas suelen ser menos fecundas que las plantas cultivadas, lo que limita su capacidad como fuente de polen (Hammon, Rinderle y Franklin 2006).

Los cultivadores de heno sensibles a AP pueden optar por disminuir aún más el pequeño potencial de flujo de genes administrando cuidadosamente los programas de corte para limitar la floración y evitar la acumulación de semillas maduras (ver la sección de Semilla a Heno). Además, es prudente controlar o cortar las plantas de alfalfa ferales vecinas para evitar la floración sincrónica. Dicho corte también limita la posibilidad de que las plantas ferales actúen como conductos para las abejas o como puentes poblacionales para el flujo de genes de semillas comerciales más lejanas o campos de heno que puedan contener rasgos GE.

Sin embargo, el manejo adecuado de la cosecha en el campo de heno convencional disminuirá el riesgo de flujo de genes en este escenario a casi cero debido a la interrupción del proceso reproductivo que requieren las frecuentes cosechas de heno. La baja densidad y menor fecundidad de las plantas ferales, combinadas con el manejo típico de los campos de heno, limitan claramente el potencial del flujo de genes de las plantas ferales a los campos de heno, incluso de pastos no manejados o manejados a la ligera y poblaciones naturales.

De Heno a Semilla

La posibilidad de flujo de genes de heno a semilla a través del polen está determinada por varios factores primarios:

1. Grado de floración dentro del campo de heno;
2. Duración de la floración y por ello abundancia del polen;
3. Grado de actividad, especies y abundancia de polinizadores; y
4. Distancia entre los campos (Figura 3).

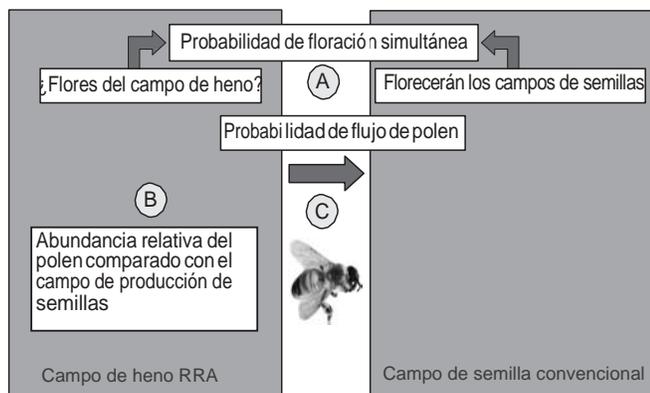


Figura 3. Probabilidad del flujo de genes de heno a semilla (Putnam 2006). RRA es la alfalfa Roundup Ready

Si el productor de semillas o sus vecinos no siembran variedades GE para la producción de heno, el riesgo de flujo genético de la característica GE se reduce aún más porque existe poco o ningún riesgo de que el gene esté presente en el polen en las abejas polinizadoras.

Investigaciones recientes muestran que el flujo de genes de heno a semilla a través del polen es muy bajo cuando se cumple con las distancias de aislamiento certificadas por la AOSCA (por ejemplo, 165 pies [ft]), dado el manejo normal de cosecha del campo de heno vecino durante el período de polinización del campo de semilla. Cortar en o antes del 10% de floración es el manejo típico del campo de heno. Si, debido a factores climáticos o problemas mecánicos, un campo de heno de alfalfa vecino se cosecha en una etapa posterior de madurez (por ejemplo, 20 a 50% de floración) durante el período máximo de polinización de las semillas, aumenta el potencial de flujo de genes hacia un campo de semillas cercano, pero aún así es bajo (por ejemplo, menos del 0.5% para semillas producidas a menos de 165 pies del campo de heno GE en floración). Mayores distancias de aislamiento dan como resultado un flujo genético cercano a cero (por ejemplo, de 350 a 600 pies desde el borde de un campo de heno, el flujo genético promedio hacia el cultivo de semilla fue de 0.01%) (Teuber et al. 2007).

La floración abundante y prolongada en todo o en parte de un campo de heno vecino aumentará la oportunidad de que el flujo de genes a través del polen en el cultivo de semillas se acerque al esperado para el escenario de semilla a semilla. Sin embargo, en situaciones típicas en el campo de la semilla de heno, los valores de flujo genético observados fueron al menos 10 veces más bajos que los predichos a partir de los modelos de flujo genético de semilla a semilla en el peor de los casos (Fitzpatrick, Reisen y McCaslin 2003; Teuber et al. 2007). Por lo tanto, para la mayoría de los productores de semillas, el requisito actual de aislamiento de la AOSCA para la producción de semillas certificadas (>165 pies) es suficiente para mitigar casi todo el flujo de genes anticipado de un campo de heno típico a un campo de semillas convencional (es posible lograr >99% de pureza varietal). Sin embargo, debe esperarse un nivel muy bajo de flujo de genes entre campos muy cercanos.

Sería prudente que los productores de semillas sensibles a GE y con muy baja o nula tolerancia a los rasgos derivados de la biotecnología usen mayores distancias de aislamiento de todos los campos de heno de variedad desconocida, de campos de heno que se sabe que siembran variedades GE, y de campos de heno que no están bajo la gestión directa del productor de semillas.

En algunas circunstancias, el campo de heno más cercano y el campo de semillas sensibles a transgénicos pueden ser operados por el mismo productor quien puede coordinar el programa de cosecha de los campos de heno para evitar la floración durante el período de polinización.

Cuando sea factible, los productores de semillas sensibles a GE pueden disminuir aún más el riesgo de flujo de genes al campo de semillas de otras variedades de heno a través del polen de diversas maneras:

1. Elija utilizar campos de semillas más grandes (por ejemplo, >5 acres);
2. Consiga especies de polinizadores que cubran distancias más cortas (por ejemplo, *Megachile rotundata* F. y no otras);
3. Coseche el borde del campo de semillas como si fuera un lote separado (Fitzpatrick et al. 2007a; Rincker et al. 1988; St. Amand, Skinner y Peaden 2000); y
4. Haga acuerdos de convivencia con los vecinos que cultivan alfalfa para forraje (por ejemplo, pídale a los vecinos que corten el heno al inicio del verano o que utilicen variedades convencionales).

Algunas consecuencias negativas de AP pueden mitigarse a través de la planificación, la formación de relaciones con múltiples clientes (algunos de los cuales pueden no ser sensibles a GE) y la contratación prudente de venta de semillas. Los contratos son un acuerdo voluntario entre un vendedor y un comprador. Antes de firmar el contrato, un productor de semillas que esté considerando cualquier contrato sensible a GE debe entender en detalle las estipulaciones del contrato y aceptar de antemano el método de evaluación de dichos rasgos. Woodward (2006) ha presentado varios ejemplos de redacción de contratos sensibles a GE para la consideración del productor de semillas. Los cultivadores de semillas que producen para mercados sensibles a GE pueden trabajar con agencias locales de certificación de semillas y utilizar un mayor aislamiento espacial, zonas de amortiguamiento, segregación del borde de los lotes, u otras prácticas de protección de la identidad (IP) para sus campos de semillas sensibles a GE.

De Semilla a Semilla

Debido a que el flujo de genes a través del polen es un fenómeno de producción de semillas, la interfaz de semilla a semilla tiene menos barreras ambientales que limiten el flujo de genes que los otros ocho escenarios. Sin embargo, este tipo de interfaz de campo también representa menos del 1% de las interacciones entre la alfalfa y el área de cultivo (ver la sección de Antecedentes y Demografía), y es el que se maneja con mayor rigor de los nueve posibles escenarios de flujo de genes a través del polen (Tabla 1). Por ejemplo, la mayoría de los productores profesionales de semillas y / o las compañías de semillas para las que las producen, utilizan servicios de inspección de cultivos de semillas de terceros ofrecidos por las agencias locales de certificación para asegurar la integridad del proceso de producción.

En los campos de semillas, se toman medidas para maximizar la polinización, lo que hace que el flujo de genes entre campos vecinos sea más probable. Los campos florecerán al mismo tiempo, los polinizadores estarán presentes y algunas abejas visitarán las flores en ambos campos de semillas, y ambos campos continuarán y serán cosechados en la etapa de semilla madura. Se reconoce ampliamente que el flujo de genes a través del polen de semilla a semilla es un hecho natural común, medible y general en los campos de producción de semillas cercanas de diferentes cultivares (Rincker et al. 1988). Esta es la razón por la que los científicos especializados en la producción de semillas y las compañías semilleras durante décadas han promovido el uso del aislamiento espacial para mitigar el flujo de genes y mantener la pureza varietal de las semillas. Las agencias oficiales de certificación de semillas actualmente aseguran la integridad de estas prácticas para la producción de semillas certificadas.

Normas Oficiales Para El Aislamiento De Campos De Semillas Certificadas

Para gestionar la pureza genética de las variedades convencionales de aquellas derivadas de la biotecnología, los productores de semillas certificados dependen en gran medida del aislamiento físico para minimizar y mitigar el flujo de genes. La cantidad de flujo de genes entre campos de semillas adyacentes se ha estudiado ampliamente (Brown et al. 1986; Fitzpatrick, Reisen y McCaslin 2003; Hammon, Rinderle y Franklin 2006; St. Amand, Skinner y Peaden 2000; Teuber et al. 2004) durante las últimas tres décadas.

Estos datos se han utilizado para desarrollar las normas actuales de aislamiento y producción de semillas de la AOSCA y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) para cumplir con los requisitos de la Ley Federal de Semillas (es decir, >99.0 y >99.9% de pureza varietal para semillas certificadas y de fundación, respectivamente (AOSCA 2003; Federal 1998; OCDE 2005).

Las normas actuales de aislamiento para semillas de alfalfa de los Estados Unidos son: 165 pies de aislamiento de otras alfalfas para semillas certificadas y, para semillas de fundación, 600 o 900 pies para campos grandes (≥ 5 acres) o pequeños (<5 acres), respectivamente (AOSCA 2003). Estos estándares de aislamiento han producido semillas de alta calidad para los mercados de todo el mundo durante los últimos 90 años. Es importante tener en cuenta que los estándares de la AOSCA o cualquier otro estándar internacional de aislamiento de semillas no están diseñados para obtener semillas con un grado de impurezas genéticas equivalente a cero.

Aunque la AOSCA tiene actualmente una norma de aislamiento para la alfalfa que es uniforme en todas las especies de polinizadores, se reconoce que la abeja *A. mellifera*, la abeja *Megachile rotundata* F., y la abeja *Nomia melanderi* tienen diferentes alcances de forrajeo y un potencial de flujo de genes algo diferente. A partir de 2000, los científicos de *Forage Genetics International* (FGI) y la Universidad de California-Davis comenzaron una serie de experimentos utilizando el gene Roundup Ready como un marcador genético altamente sensible para medir por separado el potencial de flujo genético utilizando polinizadores de abejas *Megachile rotundata*, y abejas melíferas (Fitzpatrick, Reisen y McCaslin 2003; Teuber et al. 2004).

Investigación Sobre las Abejas *Megachile Rotundata* Utilizando el Rasgo Roundup Ready

Un estudio de 3 años realizado por científicos de FGI utilizó abejas *Megachile rotundata* y varios tamaños de fuentes de polen y lotes trampa (Fitzpatrick, Reisen y McCaslin 2003). Todos los lotes tenían menos de 2 acres, más pequeños que los campos de semillas certificadas a escala comercial (>40 acres). Los resultados fueron constantes a lo largo de los años e indicaron que aunque el flujo de genes puede detectarse a más de 1,500 pies de la fuente de polen, se reduce a menos de 0.5% a 1,000 pies, a menos de 0.2% a distancias mayores de 1,500 pies, y no fue detectado a 2,000 pies de aislamiento efectivo (Figura 4) (Fitzpatrick, Reisen y McCaslin 2003).

El porcentaje de flujo de genes que se observó fue menor en campos de escala comercial, lo que probablemente se debió a los efectos del tamaño del campo y al mayor número de lotes de semillas en todo el campo (Fitzpatrick et al. 2007a).

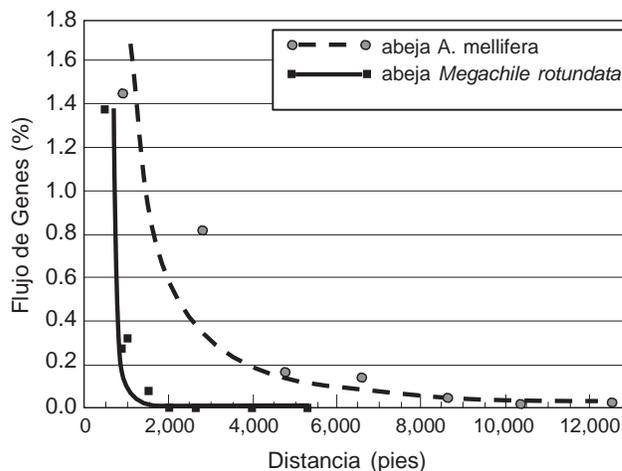


Figura 4. Flujo de genes a través del polen en la producción de semilla utilizando *Megachile rotundata* del 2000 al 2001 (Fitzpatrick, Reisen, and McCaslin 2003) o abejas *A. mellifera* como polinizadores en 2003 (Teuber et al. 2004).

Investigación Sobre la Abeja *Apis Mellifera* Utilizando el Rasgo Roundup Ready

Estudio del 2003

Los estudios preliminares llevados a cabo por científicos de la Universidad de California en 2003 utilizando abejas melíferas como polinizadores evaluaron el movimiento del gene Roundup Ready en cultivos trampa susceptibles a los herbicidas al oeste y al este de un lote de origen del gene Roundup Ready de 6 acres a distancias de hasta 2.5 millas (Teuber et al. 2004; Van Deynze et al. 2004). Los investigadores observaron una disminución significativa en el flujo de genes al aumentar la distancia del lote de origen (Figura 4). A 900 pies, el flujo genético fue inferior al 1.5%, y disminuyó a menos del 0.2% acercándose a los 5,000 pies. El flujo genético continuó disminuyendo a una distancia de 2.5 millas donde se detectó a una frecuencia muy baja (<0.03%). No hubo interacción significativa entre el flujo de genes y la orientación de los lotes trampa.

Estudio del 2006-2007 Mezcla de Abejas *A. mellifera* Y Abejas *Megachile Rotundata*

En el valle de San Joaquín, California, se llevó a cabo un estudio más extenso, de 2 años, sobre el flujo de genes con polinización de las abejas *A. mellifera*, y recientemente se publicaron las conclusiones preliminares del primer año (Teuber et al. 2007). El campo de origen del polen era un campo comercial de semillas del cultivar Roundup Ready (240 acres). El campo de origen estaba aislado a una distancia de 3 millas de todas las demás producciones de semillas, con la excepción de los campos de semillas convencionales dentro del área de estudio. Se plantaron tres campos de semillas de cultivares convencionales dentro del área de estudio como trampa para polen a una distancia de 1 milla (240 acres), 3 millas (40 acres) y 5 millas (100 acres). Toda la producción de semilla comercial fue polinizada por una combinación de abejas *A. mellifera* y abejas *Megachile rotundata*.

Un segundo conjunto de cuatro trampas de aislamiento con puentes de 1.8 acres se plantó a lo largo de un borde del campo del área de estudio con la más cercana a 165 pies, y espacios sin cultivar de 900 pies entre las otras tres trampas. Los tres campos trampa aislados se conectaron al campo de origen en el extremo distal de los pequeños lotes trampa con un puente. El campo de captura comercial más cercano (240 acres) se cultivó a 1 milla (una esquina del campo grande estaba aislada entre los cuatro lotes trampa de 1.8 acres); Los otros dos campos de trampa comerciales estaban verdaderamente aislados. Se muestrearon intensamente áreas de estudio de igual tamaño (1.8 acres) dentro de cada una de las tres áreas comerciales (grandes) y cuatro pequeños lotes trampa. El cruzamiento fue detectado por medio de tiras de prueba de detección de proteínas desarrolladas para el rasgo Roundup Ready.

En las pequeñas trampas puente, la AP promedio fue de 2.3% en una distancia de 165 pies y disminuyó rápidamente a 0.9% en 900 pies y a 0.6% en aproximadamente 4,000 pies. A 1 milla, la AP fue inferior a 0.2%; en 3 millas, fue menor a 0.03%; y en 5 millas de la parcela de origen, no se detectó AP. Las evaluaciones adicionales de las plántulas de estas áreas de prueba continúan para la cosecha de semillas del 2006 y 2007. Las medidas iniciales indican que la cantidad de flujo de genes observada en estos campos de prueba es algo menor o coinciden con el estudio de 2003 que usó 11 parcelas trampa de menor tamaño (0.54 acres) (Teuber et al. 2004).

De Feral a Semilla

Al igual que en el flujo de genes de heno a semilla, el flujo de genes de feral a semilla se registrará por varias variables primarias:

1. ¿Florecen las plantas ferales?
2. Si es así, ¿cuál es la abundancia relativa y la duración de la sincronía entre las fuentes de polen comerciales y las ferales?
3. ¿Cuál es el potencial del flujo de genes como una función de la frecuencia de genes, la distancia de aislamiento y las especies de polinizadores predominantes?

El riesgo de flujo genético de feral a campo de semilla es casi siempre mitigado por los productores de semillas que eliminan o cortan las plantas de alfalfa feral en las cercanías de los campos de producción de semillas. En California e Idaho, se observó alfalfa feral en menos sitios de estudio en los condados donde existe una producción intensiva de semillas de alfalfa que en sitios en los condados donde la alfalfa se cultiva principalmente para forraje (Kendrick et al. 2005). Este hallazgo respalda la observación de que, en gran medida, los cultivadores profesionales de semillas en California e Idaho ya controlan la alfalfa feral como un medio para garantizar la pureza genética del cultivo de semillas cosechado.

Incluso si las plantas de alfalfa feral se encuentran dispersas en la cercanía y no se manejan, la abundancia relativa de polen disponible para el flujo de genes es muy baja en comparación con la de las fuentes cultivadas. Prácticamente toda la producción de semillas de alfalfa en los estados occidentales se riega, y los campos de producción de semillas se rocían regularmente para controlar las chinches *Lygus* (*Lygus* spp.) y otras plagas de insectos que impiden la producción de semillas. Las plantas ferales no tienen el beneficio de la irrigación o el control de insectos y tienen un estado agronómico (*fitness*) bajo comparadas con sus contrapartes cultivadas. Además, la cantidad de polen producida por un puñado de flores de plantas ferales debilitadas será insignificante en comparación con el polen dentro del campo de semillas mismo—en el que las plantas tienen mucho mayor densidad, las flores florecen en sincronía total y las plantas se manejan precisamente para optimizar la producción de semillas y la polinización.

A menos que el rasgo de GE en la alfalfa confiera una ventaja de aptitud natural selectiva, no hay razón para creer que los rasgos de GE estarán sobre representados en las poblaciones de alfalfa feral. Esta dinámica tendrá que ser examinada en una base de rasgo por rasgo si se comercializan rasgos de GE adicionales en alfalfa. El potencial flujo de genes de semillas a semillas es muy bajo en función de la cantidad y la abundancia relativamente baja de polen de las plantas ferales.

Al igual que en el flujo de genes de semilla a semilla, el flujo potencial de genes de semilla a semilla será inversamente proporcional a la distancia de aislamiento entre las plantas ferales y el campo de producción de semillas. St. Amand, Skinner y Peadar (2000), y Strickler y Freitas (1999) mostraron que dentro de los campos de producción de semillas, una mayor cantidad de abejas se alimentaba a una distancia de 82 pies de los nidos que a una distancia de 328 pies. La colocación de los nidos de abejas dentro de los campos de semillas y lejos de la alfalfa feral fomentarán una concentración de forrajeo de abejas (polinización) dentro del campo de semillas deseado y lejos de las plantas ferales (Rincker et al. 1988). No siempre es posible colocar los nidos de abejas dentro de un campo de semillas, especialmente con las abejas *Nomia melanderi* que pueden anidar a distancias de hasta 4,000 pies del campo de semillas (Cane 2004).

Los productores que son sensibles a los cultivos GE y producen semillas cerca de grandes grupos de poblaciones de alfalfa feral que no tienen ningún manejo pueden optar por cosechar los bordes del campo de semillas convencionales como un lote de semillas separado y hacer pruebas para determinar AP antes de combinarlo con el lote principal destinado a los mercados sensibles a los cultivos GE. Los bordes del campo, si se cosechan por separado como cultivo fronterizo, pueden ser útiles para mitigar aún más el potencial de flujo genético de la alfalfa feral de origen genético o estatus de rasgo transgénico desconocidos (Fitzpatrick et al. 2007a; St. Amand, Skinner y Peadar 2000). En algunos lugares, la alfalfa se siembra de manera intermitente en las carreteras o en tierras marginales como un componente de una mezcla de especies. En zonas donde se producen semilla sensible a AP, esta práctica podría modificarse para que solo se siembre semilla de alfalfa convencional, se omita la alfalfa o se sustituya por una leguminosa de forraje diferente.

La combinación de filtros ambientales y oportunidades de mitigación muestra que el riesgo de flujo genético del campo de semilla a semilla es muy bajo y se puede reducir a casi cero si los productores de semillas eliminan o cortan plantas de alfalfa en las cercanías de los campos de producción de dichas semillas.

Los productores de semillas sensibles a rasgos GE pueden disminuir aún más el riesgo de AP al aumentar la distancia a la que se manejan las plantas ferales y / o al segregar y probar inicialmente la semilla de los bordes.

Uso de los Datos de Flujo Genético en la Administración de la Producción de Semillas

Los estudios de flujo de genes presentados en este documento y los estándares de la AOSCA se utilizaron para diseñar dos planes de mitigación y administración del flujo de genes en la industria de semillas: las Mejores Prácticas de FGI para la Administración en la Producción de Semillas Roundup Ready en 2004 (Fitzpatrick et al. 2007b) y las Mejores Prácticas de NAFA para el manejo de la producción de semillas Roundup Ready (NAFA 2008). Estos protocolos son similares porque ambos requieren las mismas distancias estándar de aislamiento por encima de las de la AOSCA para mitigar activamente los rasgos AP de cultivos GE en la producción de semillas convencionales. Aunque quizá sería necesario refinar dichos protocolos para rasgos específicos, los mismos conceptos y estrategias son aplicables a otros rasgos de IP en la alfalfa.

En la costa noroeste del Pacífico de Estados Unidos una inmensa cantidad de producción de semillas se destina a los mercados nacionales, y se utilizan abejas *Megachile rotundata* como polinizadores primarios. En esta región, se establece una distancia de aislamiento de 900 pies (el mismo requisito de aislamiento utilizado para la semilla de clase fundación) entre la producción de semillas de alfalfa derivadas de la biotecnología y el tipo convencional para administrar la pureza de la semilla y el AP a <0.5%, dicho estándar es común en la industria para la tolerancia de AP en semillas convencionales de otras especies de cultivos. En campos específicos en zonas nicho del oeste (por ejemplo, dos condados en el centrosur del estado de Washington), se usan abejas *Nomia melanderi* solas o en combinación con abejas *Megachile rotundata* para polinizar los campos de semillas comerciales. El aislamiento mínimo establecido por las mejores prácticas para los campos polinizados por *Nomia melanderi* es de 1 milla.

En California, más del 60% de la producción de semillas se destina a mercados de exportación sensibles a AP, y las abejas melíferas se utilizan como polinizadores primarios. En esta zona, se utiliza actualmente una distancia de aislamiento de 3 millas para gestionar AP a un nivel no detectable.

Este estándar de aislamiento es más de 95 veces el requisito de aislamiento estándar de 165 pies para semillas convencionales certificadas. Esta distancia de aislamiento de las abejas fue adoptada por un grupo de la industria de semillas de California convocado por el *University of California Bioseed Center* (el Centro de Biotecnología de Semillas) de la Universidad de California en 2005 (University 2005). La base para lograr el consenso en la industria de la alfalfa es una estrategia de coexistencia de producción de semillas y de gestión de rasgos de la alfalfa GE basada en la ciencia, en el mercado, y en la especificación de los polinizadores. El protocolo de Mejores Prácticas de Manejo de NAFA ha sido adoptado e implementado por las tres compañías miembro de NAFA que actualmente producen, o tienen la intención de desarrollar o producir semillas de alfalfa GE.

Los estándares de aislamiento de las mejores prácticas de NAFA para campos de semillas se basan en experimentos de flujo de genes a menor escala, en los que cada campo trampa medía menos de dos acres (Fitzpatrick, Reisen y McCaslin 2003; Teuber et al. 2004). Debido a que el comportamiento de alimentación de las abejas se ve afectado por el atractivo que tiene la fuente de alimento, el tamaño de los campos afecta la dinámica de dispersión de los polinizadores y el flujo potencial de genes entre los campos de semillas adyacentes. Los campos pequeños o zonas ferales tienen un mayor porcentaje relativo de flujo de genes que los campos más grandes (AOSCA 2003; Brown et al. 1986; Fitzpatrick et al. 2007b; Hammon, Rinderle y Franklin 2006; Rincker et al. 1988; St. Amand, Skinner y Peaden 2000). Por lo tanto, se anticipó que los modelos de flujo de genes desarrollados con trampas de tamaño más pequeño o zonas de trampas ferales de alfalfa aisladas ofrecerían proyecciones de modelo del caso más desfavorable para el potencial de flujo de genes a través de polen entre grandes campos a escala comercial.

Se ha evaluado la eficacia de las Mejores Prácticas para mitigar el flujo de genes de semilla a semilla a través del polen. En estudios separados, Fitzpatrick y sus colegas examinaron conjuntamente más de 300 lotes de semillas comerciales convencionales producidos en ocho estados del oeste de Estados Unidos en 2006 o 2007 (Fitzpatrick et al. 2007a, b). Remund y sus colegas (2001) determinaron el porcentaje de AP en 3,000 semillas mediante procedimientos de agrupación y estadísticos, y luego los representaron gráficamente con respecto a la distancia del campo de semillas Roundup Ready más cercano.

Para las tres especies de polinizadores y las mezclas de especies de polinizadores, y para todas las muestras en los estudios, el AP comercial observado fue cuatro a cinco veces menor de lo previsto por los experimentos de investigación de campo más pequeños. En todos los lotes de semillas analizados por FGI y cultivados utilizando el aislamiento mínimo de mejores prácticas, el flujo de genes se mitigó lo suficiente para alcanzar el umbral objetivo de 0.5%; la AP fue de 0.00 a 0.18% en estas muestras (Fitzpatrick et al. 2007b).

Los kits de prueba comerciales para semillas RRA han sido validados por los fabricantes y por un tercero (Teurer et al. 2007) y están disponibles para monitorear el flujo de genes. Existe un consenso de la industria de que la verificación de AP por terceros en lotes aleatorios de semillas convencionales será un mecanismo útil para validar y monitorear los protocolos de mitigación del flujo genético de la coexistencia de rasgos GE y su gestión. Este mecanismo también será útil para recomendar cambios a las Mejores Prácticas, cuando sea necesario (NAFA 2008).

El establecimiento de normas de aislamiento verificables para la producción de semillas de alfalfa GE es un componente crítico para el manejo del flujo de genes y de AP en la producción de semillas de alfalfa convencionales sensibles a GE (AOSCA 2008). Otros factores incluyen el manejo de las abejas, la limpieza de equipos, la rotación de cultivos y el informar de la ubicación del campo de semillas GE a las agencias locales de certificación de semillas. Todos estos factores se explican con detalle en *Best Management Practices for Roundup Ready Seed Production* publicado por NAFA (NAFA 2008). Este documento y protocolo tiene como objetivo proporcionar una norma de la industria para la producción de semillas de alfalfa GE en los Estados Unidos. Los productores de semillas sensibles a GE pueden usar la información para ayudarlos a implementar planes de producción de semillas y de campo. Todos los productores de semillas Roundup Ready deben informar de la ubicación de todos los campos de semillas Roundup Ready a sus agencias locales de certificación de semillas. Estos agentes independientes mantendrán registros de la ubicación de campos de semilla GE y el historial del campo.

Para ayudar en la planificación del aislamiento de campos de semillas, los productores de semillas sensibles a GE pueden optar por utilizar los servicios de certificación de semillas para obtener las distancias de aislamiento entre sus lotes de producción actual o prospectiva y el campo de producción de semillas RRA más cercano.

Cuando sea factible, los productores de semillas sensibles a GE pueden disminuir aún más el riesgo de flujo de genes a través del polen al campo de semillas de otras variedades de semillas desconocidas por varios métodos:

1. utilizar campos de semillas más grandes (por ejemplo >5 acres);
2. utilizar especies polinizadoras que cubran distancias más cortas (por ejemplo, abejas *Megachile rotundata* y no otras);
3. cosechar el borde del campo de semillas como un lote separado o plantar una especie sexualmente incompatible como borde (Brown et al. 1986; Fitzpatrick et al. 2007a; St. Amand, Skinner y Peaden 2000); y
4. cooperar para coexistir con sus vecinos que cultivan alfalfa para producir semillas (por ejemplo, pidiéndoles que coloquen los nidos de abejas lejos de los bordes comunes del campo o que utilicen el cultivo de semillas de variedades convencionales).

Al igual que en las situaciones de flujo genético de heno a semilla, algunas consecuencias negativas de la presencia no intencional del rasgo GE se pueden mitigar a través de una buena comunicación con vecinos y clientes, contratos prudentes de venta de semillas, trabajo con agencias locales de certificación de semillas para coordinar el aislamiento espacial y zonas de amortiguamiento, y segregación de lotes en los bordes u otras prácticas de PI bien establecidas para campos de semilla sensibles a GE.

De Heno a Feral

El flujo de genes de heno a feral estará sujeto a las mismas barreras ambientales presentes para el flujo de genes de heno a semilla: sincronía en la floración, presencia de polinizadores y distancia de aislamiento entre los campos de heno y las plantas ferales. Se deben considerar otros dos factores: la fecundidad de las plantas ferales y la abundancia de polen feral comparada con aquella del campo de heno vecino.

Las plantas ferales generalmente no reciben los beneficios de los insumos agrícolas que mejoran el forraje de alfalfa cultivado y / o la producción de semillas (por ejemplo, selección por reproducción artificial, riego, aplicación de insecticidas, etc.). Por lo tanto, las plantas ferales frecuentemente son menos fecundas por estar desprotegidas del estrés biótico o abiótico en comparación con las cultivadas.

Una posible excepción puede ser una población natural, localizada y adaptada localmente, como aquella que según informes crece aislada en un pastizal en Dakota del Sur (Boe et al. 2004). Esta desventaja agronómica disminuye en gran medida la cantidad de semillas que producen las plantas ferales en comparación con las cultivadas.

Cuando las plantas ferales dispersas crecen cerca de campos de heno cuya floración es simultánea y los polinizadores están activos, el tamaño de la reserva de polen cultivado será mucho mayor que la reserva feral. Por lo tanto, la proporción de semillas ferales que se rastrean en el polen cultivado que potencialmente entra, tendrá un sesgo ascendente hasta que se logre el equilibrio genético entre las poblaciones.

El consumo por parte de los insectos, el forrajeo por la vida silvestre, o el corte disminuirán el número de flores ferales a lo largo de los bordes de las carreteras y zanjas. Cualquier semilla de plantas ferales necesitaría una humedad adecuada, cobertura del suelo, fertilidad, un período libre de heladas después de la germinación y una competencia mínima de otras plantas para establecerse y sobrevivir en condiciones ferales. La mayor parte de las semillas producidas por las plantas ferales probablemente perecerá porque no germinará con éxito, no podrá competir o establecerse fuera del cultivo (consulte las secciones Auto Toxicidad y Semillas Duras).

A pesar de estas limitaciones, algunas poblaciones ferales persisten en la naturaleza (Boe et al. 2004). En ambientes naturales con grandes poblaciones, la frecuencia genética de los rasgos se estabiliza o permanece en "equilibrio" sin selección. En la práctica, la mayoría de las poblaciones tienen cierta presión de selección para rasgos específicos que cambian de una temporada a otra. Por ejemplo, en una temporada puede haber presión de insectos que permita que aumente la frecuencia de plantas resistentes, pero en la siguiente temporada la sequía puede dar por resultado la selección de diferentes plantas que pueden tolerar el estrés hídrico. Para la resistencia a los herbicidas, la frecuencia de los genes sigue siendo similar (en equilibrio) a menos que se rocíe con un herbicida específico. Por lo tanto, si hubiera un flujo genético de 0.5% a una población, esa frecuencia se mantendría baja a menos que exista una selección específica humana o natural.

Puesto que la alfalfa cultivada es sembrada rutinariamente, el flujo de genes a través del polen se controla mediante la pureza de las semillas y los principios de coexistencia que se analizan en las siguientes secciones (Falconer y MacKay 1996).

Las semillas sembradas con mezclas de alfalfa no están manejadas, excepto para resiembra y pastoreo. En este caso, el flujo de genes es una consecuencia de los mismos parámetros que tiene el heno feral con la presión de pastoreo, aunque la floración puede ser simultánea en el año de establecimiento de la parcela para las poblaciones de plantas ferales.

St. Amand, Skinner y Peaden (2000) investigaron el flujo de genes de la alfalfa de heno a feral usando rasgos genéticos convencionales para diferenciar la auto polinización de la polinización cruzada. Estos investigadores midieron las polinizaciones cruzadas en un único clon genéticamente idéntico transplantando en dos parcelas trampa que “simulaban ser ferales”. Aunque los investigadores informaron que las parcelas de origen del polen de heno se recolectaron tres veces en el sitio en Kansas y cinco veces en el de Washington, su informe no indicó la etapa máxima de floración de las parcelas de heno durante el tiempo de polinización para las plantas trampa. Por ejemplo, debido a que la alfalfa se puede cortar de cuatro a cinco veces en Kansas, cortar solo tres veces puede dar como resultado una floración superior al promedio, por lo que se sobreestima el flujo de genes (ver Figura 3). Los autores proporcionaron el porcentaje de flujo de genes en cada trampa, pero no el número total de semillas de polinización cruzada producidas en cada trampa ni la duración de la sincronía de la floración. Las parcelas trampa pueden considerarse atípicas y no representativas de las plantas ferales reales por varias razones.

- Los grupos de plantas trampa (10.76 pies²) se colocaron en una sola línea, a intervalos regulares a lo largo de un borde del campo de estudio.
- Es probable, pero no se estipula, que después de ser transplantadas, los investigadores cuidaron de las plantas trampa (por ejemplo, las regaron, las protegieron de la competencia).
- Debido a que todas las plantas trampa eran del mismo genotipo (clon), era poco probable que se auto polinizaran con sus vecinos más cercanos, lo que resultó en un sesgo y selección contra el flujo de genes a corta distancia y hacia el flujo de genes a larga distancia (es decir, de los campos de heno cultivados).

Dadas las condiciones establecidas para este estudio, la cantidad de flujo de genes fue una función de la distancia desde la fuente del campo del heno y el tamaño de la parcela de origen del gene. A 2,640 pies, el flujo genético promedió es de 0% y 18% en parcelas de heno pequeñas (aproximadamente 40 ft²) y grandes (aproximadamente 6.0 acres), respectivamente.

Este resultado refleja la abundancia relativa de polen y polinizadores en el ambiente local en función del tamaño de la parcela de origen. Debido a que había un flujo genético medible a una distancia de la planta trampa de 2,640 pies, St. Amand, Skinner, y Peaden afirmaron que el flujo de genes probable-mente podría ser detectado a una mayor distancia.

De Semilla a Feral

El flujo de genes de semilla a feral estará sujeto a barreras ambientales similares a las del flujo de genes de semilla a semilla: la sincronía en la floración y la distancia de aislamiento entre los campos de producción de semillas y la fecundidad de las plantas ferales que forman semillas. La mayoría de las semillas de plantas ferales no darán como resultado un verdadero flujo de genes porque la mayoría no germinará, ni competirá, ni se establecerá con éxito fuera del cultivo.

Dos estudios han documentado el flujo de genes de campos de producción de semillas a la alfalfa feral, o de alfalfa cercana que simulaba ser feral: St. Amand, Skinner y Peaden (2000) y Hammon, Rinderle y Franklin (2006). A diferencia del estudio anterior del 2000, el estudio de 2006 de Hammon, Rinderle y Franklin se realizó utilizando campos de semillas RRA típicos a escala comercial como fuente de genes (900 acres en total) y plantas ferales típicas sin manejo como trampa (23 sitios en general). Durante el año en que se recolectaron los datos y durante los 2 años anteriores, hubo una alta concentración de producción aislada de semilla Roundup Ready en la zona (se cultivaron 900 acres de semilla). El estudio encontró evidencia de flujo genético a través del polen en las trampas de alfalfa feral a una distancia de hasta 1.7 millas desde el campo de producción de semillas RRA más cercano, pero no se encontró correlación entre el porcentaje de flujo de genes y la distancia del campo de origen más cercano.

Este hallazgo confirma otras observaciones de que las abejas dentro de los campos de semillas tienden a forrajear en parcelas localizadas con una gran recompensa nutricional antes de regresar al nido / colmena (Cane 2004; Rincker et al. 1988). Se recolectó semilla con AP del rasgo Roundup Ready en alfalfa feral en 19 de los 23 sitios. La recolección más cercana sin presencia de semilla Roundup Ready fue a 0.65 millas del campo de producción de semillas. En base a las observaciones de la actividad de las abejas polinizadoras y las fechas de emergencia, el estudio de Hammon, Rinderle y Franklin (2006) sugirió que las abejas *A. mellifera* y no las abejas *Nomia melanderi* transportan el polen a larga distancia, aunque se recolectaron muchos taxones de abejas en los campos de semillas y de plantas ferales.

Usando el diseño limitado de parcela presentado en la sección anterior (ver sección Heno a Feral), St. Amand, Skinner y Peaden (2000) encontraron un flujo de genes que venían de parcelas de producción de semillas hacia plantas trampa trasplantadas a 3,280 pies y a 2,640 pies en un sitio en el este del estado de Washington y otro en el centro de Kansas, respectivamente. Estas trampas se trasplantaron al borde de las áreas cultivadas. Por esta y otras razones, las plantas trampa utilizadas en este estudio pueden ser atípicas de las plantas de alfalfa ferales en general (ver la sección Heno a Feral). La cantidad de flujo de genes fue una función de la distancia desde el campo de semilla y el tamaño de la parcela de origen. A 2,640 pies, el flujo genético promedió fue de aproximadamente 0% y 37% en parcelas de origen pequeñas (40 pies²) y grandes (3 acres), respectivamente.

Los porcentajes de flujo de genes en estas trampas singulares de genotipo único fueron mucho más altos que los documentados para campos comerciales por Hammon, Rinderle y Franklin (2006), y fueron mucho más altos que el flujo de genes observado a esa distancia en parcelas de investigación de semilla a semilla (Figura 4) donde se fomentó la producción de semillas. El altísimo porcentaje de flujo de genes observado por St. Amand, Skinner y Peaden (2000) probablemente se debió en parte al pequeño número de plantas (y semillas) de un solo genotipo disponible para el muestreo por trampa ($n = 15$ plantas, Radio de 3.3 pies de la parcela) y la falta de cualquier efecto de dilución de polen o semillas que sería típico en poblaciones reales o campos de semillas muy pequeños. Debido a la autoincompatibilidad y al hecho de que existiera un solo genotipo disponible para la polinización, los experimentos de alfalfa feral de St. Amand, Skinner y Peaden (2000) sobrestiman la distancia y el nivel de cruzamiento en la alfalfa.

Por lo tanto, los datos recogidos en los estudios de la alfalfa feral son útiles como guía sobre la distancia potencial del flujo de genes, pero tienen una aplicación limitada para determinar la cantidad de éste. Lo anterior resulta aún más sesgado porque, por definición, las pequeñas poblaciones ferales o las plantas individuales carecen de poder estadístico para llegar a conclusiones objetivas sobre la frecuencia del flujo de genes. Lo anterior no niega el hecho de que el flujo de genes puede darse a través de plantas ferales.

A diferencia del flujo de genes de semilla a semilla, el flujo de genes de semilla a feral es el movimiento de genes desde una fuente mucho más abundante de polen y polinizadores hacia una población receptora que es mucho menos abundante y propicia para la producción de semillas.

Además, cuando las plantas ferales aparecen en pequeños lotes dispersos, en el contexto de los estudios de flujo genético, a veces se las llama plantas "centinela" porque están solas. Las abejas "exploradoras" tendrán una mayor probabilidad de visitar estas plantas independientes, lo que ayuda a explicar la mayor tasa y la mayor distancia de flujo de genes observada en el caso de semilla a feral en comparación con los escenarios de semilla a semilla.

El impacto del flujo de genes de semilla a feral en los productores comerciales sensibles a GE debe examinarse en combinación con el flujo de genes de feral a heno y de feral a semilla. La baja abundancia relativa de polen y polinizadores y el alto grado de estrés ambiental en las plantas ferales en comparación con las plantas dentro de los campos comerciales de producción de semillas ayudará a disminuir la probabilidad y la importancia comercial del flujo de semilla a la semilla y posteriormente de feral a semilla, o de feral a heno a prácticamente cero.

Los productores de semillas de alfalfa pueden limitar el movimiento de genes desde los campos de producción de semillas con rasgos GE a la alfalfa feral mediante su manejo, cortando rutinariamente los bordes de las carreteras y controlando la siembra y la vegetación de alfalfa en zonas tales como cercas, zanjas o canales de irrigación.

En general, a los productores profesionales de semillas de alfalfa les resulta beneficioso controlar la vegetación feral en las zonas de desechos para que las malezas no se multipliquen y no alberguen ni atraigan plagas no controladas. Solo se necesita una sola medida de manejo en una planta de alfalfa feral para eliminarla o destruir su potencial de producir semillas ferales, o para interrumpir la sincronía necesaria para el flujo viable de genes con rasgos GE de un campo de semillas comercial.

La producción de semillas de alfalfa feral también se verá limitada por los insectos que se alimentan de flores y semillas, como *Lygus*, trips (*Frankiniella* spp.), y *Bruchophagus roddi* G. El flujo de genes de los campos de producción de semillas a la alfalfa feral se mitiga, y se mitigará, con el manejo por parte de los productores de semillas de RRA a quienes se les exige por contrato que controlen la alfalfa feral en las cercanías de sus campos de producción de semillas (Fitzpatrick et al. 2007b). Las estrategias de mitigación (es decir, la coexistencia) para el manejo intencional del flujo genético a través del polen desde los campos de semillas (o heno) GE, junto con la baja probabilidad de un flujo genético efectivo a través del polen de plantas ferales a campos comerciales de heno o semillas de alfalfa, limitan el riesgo de que las plantas de alfalfa feral sean un puente efectivo entre los campos de producción comercial de semillas o heno GE y no GE.

De Feral a Feral

El flujo potencial a través del polen entre poblaciones de alfalfa feral dependerá de la distancia entre dichas plantas (por ejemplo, La densidad de la planta feral y la dispersión de la población), la sincronía de la floración, la presencia de polinizadores, la frecuencia de los genes y el daño a las semillas o flores en desarrollo causado por plagas de insectos y el estrés abiótico local. Solo una pequeña proporción de las semillas producidas por las plantas ferales dará como resultado un verdadero flujo de genes. De las pocas semillas de la alfalfa feral, la mayoría probablemente perecerá porque no germinará con éxito (ver las secciones de Auto Toxicidad y Semillas Duras), no podrá competir o establecerse fuera del cultivo.

La escasez de plantas ferales disminuirá y ello disminuirá la tasa del flujo de genes de feral a feral. St. Amand, Skinner y Peadar (2000) describieron el flujo de genes entre plantas de alfalfa feral aisladas a distancias de hasta 750 pies. Por lo tanto, la escasez de plantas de este tipo disminuirá el flujo de genes de feral a feral. Los autores también señalaron que las plantas trampa individuales en zonas urbanas no pudieron producir semillas, probablemente debido a la falta de polinizadores. Como lo reportaron Boe y sus colegas (2004), el flujo de genes dentro de la población estará limitado principalmente por la escasez de polinizadores y la precariedad de las condiciones para que se establezca una plántula secundaria viable.

Flujo de Genes a Través de la Semilla de Alfalfa

La semilla de alfalfa es demasiado densa y suave para que el viento o el agua la dispersen de forma efectiva, por lo tanto, la dispersión natural de semillas generalmente es local y no se considera un mecanismo significativo para el flujo de genes. Hay tres vías potenciales del flujo de genes a través de semillas

1. mezcla de semillas GE y no GE en la cosecha, el procesamiento y/o la siembra de semillas;
2. plántulas voluntarias de un campo de producción de semillas GE que emergen y se establecen en un campo de producción de semillas posterior al de GE; y
3. flujo genético a través de animales a partir del pastoreo en alfalfa que contiene vainas y semillas GE maduras.

Mezcla De Semillas

La limpieza cuidadosa de la cosecha de semillas y el equipo de procesamiento es un componente clave del control de calidad de un programa convencional de IP de semillas, o de un programa de gestión de rasgos para la comercialización de rasgos GE en cultivos. El documento de Mejores Prácticas de Manejo de NAFA describe las precauciones necesarias para la limpieza del equipo a fin de mitigar el riesgo potencial de la mezcla involuntaria de semillas (NAFA 2008). El monitoreo de rutina para AP del rasgo GE en semillas que no son GE, como se describe en el documento de NAFA, se utilizará para monitorear y verificar el manejo exitoso de la AP, incluidos aspectos de la distancia de aislamiento y los procedimientos de control de calidad de la cosecha/procesamiento de semillas.

Antes de la siembra o el procesamiento de lotes de semillas, las empresas de producción de semillas o los productores sensibles a GE pueden evitar la mezcla de semillas mediante el análisis de la AP del rasgo GE utilizando métodos de prueba de semillas validados (Teuber et al. 2007).

análisis de la AP del rasgo GE utilizando métodos de prueba de semillas validados (Teuber et al. 2007). Además, como en la mayoría de los cultivos GE, las variedades RRA se venderán solo en paquetes claramente etiquetados. Las semillas tendrán un recubrimiento obvio de color púrpura que no se usa para ninguna otra alfalfa. Por lo tanto, la mezcla de semillas Roundup Ready y convencionales será obvia y fácil de evitar durante las operaciones de siembra en la granja.

La AOSCA actualmente ofrece el Programa de administración de la producción de semillas de alfalfa, un programa voluntario de IP para la certificación del proceso para la producción de semilla de alfalfa destinada a mercados sensibles a GE. Como parte de este programa, el proceso de certificación IP incluye la prueba y verificación independiente del origen genético y el estatus de no detectado del rasgo GE en el stock de semillas de siembra (AOSCA 2008).

Plántulas Voluntarias

La alfalfa voluntaria puede germinar a partir de semillas viables y duras que quedan en la tierra o bajo el suelo de un ciclo de cultivo previo de alfalfa. La alfalfa cultivada para heno representa más del 99% de la superficie de alfalfa en los Estados Unidos. (Compare la superficie de semillas y la de heno, USDA-NASS 2007a), por lo que se considerará primero el potencial de flujo genético voluntario a través de semillas dentro de los campos de heno.

El potencial para que surjan plántulas voluntarias de un banco de semillas de cultivos de heno anteriores es excepcionalmente pequeño o inexistente porque está determinado por los mismos parámetros que el flujo de genes de heno a heno. A saber, una semilla viable y polinizada de un campo GE debe caer al suelo y germinar en la nueva población.

El potencial del flujo de genes a través de las semillas remanentes voluntarias en un cultivo posterior de heno de alfalfa sembrado en el mismo campo es aún más remoto, ya que las semillas remanentes de siembra tendrían de 3 a 6 años para cuando termine el cultivo (ver secciones de Semilla Dura y Auto Toxicidad). Ambos eventos son aún más remotos debido a la rotación de cultivos. La mayoría de las tierras de heno se rotan a una especie diferente durante al menos 2 años antes de volver a plantar alfalfa para heno. Por lo tanto, las semillas remanentes duras se descompondrán durante aproximadamente 7 años de envejecimiento, actividades de cultivo y exposición continua a la biota en el suelo.

El contenido de semillas duras para diferentes lotes de semillas de una sola variedad puede llegar a ser 69% y bajar a 14%, dependiendo del sitio donde se produjo la semilla y las condiciones climáticas durante la maduración de la misma (Bass et al. 1988). Undersander y sus colegas (1993) sembraron varios lotes de semillas de la misma variedad en los que la semilla dura varió del 11% al 44%. En tres sitios en el medio oeste de los Estados Unidos, la emergencia se midió de forma regular. Estos datos mostraron que las diferencias en el contenido de semillas duras en los lotes de semillas comerciales no retrasaron la germinación significativamente, y que, independientemente del porcentaje de semillas duras, prácticamente todas las semillas viables germinaron en los primeros 90 días. Todas las semillas duras viables germinaron en el año de la siembra y ninguna semilla germinó el año siguiente, incluso cuando no había competencia.

Aunque la superficie cultivada para la producción de semillas de alfalfa es pequeña en comparación con la del heno, la probabilidad de que haya un flujo genético mediado por plántulas voluntarias es algo mayor. Prácticamente todas las semillas comerciales de alfalfa se producen bajo riego en el oeste de los Estados Unidos.

Si bien no existen datos sobre la zona occidental que comparen directamente la tasa de germinación de semillas y el contenido de semillas duras, algunos datos recientes que monitorean el número de plantas voluntarias después de la producción de semillas de alfalfa en el campo pueden resultar útiles. Reisen monitoreó plántulas voluntarias después de la terminación de otoño, sin uso de plaguicidas, de doce campos de producción de semillas de alfalfa en Idaho (Reisen, P. 2008. Comunicación personal). Estos campos o estaban sin cultivar, o tenían uno de los seis cultivos de rotación en los que se podía contar y controlar las plántulas de alfalfa voluntarias. La cantidad de plántulas voluntarias por acre se contabilizó varias veces cada año y se hizo un resumen por trimestre durante 3 años (Figura 5, Sitio 1).

Arias también monitoreó la emergencia de plántulas voluntarias en tres campos de semillas de Te-xas que habían sido terminados en otoño usando herbicidas y cultivos (Arias, J 2008. Comunicación personal). Se usó maíz en la rotación de estos campos durante los próximos 3 años. Arias observó un promedio de 25 voluntarios por acre durante el primer verano y cero después (Figura 5, Sitio 2). Se demostró que la destrucción más completa de los campos de semillas y las estrategias de manejo prudente para las malezas de hoja ancha en los cultivos subsiguientes fueron muy eficaces para mitigar casi toda la producción de plantas voluntarias de semillas de alfalfa.

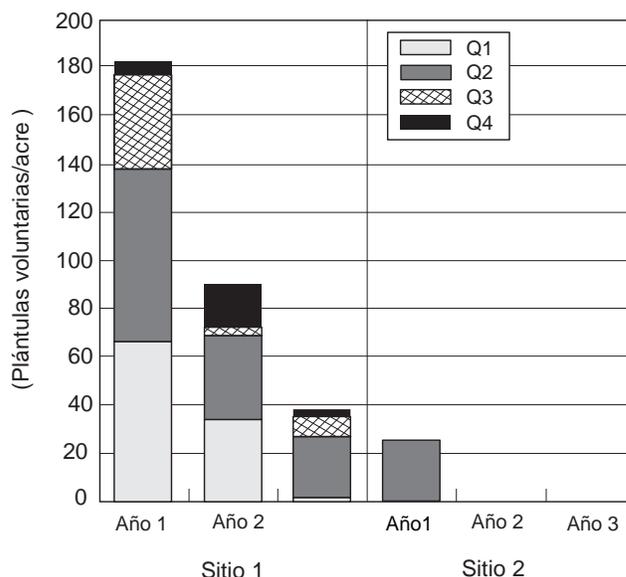


Figura 5. Emergencia de plántulas voluntarias por trimestre en Idaho (Sitio 1) y Texas (Sitio 2) durante 3 años después de la destrucción del campo de semillas (promedio / acre). (P. Reisen y J. Arias, sin publicar).

Las normas de certificación de semillas de la AOSCA requieren un período de rotación mínimo de 1, 3 o 4 años entre la terminación y el restablecimiento de los campos de producción de semillas de alfalfa certificados, registrados o de clase de fundación, respectivamente (AOSCA 2003). La *Idaho Crop Improvement Association* (Asociación de Mejoramiento de Cultivos de Idaho) tiene un requisito de rotación de 3 años para la semilla de alfalfa convencional después de la producción de semilla RRA. Con base en el número reducido de plantas voluntarias halladas al final del tercer año, un requisito de 3 años parece ser muy conservador y apropiado para la producción de semillas para mercados sensibles a GE. Al igual que con la distancia de aislamiento, un productor de semillas siempre puede elegir adoptar estándares de rotación de cultivos más conservadores basados en el mercado previsto y las demandas de calidad de semillas del mismo.

Pastoreo

Will y Tackenberg (2008) describen mecanismos de dispersión de semillas a través de animales y modelos que pueden usarse para predecir la probabilidad de tal dispersión. La evidencia anecdótica demuestra que al menos algunas semillas maduras de alfalfa consumidas por animales de pastoreo pueden pasar por el tracto gastrointestinal, excretarse en estiércol y ser capaces de germinar. Pero debido a que los procesos de ensilaje y digestión disminuyen significativamente la viabilidad de las semillas de malezas en muchas especies (Blackshaw y Rode 1991), es probable que una gran parte de las semillas de alfalfa presentes en el heno demasiado maduro también se conviertan en inviables antes del consumo o la excreción.

En base a las prácticas de producción de semillas de alfalfa y heno de uso común, el pastoreo de animales domésticos en pastizales que, entre otros componentes, contienen alfalfa es más probable, e especialmente si el intervalo de pastoreo es suficiente para permitir la producción de semilla de alfalfa madura.

Se puede desalentar, pero no prevenir totalmente el pastoreo de animales silvestres; por lo tanto, representan otro posible mecanismo para la dispersión de semillas en la alfalfa. Los animales silvestres o domésticos también pueden pastar en las plantas de alfalfa feral que contienen semillas maduras. Comparadas con muchas otras semillas y granos potencialmente presentes en el ambiente de pastoreo silvestre, las semillas de alfalfa pueden ser menos atractivas porque tienen una calidad calórica y nutricional más baja.

Resumen

Aunque ha habido casos en que la presencia de materiales regulados en niveles bajos ha provocado trastornos en el mercado (por ejemplo, maíz Starlink, arroz LL601 y LL604), no existe evidencia de una interrupción significativa del mercado asociada con la comercialización de rasgos biotecnológicos no regulados en los Estados Unidos. Paralelamente al aumento en la adopción por parte de los agricultores de los EE. UU. de rasgos biotecnológicos en el maíz, la soja y el algodón, ha habido incrementos en la exportación de grano / fibra de los Estados Unidos (USDA – FAS 2007) y de producción orgánica (USDA – NASS 2007a, b, c). Aunque solo del 3 al 5% de la producción de heno de alfalfa de los Estados Unidos se vende a mercados sensibles a GE (Putnam 2006), la producción para estos mercados tiene una importancia económica significativa en regiones específicas de este país. Aproximadamente el 33% de la producción de semilla de alfalfa de los Estados Unidos se exporta, principalmente a mercados sensibles a GE. Una comprensión profunda del flujo de genes en la alfalfa es fundamental para establecer programas de administración que permitan la coexistencia entre los productores de alfalfa que producen heno o semillas de alfalfa GE y los productores que producen dichos productos para mercados sensibles a GE.

Entender la importancia relativa del flujo de genes entre y dentro de los campos de producción de plantas ferales, heno y semillas ayuda a identificar las principales barreras biológicas, agrícolas y ambientales para los genes fluyan y formular estrategias de mitigación lógicas para el manejo de las características de AP de GE en semillas y heno de alfalfa convencional.

La sincronía en la floración, la presencia de polinizadores, la distancia de aislamiento y la abundancia relativa de polen entre su origen y las plantas receptoras del mismo son barreras biológicas típicas, la mayor parte de las cuales son susceptibles de manejo en sistemas de producción de heno y/o semillas.

Aparentemente, en general, las Mejores Prácticas de Manejo de NAFA en la producción de semillas de heno y alfalfa certificadas, junto con las pautas de aislamiento de polinizadores específicos que también se describen en ese documento de NAFA, son suficientes para administrar los niveles de tolerancia de AP adecuados para la mayoría de los mercados. Estos tipos de prácticas de manejo son empleados exitosamente por productores de semillas certificadas en la mayoría de los cultivos, incluida la alfalfa, para garantizar la pureza genética de los lotes de semillas. El aumento de las distancias de aislamiento en la producción de semillas, inclusive en zonas de producción de semillas que no son GE, el uso de bordes, la rotación de cultivos, el uso de semillas certificadas, la selección cuidadosa en la introducción de polinizadores, y la eliminación rutinaria de las plantas vecinas de alfalfa feral son herramientas que pueden aplicarse para disminuir aún más el riesgo de flujo de genes en la producción de semillas para mercados sensibles a GE.

Apéndice A: Abreviaturas Y Acrónimos

AOSCA	Asociación de Agencias Oficiales de Certificación de Semillas	RRA	Alfalfa Roundup Ready
AP	Presencia Adventicia	spp.	Especie (plural)
EU	Unión Europea	USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
FGI	Forage Genetics International	USDA–APHIS	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal
ft	pies	USDA–FAS	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – Servicio Agrícola Extranjero
GE	Genéticamente modificado	USDA–NASS	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – Servicio Nacional de Estadísticas Agrícolas
IP	Identidad preservada		
NAFA	Alianza Nacional de Alfalfa y Forraje		
OECD	Organización de la para la Cooperación y el Desarrollo Económico		

Apéndice B: Glosario

Abiótico. Elementos no vivos (como el suelo o el clima) que afectan el crecimiento o el rendimiento de una planta o cultivo.

Aislamiento con puente. Separación espacial de un campo que tiene una o más plantas sexualmente compatibles entre él y una fuente de genes/polen.

Auto tóxico / Auto toxicidad. Una sustancia que envenena el sistema dentro del cual se forma.

Conjunto de semillas maduras. Etapa de cultivo en la que nuevas semillas han alcanzado la madurez fisiológica.

Ensilado. Heno que ha sido ensilado.

Flujo de genes. El intercambio de genes de una población a otra.

Fotoperiodo. El ciclo diario de luz y oscuridad que afecta el comportamiento y las funciones fisiológicas de los organismos.

Forrajes frescos (*Greenchop*). Forrajes marchitos a una humedad de 35 a 50%, que están hechos de mezclas de hierba y alfalfa y se usan para alimentar al ganado.

Herbáceo. Las plantas o partes de plantas que son carnosas y se marchitan después de cada temporada de crecimiento, a diferencia de las plantas como los árboles que crecen en tallos leñosos y son persistentes.

Feral. Animales o plantas que viven o crecen en la naturaleza después de haber sido domesticados o cultivados en el país.

Forraje (Haylage). Heno que se ha colocado en un silo.

Producto de la Ingeniería genética. Un organismo cuya constitución genética es modificada por la inserción de genes extraños o endógenos

Mezclas. En la producción de semillas, generalmente la mezcla de semillas en un lote de semillas.

No detectado. No detectable mediante muestreo específico y procedimientos.

Producto de la Ingeniería genética. Un organismo cuya constitución genética es modificada por la inserción de genes extraños o endógenos.

Mezclas. En la producción de semillas, generalmente la mezcla de semillas en un lote de semillas.

No detectado. No detectable mediante muestreo específico y procedimientos.

Polinización. La transferencia de granos de polen de la estructura floral masculina (antera) de una planta a la estructura floral femenina (estigma) de la misma planta o diferente, lo que lleva a la fertilización y la formación de semillas.

Presencia adventicia. Aparición inesperada de bajo nivel de semillas o materiales vegetales en un cultivo o productos de cultivo. Pureza genética del varietal. La proporción de semillas que tienen la misma identidad genética que se describe en su descripción de variedad registrada.

Reguladas. Las plantas de cultivo o las características de las mismas que tienen un uso restringido y están controladas por agencias gubernamentales como el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, La Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos, o la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU.

Tierra sin cultivar. La tierra que se dejó sin sembrar después de ararla por un período de tiempo para que recuperara la fertilidad natural.

Conjunto de semillas maduras (*Ripe seed set*). Etapa de un cultivo en la que las semillas han llegado a su madurez fisiológica.

Literatura Citada

- Association of Official Seed Certifying Agencies (AOSCA). 2003. Operational Procedures, Crop Standards and Service Programs Publication. <http://www.aosca.org/2004%20Yellow%20Book,%20pdf.pdf> (11 June 2008)
- Association of Official Seed Certifying Agencies (AOSCA). 2008. <http://www.aosca.org/VarietyReviewBoards/Alfalfa.html> (11 June 2008)
- Bass, L. N., C. R. Gunn, O. B. Hesterman, and E. E. Roos. 1988. Seed physiology, seedling performance, and seed sprouting. Pp. 961–983. In A. A. Hanson, D. K. Barnes, and R. R. Hill (eds.). *Alfalfa and Alfalfa Improvement* (Agronomy Monograph No. 29). ASA–CSSA–SSSA, Madison, Wisconsin.
- Blackshaw, R. E. and L. M. Rode. 1991. Effect of ensiling and rumen digestion by cattle on weed seed viability. *Weed Sci* 39:104–108.
- Blank, S. C., S. B. Orloff, and D. H. Putnam. 2001. Sequential stochastic production decisions for a perennial crop: The yield/quality tradeoff for alfalfa hay. *J Ag Res Econ* 26(1):195–211.
- Boe, A., L. Xu, P. Johnson, and K. Kephart. 2004. Naturalization of yellow-flowered alfalfa in native rangeland. *Joint Meeting of the 39th North American Alfalfa Improvement Conference and 18th Trifolium Conference*. Quebec City, Canada, July 18–21. <http://naaic.org/Meetings/National/2004NAAI C&TC/2004abstracts/aboec-2.pdf> (11 June 2008)
- Brown, D. E., E. L. Grandstaff, M. R. Hanna, A. A. Hanson, V. L. Marble, and J. B. Moutray. 1986. Committee Report on Alfalfa Field Isolation. *Proceedings of the 30th North American Alfalfa Improvement Conference*. Minneapolis, Minnesota, July 27–31.
- Canadian Food Inspection Agency (CFIA). 2005. Biology Document Bio2005-02: The Biology of *Medicago sativa* L. (Alfalfa). <http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/bio/dir/dir0502e.shtml> (11 June 2008)
- Cane, J. H. 2004. Pollination Service from Alkali Bees: An 80-Acre Experiment. Annual Conference of the National Alfalfa & Forage Alliance. Reno, Nevada.
- Cane, J. H. 2008. A native ground-nesting bee (*Nomia melanderi*) sustainably managed to pollinate alfalfa across an intensively agricultural landscape. *Apidologie* 39:315–323.
- Canevari, M., D. H. Putnam, W. T. Lanini, R. F. Long, S. B. Orloff, B. A. Reed, and R. V. Vargas. 2000. Overseeding and Companion Cropping in Alfalfa. University of California Agriculture and Natural Resources Publication No. 21594. 31 pp. <http://anrcatalog.ucdavis.edu/Alfalfa/21594.aspx> (11 June 2008)
- Council for Agricultural Science and Technology (CAST). 2007. *Implications of Gene Flow in the Scale-up and Commercial Use of Biotechnology-derived Crops: Economic and Policy Considerations*. Issue Paper 37. CAST, Ames, Iowa. <http://www.cast-science.org/displayProductDetails.asp?idProduct=149> (11 June 2008)
- European Seed Association and European Association for Bioindustries (ESA and EuropaBio). 2007. Adventitious Presence—Bringing Clarity to Confusion. http://www.europabio.be/positions/GBE/AP%20seed_260307.pdf (11 June 2008)
- Falconer, D. S. and T. F. C. MacKay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*, 4th ed. Addison Wesley Longman, Harlow, Essex, United Kingdom. 480 pp.
- Federal Seed Act. 1998. *United States Code*, Vol. 7, secs. 1551–1611.
- Fitzpatrick, S., P. Reisen, and M. McCaslin. 2003. Pollen-mediated gene flow in alfalfa: A three-year summary of field research. *Proceedings of the 2003 Central Alfalfa Improvement Conference*. Virtual Meeting, July 21–25. http://naaic.org/Meetings/Central2003/Gene_Flow_in_Alfalfa_Abstract_final.doc (11 June 2008)
- Fitzpatrick, S., J. Arias, M. McCaslin, and P. Reisen. 2007a. Alfalfa gene flow research and information applicability to seed production systems. *Proceedings of the North Central Weed Science Society*. St. Louis, Missouri, December 12–13. <http://ncwss.org/proceed/2007/GeneFlow2007Abs.pdf> (11 June 2008)
- Fitzpatrick, S., M. McCaslin, J. Arias, and P. Reisen. 2007b. Validation of the FGI Best Practices for Roundup Ready Trait Stewardship in Alfalfa Seed Production. Report of Forage Genetics International, September 24.
- Hammon, B., C. Rinderle, and M. Franklin. 2006. Pollen Movement from Alfalfa Seed Production Fields. Colorado State University Cooperative Extension, Grand Junction. <http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/TRA/Agronomy/Alfalfa/Hammon.RRpollenflow.pdf>
- International Seed Federation (ISF). 2008. Nyon, Switzerland. http://www.worldseed.org/en-us/international_seed/home.html
- James, C. 2005. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2005. *ISAAA Briefs* No. 34. ISAAA: Ithaca, New York.
- Kendrick, D. L., T. A. Pester, M. J. Horak, G. J. Rogan, and T. E. Nickson. 2005. Biogeographic survey of feral alfalfa populations in the U.S. during 2001 and 2002 as a component of an environmental risk assessment of Roundup Ready alfalfa. *Proceedings of the 60th North Central Weed Science Society Meeting*. Kansas City, Missouri, December 12–15.
- Lacefield, G., J. Henning, R. Burris, C. Dougherty, and C. Absher. 1997. Grazing Alfalfa. Bulletin ID-97 University of Kentucky Cooperative Extension. <http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/id/id97/id97.pdf> (11 June 2008)
- McGregor, S. E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 496. Washington, D.C.
- National Alfalfa & Forage Alliance (NAFA). 2008. Best Management Practices for Roundup Ready Alfalfa Seed Production. <http://www.alfalfa.org> (11 June 2008)
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). 2005. OECD seed schemes 2005: Rules and directions.

- <http://www.oecd.org/agr/seed> (11 June 2008)
- Peters, E. J. and D. L. Linscott. 1988. Weeds and weed control. Pp. 705–736. In A. A. Hanson, D. K. Barnes, and R. R. Hill. (eds.). *Alfalfa and Alfalfa Improvement* (Agronomy Monograph No. 29). ASA–CSSA–SSSA, Madison, Wisconsin.
- Putnam, D. H. 2006. Methods to Enable Coexistence of Diverse Production Systems Involving Genetically Engineered Alfalfa. University of California Agriculture and Natural Resources Publication No. 8193. 9 pp. <http://anrcatalog.ucdavis.edu/Alfalfa/8193.aspx> (11 June 2008)
- Remund, K. M., D. A. Dixon, D. L. Wright, and L. R. Holden. 2001. Statistical considerations in seed purity testing for transgenic traits. *Seed Sci Res* 11(2):101–119.
- Rincker, C. M., V. L. Marble, D. E. Brown, and C. A. Johansen. 1988. Seed Production Practices. Pp. 985–1021. In A. A. Hanson, D. K. Barnes, and R. R. Hill (eds.). *Alfalfa and Alfalfa Improvement* (Agronomy Monograph No. 29). ASA–CSSA–SSSA, Madison, Wisconsin.
- St. Amand, P. C., D. Z. Skinner, and R. N. Peaden. 2000. Risk of alfalfa transgene dissemination and scale-dependent effects. *Theor Appl Genet* 101:107–114.
- Strickler, K. and S. Freitas. 1999. Interactions Between Floral Resources and Bees (Hymenoptera: Megachilidae) in Commercial Alfalfa Seed Fields. *Environ Entomol* 28(2):178–187.
- Sundstrom, F. J., J. Williams, A. Van Deynze, and K. J. Bradford. 2003. Identity Preservation of Agricultural Commodities. University of California Agriculture and Natural Resources. Publication No. 8077. 15 pp. <http://anrcatalog.ucdavis.edu/Biotechnology/8077.aspx> (11 June 2008)
- Teuber, L. R., A. Van Deynze, S. Mueller, M. McCaslin, S. Fitzpatrick, and G. Rogan. 2004. Gene flow in alfalfa under honeybee (*Apis mellifera*) pollination. *Joint Meeting of the 39th North American Alfalfa Improvement Conference and 18th Trifolium Conference*. Quebec City, Canada July 18–21.
- Teuber, L., S. Mueller, A. Van Deynze, S. Fitzpatrick, J. Hagler, and J. Arias. 2007. Seed-to-Seed and Hay-to-Seed Pollen Mediated Gene Flow in Alfalfa. *Proceedings of the North Central Weed Science Society*. December 12–13. St. Louis, Missouri. <http://ncwss.org/> (11 June 2008)
- Undersander, D., K. Albrect, N. Degenhart, J. Moutray, and M. McCaslin. 1993. Hard Seed in Alfalfa. University of Wisconsin Extension. <http://www.uwex.edu/ces/forage/pubs/hardsd.htm> (11 June 2008)
- University of California. 2005. Alfalfa Seed quality Stewardship: California Stakeholder Team Meeting. University of California–Davis Seed Biotechnology Center, January 27. <http://sbc.ucdavis.edu> (8 August 2008)
- U.S. Department of Agriculture (USDA). 2005. National Organic Program. <http://www.ams.usda.gov/nop/indexIE.htm> (8 August 2008)
- U.S. Department of Agriculture–Foreign Agricultural Service (USDA–FAS). 2007. <http://www.fas.usda.gov/> (11 June 2008)
- U.S. Department of Agriculture–National Agricultural Statistics Service (USDA–NASS). 2007a. <http://www.nass.usda.gov/index.asp> (11 June 2008)
- U.S. Department of Agriculture–National Agricultural Statistics Service (USDA–NASS). 2007b. Organic Production. <http://www.ers.usda.gov/Data/Organic/> (8 August 2008)
- U.S. Department of Agriculture–National Agricultural Statistics Service (USDA–NASS). 2007c. National Agricultural Statistics Service. Statistics by State. http://www.nass.usda.gov/Statistics_by_State/index.asp
- U.S. Department of Agriculture–National Agricultural Statistics Service (USDA–NASS). 2007d. *California Agricultural Resource Directory*. California Field Office, Sacramento. http://www.cdfa.ca.gov/files/pdf/card/ResDir07_Overview.pdf (8 August 2008)
- Van Deynze, A. E., D. H. Putnam, S. Orloff, T. Lanini, M. Canevari, R. Vargas, K. Hembree, S. Mueller, and L. Teuber. 2004. Roundup Ready Alfalfa—An Emerging Technology. University of California Agriculture and Natural Resources Publication No. 8153. 12 pp. <http://anrcatalog.ucdavis.edu/Alfalfa/8153.aspx>
- Viands, D. R., P. Sun, and D. K. Barnes. 1988. Pollination control: Mechanical and sterility. Pp. 931–960, Chapt. 30. In A. A. Hanson, D. K. Barnes, and R. R. Hill (eds.). *Alfalfa and Alfalfa Improvement* (Agronomy Monograph No. 29). ASA–CSSA–SSSA, Madison, Wisconsin.
- Will, H. and O. Tackenberg. 2008. A mechanistic simulation model of seed dispersal by animals. *J Ecol* <http://www.blackwell-synergy.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2745.2007.01341.x> (11 June 2008)
- Woodward, W. T. W. 2006. Roundup Ready alfalfa test kits and influence on the marketplace. *Proceedings of the 2006 Washington State Hay Growers Association Conference*. Kennewick, January 18.
- Woodward, W. T. W., D. H. Putnam, and P. Reisen. 2006. A solution for Roundup Ready Alfalfa in sensitive export markets. *Proceedings of the 2006 Washington State Hay Growers Association Conference*. Kennewick, January 18.

Índice

A

Abejas
abeja melífera/*Apis mellifera* L.,
14
alcances de forrajeo, 14
autóctonas, 6
colmena, 11, 19
exploradoras, 20
investigación utilizando el
rasgo Roundup Ready, 14
Megachiles rotundata F., 6, 13, 14,
15, 16, 18
nido, 19
Nomia melanderi, 6, 14, 16, 19
polinizadores introducidos, 2
Abejas autóctonas, 6
Abejas “cortadoras de hojas”
(*Megachile rotundata* F.), 7
Administración, 16, 22, 25
Agapostomen spp., 6
Agua
dispersen el, 22
regaron, 19
cáscara dura e impermeable, 7
con semillas, 8
penetre el, 8
Alfalfa
auto toxicidad, 8
biología
alfalfa feral, 9
crecimiento y floración, 7
semilla dura, 8
longevidad, 8
polinización, 7
formación de semillas, 8
desechos, 8, 20
equipo feral
flujo de genes a través del polen,
10
interfaz de población, 5
infraestructura de la semilla, 8
siembra
*en surcos de la cerca bordes,
18
tierras marginales, 16
vegetación, 9, 20
voluntaria, 1, 8, 22–23
Algodonero, 25
Alto insumo -campos de alfalfa, 7

Amarillas -alfalfa de flores, 9
Ambientales, barreras, 9, 10, 11, 13,
16, 18, 19, 25
Animales
Domésticos, 24
de pastoreo, 5, 7, 19, 22, 24
flujo a través de- silvestres, 22
AOSCA y OCDE normas para el
aislamiento y producción de
semillas, 14
AOSCA -distancias de aislamiento
certificadas por, 12
Apis mellifera L., 7, 14
Asociación de Agencias Oficiales de
Certificación de Semillas
(AOSCA), 1, 4, 6, 12, 14, 16, 22, 23
Auto toxicidad, 8

B

Barreras
Agrícolas, 25
biológicas, 1
ambientales, 10, 11, 13, 18 19
Biomasa en la superficie, 11
Biotecnología
Cultivos, 3
derivados de, 1, 2, 3, 4, 12
rasgos, 4
Biomasa en la superficie, 11
Bombus spp., 7
Bordes de caminos, 9
Brotos, 7
Bruchophagus roddi G., 20, 21,

C

California, 5, 7, 9, 14, 15, 17
Centinelas, 20
Cercas, 9, 20
Cultivo fronterizo, 16
Clon, 19
Coexistencia, 1, 3, 4, 17, 18, 20, 21

Comercial
heno, 20, 21
campos, 20, 21
semillas, 2, 5, 15, 20, 21, 23
Campo, historial de, 5
Campos de alfalfa existente y
continuos, 8
Conductos para las abejas -las
plantas ferales actúen como, 12
Contratos para la venta de semilla,
13, 18
Convencional
Fito mejoramiento, 1
Semillas, 3, 15, 16, 17
Colmenas, 11
Cortar, 12, 19
Cruzada, polinización, 7, 10, 19
Cruzamiento, 15, 20
Cultivo, 3, 5, 8, 10, 18, 23
Cultivares, 13, 15
Cultivos, rotación de, 1, 4, 17, 23, 25
Cultivado, reserva de polen, 1
En el cultivo –voluntarios, 9
Cultivadas, abejas europeas, 7

D

Dehiscencia, 10
Densidad
de las plantas, 8, 9, 12, 15, 21
de los polinizadores, 10
Departamento de Agricultura de los
Estados Unidos-Servicio
Nacional de Estadísticas
Agrícolas. U.S. Department of
Agriculture (USDA-NASS), 26
Digestión, 8, 24
Dura, semilla, 8, 23

E

Empoasca fabae, 9
Enfermedades, resistencia a, 3
Ensilado, 27
Escala de campo, 3
Espacial –aislamiento
Estiércol, 24
Estrés abiótico, 18, 21, 27

Equipo

- Limpieza, 4, 17, 22
- cosecha de semillas, 15, 22
- procesamiento de semillas, 1, 22
- especializado, 8
- Escapes del cultivo, 9
- Espacios, sin cultivar, 15
- “Exploradoras” -las abejas, 20

F

- Fecundo/fecundidad, 12, 18, 19
- Federal Seed Act (Ley Federal de Semillas), 4, 6, 14
- Físico, aislamiento, 10, 13
- Feral -alfalfa
- Feral a feral, 10, 21
- Feral a heno, 10, 11, 20
- Feral a semilla, 10, 15, 20
- Fotoperiodos, 7, 27
- Flores -insectos que se alimentan de, 20
- Floración
 - duración, 11 12
 - crecimiento y -, 7
 - abundante y prolongada, 12
 - simultánea, 11, 12, 18
 - sincronía, 1, 11, 15, 18, 19, 21
- Flores, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 18, 20, 21
- Forage Genetics International (FGI)
 - Best Management Practices for Stewardship in Roundup Ready Seed Production, 14, 16, 17, 26
- Forraje, 4, 5, 7, 10, 13, 15, 16, 18
- Fundación -semillas clase, 14, 16
- Frankiniella* spp., 20, 21
- Fresno, condado, California, 5

G

- Ganado, 5, 27
- Genes/Genética- frecuencia, 10, 15, 18, 21
- GE Producto de la ingeniería, 27
 - semilla libre de transgénico, 11
 - ubicación del campo de semillas, 17
 - mercados sensibles a, 1, 22, 23, 25
 - productores de heno sensibles, 11
 - semilla sensible a, 16
- Genéticamente modificado (GM), 1, 26
- Genético, equilibrio, 18
- Genéticas, impurezas, 1, 3, 4, 14
- Genética, pureza, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 13, 14, 15, 18, 25

- Genotipo, 19, 20
- Germinación, 8, 10, 18
- Germinación -prueba de, 8
- Glifosato, 9
- Pastoreo, 5, 7, 19, 22, 24
- Greenchop (forraje fresco), 27

H

- Heno a feral, 10, 18–19
- Heno a heno, 5, 10–11, 22
- Heno a semilla, 2, 5, 6, 10, 12–13, 15, 18
- Heno -banco de semillas de cultivos de, 22
- Herbáceo/ herbáceas, 7, 27
- Herbicidas, 5, 9, 14, 23
- Herbicidas -resistencia a, 3, 18
- Hongos patógenos -infección por silvestres, 8

I

- Idaho, 5, 9, 15, 23
- Idaho Crop Improvement
 - Association (Asociación de Mejoramiento de Cultivos de Idaho), 23
- Imperial -Condado, California, 5
- Impurezas inertes, 4
- Insectos
 - plagas, 15, 20, 21
 - que se alimentan de flores, 20
 - polinizadores, 7, 10
 - presión de, 18
 - resistencia a, 3
 - que se Insecticidas, 5, 18
- Intercalando
- Interfaz de campo, 13
- Introducidos -polinizadores
 - abejas, 2, 13, 14, 16
- IP Identidad preservada, 13, 16, 22, 27
- Irrigación, 8, 15, 20

J/K/L/LL

- Japón, 4
- Juvenil -estado vegetativo, 7
- Kansas, 19, 20
- Latencia posterior a la cosecha, 8
- Leguminosa/s, 7, 8, 16
- Leguminosa vaina, 8
- Lygus* spp., 9, 15, 20, 21
- Lluvia a finales de la temporada, 8

M

- Maduración, 8, 23
- Maduras -semillas
 - acumulación de, 8, 11, 12
- Maíz, 23, 25
- Megachile rotundata* F.
 - investigación utilizando el rasgo Roundup Ready, 14
- Mejores prácticas
 - Aislamiento mínimo, 16, 17
 - Datos del estudio biogeográfico, 9
- Marginales, tierras, 9, 16
- Medicago sativa* L., 1, 3
- Megachile* spp. 7, 11, 13, 14, 15, 16
- Medio oeste (EEUU), 23
- Mezcla, 1, 3, 4, 7, 15, 16, 17, 19, 22
- Modos, 1
- Estrés hídrico, 18

N

- NAFA (Alianza Nacional de Alfalfa y Forrajes), 2, 16, 17, 22, 25, 26
- National Organic Program
 - (Programas de producción orgánica), 1, 3
- Naturalmente -ocurren, 10
- Natural -dispersión de semillas, 24
- Nidos -de abejas, 16, 18
- No detectable, 11, 16, 27
- Nomia melanderi* C., 7, 14, 16, 19
- *No derivado de la biotecnología
- No mecanizada -dispersión, 8
- Noroeste del Pacífico, 7, 16
- Norte -América del, 5, 7, 9
- Nuevas -Tecnologías genéticas, 3
- Nutricional -Calidad
 - del heno, 7,
 - de las semillas, 8, 22

O

- Oeste -de los Estados Unidos, 17, 23
- Oficiales -normas para el aislamiento, 14–15
- Oregon, 5
- Orgánica -producción, 1, 25
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), 14
- Orientación, 14
- Osmia* spp., 7
- Óvulos -fertilización de, 8

P

Pensilvania, 9
 Plantar -volver a, 23
 Plántula
 establecimiento de la, 10
 evaluación, 15
 germinación, 8, 10, 18, 23
 secundaria, 8, 21
 vigor, 8
 voluntaria, 8, 22–23
 Programa de Administración de Semillas de Alfalfa, 22
 Poblaciones ferales establecidas, 9 18, 20
 Polen -flujo de genes a través del
 feral a feral, 21
 feral a heno, 11
 feral a semilla, 15–18
 heno a feral, 18–19
 heno a heno, 10–11
 heno a semilla, 12–13
 semilla a feral, 19–20
 semilla a heno, 11
 semilla a semilla, 13–15
 Polinización, 7, 8, 10, 12, 13, 15, 16, 19, 20, 27
 Polinizadores, 1, 2, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 25
 Puentes poblacionales, 12
 Posterior a la cosecha –latencia, 8
 Prematuro -brote de las semillas, 8
 Presencia adventicia, 1, 2, 3, 4, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 22, 25, 26
 Proceso -estrategias basadas en el, 1, 3
 Proteínas -tiras de prueba basadas en, 11
 Pureza, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 25
 Precipitación /Lluvia, 8

R

Reacciones auto tóxicas, 8
 Recubrimiento, 22
 Remanentes –semillas, 23
 Regulados, 25
 Registradas -variedades de alfalfa, 3
 Rotación
 de cultivos, 4, 17, 23, 25
 de pastoreo, 7
 Roundup Ready Alfalfa (RRA), 1, 11, 12, 26

S

San Joaquín -Valle de, California, 15
 Secundarias- plántulas, 8
 Semillas
 mezclas de, 1, 19
 banco de, 22
 certificadas/ certificación de, 1, 2, 3, 6, 13–14, 17, 25
 Bruchophagus roddi G., 20
 canales de, 5, 20
 compañías de, 4, 13
 comercial, 2, 5, 8, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 20, 23
 polinización cruzada de, 7, 10, 19
 -efecto de dilución de, 20
 Dispersión, 8, 18, 21, 22, 24
 -insectos que se alimentan de, 21
 borde del campo de, 15, 18
 -semilla de reserva en campos de, 5
 formación de las, 8
 de clase fundación, 16
 GE- libre de/ sensible a, 11
 dura, 8, 23
 infraestructura, 8
 normas de aislamiento
 mercados, 4, 13, 14, 16, 22, 23, 25
 flujo de genes a través de, 22–23
 pureza de la, 16, 18
 remanentes, 23
 de alfalfa Roundup Ready, 16, 17, 22
 auto-, 8
 establecimiento de, 8, 10, 27
 transferencia de, 3
 - de maleza, 3, 24
 Semilla certificada, 6, 11
 Semillas certificadas y programas nacionales de producción orgánica, 1
 Semilla a feral, 10, 19–20
 Semilla a heno, 10, 11
 Semilla a semilla, 10, 13–14, 16, 19, 20
 Semilla a semilla, heno a semilla y feral – interfaces, 5
 Selección por reproducción artificial, 18
 Servicio de Inspección de Sanidad Animal y Vegetal del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. U.S. Department of Agriculture (USDA-APHIS), 4, 26
 Sexualmente compatibles, 7
 Sexualmente incompatible, 18
 Simulaban ser ferales, 19
 Silvestres, 24
 Suelo, 8, 9, 18, 22, 23, 27

Sur -Dakota del, 9, 18
 Soja, 25
 Sembradíos, 8, 9
 Superficie dedicada a cultivos orgánicos certificados, 3
 Sincronía, 1, 11, 15, 18, 19, 20, 21, 25

T

Temperatura, 7, 8
 Texas, 23
 Terceros, 13, 17
 agentes servicios de inspección verificación, 13
 Todo el campo- mayor número de lotes de semillas en, 14
 Trips, 20
 Trampa(s), 14, 15, 17, 19, 20, 21
 Trampas de aislamiento con puentes, 15

U/V

UE, la Unión Europea, 4
 (USDA-FAS), 26
 Universidad de California, 14, 17
 Universidad de California- Centro de Biotecnología de Semillas, 17
 Varietal
 pureza genética del, 2, 15, 27
 integridad del, 13
 semilla de, 3
 Ventaja de aptitud natural selectiva, 16
 Voluntaria/o/os
 Cultivos, 8
 Plántulas 22–23
 Vida silvestre, 18
 Viento, 7, 8, 22

W/Y/Z

Washington, 5, 16, 19, 20
 Wisconsin, 9
 Yemas, 7
 Zanjias, 18, 20
 Zonas de amortiguamiento, 13, 18

