

## **Recolección y producción de semillas nativas para restauración ecológica**

Simone Pedrini<sup>1,2</sup> , Paul Gibson-Roy<sup>3</sup> , Clare Trivedi<sup>4</sup>, Candido Gálvez-Ramírez<sup>5</sup>, Kate Hardwick<sup>4</sup>, Nancy Shaw<sup>6</sup> , Stephanie Frischie<sup>7</sup> , Giles Laverack<sup>8</sup>, Kingsley Dixon<sup>1</sup>

La presión global para alcanzar objetivos de restauración de ecosistemas ha resultado en una mayor demanda de semillas nativas que los sistemas de producción actuales no pueden satisfacer. En muchos países, las semillas utilizadas en la restauración ecológica a menudo provienen de poblaciones naturales. Aun cuando se provean semillas que reflejan la diversidad genética de una especie, la cosecha a campo a menudo no puede satisfacer las demandas de restauración a gran escala y también puede resultar en el agotamiento de los recursos de semillas nativas a través de la sobrecosecha. Para mejorar la producción de semillas y disminuir los costos de las semillas, en varios países se han establecido sistemas de producción de semillas para generar semillas nativas basadas en métodos de producción agrícola u hortícola, o mediante el manejo de poblaciones naturales. Sin embargo, existe la necesidad de ampliar estos sistemas de producción que se enfocan principalmente en las especies herbáceas para incluir también arbustos de maduración más lenta y semillas de árboles. Aquí proponemos que para reducir la amenaza de sobreexplotación en la viabilidad de las poblaciones naturales, la recolección de semillas de poblaciones naturales debe ser reemplazada o suplementada por sistemas de producción de semillas. Este resumen general de los sistemas de producción de semillas demuestra cómo maximizar la producción y minimizar el sesgo de selección no intencional para que los lotes de semillas nativas mantengan la diversidad genética y la adaptabilidad para consolidar el éxito de los programas de restauración ecológica.

Palabras clave: recolección ética de semillas, poblaciones de plantas naturales manejadas, granja de semillas nativas, cosecha de semillas

Box: Implicaciones para la práctica

- La recolección de semillas de las poblaciones naturales se puede utilizar para la restauración ecológica; sin embargo, la recolección debe realizarse de manera sostenible para evitar afectar la capacidad reproductiva de la población “fuente” (i.e. que provee de semillas).
- La multiplicación de semillas nativas mediante condiciones de cultivo deben sustituir o suplementar la recolección en poblaciones naturales, siempre y cuando sea posible, ya que reduce el impacto en las poblaciones naturales y permite una mayor productividad, mejora la calidad, confiabilidad y reduce el costo por semilla.
- Si la producción cultivada no es factible, la población natural pueden ser manejadas para optimizar la producción de semillas.
- La recolección y producción de semillas deben evitar la selección de ciertos rasgos y limitar la selección no intencionada, para mantener la variabilidad genética del lote de semillas.

Contribuciones de los autores: SP, SF escribieron la introducción; CT, KH, NS, PGR, SF escribieron el sección de colección; PGR, CG, SP, GL, SF escribieron la sección de producción de semillas; ESP, KD finalizó el manuscrito; todos los autores proporcionaron ediciones y comentarios y contribuyeron a la revisión del manuscrito.

1ARC Center for Mine Site Restoration, Department of Environment and Agriculture,

Universidad de Curtin, Kent Street, Bentley, 6102, Australia Occidental, Australia

2Dirección de correspondencia a S. Pedrini, correo electrónico [smnpedrini@gmail.com](mailto:smnpedrini@gmail.com)

3Kalbar Resources, Hay Street, Perth 6000, Australia Occidental, Australia

4Departamento de Ciencias de la Conservación, Royal Botanic Gardens, Kew, Reino Unido.

5Semillas Silvestres, Córdoba, España

6USDA Servicio Forestal, Estación de Investigación de las Montañas Rocosas, 322 E. Front Street, Suite 401, Boise, ID 83702, EE. UU.

7Xerces Society for Invertebrate Conservation, Portland, OR 97232, EE. UU.

8Scotia Seeds, Brechin DD9 6TR, Escocia, Reino Unido

© 2020 Los autores. Ecología de la Restauración publicado por Wiley Periodicals LLC el en nombre de la Sociedad para la Restauración Ecológica

Este es un artículo de acceso abierto bajo los términos de Creative Commons Attribution Licencia, que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la el trabajo original se cita correctamente.

doi: 10.1111/rec.13190

Información de apoyo en:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rec.13190/supinfoIntroducción>

## Introducción

Hay tres enfoques principales para suministrar semillas nativas para los proyectos de restauración: (1) recolección de semillas provenientes de poblaciones naturales / silvestres, (2) cosecha de poblaciones manejadas y (3) sistemas de producción de semillas cultivadas (como granjas de semillas nativas). Estas tres estrategias de suministro de semillas se encuentran a lo largo de un continuo donde se requieren insumos crecientes. Los métodos presentan diferentes ventajas y limitaciones, y no son excluyentes; estas fuentes pueden utilizarse en combinaciones complementarias y estratégicas (Fig. 1).

Un aspecto clave del suministro de semillas nativas para la restauración ecológica es capturar adecuadamente la diversidad genética representativa de una población natural y garantizar que dicha diversidad se mantenga a lo largo de la cadena de suministro hasta que las semillas se utilicen en un sitio de restauración (Broadhurst et al. 2008; Erickson y Halford 2020). En décadas recientes, las iniciativas de conservación de bancos de semillas en todo el mundo han desarrollado guías y procedimientos para la recolección de semillas nativas con el fin de capturar adecuadamente la variabilidad genética al tiempo que evita dañar la capacidad reproductiva de las poblaciones (FloraBank 1999; ENSCONET 2009; USDI Bureau of Land Management 2018). Estos protocolos son un punto de referencia útil para planificar y recolectar semillas para la restauración ecológica. Sin embargo, la cantidad de semillas que se necesitan para satisfacer la demanda con fines de conservación rara vez es suficiente cuando la restauración es a escala de paisaje (Merritt & Dixon 2011) donde se pueden cosechar cantidades sustanciales de semillas de un gran número de plantas (por ejemplo, decenas de miles de plantas para la cosecha mecánica de pastos en campos) y, por lo tanto, se requieren protocolos de recolección revisados.

Figura 1. Enfoques para el suministro de semillas nativas para restauración ecológica. Los tres enfoques comúnmente utilizados para suministrar semillas para la restauración ecológica se encuentran en un continuo de creciente intensidad de actividades de manejo (por ejemplo, desmalezado, cercado, arado, alfombra de malezas, siembra). Estos enfoques permiten a los productores aumentar el suministro de semillas al tiempo que reducen el precio de las semillas. Cada enfoque tiene ventajas y desventajas, y puede que no siempre sean factibles para todas las especies/ecosistemas. (Imagen de Simone Pedrini).

Sin embargo, la rápida expansión de la demanda por semillas nativas a menudo supera la cantidad que se puede recolectar de manera sostenible de las poblaciones naturales (Nevill et al. 2018) donde factores como una baja o errática producción o calidad de semillas, depredación de semillas, fragmentación del hábitat y la invasión de especies contribuyen a las limitaciones de cosecha y al aumento de los costos de las semillas (Broadhurst et al. 2015). Algunos de estos factores pueden ser controlados o manipulados mediante el manejo de poblaciones naturales con actividades que incluyen el control de malezas, riego, cercado y fertilización, con el objetivo de mejorar la eficiencia de la cosecha y el rendimiento de las semillas. Este enfoque puede aplicarse en ciertas situaciones o ecosistemas (por ejemplo, algunas especies de árboles y arbustos en ecosistemas forestales o pastizales ricos en especies); sin embargo, al igual que con la recolección de semillas en la naturaleza, tales volúmenes de recolección requieren grandes áreas de zonas silvestres relativamente intactas para ser efectivos.

El establecimiento de cultivos de semillas nativas, donde las semillas se producen en condiciones de cultivo (similares a la producción agrícola u hortícola), tiene el potencial de satisfacer la creciente demanda de semillas nativas (Delpratt & Gibson-Roy 2015; Nevill et al. 2016; Jiménez-Alfaro et al. 2020). Las semillas recolectadas de la naturaleza se multiplican utilizando métodos y técnicas similares a la producción de semillas de cultivares domesticados (por ejemplo, cultivos de cereales, especies forrajeras, hortalizas, árboles para la silvicultura). Sin embargo, a diferencia de los métodos tradicionales de agricultura u horticultura, la producción de semillas nativas requiere una consideración especial para evitar, en la medida de lo posible, la selección de rasgos específicos (Pedrini & Dixon 2020), y para mantener la variación genética encontrada dentro de las poblaciones fundadoras naturales como el medio principal para garantizar el potencial evolutivo y adaptativo (Basey et al. 2015). La recolección de semillas de hábitats plantados y restaurados es otra alternativa, pero debe realizarse con precaución ya que la diversidad genética de la población de plantas restauradas puede ser desconocida o baja. En algunos casos, la diversidad genética subóptima se mitiga si el área restaurada es adyacente al hábitat natural remanente, lo que permite el flujo de genes de la polinización externa (Pakkad et al. 2007; Jalonon et al. 2018).

Siempre que sea posible, la recolección de poblaciones naturales debe ser reemplazada o complementada por la producción en entornos cultivados o poblaciones naturales manejadas, ya que estas fuentes pueden proporcionar una fuente confiable y más barata de semillas nativas, al tiempo que limitan los posibles impactos negativos para las poblaciones naturales.

Este artículo pretende ser un resumen general de las mejores prácticas actuales para la recolección y producción de semillas nativas, y cuando se lee de forma conjunta con otros artículos en este número especial (particularmente, consideraciones genéticas en el abastecimiento de semillas según lo revisado por Erickson y Halford (2020)), proporciona el marco para mejorar nuestra comprensión de la cadena de suministro de semillas.

## **Recolección de semillas de poblaciones naturales**

La cadena de suministro de semillas nativas comienza con la recolección de semillas de poblaciones naturales.

La recolección se puede utilizar como base para la multiplicación de semillas en sistemas de producción de semillas cultivadas, para enriquecer las poblaciones naturales manejadas o para la disposición en un sitio de restauración a través de la siembra directa (Broadhurst et al. 2008). Al recolectar de la naturaleza, las dos preocupaciones primordiales son: (1) evitar impactos negativos en la población de donantes nativos y (2) retener la diversidad genética apropiada de la población donante.

### **Planificación previa**

La planificación previa considerada y cautelosa es un requisito clave para lograr colecciones de semillas de alta calidad y bien documentadas. Antes de recolectar semillas de poblaciones naturales, es importante obtener información sobre la biología de una especie (por ejemplo, sistema de reproducción, fechas estimadas de floración y fructificación) y distribución probable. Dependiendo de las necesidades/estrategias identificadas del proyecto, las semillas pueden recolectarse de uno o varios sitios donantes naturales, y estos deben identificarse con anticipación. La localización de sitios donantes apropiados puede requerir la investigación de registros nacionales o locales de herbarios de semillas y bases de datos botánicas o forestales, y el diálogo con expertos (locales o no) y otros recolectores de semillas. Evitar, o tener conocimiento de, las poblaciones plantadas cuya vegetación es de origen desconocido o inapropiado. Antes de realizar ensayos o recolecciones en el campo, se deben obtener todos los consentimientos y permisos requeridos. Como estos pueden tardar algún tiempo en procesarse, las solicitudes de permisos deben enviarse de manera oportuna para evitar el riesgo de retrasos en la recolección. Los recolectores deben estar adecuadamente capacitados en la identificación de plantas/semillas y las evaluaciones de riesgos deben prepararse antes de las operaciones a campo.

### **Ensayos en los sitios**

Idealmente, los sitios donantes deben ser inspeccionados antes de la recolección para confirmar la ubicación y los atributos del sitio (por ejemplo, cargas de malezas, problemas de acceso, terreno) y para determinar si hay un número adecuado de plantas de cada especie objetivo para proporcionar colecciones de cantidad suficiente y diversidad genética (Way & Gold 2014). Si es posible, las poblaciones deben ser monitoreadas desde la floración en adelante para asegurar que las fechas de recolección de semillas coincidan con la madurez de la semilla. Sin embargo, en muchos casos, el monitoreo constante de una población es impracticable debido al costo y la distancia, por lo que los recolectores deben buscar información adicional de fuentes locales para determinar los tiempos óptimos de recolección. Para optimizar la calidad y la longevidad, las semillas de especies nativas generalmente deben recolectarse en, o cerca del, momento de dispersión natural de semillas. Algunas especies se dispersan en un período muy corto, por lo que la madurez de la fruta y las condiciones climáticas deben monitorearse cuidadosamente para evitar perder cosechas potenciales (por ejemplo, las especies dispersadas por el viento como *Eriophorum* spp. pueden dispersar las semillas rápidamente en un día ventoso). Muchas otras especies dispersan semillas durante períodos prolongados, por lo que las cosechas deberían ser continuas para capturar la variación en los rasgos a lo largo de diferentes fechas de madurez (ENSCONET 2009).

## **Evaluaciones previas a la recolección**

Se debe tener especial cuidado para evitar la sobreexplotación de poblaciones naturales, especialmente para poblaciones pequeñas, raras, en peligro o aisladas (Broadhurst et al. 2017; Nevill et al. 2018). Trate de llevar a cabo una evaluación previa a la recolección inmediatamente antes de la recolección, para establecer límites de recolección. Como medida de precaución, trate de recolectar no más del 20% de las semillas que estén maduras en el momento de la recolección (Way 2003; Pedrini & Dixon 2020) y para múltiples colecciones de la misma población, menos del 20% del total de semillas producidas en el año (ENSCONET 2009). Para las especies anuales, cuya supervivencia poblacional depende de semillas dispersas en un año determinado, no se debe recolectar más del 5-10% de la producción anual, y se debe evitar la recolección de la misma población en años consecutivos (Meissen et al. 2015). Utilice la evaluación previa a la recolección para determinar el tamaño de la población (número de plantas, densidad de plantas), evalúe la producción de semillas por planta o área y obtenga una estimación de la producción total de semillas, luego establezca que la meta de recolección sea menor al porcentaje dicho anteriormente.

La evaluación previa a la recolección también debe estimar la calidad de las semillas mediante pruebas de corte de una muestra de semillas para calcular el porcentaje de semillas vacías o infestadas, estimando así la cantidad mínima que debe recolectarse para lograr el número deseado de semillas viables. Cuando las fuentes de semillas silvestres son limitadas, puede ser apropiado recolectar y almacenar semillas durante un número de años (en condiciones adecuadas) hasta que se acumule suficiente cantidad de semillas para iniciar el programa de restauración (DeVitis et al. 2020).

## **Colección**

La recolección puede involucrar una o múltiples especies. Se puede utilizar una amplia gama de técnicas de recolección, dependiendo de la fenología y la forma de crecimiento de la especie objetivo, el tamaño de la población, la cantidad de semilla requerida y el terreno local. Los métodos de cosecha manual incluyen arrancar, pelar, recortar, agitar y aspirar, mientras que los métodos mecánicos incluyen cepillo, aspirar y cosecha combinada. Las semillas de especies de árboles se recolectan mejor directamente del árbol, si es posible, ya que las semillas que se encuentran en el suelo pueden ser de baja calidad (por ejemplo, viejas, mohosas o infestadas de insectos). Recoja las semillas en recipientes / bolsas que mantengan las semillas lo más frescas y aireadas posible (Suplemento S1). Los equipos de seguridad, comunicación y riesgo biológico también son esenciales: Way and Gold (2014) y FloraBank (1999) proporcionan listas de verificación útiles. El manejo y almacenamiento adecuados después de la cosecha son fundamentales para mantener la viabilidad de las semillas, ver DeVitis et al. (2020) y Frischie et al. (2020) para más detalles.

Para permitir el uso óptimo e informado de las colecciones de semillas, se deben registrar detalladamente los datos sobre el lote de semillas y la población de origen (Suplemento S1). La recolección de especímenes de herbario antes o durante la cosecha de semillas permite la verificación del material recolectado. El espécimen de herbario debe incluir frutas o flores y llevar la misma identificación de número de colección que la colección de semillas.

Figura 2. Grupo Nödzö'u en Brasil: mujeres Xavante recolectando semillas de Buriti (*Mauritia flexuosa*). Los Xavante tienen una tradición de recolección de semillas y han participado en la Red de Semillas del Xingú desde 2013. (Fuente: Red de Semillas del Xingu, fotografía de Rogerio Assis).

## Recolectores de semillas

La recolección de semillas nativas de poblaciones naturales puede ser realizada por recolectores profesionales de semillas (Suplemento S1), proveedores / productores de semillas nativas, contratistas de restauración, propietarios privados, administradores de tierras públicas, investigadores, personal de bancos de semillas de conservación, organizaciones sin fines de lucro y voluntarios. Los coleccionistas sin experiencia requerirán la capacitación y el liderazgo adecuados por parte de personal calificado. La participación de los pueblos indígenas locales con conocimiento íntimo de las especies nativas puede ser invaluable (Fig. 2) y, al mismo tiempo, proporcionar importantes oportunidades de empleo e ingresos, ayudando así a estabilizar los mercados de semillas y aumentando la confiabilidad de los suministros de semillas nativas para la restauración (de Urzedo et al. 2016, 2019, 2020).

## Poblaciones naturales gestionadas para la producción de semillas

Para algunas especies y ecosistemas, la recolección de semillas de poblaciones naturales puede mejorarse controlando activamente las variables ambientales o ecológicas. Por ejemplo, una población puede ser manejada eliminando o controlando especies no deseadas o estimulando (incluso plantando) la propagación de las plantas deseadas para lograr áreas más grandes o más concentradas de la especie objetivo que se cosechará. Las actividades de manejo también pueden incluir el riego, la alteración de las características de los nutrientes (por ejemplo, fertilización o eliminación de biomasa), la reducción de los impactos de los herbívoros y el manejo de la depredación de semillas (por ejemplo, cercas, redes para aves y otros medios de disuasión), y medidas de perturbación impuestas (por ejemplo, quema o pastoreo controlado). Estos enfoques se adaptan mejor a algunos sistemas de vegetación nativa y administradores de tierras que a la producción de semillas cultivadas. Por ejemplo, las zonas montañosas de Escocia se manejan de forma continua para mantener las condiciones ideales para la caza de animales mediante la detención de la sucesión a los bosques con la quema de parches en una rotación de 15 a 20 años, fomentando el crecimiento de brotes jóvenes de brezo (*Calluna vulgaris*) y otras especies de brezales (Mallik y Gimingham 1983). Esto crea grandes áreas de vegetación uniforme (a menudo dominada por brezo) con la edad ideal para la producción de semillas, lo que permite la recolección con una cosechadora de cepillo.

El manejo de las poblaciones naturales también puede aumentar las oportunidades de cosecha secuencial y el rendimiento total de semillas (por ejemplo, promoviendo un nuevo crecimiento o extendiendo los períodos de fructificación). Una población natural de semillas manejada podría considerarse y tratarse de manera similar a una población no manejada, especialmente en términos de fenología, ecología, polinizadores, herbívoros y demografía. Las poblaciones manejadas (en particular especies herbáceas) donde coexisten múltiples especies pueden cosecharse simultáneamente (Scotton et al. 2012) para crear una mezcla de semillas de especies mixtas. La recolección mecánica a granel es una práctica común de cosecha para la vegetación herbácea de la capa del suelo (es decir, pastos y hierbas que crecen en estrecha asociación) donde estas existan en tamaño y calidad adecuados y en terrenos aptos para la cosecha (Shaw & Jensen 2014; Gibson-Roy y Delpratt 2015). El cepillo mecánico o la aspiración se utilizan a menudo como un método eficiente y eficaz para adquirir grandes cantidades de semillas (especialmente para especies de pastizales y praderas).

Figura 3. Granjas de semillas: (A) Campo de trigo sarraceno Wyeth (*Eriogonum heracleoides*) en OR, U.S.A. (B) Siembra mecánica de la hierba anual anciano o pincel (*Cyanus segetum*) en Brechin, Escocia. (C) Filas de hierbas nativas europeas, *Achillea millefolium* y *Silene dioica* en

Freising, Alemania. D) Plantación de plántulas de *Allocasurina acutivalvis* en esteras de malezas en Morawa (Australia Occidental), en una granja de semillas nativas de propiedad de y operada por indígenas.

### **Producción de semillas cultivadas**

La multiplicación de semillas nativas utilizando enfoques de producción cultivada que emplean prácticas agrícolas y/u hortícolas es ahora un sector emergente en muchas partes del mundo (DeVitis et al. 2017; Gibson-Roy 2018; White et al. 2018; Hancock et al. 2020). El desarrollo de sistemas de producción de semillas cultivadas, desde huertas en contenedores de pequeña escala hasta grandes operaciones agrícolas a escala de campo, permite la multiplicación de colecciones fundadoras inicialmente pequeñas a través de parcelas de producción de semillas nativas que mejoran el suministro de semillas nativas y previenen o reducen los impactos de la sobreexplotación de las poblaciones naturales (Kiehl et al. 2014; Gibson-Roy y Delpratt 2015). Donde existan mercados de restauración para respaldar el alto desembolso de capital (DeVitis et al. 2017; Gibson-Roy 2018; White et al. 2018) la instalación de áreas de producción de semillas en antiguas tierras agrícolas puede proporcionar beneficios inmediatos en términos de terreno adecuado, infraestructura existente y, para muchas especies herbáceas, rápido crecimiento y madurez libres de competencia (Suplemento S2). Por ejemplo, la producción agrícola de semillas nativas para especies de pastizales es comparable a los cultivares de forraje perenne domesticados (por ejemplo, *Lolium perenne*, *Trifolium pratense*) (Mainz & Wieden 2019). Por lo general, para la producción a escala agrícola para especies nativas, se prepara un sustrato relativamente uniforme antes de la siembra, y el entorno de cultivo se maneja cuidadosamente para maximizar la producción de semillas (Fig. 3). Las prácticas culturales bien planificadas e implementadas, como la poda, la manipulación de biomasa, el control de malezas, el riego, el control de plagas / enfermedades y las aplicaciones de fertilizantes se utilizan para promover la floración, facilitar la cosecha y mejorar los rendimientos. En estas condiciones, las semillas nativas suelen (pero no siempre) sembrarse directamente en semilleros despejados, labrados y friables mediante equipos de siembra especialmente diseñados (por ejemplo, colocados en filas o difusión en superficie). Un sistema de producción alternativo utilizado a escala pequeña o de campo, es cubrir el suelo desnudo con una capa de hierbas y plantar material verde en las aberturas cortadas (también es posible sembrar directamente en las aberturas para especies de altas tasas de germinación). Este enfoque es efectivo para una amplia gama de especies y tipos funcionales (por ejemplo, especies perennes, herbáceas o leñosas), lo que resulta en una reducción importante en la competencia de malezas, mientras que las semillas caídas se pueden cosechar fácilmente de la estera de hierbas (es decir, barrer y / o aspirar).

A pesar de algunas similitudes en las prácticas culturales, los sistemas de producción de semillas nativas a escala de granja difieren significativamente de los sistemas de producción de cultivos convencionales donde los programas de selección y mejoramiento han modificado las características de las plantas y las semillas para lograr características específicas que típicamente incluyen latencia reducida, mayor sincronía de maduración o trituración, facilidad de cosecha, procesamiento y almacenamiento. Estas selecciones dan como resultado plantas uniformes, a menudo con diversidad genética reducida, y con prácticas de producción de cultivos que se adaptan para mantener esta uniformidad. Por el contrario, los sistemas de

producción de semillas nativas para su uso en la restauración ecológica tienen como objetivo capturar y retener un rango representativo y apropiado de variación genética natural que se muestra en las poblaciones fundadoras para permitir, en la medida de lo posible, que las poblaciones restauradas evolucionen y se adapten a los cambios ambientales prevalecientes (Pedrini y Dixon 2020). Con estas diferencias en mente, es necesario comprender y manejar los sistemas de producción de semillas nativas de una manera que adopten y modifiquen los sistemas y equipos agrícolas y hortícolas relevantes para producir efectivamente semillas nativas con apropiados caracteres genéticos y de germinación (Suplemento S3; Shaw et al. 2012; Shaw y Jensen 2014).

### **Mejores prácticas para retener la diversidad genética**

Es importante reconocer que cualquier actividad de cosecha de semillas, ya sea de poblaciones naturales (manejadas o no manejadas) o bajo sistemas de semillas cultivadas, puede involucrar el riesgo de algún grado de selección genética. Sin embargo, se pueden tomar una serie de precauciones en cada paso de la obtención de semillas para limitar, en la medida de lo posible, el impacto de la selección de rasgos.

### **Colectar la diversidad genética representativa de una población natural**

Las pautas de recolección de semillas nativas a menudo recomiendan que la cosecha provenga de al menos 50 individuos en una población (Brown & Marshall 1995). Estudios recientes (Hoban & Strand 2015; Hoban et al. 2018) exploran el uso de modelos de simulación para predecir la captura de la diversidad genética con diferentes estrategias de muestreo y sugieren la adopción de pautas de recolección adaptadas a taxones particulares que tengan en cuenta factores biológicos como las estrategias de auto-fecundación y dispersión de semillas.

Para los taxones con poliploidía conocida, como muchas gramíneas, es importante (cuando sea posible o cuando exista la información) determinar el número de ploidías de las potenciales poblaciones fuente y evitar establecer parcelas de producción de semillas con semillas de múltiples poblaciones con diferentes niveles de ploidía, porque la semilla producida por fertilización cruzada no producirá plantas fértiles y, por lo tanto, no persistirá en las plantaciones de restauración (Kramer et al. 2018).

Al recolectar de poblaciones naturales (especialmente a mano) las semillas deben cosecharse lo más aleatoriamente posible, evitando la recolección de rasgos particulares y, si es posible, en varios días durante el período de dispersión de semillas (The Royal Botanic Gardens Kew 2001; ENSCONET 2009). Para grandes poblaciones de especies de polinización abierta en un paisaje uniforme, a menudo es más fácil recolectar de una manera más sistemática, muestreando a intervalos regulares a lo largo de una transecta o en patrones cuando se utilizan cosechadoras mecánicas para garantizar una contribución uniforme de las semillas de genotipos maternos.

### **Protección contra la deriva genética y fenotípica en la producción cultivada**

La producción de semillas nativas cultivadas puede tener el riesgo de deriva en la composición genética y fenotípica de la población original debido a la selección no intencional, generalmente tendiendo hacia una disminución de la diversidad genética (Espeland et al. 2017). Los productores de semillas nativas deben estar atentos a las prácticas culturales que aumentan la probabilidad de selección activa de rasgos específicos, por ejemplo, al cultivar plantas por su producción (por ejemplo, tamaño, velocidad de desarrollo), en la cosecha del cultivo (por ejemplo, favorecer períodos más sincrónico de producción de semillas, plantar a

cierta altura, plantas con mayores rendimientos) o procesamiento de semillas (por ejemplo, forma de la semilla, tamaño, color) y, en la medida de lo posible, tomar las medidas necesarias para limitar estos puntos de selección no deseados (Basey et al. 2015). Otra práctica utilizada por los productores de semillas para reducir este riesgo es permitir solo un máximo definido de generaciones (por ejemplo, 2-5) antes de que la parcela de producción de semillas necesite ser resembrada con semillas silvestres recién recolectadas (Gibson-Roy et al. 2010; Asociación Alemana de Semillas Silvestres y Productores de Plantas Silvestres 2017). Cuando se probó en cinco especies de pastizales, este enfoque demostró ser efectivo para mantener la diversidad genética en cuatro especies de las cinco especies, en su mayoría perennes de larga vida y reproducción cruzada, mientras que para *Medicago lupulina*, una especie perenne de vida corta y auto-fecundación, se detectó una deriva genética y fenotípica después de cinco generaciones (Nagel et al. 2019). Tales estudios y resultados sugieren que estos enfoques suelen ser eficaces, pero con el tiempo, y cuando se dispone de capacidad de investigación y prueba, el número de generaciones recomendadas para los cultivos de producción de diferentes taxones (según su forma de vida y estrategias reproductivas) debería determinarse idealmente sobre la base de especie y región específica.

Figura 4. Control de origen para la producción de fincas semilleras. Todas las etapas se registran para que las semillas puedan rastrearse hasta la colección original. La multiplicación del stock agrícola debe limitarse a un máximo de cinco generaciones a partir de la recolección. Después de cinco generaciones, se debe hacer una nueva colección. Este gráfico es aplicable a las especies perennes que producen semillas en el primer año. Para las especies anuales, la cosecha de un lote de semillas se limita al primer año. Para las especies perennes y leñosas en las que la producción de semillas puede ocurrir dos o más años después del establecimiento del cultivo, la escala de tiempo (a la izquierda) debe extenderse en consecuencia. (Gráfico original cortesía de Scotia Seeds).

Figura 5. Efecto del estado de humedad de la semilla post-cosecha en la calidad de la semilla. La línea punteada muestra las fluctuaciones en la humedad relativa de equilibrio con las condiciones ambientales. Copyright 2014 Junta de Síndicos del Real Jardín Botánico, Kew.

Figura 6. Recolección de semillas de poblaciones naturales. (A) Recolección de semillas de *Abies procera*, por escaladores del Servicio Forestal de los Estados Unidos en el estado de Washington. Imagen: M. Way.

(B) Recolectando semillas de árboles con poste de poda para el proyecto National Tree Seed RBG Kew's U.K. (C) Colección mecánica de *Calluna vulgaris* con cepilladora de mano.

(D) Recolección de semillas por aspiración de *Leontodon hispidus*. (Imágenes A,B: Copyright Board of Trustees, RBG Kew. Imagen C por S. Pedrini. Imagen D de Marcello de Vitis).

Figura 7. Maquinaria de cosecha de semillas nativas. (A) Mini cosechadora. B) Cosechadora aspiradora de Wild blumenburri en Lenggenwil (Suiza). (C) Cosechadora combinada y (D) y de

cepillos utilizada en una pradera de heno situada en los Pirineos (España). (Fotografías (A) y (B) de Simone Pedrini y, (C) y (D) by Candido Gálvez-Ramírez).

### Certificación y Trazabilidad

Esquemas de certificación como el programa de certificación de germoplasma pre-variedad en los Estados Unidos (Young et al. 2003) o <sup>®</sup> VWW Regiosaaten en Alemania (Mainz & Wieden 2019) son mecanismos importantes para autenticar el origen de la semilla fundadora cultivada en condiciones de producción de semillas cultivadas y que se han adoptado prácticas culturales apropiadas en los sistemas de producción para retener la diversidad genética de esas poblaciones fundadoras naturales.

Esencial para cualquier sistema de producción de semillas nativas cultivadas es un sistema de registro y etiquetado bien estructurado que permita el rastreo de una colección desde la fuente hasta el campo y el todo camino a través del ciclo de producción (multiplicación) hasta su implementación (Fig. 4). Tales sistemas permiten descripciones precisas y consistentes del lote de semillas a lo largo del ciclo de producción. Idealmente, implican el registro de datos esenciales para los productores de semillas desde la fuente, pasando por el cultivo, hasta los rendimientos de la cosecha y las pruebas de semillas (Guest 2018; Pedrini y Dixon 2020).

### Técnicas y equipos de cosecha

Ya sea que las semillas se obtengan de poblaciones naturales/manejadas o de sistemas de producción de semillas cultivadas, se utilizan metodologías y técnicas de cosecha similares; sin embargo, la escala de las operaciones, la frecuencia de la cosecha y el volumen de semillas cosechadas pueden ser muy diferentes.

Tabla 1. Comparación de diferentes métodos de cosecha a utilizar en la producción de semillas gestionadas. \* Se pueden usar varias herramientas manuales y mochilas o cosechadoras de vacío portátiles.

### Cosecha

Method	Aplicación	Limitaciones	especies (ejemplos)
Manual*	Pequeñas parcelas para producir semillas de base	Lentas, y consumen mucho tiempo Difícil cosechar grandes cantidades.	Todas las especies
Cosecha mediante cepillado	Especies con: Semilla fácilmente dehiscente	Semilla de plantas especialmente	Gramíneas. Dicotiledóneas altas con

	<p>Maduración indeterminada</p> <p>Ventaja: múltiples cosechas posibles.</p>	<p>altas o cortas perdidas.</p>	<p>inflorescencias expuestas</p>
Corte y trilla	<p>Especies con:</p> <p>Dehiscencia o ruptura</p>	<p>Requiere un equipo significativo para administrar el volumen. La limpieza puede ser difícil, lenta y costosa.</p>	<p>Legumbres con dehiscencia distinta y rápida</p>
Cosecha Combinada	<p>Especies con:</p> <p>Período de floración corto y frutos indehiscentes. Semillas trilladas fácilmente en temporadas favorables. Colecciones de poblaciones silvestres de algunas especies herbáceas</p>	<p>Alto costo fijo de equipos. Difícil de usar en terrenos irregulares o empinados.</p> <p>También se recolectan semillas inmaduras.</p>	<p>Brassicaceae</p> <p>Asteraceae</p> <p>Plantaginaceae</p> <p>Caryophyllaceae</p>
Cosecha por aspiración	<p>Especie con dehiscencia rápida y bastante uniforme.</p> <p>Semillas que son: expuestas, ligeras y, a menudo, poseen un pelos o pappus. Especies de bajo</p>	<p>Disponibilidad limitada de equipos. Baja eficiencia de recolección</p>	<p>Nigella spp.</p> <p>Matricaria spp.</p> <p>Trigonella spp.</p> <p>Asteraceae</p>

	crecimiento o rastreras sembradas en el paisaje.		
--	--	--	--

Idealmente, la cosecha se realiza cuando las semillas alcanzan o están cerca de la madurez, que suele ser el punto de dispersión natural. Las semillas recolectadas demasiado temprano pueden no estar desarrolladas y podrían perder viabilidad cuando se secan o no germinan (Fig. 5). Sin embargo, las semillas de ciertas especies se pueden recolectar con frutos y tallos intactos y dejarse en condiciones de almacenamiento seco para que la semilla madure (Delpratt & GibsonRoy 2015).

Los índices de madurez de las semillas incluyen cambios en el color, dehiscencia de la fruta y semillas que se vuelven duras y secas. Se recomienda fuertemente separar las semillas de los frutos o coberturas y realizar una prueba de corte o prueba de pellizco antes de la cosecha, para estimar el contenido, la viabilidad y el momento óptimo de la cosecha, ya que las frutas aparentemente "normales" pueden ser inviables. Para muchas especies, aclarar que el endospermo es firme y no blando es una indicación clave de que la semilla está progresando hacia la madurez.

#### **Cosecha de semillas a pequeña escala**

La cosecha de semillas manual es requerida generalmente para recolectar especies individuales dentro de poblaciones de múltiples especies, aquellas que fructifican antes o después que otras especies presentes en la misma población, y en sitios con difícil acceso o terreno accidentado. La recolección manual se utiliza para la recolección de semillas de poblaciones naturales / manejadas y en sistemas de producción cultivados donde los cultivos son pequeños o las especies son de alto valor (por ejemplo, precio de la semilla o especies de interés para la conservación). Las técnicas simples de recolección manual incluyen arrancar, pelar, rastrillar, recortar o sacudir semillas de las plantas.

Si la dispersión/dehiscencia de semillas ocurre durante períodos más largos, la semilla puede ser capturada usando trampas de semillas o embolsado. Ejemplos de ello son proporcionados por Way and Gold (2014) y Cochrane et al. (2009). Idealmente, la semilla se toma directamente de la planta en lugar del suelo debajo, ya que podrían estar viejas, hongueadas, infestadas de insectos, en o cerca del punto de germinación, o ser de una especie diferente que no es la de interés. Para las semillas retenidas en altura, normalmente es posible llevar la semilla al nivel del suelo utilizando podadoras de pértiga extensibles, catapultas o líneas de lanzamiento (con la capacitación adecuada y las salvaguardas en el lugar también puede ser necesaria la escalada) (Fig. 6). En todos los casos, asegúrese de que se utiliza la seguridad adecuada y el equipo de protección personal (Kallow 2014).

#### **Recolección mecánica de semillas**

En la mayoría de los casos, la cosecha de semillas de sistemas de cultivos a gran escala se realiza con equipos mecánicos. Los dispositivos mecánicos pueden variar desde pequeños equipos de mano (por ejemplo, aspiradoras o cosechadoras de cepillos) (Fig. 6) hasta máquinas de gran tamaño agrícola (Fig. 7). La elección de la máquina generalmente está dictada por una variedad de factores que incluyen el tipo y el área espacial del cultivo, la configuración del lecho de cultivo, el tipo de semilla y la cantidad de semillas. Se ha adaptado una amplia variedad de cosechadoras agrícolas y hortícolas para la cosecha de semillas nativas a escala de campo, como mini-cosechadoras, cosechadoras de cepillos montadas en tractores y cosechadoras de aspiración.

Las cosechadoras de cepillos utilizan cepillos giratorios (de diferente longitud, tipo, densidad) para desplazar las semillas / frutos de las plantas. Cuando la semilla no madura permanece en las plantas, se pueden realizar pases adicionales durante una temporada para capturar especies con diferentes tiempos de maduración (Adams et al. 2016) o nuevas semillas que se producen en una etapa posterior. La cosecha por aspiración, utilizando equipos manuales o tirados por vehículos, es una técnica empleada con frecuencia para plantas pequeñas y de bajo crecimiento con semillas difusas y finas. Este método también es eficaz para recolectar semillas directamente del suelo (FloraBank 1999), especialmente cuando las semillas han caído sobre esteras de hierbas (idealmente durante o poco después de la dispersión para minimizar el riesgo de pérdida de semillas por viento o por depredación).

Las cosechadoras de cepillo y aspiradoras permiten recolectar semillas a diferentes alturas y momentos sin dañar la planta. En contraste, los equipos de cosecha que cortan tallos, como las cosechadoras combinadas, pueden recolectar todas las semillas, independientemente de su estado de madurez (teniendo en cuenta que algunas especies pueden madurar después de la cosecha). Si las opciones de cosecha se limitan a los métodos de corte, la cosecha podría llevarse a cabo en diferentes partes del cultivo en diferentes momentos. El conocimiento detallado de las especies con respecto al momento de la floración y producción de semillas ayudará a los productores a adaptar los enfoques y métodos de cosecha a las especies y los entornos de producción, maximizando idealmente la eficiencia, los rendimientos, la calidad y la diversidad genética (Tabla 1).

## **Conclusiones**

A nivel mundial, grandes cantidades de semillas de una gran diversidad de especies de plantas son fundamentales para cumplir con los objetivos de restauración a gran escala. Aquellas especies que exhiben la capacidad de producción efectiva de semillas (como poblaciones naturales manejadas o a través de sistemas de producción de semillas cultivadas) y aquellas con una necesidad específica de aumento (independientemente de la facilidad), como las especies raras o amenazadas, deben ser candidatas para la investigación para estos fines, para que la restauración ecológica efectiva y eficiente pueda llevarse a cabo a escala en todo el mundo. Sin embargo, la restauración ecológica completa basada en los ocho principios rectores de Gann et al. (2019) puede requerir en última instancia que se integre cada vez más un conjunto mayor de especies en los sistemas de producción de semillas.

La producción de semillas nativas es un área emergente en todo el mundo y se requerirá una investigación significativa y una gestión adaptativa para refinar y mejorar los métodos y resultados actuales. Muchas técnicas agrícolas y hortícolas estándar han demostrado ser efectivas para su uso con un conjunto relativamente estrecho de especies silvestres, pero siguen existiendo grandes lagunas de información para muchas otras (Hancock et al. 2020). Sin

embargo, la producción de semillas por cultivos representa un potencial único para el suministro del recurso más fundamental para la restauración ecológica: las semillas. Con este fin, las poblaciones naturales manejadas y los sistemas de producción por cultivo brindan una excelente oportunidad para entregar la cantidad y calidad de semillas requeridas para la restauración global a gran escala y se debe hacer todo lo posible para alentar y apoyar su desarrollo.

#### BIBLIOGRAFÍA CITADA

Adams J, Chapman T, Hardwick K (2016) Estudio de caso: UK Native Seed Hub, Royal Botanic Gardens, Kew. Páginas 198–204. En: Blakesley P, Buckley D (eds) Grassland restoration and management. Pelagic Publishing, Exeter, Reino Unido.

Asociación Alemana de Semillas Silvestres, Productores de Plantas Silvestres (2017) Reglas y regulaciones sobre la selección.

Basey AC, Fant JB, Kramer AT (2015) Producción de materiales vegetales nativos para restauración: 10 reglas para recolectar y mantener la diversidad genética. Plantas nativas Diario 16:37–53

Broadhurst L, Driver M, Guja L, North T, Vanzella B, Fifield G, Bruce S, Taylor D, Bush D (2015) Sembrando el futuro: los problemas de oferta y demanda en la restauración en Australia. Manejo ecológico y restauración 16:29–32

Broadhurst L, Waters C, Coates D (2017) Semilla nativa para la restauración: una discusión de temas clave utilizando ejemplos de la flora del sur de Australia. Rangeland Journal 39:487–498

Broadhurst LM, Lowe A, Coates DJ, Cunningham SA, McDonald M, Veska P, Yates C (2008) Suministro de semillas para la restauración a gran escala: maximización del potencial evolutivo. Aplicaciones evolutivas 1:587–597

Brown A, Marshall D (1995) Una estrategia básica de muestreo: teoría y práctica. Páginas 75–91. En: Collecting plant genetic diversity technical guidelines. CABI, Wallingford, Reino Unido

Oficina de Administración de Tierras (2018) Semillas de éxito. Protocolo técnico para la recolección, estudio y conservación de semillas de especies vegetales nativas. Ecología de la Restauración 28:S285–S302

Cochrane A, Crawford AD, Offord CA (2009) Recolección de semillas y material vegetativo. En: Offord AA, Meagher PF (eds) Plant germplasm conservation in Australia: strategies and guidelines for developing, managing and utilising ex situ collections. Red Australiana para la Conservación de Plantas Inc., Canberra

Delpratt J, Gibson-Roy P (2015) Abastecimiento de semillas para la restauración de pastizales. Páginas 258–330. En: Williams N, Marshall A, Morgan J (eds) Land of sweeping plains – managing and restoring the native grassland of south-eastern Australia. CSIRO Publishing, Clayton South, VIC, Australia

DeVitis M, Abbandonato H, Dixon K, Laverack G, Bonomi C, Pedrini S (2017) La industria europea de semillas nativas: caracterización y perspectivas en la restauración de pastizales. *Sostenibilidad* 9:1682

DeVitis M, Fiegenger R, Dickie J, Trivedi C, Choi J, Hay F (2020) Almacenamiento de semillas: mantener la viabilidad y el vigor de las semillas. *Ecología de la Restauración* 28:S248–S254

ENSCONET (2009) Manual de recolección de semillas para especies silvestres. [https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/collecting\\_protocol\\_english.pdf](https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/collecting_protocol_english.pdf) (consultado 20 abr 2020)

Erickson VJ, Halford A (2020) Planificación, abastecimiento y adquisición de semillas. *Ecología de la Restauración* 28:S219–S227

Espeland EK, Emery NC, Mercer KL, Woolbright SA, Kettenring KM, Gepts P, Etterson JR (2017) Evolución de los materiales vegetales para la restauración ecológica: perspectivas de la literatura aplicada y básica. *Journal of Applied Ecology* 54:102–115

FloraBank (1999) Métodos de recolección de semillas nativas. [https://www.greeningaustralia.org.au/wp-content/uploads/2017/11/FLORABANK-GUIDELINES\\_collection-methods.pdf](https://www.greeningaustralia.org.au/wp-content/uploads/2017/11/FLORABANK-GUIDELINES_collection-methods.pdf) (consultado el 20 de abril de 2020)

Frischie S, Miller A, Kildisheva OA, Pedrini S (2020) Procesamiento de semillas nativas y pruebas de calidad. *Ecología de la Restauración* 28:S255–S264

Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, et al. (2019) Principios y estándares internacionales para la práctica de la restauración ecológica. Segunda edición. *Ecología de la Restauración* 27:S1–C46

Gibson-Roy P (2018) Restauración de ecosistemas herbáceos: ¿factible o ficción? La experiencia de un australiano curioso en los Estados Unidos. *Manejo ecológico y restauración* 19:11–25

Gibson-Roy P, Delpratt J (2015) La restauración de pastizales nativos. Páginas 331–388. En: Williams N, Marshall A, Morgan J (eds) *Land of sweeping plains*. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia

Gibson-Roy P, Moore G, Delpratt J, Gardner J (2010) Expanding horizons for herbaceous ecosystem restoration: the grassy groundcover restoration project. *Manejo ecológico y restauración* 11:176–186

Invitado F (2018) Trazabilidad en la producción de semillas nativas. En: DeVitis M, Mondoni A, Pritchard HW, Laverack G, Bonomi C, (eds). *Ecología, producción y política de semillas nativas: avance del conocimiento y la tecnología en Europa*.

Muse, Trento, Italia pp. 65–67.

Hancock N, Gibson-roy P, Driver M, Broadhurst L (2020) El informe de la encuesta de semillas nativas australianas. Red Australiana para la Conservación de las Plantas, Canberra

Hoban S, Kallow S, Trivedi C (2018) Implementación de un nuevo enfoque para la conservación efectiva de la diversidad genética, con ceniza (*Fraxinus excelsior*) en el Reino Unido como estudio de caso. *Conservación biológica* 225:10–21

- Hoban S, Strand A (2015) Las colecciones de semillas ex situ se beneficiarán al considerar el diseño de muestreo espacial y la biología reproductiva de las especies. *Conservación biológica* 187:182–191
- Jalonen R, Valette M, Boshier D, Duminil J, Thomas E (2018) Restauración de bosques y paisajes severamente limitada por la falta de atención a la cantidad y calidad de semillas de árboles: Perspectivas de una encuesta global. *Cartas de conservación* 11:e12424
- Jiménez-alfaro B, Frischie S, Stolz J, Gálvez-ramírez C (2020) Plantas nativas para ecologizar agroecosistemas mediterráneos. *Plantas de la naturaleza* 6:209–214
- Kallow S (2014) Proyecto nacional de semillas de árboles del Reino Unido. Kew, Reino Unido
- Kiehl K, Kirmer A, Shaw N, Tischew S (2014) Directrices para la producción de semillas nativas y la restauración de pastizales. Cambridge Scholars Publishing, Newcastle upon Tyne, Reino Unido
- Kramer AT, Wood TE, Frischie S, Havens K (2018) Considerar la ploidía al producir y usar materiales vegetales nativos de fuentes mixtas para la restauración. *Ecología de la Restauración* 26:13–19
- Mainz AK, Wieden M (2019) Diez años de certificación de semillas nativas en Alemania: un resumen. *Biología vegetal* 21:383–388
- Mallik AU, Gimingham CH (1983) Regeneración de plantas de brezales después de la quema. *Vegetatio* 53:48–58
- Meissen JC, Galatowitsch SM, Cornett MW (2015) Riesgos de la sobreexplotación de semillas de praderas nativas de pastos altos. *Ecología de la Restauración* 23:882–891
- Merritt DJ, Dixon Kingsley W (2011) Restauración de bancos de semillas – una cuestión de escala. *Ciencia* 332:424–425
- Nagel R, Durka W, Bossdorf O, Bucharova A (2019) Evolución rápida en plantas nativas cultivadas para restauración ecológica: no es un patrón general. *Biología vegetal* 21:551–558
- Nevill PG, Cross AT, Dixon KW (2018) El abastecimiento ético de semillas es un tema clave para cumplir con los objetivos globales de restauración. *Current Biology* 28:R1378–R1379
- Nevill PG, Tomlinson S, Elliott CP, Espeland EK, Dixon KW, Merritt DJ (2016) Áreas de producción de semillas para el desafío global de restauración. *Ecología y evolución* 6:7490–7497
- Pakkad G, Al Mazrooei S, Blakesley D, James C, Elliott S, Luoma-Aho T, Koskela J (2007) Variación genética y flujo genético entre las poblaciones de *Prunus cerasoides* D. Don en el norte de Tailandia: análisis de un sitio rehabilitado y bosque intacto adyacente. *Bosques Nuevos* 35:33–43
- Pedrini S, Dixon KW (2020) Principios y estándares internacionales para semillas nativas en restauración ecológica. *Ecología de la Restauración* 28:S285–S302
- Scotton M, Kirmer A, Krautzer B (2012) Manual práctico para la cosecha de semillas y la restauración ecológica de pastizales ricos en especies. Cleup, Padua, Italia

Shaw N, Jensen S (2014) Uso de materiales vegetales nativos para la restauración de artemisa. Páginas 141–159. En: Kiehl K, Kirmer A, Shaw N, Tischew S (eds) Guidelines for native seed production and grassland restoration. Cambridge

Scholars Publishing, Newcastle upon Tyne, Reino Unido

Shaw N, Pellant M, Fisk M, Denney E (2012) Un programa de colaboración para proporcionar materiales vegetales nativos para la Gran Cuenca. Pastizales 34:11–16

The Royal Botanic Gardens Kew (2001) Field manual for seed collectors: seed collecting for the millennium seed bank project. págs. 1–21.

[http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/English\\_kppcont\\_035653\\_A-field-manual-for-seed-collectors.pdf](http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/English_kppcont_035653_A-field-manual-for-seed-collectors.pdf) (consultado el 20 de abril

2020) de Urzedo D, Piña-Rodrigues F, Feltran-Barbieri R, Junqueira R, Fisher R (2020) Redes de semillas para la ampliación Restauración del paisaje forestal: ¿es posible expandir las fuentes de plantas nativas en Brasil? Bosques 11:259

de Urzedo DI, Fisher R, Piña-Rodrigues FCM, Freire JM, Junqueira RGP (2019) Cómo las políticas limitan el suministro de semillas nativas para la restauración en Brasil. Ecología de la Restauración 27:768–774

de Urzedo DI, Vidal E, Sills EO, Piña-Rodrigues FCM, Junqueira RGP (2016) Semillas de bosque tropical en la economía doméstica: efectos de la participación en el mercado entre tres grupos socioculturales en la región del alto Xingu de la Amazonía brasileña. Conservación del medio ambiente 43:13–23

Way, M y Gold K (2014) Evaluación de una población para colecciones de semillas. Hoja de Información Técnica MSBP 02.

<http://brahmsonline.kew.org/Content/Projects/msbp/resources/Training/02-Assessing-population.pdf> (consultado el 20 de abril de 2020)

Way MJ (2003) Recolección de semillas de plantas no domesticadas para la conservación a largo plazo. En: Smith RD, Dickie JB, Linington SH, Pritchard HW, Probert RJ (eds) Conservación de semillas: convertir la ciencia en práctica. Real Jardín Botánico de Kew, Reino Unido

White A, Fant JB, Havens K, Skinner M, Kramer AT (2018) Restauración de la diversidad de especies: evaluación de la capacidad en la industria de plantas nativas de los Estados Unidos. Ecología de la Restauración 26:605–611

Young S, Schrupf B, Amberson E (2003) The Association of Official Seed Certifying Agencies (AOSCA) native plant connection. AOSCA, Moline, IL.

[https://www.aosca.org/wp-content/uploads/Documents///AOSCANativePlantConnectionBrochure\\_AddressUpdated\\_27Mar2017.pdf](https://www.aosca.org/wp-content/uploads/Documents///AOSCANativePlantConnectionBrochure_AddressUpdated_27Mar2017.pdf) (consultado el 20 de abril de 2020)

Información de apoyo

La siguiente información se puede encontrar en la versión en línea de este artículo:

Suplemento S1. Recolección de semillas

Suplemento S2. Producción de semillas

Suplemento S3. Polinizadores, gestión de plagas y enfermedades

Editor coordinador: Stephen Murphy

Recibido: 13 diciembre, 2019; Primera decisión: 29 de enero de 2020; Revisado: 21  
abril, 2020; Aprobado: 24 abril, 2020