

Un Enfoque Para Crear Paletas de Plantacion Especificas Para Apoyar a los Polinizadores en las Islas del Cielo

Resumen: Los profesionales de la restauración enfrentan el desafío de modificar y adaptar continuamente sus enfoques de restauración considerando una mayor diversidad de técnicas de restauración y conjuntos más amplios de especies de plantas. Aquí se presenta un enfoque de diseño de paleta de plantación de polinizadores que aprovecha la riqueza de especies botánicas para ayudar a los esfuerzos de conservación de polinizadores en la región de Islas del Cielo con una biodiversidad única.

Palabras clave: polinizadores, plant palette, restauración

RECIBIDO: Julio 18, 2020. **ACEPTADO:** Julio 21, 2020.

Tipo: Estudios de caso de una colaboración de restauración binacional de base en la ecorregión del Archipiélago Madreño (2014-2019) - Avances Técnicos.

Fondos: Los autores revelaron haber recibido el apoyo financiero para la investigación, autoría y/o publicación de este artículo: Este trabajo fue financiado en gran parte por una subvención de la Wildlife Conservation Society a través del Climate Adaptation Fund; El apoyo para establecer este fondo fue proporcionado por la Fundación Caritativa Doris Duke. Sky Island Alliance proporcionó fondos y apoyo para el trabajo de Carianne Campbell durante los años iniciales de desarrollo de este enfoque de 2016 a 2018.

Declaración de intereses en conflicto: Los autores declararon no tener ningún conflicto de interés potencial con respecto a la investigación, autoría, y/o publicación de este artículo.

AUTOR CORRESPONDIENTE: Carianne Campbell, Strategic Habitat Enhancements, LLC, 6532 E. Speedway Blvd, Tucson, AZ 85710, USA. Correo electrónico: carianne@strategichabitats.com

Introducción

La región de Islas del Cielo en el sureste de Arizona y el norte de Sonora, también conocida como la Ecorregión del Archipiélago Madreño, es un complejo montañoso único que se extiende desde latitudes subtropicales a templadas y conecta dos sistemas montañosos principales: las Montañas Rocosas y la Sierra Madre.¹ La región exhibe una diversidad biológica excepcional (riqueza de especies) y es reconocida como un hotspot de importancia mundial para muchos animales que sirven como polinizadores (por ejemplo murciélagos, colibríes, insectos, etc.). La región alberga la mayor riqueza de especies de hormigas, mamíferos y reptiles de América del Norte¹ y es probable que tenga el conjunto de abejas más diverso del mundo.²

La disminución de las especies de insectos, incluidos muchos grupos de insectos polinizadores, ha sido ampliamente documentada y publicitada. Sanchez-Bayo y Wyckhuys³ identifican los 3 factores contribuyentes más importantes que son, en orden de importancia, la pérdida de hábitat y conversión a agricultura y urbanización, contaminación y patógenos y especies introducidas. Estos factores se ven agravados por las condiciones climáticas cambiantes que pueden causar estragos en las estrechas conexiones fenológicas entre las plantas nativas y sus polinizadores. Los cambios en estas conexiones no se limitan a invertebrados; en Arizona y Colorado, McKinney et al⁴ documentaron la llegada temprana en primavera de los colibríes de cola ancha que anidan en Colorado. Las especies de plantas de las que dependen para obtener néctar ahora también florecen mucho antes de la llegada del ave, lo

que crea un periodo corto de superposición en el que las floraciones pueden proporcionar recursos para las aves, poniendo así en peligro el éxito reproductivo. Se han realizado observaciones similares cerca de la Patagonia, Arizona, en el corazón de la región de las Islas del Cielo, donde los investigadores de colibríes han confirmado brechas fenológicas en la disponibilidad de flores que han estado implicadas en la falla de los nidos de colibríes y otros impactos potenciales para los colibríes migratorios y las abejas que anidan en el suelo.⁵

Justificación del Enfoque

El impacto de la disminución de las poblaciones de insectos y la diversidad se propaga a través de muchos otros taxones de animales, y su conservación es fundamental para la conservación biológica. Una coalición de entomólogos investigadores internacionales ha descrito recientemente una hoja de ruta para la conservación y recuperación de insectos que destaca muchas acciones inmediatamente necesarias, incluido el valor de mejorar los programas de restauración y conservación y el aumento de la heterogeneidad del paisaje.⁶ Los materiales vegetales se pueden utilizar estratégicamente para mejorar esta heterogeneidad cuando se enfatiza la diversidad de plantaciones. Los beneficios de “abajo hacia arriba” de la diversidad de plantas en múltiples niveles tropicales, incluyendo específicamente a los polinizadores, se demostraron en un estudio de 8 años en un ecosistema de pastizales templados, donde los autores encontraron que “la riqueza de especies de plantas tuvo efectos generales muy significativos sobre la abundancia de otros organismos.”⁷ Además, Buckley y Nabhan⁵ abogaron por la restauración de polinizadores en el suroeste de los Estados Unidos, particularmente en los estados fronterizos del desierto entre Estados Unidos y México. Destacaron la importancia fundamental de abordar los problemas en la base de la cadena alimentaria para la salud ecológica general de la región.

Una de las mejores prácticas de manejo más ampliamente aceptadas para la conservación de polinizadores es incluir un conjunto diverso de especies de plantas nativas, prestando especial atención a la diversidad temporal de las floraciones, particularmente a principios de la primavera y finales del otoño. Por ejemplo, la Sociedad Xerces, recomienda un mínimo de 3 plantas de néctar en flor durante cada temporada para mejorar la supervivencia de la mariposa monarca.⁸ Buckley y Nabhan⁵ enfatizan la importancia de considerar el paisaje en las rutas de migración y los “corredores de néctar”. En las Islas del Cielo, topográficamente diversas, estos corredores pueden abarcar gradientes de elevación significativos y cruzar las limitaciones del rango natural de las especies: estos y otros factores requieren una consideración cuidadosa de qué especies nativas son apropiadas para un sitio determinado.

Hay varias herramientas disponibles para guiar la selección de plantas de restauración para proyectos de conservación de polinizadores, así como para proyectos que consideren explícitamente cómo cambiar cuáles, cuándo y dónde se están plantando especies para responder al cambio climático. Sin embargo, estas herramientas son insuficientes para desarrollar listas de plantas específicas del sitio para proyectos en la región de Sky Island, con su flora hiperdiversa y heterogénea. Esto se debe en parte a la complejidad de la topografía, el relieve y los hábitats^{9,10} y las complejas interacciones fenológicas entre las plantas y la vida silvestre debido en parte a un patrón de precipitación bimodal que produce respuestas únicas de floración de primavera y verano.

Por ejemplo, la Administración Federal de Carreteras colaboró con el Servicio Forestal de los EE. UU., La Sociedad Xerces y otros en una Herramienta de asistencia para la revegetación ecorregional (<http://www.nativervegetation.org/era/#>). Las ecorregiones de nivel III de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos pueden buscar posibles especies de plantas de restauración. Aunque quizás sea una herramienta útil durante las etapas iniciales de planificación, el resultado de la ecorregión del archipiélago Madrean no es lo suficientemente detallado como para crear una paleta de plantas específica del sitio; No se incluye información sobre el rango de altitud, la comunidad de vegetación y el color de las flores. Sin embargo, una vez que se genera una paleta de sitios específicos, esta herramienta es una fuente de información útil para los beneficios de los polinizadores proporcionados por especies específicas; además, las especies de plantas se identifican como útiles como caballos de

batalla, revegetación y / o especies polinizadoras. Point Blue Conservation Science¹¹ ha creado herramientas para ayudar a los profesionales a considerar los aspectos relacionados con el clima de las plantas al diseñar paletas de plantación de restauración, incluida la tolerancia a la exposición al sol, las condiciones de humedad del suelo, la "vegetación perenne", la adaptación al fuego y el momento de la disponibilidad de flores y semillas para la vida silvestre (<http://www.pointblue.org/wp-content/uploads/2018/12/CSRToolkit.pdf>). Sin embargo, estas herramientas son específicas para ciertas regiones de California y no son relevantes para los sitios del proyecto en Sky Islands.

Un enfoque amplio que utiliza una gran diversidad de plantas nativas respalda una variedad de polinizadores. La biodiversidad de la región de Sky Island es lo que hace que la conservación de los polinizadores sea tan importante y también la base de una estrategia de conservación eficaz. La industria local de viveros en el sureste de Arizona es fuerte, vibrante y diversa. Hay varios productores competentes de plantas nativas de alta calidad sin pesticidas que están disponibles para fines de conservación, con operadores de viveros en el sector sin fines de lucro (por ejemplo, Borderlands Restoration, Gila Watershed Partnership y Desert Survivors Nursery), el sector empresarial (p. ej., Nighthawk Natives y Spadefoot Nursery) y el sector gubernamental (p. ej., Bureau of Land Management [BLM] Seeds of Success, Pima County Native Plant Nursery, Natural Resources Conservation Service [NRCS] Tucson Plant Materials Center).

Enfoque de diseño de paleta de plantación de polinizadores

El enfoque de diseño de paleta de plantación de polinizadores que se describe a continuación se puede utilizar para elegir un conjunto apropiado de plantas nativas para su instalación en proyectos de restauración centrados en polinizadores en entornos urbanos o silvestres.

El énfasis radica en aprovechar la diversa flora nativa de la región para proporcionar parches de hábitat hiperdiversos y apropiados para el sitio que proporcionen tantos recursos florales (polen y néctar) como sea posible en un momento dado y garantizar períodos máximos de floración superpuestos. Esto se logra mediante el uso de un calendario de floración, una herramienta común que los diseñadores de jardines utilizan para predecir y describir cuándo florecerán diferentes especies en sus jardines. Este concepto se aplica con la lente adicional de proporcionar recursos florales nativos para polinizadores que se pueden personalizar para sitios específicos en la región de Sky Island mediante 4 pasos:

1. Inventario de los recursos florales existentes
2. Desarrollar un calendario de floración de referencia
3. Seleccione especies de plantas nativas
4. Supervisar y gestionar de forma adaptativa

El resultado es una herramienta que puede usarse para visualizar una paleta de plantas por sus fenologías de floración colectiva y puede usarse para predecir y evaluar si hay períodos durante el año en los que un sitio podría aumentarse con especies adicionales para proporcionar mejores recursos florales para apoyar a los polinizadores. Este enfoque se puede utilizar para garantizar que se disponga de una mayor diversidad de recursos alimentarios durante un período de tiempo particular y para extender el período de tiempo durante el cual los recursos alimentarios están disponibles. Maximizar la diversidad y los períodos de floración superpuestos será un beneficio para muchas especies polinizadoras en general; El enfoque también puede enfocarse para asegurar la inclusión de plantas alimenticias para larvas también para especialistas en polinizadores particulares.

Paso 1: inventario

El primer paso es hacer un inventario de las especies de plantas presentes en el sitio para crear una lista de plantas de referencia. Las especies anuales pueden germinar después de la precipitación del invierno o del monzón. En muchos sitios, puede haber conjuntos de especies anuales estacionalmente diferentes como resultado de este patrón de precipitación bimodal. La mejor práctica es realizar múltiples estudios de vegetación para capturar tantas especies como sea posible en el inventario. El tiempo apropiado para los inventarios de línea de base variará dependiendo de la elevación del área del

proyecto y los patrones de precipitación ese año; para el desierto bajo cerca de Tucson, AZ (2400 pies), se recomienda una encuesta de primavera (marzo-abril) y una encuesta de monzón (agosto-septiembre). Los inventarios pueden ser listas de especies informales o estudios de vegetación formales, según la escala, las metas y los objetivos del proyecto. Por ejemplo, si este enfoque se utiliza para desarrollar un proyecto de restauración a gran escala que cubre una gran superficie, se puede justificar un estudio de la vegetación más completo que si se utiliza para desarrollar un jardín comunitario de polinizadores. También se deben anotar las condiciones y los recursos potenciales de polinizadores y / o el contexto ecológico en las propiedades adyacentes, idealmente a través del reconocimiento del terreno y con imágenes aéreas. La información contextual importante incluye la ubicación de áreas ribereñas y otros recursos hídricos; tipo de uso de la tierra; Prácticas de manejo; y fragmentación y / o conexión con áreas naturales.

Paso 2: calendario de floración de referencia

Las especies del inventario de línea de base se ingresan en una hoja de cálculo que incluye columnas para cada mes del año junto con otra información de interés como rango de elevación, hábitat, hábito de la planta, forma de la flor, beneficios conocidos para los polinizadores, etc. Utilizando las descripciones de especies más actualizadas disponibles en la literatura botánica, la hoja de cálculo se completa con la información adecuada. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de hoja de cálculo, donde las especies están ordenadas por color de flor y primer mes de floración. El color de la flor se observa a lo largo de los meses de floración de acuerdo con las descripciones de las especies. Por ejemplo, la lista de madreselva del desierto (*Anisacanthus thurberi*) muestra entradas para floraciones de marzo a junio y nuevamente en octubre y noviembre. Debido a que tiene flores anaranjadas / rojas, las celdas de los meses apropiados se llenan de rojo. Se debe utilizar la mejor, más reciente y local información disponible para desarrollar el calendario de floración. Por ejemplo, Bertelsen¹² proporciona datos florísticos actualizados, incluida la elevación y la fenología, para todas las especies observadas a lo largo de un sendero en un cañón en la cara sur de las montañas de Santa Catalina en las afueras de Tucson, y Verrier¹³ también ha completado una flora anotada muy útil de las Montañas Santa Catalina. Muchos proyectos no contarán con fuentes de información tan precisas, actualizadas y locales disponibles. En ese caso, el mejor recurso de información para la región de Sky Island es el Capítulo Arizona-Nuevo México de la Red de Información Ambiental del Suroeste (SEINet; <http://swbiodiversity.org/seinet/index.Php>), una base de datos en línea de especímenes de herbario y descripciones de especies. Hay 10 redes regionales de herbarios de América del Norte incluidas en la base de datos SEINet (<http://symbiota.org/docs/seinet/>). Las especies no nativas deben identificarse en la hoja de cálculo y su contribución a los recursos florales del sitio deben considerarse antes de los planes de eliminación o tratamiento. Por ejemplo, si una especie es invasora y si es la única planta que florece durante un cierto período de tiempo, su remoción debe ser escalonada con el establecimiento de especies nativas que reemplacen su período de floración. En algunos casos, las especies no nativas, incluidas las ornamentales, pueden estar proporcionando recursos valiosos y se debe tener en cuenta su conservación en el sitio. Por ejemplo, Rollings y Goulson¹⁴ realizaron pruebas de campo con más de 100 especies de ornamentales nativos y no nativos para medir la visita de polinizadores en un sitio en el Reino Unido. No encontraron diferencias en el número de insectos que visitaban especies nativas frente a especies no nativas; sin embargo, esas plantas nativas fueron visitadas por un conjunto más diverso de especies de insectos. Una vez que se ingresan estos datos para todas las especies, la hoja de cálculo se puede clasificar por color de flor (o algún otro atributo de interés) para desarrollar una representación visual de los recursos florales en el sitio. Es importante tener en cuenta los meses en los que florecen muy pocas especies, así como los colores de flores subrepresentados. Esta información guiará la elección de especies para el aumento.

Paso 3: elegir especies para el aumento

Las adiciones al conjunto de especies de referencia se pueden guiar haciendo referencia a listas de inventario floral de ubicaciones cercanas o creando una lista personalizada. El SEINet contiene los recursos para cualquiera de estos enfoques. Las listas de agencias particulares y unidades de manejo de tierras están disponibles para el Servicio de Parques Nacionales (NPS), el Servicio Forestal de los

Estados Unidos y BLM (<http://swbiodiversity.org/seinet/projects/index.php>). Otras opciones incluyen el uso de la función de lista de verificación dinámica (<http://swbiodiversity.org/seinet/checklists/dynamicmap.php?Interface=checklist>) para generar una lista de especies documentadas dentro de un radio determinado desde un punto en un mapa, o la dinámica función de mapeo (<http://swbiodiversity.org/seinet/collections/map/index.php>) para construir una lista de especies documentadas dentro de un polígono, o incluso una cuenca hidrográfica completa. Es importante entender que las listas de especies generadas por el SEINet incluyen solo especies documentadas a partir de especímenes de herbario, no todas las especies potenciales que podrían ocurrir en el sitio. El uso de un área de superficie más grande o un gradiente de elevación mayor producirá más opciones de plantas; El reconocimiento general en la cuenca hidrográfica circundante también puede ser útil para identificar otras especies potenciales para su consideración. Las especies consideradas para el aumento deben ser examinadas para garantizar que sean nativas y apropiadas para la elevación y el tipo de hábitat, según lo verificado por la descripción de la especie o el conocimiento personal. Es probable que mediante este enfoque se identifiquen muchas más especies potenciales de las que se pueden incorporar en el proyecto de manera factible. A continuación se presentan algunos puntos a considerar durante la priorización para que las plantas los incluyan.

Seleccione especies que:

- Aborden las brechas temporales en los períodos de floración, como se identifica en el calendario de floración de referencia, con especial énfasis en la primavera, el bosque árido y las floraciones de finales de verano / otoño para abordar períodos de necesidad crítica de polinizadores.
- Aumenten la complejidad estructural (cuando sea apropiado) seleccionando hábitos de crecimiento de plantas subrepresentados, p. Ej., Aumentando la capa de arbustos en el medio del dosel en un sistema ribereño degradado para proporcionar recursos florales adicionales, así como cobertura y hábitat de reproducción.
- Son plantas hospedantes conocidas para larvas de insectos polinizadores, en particular especies que tienen plantas hospedadoras muy específicas (por ejemplo, algodoncillo [*Asclepias* spp.] para larvas de mariposa monarca).
- Son tolerantes a los factores estresantes climáticos como la sequía y los incendios.
- Están disponibles para su uso mediante propagación o siembra.

La función "clave simbionte" se puede utilizar para filtrar listas en el SEINet por hábito de la planta, longevidad, color de la flor y otros atributos. Es el pequeño icono de llave dorada que aparece junto al nombre de la lista. Consulte la Figura 1 para ver un ejemplo de una paleta "completa" de especies que ya estaban en el sitio (línea de base) y especies aumentadas seleccionadas para la restauración de polinizadores.

4 Investigación del aire, el suelo y el agua

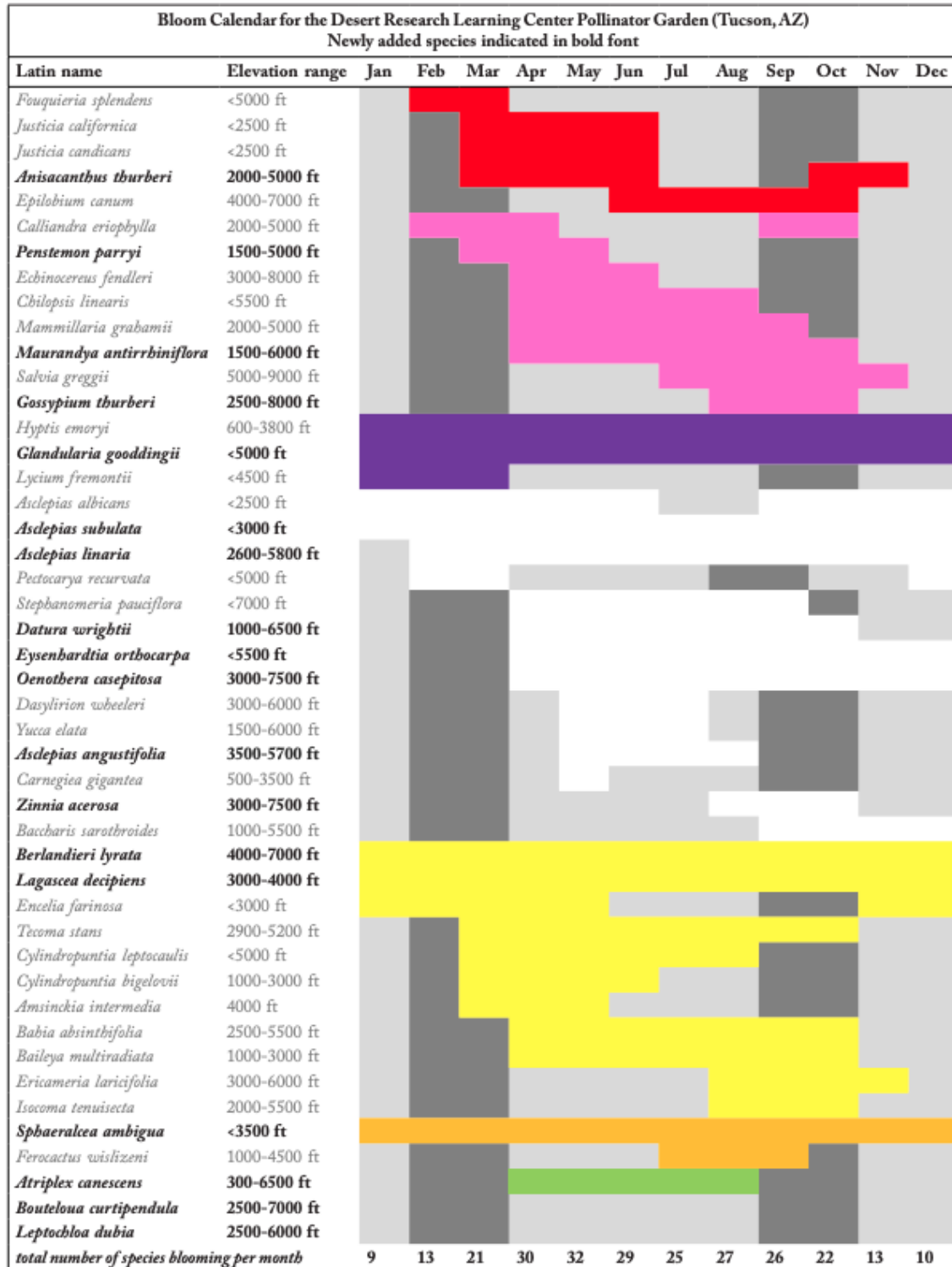


Figura 1. Ejemplo de hoja de cálculo de calendario de floración del Proyecto del Centro de Aprendizaje de Investigación del Desierto en Tucson, Arizona. Se pone especial énfasis en las plantas que florecen a principios de primavera (febrero-marzo) y otoño (septiembre-octubre). Calendario de floración para el jardín de polinizadores del Centro de aprendizaje de investigación del desierto (Tucson, AZ)

Nombre latino/Rango de elevación Ene Feb Mar Abr May Jun Jul Ago Sep Oct Nov Dic

- *Fouquieria splendens* <5000 pies
- *Justicia californica* <2500 pies
- *Justicia candicans* <2500 pies
- *Anisacanthus thurberi* 2000-5000 pies
- *Epilobium canum* 4000-7000 pies
- *Calliandra eriophylla* 2000-5000 pies
- *Penstemon parryi* 1500-5000 pies
- *Echinocereus fendleri* 3000-8000 pies
- *Chilopsis linearis* <5500 pies
- *Mammillaria grahamii* 2000-5000 pies
- *Maurandya antirrhiniflora* 1500-6000 pies
- *Salvia greggii* 5000-9000 pies
- *Gossypium thurberi* 2500-8000 pies
- *Hyptis emoryi* 600-3800 pies
- *Glandularia gooddingii* <5000 pies
- *Lycium fremontii* <4500 pies
- *Asclepias albicans* <2500 pies
- *Asclepias subulata* <3000 pies
- *Asclepias linaria* 2600-5800 pies
- *Pectocarya recurvata* <5000 pies
- *Stephanomeria pauciflora* <7000 pies
- *Datura wrightii* 1000-6500 pies
- *Eysenhardtia orthocarpa* <5500 pies
- *Oenothera casepitosa* 3000-7500 pies
- *Dasyilirion wheeleri* 3000-6000 pies
- *Yucca elata* 1500-6000 pies
- *Asclepias angustifolia* 3500-5700 pies
- *Carnegiea gigantea* 500-3500 pies
- *Zinnia acerosa* 3000-7500 pies
- *Baccharis sarothroides* 1000-5500 pies
- *Berlandieri lyrata* 4000-7000 pies
- *Lagascea decipiens* 3000-4000 pies
- *Encelia farinosa* <3000 pies
- *Tecoma stans* 2900-5200 pies
- *Cylindropuntia leptocaulis* <5000 pies
- *Cylindropuntia bigelovii* 1000-3000 pies
- *Amsinckia intermedia* 4000 pies
- *Bahía absinthifolia* 2500-5500 ft
- *Baileya multiradiata* 1000-3000 pies
- *Ericameria laricifolia* 3000-6000 pies
- *Isocoma tenuisecta* 2000-5500 pies
- *Sphaeralcea ambigua* <3500 pies
- *Ferocactus wislizeni* 1000-4500 pies
- *Atriplex canescens* 300-6500 pies
- *Bouteloua curtipendula* 2500-7000 pies
- *Leptochloa dubia* 2500-6000 pies

número total de especies que florecen por mes 9 13 21 30 32 29 25 27 26 22 13 10

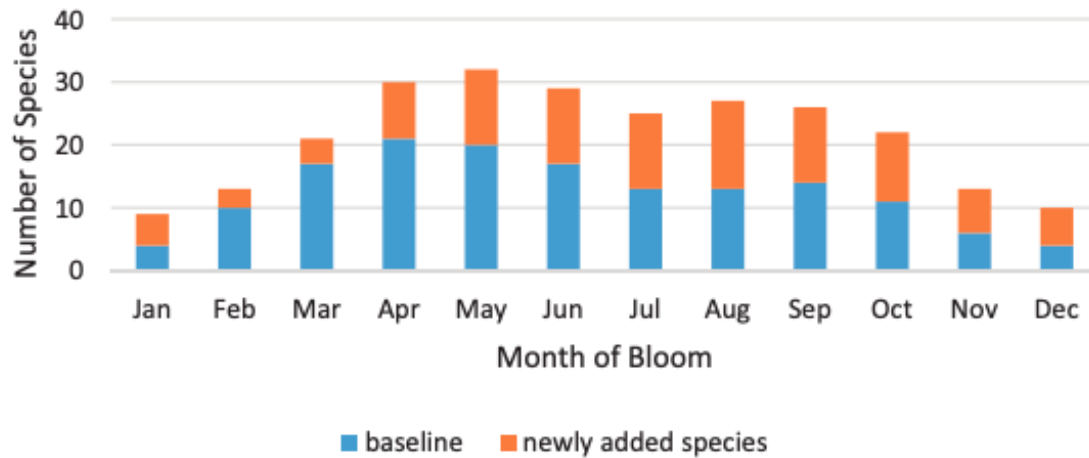


Figura 2. Número potencial de especies que florecen por mes en el Jardín de Polinizadores del Centro de Aprendizaje de Investigación del Desierto, Tucson, Arizona.

Paso 4: monitoreo y manejo adaptativo

Una vez que las plantas nativas se han instalado de acuerdo con la paleta desarrollada, la hoja de cálculo se puede usar para monitorear y administrar el proyecto para obtener la máxima diversidad y períodos de floración superpuestos. Una simple comparación de la paleta instalada con el calendario de floración de línea de base puede producir evaluaciones de la mejora del sitio a través de métricas como el número de familias y / o especies; número de especies que florecen en cada mes (número bruto y por color de flor), con especial atención a la mejora a principios de la primavera y finales del otoño; especies que se sabe que son plantas hospedantes de insectos de interés, etc. La información sobre rangos de elevación y períodos de floración utilizados para construir calendarios de floración, tomada de descripciones históricas de especies, puede haber cambiado desde que se publicaron esos recursos. Además, el momento real de la floración puede variar anualmente y entre sitios. La precisión de la hoja de cálculo se puede mejorar para un área de proyecto específica actualizándola con observaciones fenológicas locales. Se pueden utilizar observaciones semanales o mensuales de especies en flor para aumentar la precisión y granularidad de los recursos florales proporcionados por el sitio, y también para guiar los esfuerzos posteriores de aumento de especies. En el Desert Research Learning Center (DRLC), una instalación de NPS en Tucson, AZ, este enfoque se implementó durante un taller en la primavera de 2019. El personal de NPS quería evaluar el jardín de polinizadores que se había instalado previamente para ver si había más especies de plantas que podrían agregarse para aumentar los recursos disponibles para los polinizadores en cualquier momento del año. Después de que se evaluó la flora local, se seleccionaron 17 especies para el aumento que colectivamente aumentaron el potencial de floración durante los 12 meses del año (Figura 2). Además, se incluyeron 3 algodoncillos nativos (*Asclepias* spp.) Para aumentar el potencial de sustentar las larvas de la mariposa monarca en el jardín. El DRLC es una instalación tanto de investigación como de enseñanza, por lo que es el lugar perfecto para observar y monitorear los patrones de floración en comparación con el calendario de floración desarrollado para el proyecto.

Escalabilidad del enfoque

Aunque este enfoque se desarrolló para abordar una brecha técnica en proyectos en la región de Sky Island, es adaptable a cualquier ubicación mediante el uso de los datos florales regionales apropiados. Otras redes de herbarios regionales de América del Norte incluidas en el SEINet son las siguientes:

- Red regional de conocimientos especializados y colecciones del sudeste (sudeste de EE. UU.)
- Consorcio Regional de Herbarios de Texas Oklahoma

El enfoque de diseño de paleta de plantas que se describe aquí es compatible con todas estas otras redes regionales. Este enfoque proporciona una herramienta para administradores de tierras, investigadores y jardineros con mentalidad científica que buscan proporcionar a los polinizadores los recursos florales que necesitan, en el momento en que los necesitan. Dado que el cambio climático afecta los ciclos anuales de las plantas y la vida silvestre que depende de ellas, los proyectos de restauración deben volverse más sofisticados. Una consideración cuidadosa de la diversidad de especies de plantas y fenologías puede facilitar la restauración de ecosistemas degradados y asegurar alimento y refugio para tantas especies de polinizadores como sea posible en el futuro. Los diversos hábitats, elevaciones y especies de la región de Sky Island brindan amplias oportunidades para implementar y monitorear este enfoque en proyectos de restauración. Aunque este enfoque aborda problemas y rasgos específicos en la región de Sky Island, el concepto y los pasos descritos para diseñar una paleta de plantas son aplicables a cualquier proyecto de restauración que busque proporcionar diversidad fenológica como resistencia al cambio climático.

Agradecimientos

Gracias a Louise Misztal, Directora Ejecutiva de Sky Island Alliance, quien jugó un papel decisivo en el marco inicial de este trabajo a través de la lente de la adaptación al cambio climático y ha sido un maravilloso apoyo a medida que avanzaba el trabajo. También se agradece de todo corazón a las decenas de miembros del personal, pasantes y voluntarios de Sky Island Alliance que contribuyeron innumerables horas de trabajo de campo a este esfuerzo y, en particular, a Marci Caballero-Reynolds y Kathleen Koopman, quienes además de ayudar en el campo también ingresó datos florísticos para desarrollar calendarios de floración. El administrador de la reserva del cañón Aravaipa de The Nature Conservancy, Mark Haberstick, junto con Christina Pearson, James Heitholt, John Kraft y otros en el Bosque Nacional Coronado nos permitieron probar estas ideas a través de actividades de restauración sobre el terreno en tierras públicas y de conservación. Jeff Conn, de la Oficina de Administración de Tierras y luego del Servicio de Parques Nacionales, proporcionó un estudio de caso para el esfuerzo a través de un taller en el Centro de Aprendizaje de Investigación del Desierto en abril de 2019. Las conversaciones con Steve Buckley y todo el personal de la guardería en Borderlands Restoration sirvieron de inspiración para profundizar en la solución de los problemas de déficit de néctar en Sky Islands. Gracias también a un revisor anónimo, Emily Burns de Sky Island Alliance, Elise Gornish de la Extensión Cooperativa de la Universidad de Arizona, Michele Girard (jubilada de USFS), Molly Cross de la Wildlife Conservation Society y Robert Behrstock y Karen LeMay de Pollinator Corridors Southwest por proporcionar comentarios de revisión reflexivos desde una variedad de perspectivas diferentes que mejoraron enormemente el borrador.

Contribuciones de la autora

CC desarrolló el enfoque descrito y supervisó su implementación en el campo y en los talleres.

ORCID iD

Carianne Campbell <https://orcid.org/0000-0001-5678-4973>

Creative Commons Non Commercial CC BY-NC: este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia Creative Commons Reconocimiento-No comercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) que permite el uso no comercial, reproducción y distribución del trabajo sin permiso adicional siempre que el trabajo original se atribuya como se especifica en las páginas SAGE y Open Access (<https://us.sagepub.com/en-us/nam/open-access-at-sage>).

Referencias

1. Warshall P. The Madrean Sky Island Archipelago: a planetary overview. In: DeBano LF, Ffolliott PF, Ortega-Rubio A, Gottfried GJ, Hamre RH, Edminster CB, eds. *Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: The Sky Islands of Southwestern United States and Northwestern Mexico* (General technical report RM-GTR-264). Tucson, AZ: U.S. Forest Service; 1994:6-18.
2. Buchmann SL. Diversity and importance of native bees from the Arizona/Mexico Madrean archipelago. In: DeBano LF, Ffolliott PF, Ortega-Rubio A, Gottfried GJ, Hamre RH, Edminster CB, eds. *Biodiversity and Management of the Madrean Archipelago: The Sky Islands of Southwestern United States and Northwestern Mexico*. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station; 1994:301-310.
3. Sanchez-Bayo F, Wyckhuys K. Worldwide decline of the entomofauna: a review of its drivers. *Biol Conserv.* 2019;232:8-27.
4. McKinney AM, CaraDonna PJ, Inouye DW, Barr B, Bertelsen CD, Waser NM. Asynchronous changes in phenology of migrating broad-tailed hummingbirds and their early-season nectar resources. *Ecology.* 2012;93:1987-1993.
5. Buckley S, Nabhan GP. Food chain restoration for pollinators: regional habitat recovery strategies involving protected areas of the southwest. *Native Areas J.* 2016;36:489-497.
6. Harvey JA, Heinen R, Armbrecht I, et al. International scientists formulate a roadmap for insect conservation and recovery. *Nat Ecol Evol.* 2020;4:174-176. doi:10.1038/s41559-019-1079-8.
7. Scherber C, Eisenhauer N, Weisse W, et al. Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature.* 2010;468:553-556. doi:10.1038/nature09492.
8. The Xerces Society. *Managing for Monarchs in the West: Best Management Practices for Conserving the Monarch Butterfly and Its Habitat*. Portland, OR: The Xerces Society for Invertebrate Conservation; 2018:106+vi.
9. Marshall JT Jr. *Birds of pine-oak woodland in southern Arizona and adjacent Mexico* (Pacific Coast Avifauna number 32). Chicago, IL: Cooper Ornithological Society; 1957:1-125.
10. Shreve F. Conditions indirectly affecting vertical distribution on Desert Mountains. *Ecology.* 1922;3:269-274. doi:10.2307/1929428.
11. Point Blue Conservation Science. Climate-smart Planting Design Tool: calibrated to Marin and Sonoma counties, California (Version 2014-4-07). <http://www.pointblue.org/wp-content/uploads/2018/12/CSRToolkit.pdf>. Published 2014.
12. Bertelsen CD. Thirty-seven years on a mountain trail: vascular flora and flowering phenology of the finger rock Canyon watershed, Santa Catalina Mountains, Arizona. *Desert Plants.* 2018;34:6-248.
13. Verrier J. Annotated flora of the Santa Catalina Mountains, Pima and Pinal counties, southeastern Arizona. *Desert Plants.* 2018;33:1-290.
14. Rollings R, Goulson D. Quantifying the attractiveness of garden flowers for pollinators. *J Insect Conserv.* 2019;23:803-817. doi:10.1007/s10841-019-00177-3.