

Herramienta de selección de lotes de semillas (Seedlot Selection Tool, SST)

Guía del usuario

Table of Contents

Introducción	1
Paso 1. Seleccionar el objetivo	1
Paso 2. Seleccionar la ubicación	1
Paso 3. Seleccionar la región	2
Paso 4. Seleccionar los escenarios climáticos	3
Paso 5. Seleccionar el método de límite de transferencia	4
Paso 6. Seleccionar variables climáticas	5
Paso 7. Aplicar limitaciones	6
Paso 8. Mapear sus resultados	6
Capas	7
Ejecuciones guardadas	7
Cuenta	7
Tutorial en vídeo	8
Referencias	8

Introducción

La Herramienta de selección de lotes de semillas (SST) es una aplicación de cartografía basada en la web, diseñada para ayudar a los administradores de recursos naturales a combinar lotes de semillas con sitios de plantación según la información climática. Debido a la selección natural en las diferentes condiciones climáticas de una ubicación, las poblaciones vegetales se diferencian genéticamente entre sí y, en general, están localmente adaptadas. Como resultado, las diferencias de clima entre los lotes de semillas reflejan diferencias en adaptación. La SST mapea ubicaciones donde un lote de semillas coincide con un sitio de plantación, suponiendo que el lote de semillas estaba localmente adaptado al clima del pasado. Los climas de los sitios de plantación pueden elegirse de tal modo que representen climas del pasado o del futuro según los escenarios de cambio climático seleccionados. La SST permite que el usuario controle muchos parámetros de entrada, lo que le permite explorar diferentes suposiciones sobre el cambio climático, la manera en que las poblaciones vegetales se adaptan al clima, y la tolerancia al riesgo del usuario. Los ocho pasos que se describen a continuación servirán de guía para adaptar la herramienta a sus necesidades específicas de reforestación o restauración.

Paso 1. Seleccionar el objetivo

Buscar lotes de semillas para mi sitio de plantación

Haga clic en el botón “Find seedlots” (Buscar lotes de semillas) si tiene un sitio de plantación para el cual desea encontrar lotes de semillas adaptados.

Buscar sitios de plantación para mi lote de semillas

Haga clic en el botón “Find planting sites” (Buscar sitios de plantación) si tiene un lote de semillas y quiere saber en dónde puede plantarlo.

Paso 2. Seleccionar la ubicación

Puede introducir las coordenadas o hacer clic en el mapa para indicar la ubicación del sitio de plantación o del lote de semillas. Si busca lotes de semillas para un sitio de plantación, indique la ubicación del sitio de plantación. Si busca sitios de plantación para un lote de semillas, indique la ubicación del lote de semillas. La ubicación de un lote de semillas representa la ubicación geográfica a la que está mejor adaptado, es decir, el centro de su espacio climático adaptativo.

Introducir su ubicación como coordenadas

Puede introducir la latitud y longitud de la ubicación en grados decimales. (Nota: Introduzca valores negativos para indicar la longitud en América del Norte).

Usar el mapa para seleccionar su ubicación

También puede utilizar las herramientas “Pan” (Desplazamiento horizontal) y “Zoom” (Acercamiento) para desplazarse hasta el área de interés y, a continuación, hacer clic en el mapa. Esta ventana emergente mostrará la latitud, la longitud y la elevación de la ubicación elegida, así

como cualquier zona de origen de las semillas o de mejoramiento asociada a dicha ubicación. Si hace clic en el botón “Set Point” (Punto de ajuste), las coordenadas actuales y cualquier otra información de ubicación se configurarán automáticamente para que el programa las utilice. Si ya seleccionó las variables climáticas en el Paso 6, también verá sus valores.

NOTE

Opcional

Puede mapear varios lotes de semillas para compararlos con un sitio de plantación, o varios sitios de plantación para compararlos con un lote de semillas, haciendo clic en el botón “Add Seedlots” (Agregar lotes de semillas) o en el botón “Add Planting Sites” (Agregar sitios de plantación), respectivamente. Después de hacer clic en el botón, puede introducir las coordenadas de cada ubicación o hacer clic en el mapa y seleccionar “Add Location” (Agregar ubicación) en la ventana emergente. Asegúrese de hacer clic en el botón “Add” (Añadir) cada vez que añada una ubicación, ya que de no hacerlo podría cambiar sin querer la ubicación inicial con la que está comparando los lotes de semillas o los sitios de plantación, al seleccionar Set Point (Punto de ajuste). Después de ejecutar la herramienta, se calcula un índice de similitud entre el sitio de plantación o el lote de semillas inicial, y las ubicaciones que se compararán con aquel (definido inicialmente como N/C [no corresponde] hasta que se ejecute la herramienta; consulte el Paso 8 para obtener más detalles).

(En construcción: (1) Cálculo de las distancias de transferencia climática para cada variable climática de cada ubicación; (2) capacidad para introducir un lote de ubicaciones; (3) capacidad para generar una tabla que muestre los resultados de todas las comparaciones.)

Paso 3. Seleccionar la región

América del Norte se ha dividido en regiones para reducir el tiempo de procesamiento. Puede dejar que la herramienta elija automáticamente la región que mejor se adapte a la ubicación que seleccionó (predeterminada) o utilizar la opción “Custom” (Personalizada) para seleccionar manualmente cualquier región disponible.

Automático

Haga clic en el botón “Automatic” (Automático) para que la herramienta seleccione la mejor región para su ubicación. Se seleccionará la región que contenga su ubicación y el punto central más cercano a esta. Antes de seleccionar una ubicación, puede hacer clic en el mapa para ver la región que se seleccionará.

Personalizado

Haga clic en el botón “Custom” (Personalizado) para seleccionar una región alternativa en la lista desplegable de regiones disponibles. Cuando elija una región en el menú desplegable, esta se delineará en el mapa. Puede elegir una región que no contenga su ubicación, en cuyo caso la herramienta mapeará los resultados de la región seleccionada.

Paso 4. Seleccionar los escenarios climáticos

¿A qué clima están adaptados los lotes de semillas?

El primer paso es seleccionar el período de tiempo (dado como un promedio de 30 años conocido como clima normal) que representa el clima al que se adaptan los lotes de semillas. Por lo general, se supone que es el clima que tiene la mayor influencia en los padres del lote de semillas. Para plantas más longevas (por ejemplo, árboles) se recomienda elegir 1961 -1990. Para las especies de vida más corta (por ejemplo, gramíneas y hierbas), un período de 1981-2010 o 1991-2020 puede ser más adecuado.

Por medio del menú desplegable, seleccione:

- 1961 - 1990
- 1981 - 2010
- 1991 - 2020

¿Cuándo conviene que las plantas estén mejor adaptadas al sitio de plantación?

El siguiente paso es elegir un periodo que represente el clima al que los árboles plantados deberán adaptarse de forma óptima en su sitio de plantación. Esto puede ser un poco confuso para los administradores forestales, ya que los árboles longevos deben adaptarse a corto plazo, además de adaptarse a largo plazo. El clima es un objetivo en movimiento. Si se apunta demasiado lejos en el futuro, posiblemente se vean daños por frío a corto plazo en los árboles trasladados de climas más cálidos a climas fríos.

La TSM permite a los usuarios explorar diferentes escenarios de cambio climático al observar diferentes períodos de tiempo futuros y trayectorias de concentración relativa (RCP) supuestas. La TSM también permite a los usuarios considerar la adaptación a climas pasados, es decir, si se ignoró el cambio climático (1961 - 1990 antes del cambio climático apreciable) o si se consideraron los cambios recientes en el clima (1981 - 2010 o 1991 - 2020). Tenga en cuenta que el período de tiempo actual (2011-2040) representa proyecciones modeladas y no observaciones.

Use el menú desplegable para seleccionar:

- 1961 - 1990
- 1981 - 2010
- 1991 - 2020
- 2011 - 2040
- 2041 - 2070
- 2071 - 2100

Para climas futuros (es decir, de 2011 a 2100), seleccione también la Trayectoria Socioeconómica Compartida (SSP), que está asociada con diferentes niveles de gases de efecto invernadero atmosféricos y cambio climático. De acuerdo con el IE6 del IPCC, el escenario de emisiones

"intermedias" de SSP245 tiene un aumento proyectado en la temperatura media anual de 2,7 °C para 2100 (rango = 2,1-3,5 °C), el escenario SSP370 "alto" tiene un aumento proyectado de 3,6 °C (rango = 2,8 - 4,6 °C), y el escenario SSP585 "muy alto" tiene un aumento proyectado de 4,4 °C (rango = 3,3 - 5,7 °C).

Use el menú desplegable para seleccionar:

- SSP245
- SSP370
- SSP585

Paso 5. Seleccionar el método de límite de transferencia

El límite de transferencia indica qué tan lejos climáticamente se puede mover un lote de semillas y aún tener un nivel aceptable de adaptación. El SST utiliza tres enfoques alternativos para determinar y mapear los límites de transferencia: **Personalizado**, **Zona**, **Trait** y **Función**.

Los enfoques **Personalizado** y **de Zona** permiten al usuario definir límites de transferencia para cada variable climática seleccionada en el Paso 6. Los límites de transferencia del enfoque **Personalizado** pueden seleccionarse según la experiencia del usuario, incluyendo los mejores conocimientos científicos a su alcance. También se pueden ajustar según el nivel de riesgo aceptable para el usuario.

La TSM sugiere un límite de transferencia para el enfoque de **Zona** basado en la gama de climas dentro de la zona para la ubicación del sitio de siembra o lote de siembra elegido en el Paso 2. La idea es que el usuario se sienta cómodo con esa diferencia climática dado que llevamos 60 años o más moviendo poblaciones operativamente dentro de las zonas. Si utiliza el método **Zone**, la SST obtiene el límite de transferencia ('TL') para cada variable climática utilizando la zona seleccionada: $TL = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}$, donde 'xmax' y 'xmin' son los valores climáticos máximo y mínimo para la zona. La suposición es que la mitad de la gama de climas representa una transferencia pasada "típica". Debido a que algunas zonas muestran una mayor variación climática que la zona típica, también proporcionamos el límite de transferencia promedio para todas las zonas del conjunto de zonas seleccionado. Esta y otra información aparecerá en una ventana emergente en el paso 6 si pasa el cursor sobre el icono del "ojo" a la derecha de la variable climática en la tabla de variables climáticas. El límite de transferencia puede ser modificado por el usuario.

El enfoque de **Rasgo** utiliza funciones genecológicas para seleccionar una diferencia aceptable en uno o más rasgos adaptativos basándose en la investigación de estudios de jardines comunes. Las funciones genecológicas son una asociación entre los rasgos adaptativos identificados en un jardín común y el clima derivado de la ubicación de las fuentes de semillas. El rasgo suele representar un clima multivariante.

El enfoque de **Función** es similar al **Trait**, excepto que le permite definir sus propias funciones genecológicas utilizando expresiones matemáticas y variables climáticas.

Método personalizado

Haga clic en el botón “Custom” (Personalizado) para introducir sus propios límites de transferencia después de seleccionar una o más variables climáticas en el Paso 6.

Método de Zona

Haga clic en el botón “Zone” (Zona) si desea utilizar una zona existente para calcular los límites de transferencia de una o más variables climáticas.

Cuando el objetivo es encontrar lotes de semillas para un sitio de plantación, el enfoque **de Zona** implica dos pasos. Primero, seleccione una especie. Segundo, seleccione una zona entre las opciones disponibles del menú desplegable. Si sabe que una especie tiene una zona específica y desea utilizarla, seleccione la zona en el menú desplegable de zonas disponibles específicas para la especie en dicha ubicación. De lo contrario, seleccione las zonas genéricas de esa ubicación que sean pertinentes a todas las especies. Tenga en cuenta que las zonas disponibles dependen de la ubicación específica seleccionada (p. ej., las zonas del Servicio Forestal de los Estados Unidos [United States Forest Service, USFS] solo pueden aplicarse a tierras del USFS).

Cuando el objetivo es encontrar sitios de plantación para un lote de semillas, el enfoque **Zona** implica tres pasos. Primero, debe especificar el centro climático del resultado cartográfico proporcionado. Si tiene un lote de semillas de una ubicación específica conocida, normalmente utilizará el clima de dicha ubicación. Si tiene un lote de semillas que representa toda una zona, o no está seguro del sitio de donde se obtuvo el lote de semillas, podría ser mejor utilizar el centro climático de su zona. Una vez que especifique el centro climático que va a utilizar para la cartografía, los dos pasos siguientes son los mismos que se indicaron anteriormente para seleccionar primero la especie, y luego la zona de interés.

Método de rasgo

Para el enfoque de **Rasgo**, seleccione la especie usando el menú desplegable. Los valores y los límites de transferencia para los rasgos adaptativos de los estudios genéticos se rellenarán previamente en el paso 6 para las ubicaciones elegidas en el paso 2.

Método de función

El enfoque de **Función** le permite crear su propia función que permite la ponderación diferencial de diferentes variables climáticas como representativas de la variación adaptativa. Haz clic en el menú desplegable y elige "Agregar una función personalizada". Ingrese cualquier ecuación matemática que haga referencia a las variables de ClimateNA ^[1] usando sus nombres cortos. Por ejemplo, $-6.3 + (0.284 * TD) + (0.007 * PPT_sm)$ utiliza las variables TD (diferencia de temperatura entre los meses medio más cálidos y medio más fríos) y PPT_sm (precipitación de verano).

Paso 6. Seleccionar variables climáticas

Seleccione una o más variables climáticas para cartografiarlas. La información climática se deriva de una aplicación de reducción de escala climática llamada ClimateNA (consulte la pestaña para obtener más información). También tienes la opción de 'Elegir automáticamente', en cuyo caso, las

variables climáticas elegidas serán la temperatura media del mes más frío (MCMT) y el índice calor:humedad del verano (SHM). Estas variables climáticas se eligen sobre la base de la suposición de que los árboles de los bosques templados (u otras plantas) se adaptan principalmente a las temperaturas frías en invierno y a la aridez en verano. Esta opción especifica un límite de transferencia para MCMT de '+/- 2,0 °C' y para SHM 'de +/-' la mitad del valor en la ubicación especificada en el paso 2. Estos límites de transferencia pueden ser modificados. Después de elegir las variables climáticas, la tabla resultante incluye:

- **Name** — el nombre abreviado de la variable ClimateNA
- **Centro** — el valor climático en el centro de la salida mapeada
- **Límite de transferencia** — el límite de transferencia utilizado para mostrar la extensión de la salida mapeada

Se recomienda a los usuarios no seleccionar demasiadas variables climáticas, en especial variables no relacionadas con la adaptación. El uso de muchas variables climáticas podría dar lugar a coincidencias climáticas excesivamente conservadoras; cuantas más variables climáticas se incluyan, más pequeñas serán las áreas mapeadas. También es mejor evitar las variables que están muy correlacionadas.

Paso 7. Aplicar limitaciones

La información cartográfica proporcionada de la SST se puede limitar aún más mediante el uso de límites geográficos o de una gama de especies. El uso de limitaciones excluirá la parte de la información climática proporcionada que esté más allá de los límites geográficos impuestos o de la gama de especies actual. Las limitaciones geográficas incluyen: latitud, longitud, elevación, distancia y fotoperiodo. Las limitaciones de la gama de especies se basan en modelos recientes de clima-nicho. También hay una opción para importar su propio archivo shapefile para usarlo como una limitación.

Paso 8. Mapear sus resultados

Haga clic en “Ejecutar herramienta” para producir un mapa que muestre en dónde puede encontrar lotes de semillas o sitios de plantación adecuados para las ubicaciones especificadas en el Paso 2 y el clima del periodo especificado en el Paso 4. El mapa muestra el grado de coincidencia entre el clima del pasado al que está adaptado un lote de semillas y el clima del periodo en el que se espera que los árboles se adapten mejor al sitio de plantación. El naranja más oscuro indica la mejor coincidencia; el naranja más claro indica la coincidencia que está en el borde del límite de transferencia. Tenga en cuenta que el uso de un límite de transferencia más grande no afecta la mejor coincidencia, pero da como resultado un área geográfica de adecuación más amplia.

El proceso para determinar el grado de coincidencia es, en primer lugar, reescalar los datos de la cuadrícula para cada variable climática (o rasgo asociado de una función de genecología) como: $y = \frac{|x - x_{mid}|}{TL}$, donde 'xmid' es el valor del punto medio o centro climático. En segundo lugar, la distancia climática multivariante ('d') desde el centro climático hasta cada punto de la cuadrícula se calcula como la distancia euclidiana para 'n' variables climáticas: $dn = (y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_n^2)^{0.5}$. Finalmente, la coincidencia climática ('m') (también llamada índice de similitud en el Paso 2) se calcula como $m = -(d - 1) * 100$. Los valores de $m < 0$ no se asignan, mientras que los valores entre '0'

y '100' se asignan utilizando la escala de colores que va del naranja claro al naranja oscuro.

Tenga en cuenta que puede usar la barra deslizante del lado derecho para ver mejor el mapa subyacente de la información de coincidencia climática proporcionada.

Si configuró una cuenta y está registrado, puede guardar sus entradas haciendo clic en el botón “Save Last Run” (Guardar última ejecución). Se le pedirá que indique un nombre para la ejecución guardada. Una vez guardada, la ejecución aparecerá en la ventana de “Saved Runs” (Ejecuciones guardadas) (ver a continuación).

También puede exportar los resultados a un archivo PDF, PowerPoint o GeoTIFF haciendo clic en el botón “Expor As...” (Exporta como). Otra opción es usar la tecla “Print Scrn” (Impr. pant.) del teclado para hacer una copia de la pantalla que es posible pegar en otro archivo, como por ejemplo, una presentación de PowerPoint.

Capas

La pestaña **Layers** (Capas) permite al usuario mapear diferentes capas superpuestas a los resultados. Entre las opciones figuran valores de escala de grises para las diferentes variables climáticas, los límites de zonas de origen de las semillas y de mejoramiento, los límites de la Región Ecológica Nivel III de los Estados Unidos, y los límites de los condados de los Estados Unidos. *(En construcción: se añadirán algunas gamas de especies como opción para las capas.)*

Ejecuciones guardadas

En la pestaña **Saved Runs** (Ejecuciones guardadas) verá una lista de todas las ejecuciones guardadas. Haga clic en el nombre de la ejecución guardada para “Cargar” o “Eliminar” las entradas. Una vez que cargue una ejecución guardada, puede volver a crear el mapa haciendo clic en el botón “Run Tool” (Ejecutar herramienta), en la pestaña “Tool” (Herramienta).

Cuenta

Utilice el menú **Account** (Cuenta), ubicado en la esquina superior derecha del sitio web, para crear o iniciar sesión en una cuenta. Utilice una dirección de correo electrónico y una contraseña para crear la cuenta. Utilizaremos la dirección de correo electrónico que nos proporcione únicamente si pierde u olvida su contraseña. Si desea recibir actualizaciones sobre la SST, suscríbase a nuestro boletín haciendo clic en el botón “News & Updates” (Noticias y actualizaciones) del menú.

Tutorial en vídeo

En el siguiente tutorial de vídeo se muestra cómo utilizar la herramienta de selección de lotes de semillas. El tutorial fue desarrollado para silvicultores que trabajan en la región del noroeste del Pacífico. También es aplicable a cualquier región de los EE. UU. donde se estén plantando árboles para que sean resistentes al clima futuro.

Seedlot Selection Tool Video Tutorial for US Forest Service Pacific Northwest Region Silviculturists

Andy Bower
US Forest Service Region 6
Western Washington / Northwest Oregon
Zone Geneticist





Forest Service
U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE

Mira el tutorial en <https://youtu.be/HYuOTY8WgEc>

Referencias

- Aitken, S.N. and J.B. Bemmels. 2015. Time to get moving: assisted gene flow of forest trees. *Evolutionary Applications* 9(1): 271-290.
- Alberto, F., S.N. Aitken, R. Alia, SC. Gonzalez-Martinez, H. Hanninen, A. Kremer, F. Lefevre et al. 2013. Potential for evolutionary responses to climate change – evidence from tree populations. *Global Change Biology* 18: 1645-1661.
- Baughman, O.W., A.C. Agneray, M.L. Forister, F.F. Kilkenny, E.K. Espeland, R. Fiegner, M.E. Horning, R.C. Johnson, T.N. Kaye, J. Ott, J.B. St.Clair, E.A. Leger. 2019. Strong patterns of intraspecific variation and local adaptation in Great Basin plants revealed through a review of 75 years of experiments. *Ecology and Evolution* 2019-9: 6259-6275.
- Leimu, R. and M. Fischer. 2008. A meta-analysis of local adaptation in plants. *PLoS ONE* 3(12): e4010.
- Sáenz-Romero, E. Mendoza-Mata, E. Gómez-Pineda, A. Blanco-García, et al. 2020. Recent evidence of Mexican temperate forest decline and the need for ex situ conservation, assisted migration, and translocation of species ensembles as adaptive management to face projected climatic change impacts in a megadiverse country. *Can. J. For Res.* 50: 843-854.
- St. Clair, John Bradley, Bryce A. Richardson, Nikolas Stevenson-Molnar, Glenn T. Howe, Andrew D. Bower, Vicky J. Erickson, Brendan Ward, Dominique Bachelet, Francis F. Kilkenny y Tongli Wang.

2022. Herramienta de selección de lotes de semillas y herramienta de restauración climáticamente inteligente: herramientas basadas en la web para obtener semillas adaptadas a climas futuros. *Ecosfera* 13 (5): e4089. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4089>

Van Mantgem, N.I. Stephenson, J.C. Byrne, L.D. Daniels, J.F. Franklin, P.Z. Fulé, M.E. Harmon, A.J. Larson, J.M. Smith, A.H. Taylor, T.T. Veblen. 2009. Widespread increase of tree mortality rates in the Western United States. *Science* 323: 521-524.

Wang, T., A. Hamann, D.L. Spittlehouse, and C. Carroll. 2016. Locally downscaled and spatially conceptualized climate data for historical and future periods for North America. *PLoS ONE* 11(6): e0156720.

Funciones de rasgos

Still, S. M., & Richardson, B. A. (2015). Projections of Contemporary and Future Climate Niche for Wyoming Big Sagebrush (*Artemisia tridentata* subsp. *wyomingensis*): A Guide for Restoration. *Natural Areas Journal*, 35(1), 30–43. <http://doi.org/10.3375/043.035.0106>

Chaney, L., Richardson, B. A., & Germino, M. J. (2017). Climate drives adaptive genetic responses associated with survival in big sagebrush (*Artemisia tridentata*). *Evolutionary Applications*, 10(4), 313–322. <http://doi.org/10.1111/eva.12440>

Richardson, B. A., Chaney, L., Shaw, N. L., & Still, S. M. (2017). Will phenotypic plasticity affecting flowering phenology keep pace with climate change? *Global Change Biology*, 23(6), 2499–2508. <http://doi.org/10.1111/gcb.13532>

Richardson, B. A., & Chaney, L. (2018). Climate-based seed transfer of a widespread shrub: population shifts, restoration strategies, and the trailing edge. *Ecological Applications*, 44, 367–10. <http://doi.org/10.1002/eap.1804>

Rehfeldt, G. E., Ying, C. C., Spittlehouse, D. L., & Hamilton Jr, D. A. (1999). Respuestas genéticas al clima en *Pinus contorta*: amplitud de nicho, cambio climático y reforestación. *Monografías Ecológicas*, 69(3), 375–407. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1999\)069%5B0375:GRTCIP%5D2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1999)069%5B0375:GRTCIP%5D2.0.CO;2) [[https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1999\)069\[0375:GRTCIP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1999)069[0375:GRTCIP]2.0.CO;2)]

Rehfeldt, G. E. (2004). Interspecific and intraspecific variation in *Picea engelmannii* and its congeneric cohorts: biosystematics, genecology, and climate change. *Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-134*. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research. 18 p., 134. <https://doi.org/10.2737/rmrs-gtr-134>

St. Clair, J. B., Kilkenny, F. F., Johnson, R. C., Shaw, N. L., & Weaver, G. (2013). Genetic variation in adaptive traits and seed transfer zones for *Pseudoroegneria spicata* (bluebunch wheatgrass) in the northwestern United States. *Evolutionary Applications*, 6(6), 933–948. <https://doi.org/10.1111/eva.12077>

[1] https://climatena.ca/Help2#_var