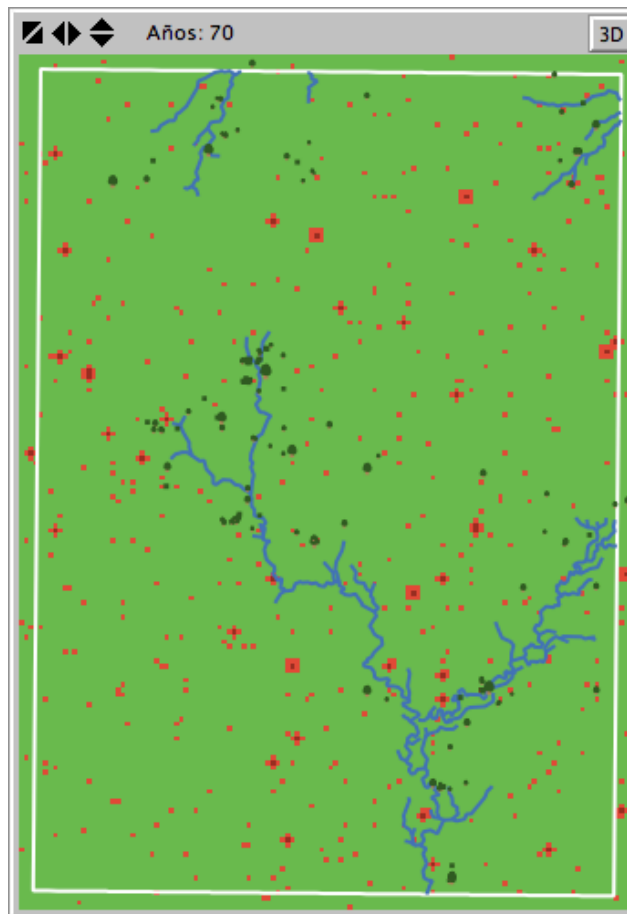


# MANUAL DEL USUARIO

*para el*

## MODELO DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE LA CAOBA



**CHRISTOPHER FREE**  
**R. MATTHEW LANDIS**  
**JAMES GROGAN**

Derechos de Autor © 2013 de los Autores.

El desarrollo del modelo y la publicación recibieron apoyo de:

Servicio Forestal de los Estados Unidos  
Instituto Internacional de Dasonomía Tropical



Programa OIMT–CITES para la Implementación del Listado  
CITES de Especies de Madera Tropical



*En la portada: Una población de árboles de caoba (204 hectáreas) en el sureste de Pará luego de 70 años de simulación. Los círculos oscuros representan los árboles de caoba, con el tamaño de acuerdo al diámetro. Los cuadrados rojos representan perturbaciones, mientras que las porciones de un rojo más oscuro representan las zonas de reclutamiento. Las quebradas estacionales se muestran en azul y los límites del área, en blanco.*

Interface Info Code

Settings...

view updates continuous

normal speed

3D Años: 70

**CARGAR DATOS**  
 Nombre-Archivo: mara-204-tree-data.shp  
 Nombre-Atributo-Diámetro: ?  
 DJAM2004  
 Ancho-Área: 1216  
 Altura-Área: 1712  
 Tamaño-Parcela: 2.65  
 Ajustar-Tamaño: ?

**DEFINICIONES**  
 Oprimo el botón '?' que se encuentra ubicado junto a cada sección para ver en este recuadro las descripciones de las funcionalidades de esa sección. Oprimo 'Todas las Definiciones' para ver las descripciones de las funcionalidades de todas las secciones.

**AJUSTES DEL MODELO**

**Configuración**  
 Valores Predeterminados: SE Pará (204ha)  
 Operar 1 Año: 1  
 Operar X Años: 2  
 Tamaño del Área (ha): 204

**PARÁMETROS DE TALA**  
 diámetro-mínimo: 60 cm  
 índice-de-retención: 20 % árboles  
 densidad-mínima: 5 árboles/100ha  
 ciclo-de-tala: 30 años

**POBLACIÓN AÑO 0**  
 Densidad Comercial (#/100ha): 39.7  
 Volumen Comercial (m3): 423.8

**POBLACIÓN ACTUAL**  
 Densidad Total (#/100ha): 30.9  
 Densidad Comercial (#/100ha): 6.4  
 Volumen Comercial (m3): 69.1

**Distribución de Diámetro**  
 Frecuencia: 0-25  
 Clasificación de Tamaño: 0-145

**Densidad de Árboles**  
 # / 100 ha: 0-87  
 Tiempo (años): 0-100

**RENDIMIENTO DE LA COSECHA**  
 Volumen de Tala (m3): 54.4  
 Volumen Total de Tala (m3): 486.1  
 # Total de Árboles Talados (m3): 94

Todas las Definiciones Exportar Resultados

Command Center  
 observer> disturb-trees  
 observer>

**Esquema del modelo.** La interfaz del modelo, según aparecerá en pantalla tras ser instalado en su computadora.

# Tabla de Contenidos

<b>Esquema del modelo.</b> La interfaz del modelo, según aparecerá en pantalla tras ser instalado en su computadora.....	<b>3</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN AL MODELO .....</b>	<b>5</b>
<b>2 GUÍA DEL MANUAL .....</b>	<b>6</b>
<b>3 INSTALACIÓN DEL MODELO .....</b>	<b>7</b>
3.1 Instalación Web .....	7
3.2 Modelo en Línea.....	9
<b>4 BOTONES DE AYUDA.....</b>	<b>11</b>
<b>5 UNA GUÍA BREVE .....</b>	<b>12</b>
<b>6 AJUSTES DEL MODELO .....</b>	<b>14</b>
6.1 Establecer la Población Inicial y Ajustar su Tamaño .....	15
6.2 Configurar y Operar Simulaciones.....	16
<b>7 PARÁMETROS DE TALA.....</b>	<b>16</b>
<b>8 RESULTADOS DE SIMULACIÓN.....</b>	<b>17</b>
8.1 Monitores de Población.....	17
8.2 Gráficas de Población.....	18
8.3 Monitores de Rendimiento de la Cosecha .....	19
<b>9 CARGAR DATOS DEL USUARIO.....</b>	<b>19</b>
9.1 Datos Espaciales de Diámetro: Hoja de Cálculo del Usuario .....	19
9.2 Datos Espaciales de Diámetro: Archivo de Puntos del Usuario.....	23
9.3 Datos No-Espaciales de Diámetro: Hoja de Cálculos del Usuario.....	24
9.4 Mensajes de Error y Resolución de Problemas .....	26
9.5 Ejemplos para Cargar Datos de Usuario .....	28
<b>10 EXPORTAR RESULTADOS DE SIMULACIÓN.....</b>	<b>28</b>
<b>11 EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN: BehaviorSpace.....</b>	<b>30</b>
<b>12 USUARIOS AVANZADOS Y RECURSOS DE NETLOGO.....</b>	<b>38</b>
12.1 Códigos de Línea de Comandos .....	38
12.2 Modificar Experimentos de BehaviorSpace.....	42
12.3 Códigos de Procedimientos del Modelo.....	45
12.4 Recursos NetLogo .....	46
<b>13 LIMITACIONES Y CONSIDERACIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>14 MODIFICACIONES FUTURAS.....</b>	<b>48</b>
<b>15 RECONOCIMIENTOS .....</b>	<b>49</b>
<b>16 REFERENCIAS Y LECTURAS RECOMENDADAS .....</b>	<b>50</b>
<b>17 CONTÁCTENOS .....</b>	<b>58</b>
<b>APÉNDICE A: FUENTES DE DATOS .....</b>	<b>59</b>
<b>APÉNDICE B: DETALLES Y DEFINICIONES DEL MODELO .....</b>	<b>60</b>
<b>APÉNDICE C: FUNCIONES DEL MODELO .....</b>	<b>64</b>
<b>APÉNDICE D: DIFERENCIAS DE VERSIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>APÉNDICE E: CÓDIGO DEL MODELO .....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUCCIÓN AL MODELO

En décadas recientes, el árbol de caoba, *Swietenia macrophylla*, ha sido extensamente cosechado a lo largo de sus áreas de distribución natural en Suramérica tropical. La producción de madera de los bosques naturales dependerá de la implementación de prácticas de manejo sustentable que aseguren la protección y administración de las poblaciones comerciales que aún sobreviven. El Modelo de Crecimiento y Rendimiento de la Caoba que aquí se presenta es capaz de proyectar la recuperación de poblaciones de caoba y su producción maderera en cosechas simuladas dentro de la Amazonia de Brasil. El modelo les ofrece a los manejadores de bosques una herramienta computarizada para evaluar el impacto de las prácticas de manejo que utilizan actualmente, aplicándolas tanto a poblaciones predefinidas a modo de ejemplo, como a poblaciones creadas por el usuario. A pesar de que el diseño del modelo está basado en las dinámicas poblacionales de la caoba en Brasil, puede ser de gran utilidad para evaluar la recuperación post-cosechas de las poblaciones naturales de esta especie en Sur y Centroamérica. El modelo de crecimiento y rendimiento utiliza la plataforma NetLogo 5.0.3 (Wilensky 1999) y puede ser instalado en computadoras que utilizan los sistemas operativos de Windows o Mac OS X.

Las funciones del modelo de crecimiento y rendimiento (algoritmos) son derivadas de datos demográficos recopilados anualmente de 1995–2010 para aproximadamente 600 árboles de caoba y miles de plántulas, árboles jóvenes y árboles de tamaño de poste en diferentes áreas de campo en el sureste de Pará y Acre. Las simulaciones del modelo pueden correr con y sin parámetros de cosecha. Cuando se utilizan escenarios de tala, el modelo cosecha (mata) árboles a intervalos específicos. Durante los intervalos en medio de cosechas, los árboles sobrevivientes crecerán, se reproducirán y morirán de acuerdo a los ritmos observados en estudios de campo. Las simulaciones de cosechas están basadas en prácticas legales de manejo que se utilizan actualmente (un límite mínimo de 60 cm de diámetro para árboles a ser cortados, un índice de retención de 20% para árboles de tamaño comercial, una densidad mínima de retención de 5 árboles de tamaño comercial / 100 hectáreas (ha), un ciclo de tala de 30 años). Los manejadores de bosques pueden entrar datos de la población de caoba obtenidos de inventarios de campo para proyectar los resultados de recuperación y producción de múltiples cosechas. Los parámetros de cosecha pueden alterarse para evaluar resultados de población y producción maderera de acuerdo a diferentes escenarios de manejo, mediante ajustes a una o más de las cuatro prácticas de manejo incluidas.

La interfaz permite que las simulaciones de cosecha se establezcan y operen al pulsar una serie de botones, según se explica en las secciones siguientes. Para una población inicial y escenario de cosecha determinados, cada vez que se pulse ‘operar’ se obtendrá un resultado diferente (número de árboles y volumen comercial cosechado, densidad de la población sobreviviente, etc.). Esto se debe a que las funciones del modelo para la supervivencia, el crecimiento y la reproducción de los árboles se vuelven a calcular todos los años utilizando un término de error aleatorio, que produce diferentes resultados a largo plazo. Por ende, un promedio de resultados de diferentes simulaciones proveerá la mejor representación de la recuperación y los ritmos de producción a largo plazo en determinadas poblaciones y escenarios de cosecha.

Durante cada etapa de tiempo (año) de simulación del modelo, las siguientes acciones se reflejan en la interfaz: (1) el tiempo avanza un año en el visualizador; (2) los árboles en el sitio de campo

crecen en tamaño (el tamaño de los árboles está ajustado al diámetro); (3) los árboles en el sitio de campo son talados y removidos a intervalos determinados de cosecha; (4) árboles mueren y son removidos del sitio de campo; (5) el sitio de campo es impactado por perturbaciones (círculos rojos = perturbación; rojo oscuro = zona de reclutamiento); (6) árboles se reproducen y nuevas plántulas aparecen en el sitio de campo; y (7) se remueven las perturbaciones del sitio de campo y se actualizan los monitores y las gráficas.

## **2 GUÍA DEL MANUAL**

Este Manual del Usuario está dirigido a usuarios principiantes y avanzados que estén utilizando el Modelo de Crecimiento y Rendimiento de la Caoba como herramienta para informar sus decisiones de manejo. El Manual se puede leer de principio a fin para adquirir un conocimiento completo sobre el funcionamiento del modelo. Por otro lado, también puede usarse para contestar preguntas específicas, utilizando la guía de secciones que se desglosa a continuación.

**INSTALACIÓN DEL MODELO (sección 3)** explica detalladamente el proceso de instalación del modelo.

**BOTONES DE AYUDA (sección 4)** especifica dónde buscar ayuda mientras se esté trabajando con la interfaz del modelo.

**UNA GUÍA BREVE (sección 5)** provee instrucciones básicas para navegar la interfaz del modelo.

**AJUSTES DEL MODELO (sección 6)** describe las poblaciones de ejemplo que están disponibles para simulaciones utilizando el modelo, y explica cómo configurar y operar el modelo.

**PARÁMETROS DE TALA (sección 7)** explica cómo ajustar los cuatro parámetros de tala que determinan la manera en que el modelo simula la cosecha y el crecimiento de una población a lo largo de múltiples ciclos de tala.

**RESULTADOS DE SIMULACIÓN (sección 8)** describe los monitores y gráficas de la interfaz que rastrean las cosechas y poblaciones durante las simulaciones.

**CARGAR DATOS DEL USUARIO (sección 9)** provee instrucciones para cargar datos del usuario a la estructura del modelo.

**EXPORTAR RESULTADOS DE SIMULACIÓN (sección 10)** explica cómo los resultados de la simulación pueden ser exportados a archivos de texto para su análisis y síntesis.

**EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN: BehaviorSpace (sección 11)** provee instrucciones para operar simulaciones repetidas de un solo régimen de cosecha o múltiples simulaciones de varios regímenes de cosecha.

**USUARIOS AVANZADOS Y RECURSOS DE NETLOGO** (sección 12) discute las características avanzadas de NetLogo e identifica recursos para usuarios interesados en obtener más información sobre la programación NetLogo.

Las secciones restantes discuten en mayor detalle las características del modelo, y pueden leerse por adelantado o cuando surja alguna duda en específico. Si tiene alguna pregunta luego de repasar este Manual de Usuario o si desea proveer sus comentarios acerca del modelo, por favor comuníquese con los autores (sección 17).

## **3 INSTALACIÓN DEL MODELO**

### **3.1 Instalación Web**

La siguiente sección explica cómo instalar el *software* de NetLogo de la página web del ‘La Caoba en Brasil y Suramérica’ (‘Big-Leaf Mahogany in Brazil & South America’) y cómo operar el modelo utilizando el *software*.

#### ***Paso 1. Descargar el Paquete del Modelo de la Página Web***

Favor de visitar nuestro sitio web para descargar el modelo de crecimiento y rendimiento, y conocer acerca de nuestras investigaciones: <http://www.swietking.org>

El modelo puede descargarse de la página titulada **THE MODEL** en el sitio web (<http://www.swietking.org/model-applet.html>). Descargue el archivo *zip* más apropiado para su sistema operativo (Windows, Mac OS X, o Linux). El archivo *zip* contiene los archivos necesarios para instalar el *software* NetLogo y operar el modelo en su computadora. Pulse el enlace haciendo clic con el lado derecho del mouse, para descargar el archivo a su lugar predeterminado de descargas. Si desea especificar un lugar diferente para el descargue, debe pulsar el enlace haciendo clic con el lado derecho del mouse y seleccionar la opción de *Download Linked File As*.

#### ***Paso 2. Descomprimir el Contenido del Paquete del Modelo***

El contenido del archivo *zip* del modelo debe descomprimirse utilizando *software* pre-instalado para manejar este tipo de archivos. Muchos sistemas operativos automáticamente acceden a este *software* cuando se pulsa el archivo *zip* dos veces. Otros sistemas operativos requieren que se pulse sobre el archivo *zip* con el lado derecho del mouse, para seleccionar la opción de ‘descomprimir’ (*unzip*). Siga las instrucciones correspondientes para descomprimir el contenido de archivos *zip*, y descargue la carpeta del *Modelo* a su computadora.

#### ***Paso 3. Abra el Contenido de la Carpeta del Modelo***

Una vez haya logrado descomprimir el archivo *zip*, verá la carpeta del *Modelo*. Esta carpeta contiene los archivos necesarios para instalar el *software* de NetLogo y operar el modelo de

crecimiento y rendimiento. Deberá pulsar la carpeta dos veces para abrirla y ver su contenido. Contiene los siguientes 7 elementos:

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| (1) Archivo: <i>Modelo de Crecimiento y Rendimiento</i> | (5) Carpeta: <i>Datos</i>      |
| (2) Archivo: <i>Guía de Instalación</i>                 | (6) Carpeta: <i>Usuario</i>    |
| (3) Archivo: <i>Manual del Usuario</i>                  | (7) Carpeta: <i>Resultados</i> |
| (4) Carpeta: <i>NetLogo</i>                             |                                |

El *Modelo de Crecimiento y Rendimiento* es el archivo NetLogo (.nlogo) que contiene el modelo de crecimiento y rendimiento. Deberá instalar el *software* de NetLogo para poder utilizar este archivo.

El archivo de *Guía de Instalación* provee instrucciones para instalar el *software* de NetLogo y el *Modelo de Crecimiento y Rendimiento*. Provee exactamente la misma información que está contenida bajo la sección de **INSTALACIÓN DEL MODELO** en el Manual del Usuario (**sección 3**).

El archivo del *Manual del Usuario* contiene el Manual del Usuario para el Modelo de Crecimiento y Rendimiento de la Caoba.

La carpeta de *NetLogo* contiene el instalador NetLogo 5.0.3 para los diferentes sistemas operativos. También contiene el *Manual del Usuario NetLogo 5.0.3*, escrito por el equipo que diseñó NetLogo.

La carpeta de *Datos* contiene los archivos necesarios para operar el modelo de crecimiento y rendimiento. **NUNCA DEBERÁ ALTERAR O REMOVER LOS ARCHIVOS DE ESTA CARPETA.**

La carpeta de *Usuario* contiene ejemplos de archivos de carga del usuario. Estos archivos deben servir como modelos para el usuario a la hora de cargar sus datos al modelo. Deberá grabar sus archivos de datos dentro de esta carpeta cuando vaya a cargar sus propios datos de árboles (**sección 9**).

La carpeta de *Resultados* es el lugar recomendado para exportar resultados, y funciona como el lugar pre-determinado para algunos resultados de simulación de **BehaviorSpace** (**secciones 10 y 11**).

#### ***Paso 4. Instalar NetLogo 5.0.3***

Pulse dos veces sobre la carpeta de *NetLogo* para ver su contenido.

Si su computadora utiliza **Windows**, pulse dos veces sobre el archivo instalador titulado *NetLogo5.0.3Installer.exe*. Si utiliza **Mac OS X**, pulse dos veces sobre el archivo *NetLogo 5.0.3.dmg*. Si utiliza **Linux**, pulse dos veces sobre el archivo *NetLogo-5.0.3.tar.gz*.



El archivo instalador abrirá cuando se pulse dos veces. Siga las instrucciones para instalar el *software* de NetLogo en su computadora.

Si prefiere descargar el *software* de NetLogo 5.0.3 de la página de sitio de NetLogo, puede hacerlo desde: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/5.0.3/>

NO UTILICE NINGUNA OTRA VERSIÓN DE NETLOGO. EL MODELO SÓLO PUEDE OPERAR CON NETLOGO 5.0.3. Puede referirse al *Manual del Usuario NetLogo 5.0.3* si necesita asistencia.

### ***Paso 5. Abra el Archivo NetLogo del Modelo***

Una vez haya conseguido instalar el *software* NetLogo 5.0.3 en su computadora, está listo para abrir el archivo titulado *Modelo de Crecimiento y Rendimiento*. Pulse dos veces sobre el archivo para comenzar a utilizar el modelo en su computadora.

Si utiliza Mac OS X, un archivo en blanco podrá aparecer cuando abra el archivo *Modelo de Crecimiento y Rendimiento*. Esto es un problema común que ocurre con NetLogo en el sistema operativo Mac OS X, pero se puede resolver fácilmente. Deje abierto el archivo en blanco, y vuelva a pulsar dos veces sobre el archivo *Modelo de Crecimiento y Rendimiento*. Esto siempre le ayudará a abrir el archivo del modelo correctamente.

## **3.2 Modelo en Línea**

La versión en línea del Modelo de Crecimiento y Rendimiento de la Caoba puede accederse a través de <http://www.swietking.org/model-applet.html>. Este modelo en línea es idéntico al modelo de la computadora, con la diferencia de que no puede: (1) cargar archivos de datos del usuario; (2) exportar resultados de simulación; (3) operar experimentos de **BehaviorSpace**; (4) seguir instrucciones del **Command Line**; o (5) ajustar el tamaño del sitio de campo de manera elegante.

La versión en línea no puede cargar datos del usuario o exportar simulaciones debido a las limitaciones del servidor web. Los experimentos **BehaviorSpace** y las consultas de **Command Line** sólo pueden acomodarse al instalar y operar NetLogo en su computadora. El programilla o *applet* sólo opera los elementos que se encuentran en la interfaz del modelo. No maneja servicios de NetLogo que ocurran fuera de la interfaz.

El tamaño del sitio de campo de la interfaz puede ajustarse en la versión en línea, pero este elemento resulta más difícil de manipular en línea que en la computadora. El modelo en línea no ajustará el tamaño del sitio de campo al **Tamaño-Parche** si el cursor del mouse se encuentra sobre el espacio de entrada del **Tamaño-Parche**. Pulse en cualquier espacio dentro de la interfaz para remover el cursor del mouse del espacio de entrada del **Tamaño-Parche** (pulsar sobre otro espacio de entrada resulta efectivo para este propósito) y pulse **Ajustar-Tamaño** para ajustar el tamaño del sitio de campo del modelo.

Estos asuntos se resolverán, en la medida que sea posible. Favor de registrarse para recibir avisos nuevos sobre el modelo y nuestras investigaciones, accediendo a: <http://www.swietking.org>

### **Versiones Java**

El programilla o *applet* del Modelo de Crecimiento y Rendimiento de la Caoba requiere que su navegador web pueda operar *Java 5* o una versión más reciente. La versión correcta de *Java* puede descargarse de las siguientes direcciones web:

- Usuarios de Windows (Vista, XP, o 2000) pueden descargar el plug-in *Java* para su navegador en: [http://www.java.com/en/download/windows\\_manual.jsp](http://www.java.com/en/download/windows_manual.jsp)
- Usuarios de Mac OS X deben tener la versión 10.4 o una más reciente. No es necesario descargar un plug-in.
- Usuarios de sistemas Linux y Unix necesitan el *Sun Java Runtime Environment Version 5* o una versión más reciente. Pueden descargarla aquí: <http://www.java.com/>. Verifique la página principal de su navegador para más información sobre cómo instalar el plug-in *Java*.

Si usted cree que tiene el navegador correcto y el plug-in correspondiente, pero el modelo en línea aún no le funciona, debe verificar las preferencias de su navegador para asegurarse de que tenga la opción de *Java* permitida (*enabled*).

El siguiente sitio web puede ser útil para determinar qué versión de *Java* usted tiene y para obtener e instalar la versión correcta: <http://www.javatester.org/>

### **Memoria del Navegador**

El programilla o *applet* del Modelo de Crecimiento y Rendimiento de la Caoba puede requerir una mayor cantidad de memoria de la que su navegador normalmente tiene disponible. Esto ocurre con mayor frecuencia cuando se intenta simular poblaciones grandes.

En Windows, puede aumentar el espacio de memoria disponible ('heap') en la configuración de *runtime* del *Java Control Panel*. Busque la pestaña de *Java* en el *Java Control Panel*, y abra *Java Applet Runtime Settings*. Ingrese el siguiente código en el campo de entrada de *Java Runtime Parameters: -Xmx1024M*. Incluya el guión inicial ('-') pero no el punto final ('.'). Para más información, visite:

<http://download.oracle.com/javase/1.5.0/docs/guide/deployment/deployment-guide/jcp.html>

Usuarios de Mac OS X 10.4 deberán tener en cuenta que su sistema operativo inicialmente tenía un límite bajito para programillas o *applets* de *Java* (~64 megabytes). Una actualización Apple para *Java* aumentó el límite de memoria a 96 megabytes. Esta actualización está disponible a través del *Software Update* en su computadora, y no existen otras alternativas para aumentar el límite de memoria para *Java*.

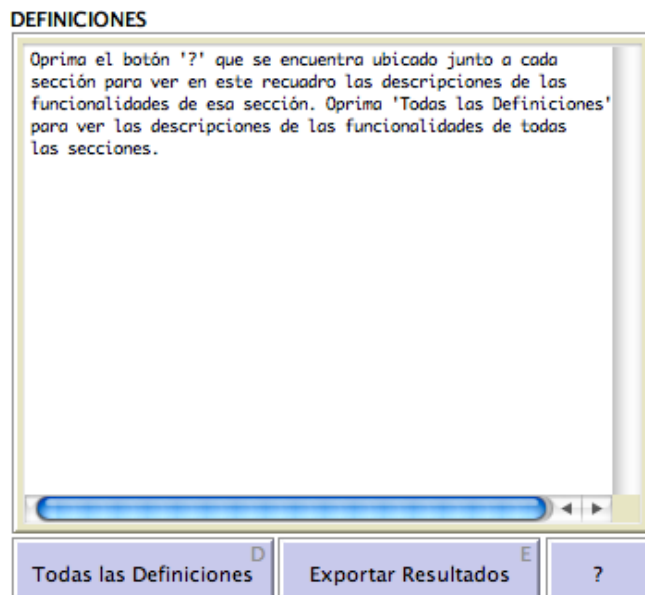
## 4 BOTONES DE AYUDA

Oprimir los botones de **AYUDA (?)**, localizados en el lado derecho de cada sección en la interfaz, le permite ver definiciones de los elementos del modelo dentro del recuadro de **DEFINICIONES** (leer abajo). Puede hacer sus consultas en cada sección del modelo utilizando esta función.

Para ver las definiciones de los elementos del modelo sin tener que oprimir cada botón de **?**, puede pulsar sobre el botón de **Todas las Definiciones** localizado debajo del recuadro de **DEFINICIONES**. Las definiciones también se incluyen en el **APÉNDICE B: DETALLES Y DEFINICIONES DEL MODELO** (página 60) de este Manual.

También puede buscar ayuda al seleccionar **Help** (Ayuda) en el menú de NetLogo. La opción de **Search** (Buscar) le dirige hacia elementos específicos del menú y temas de ayuda. La opción de **Look Up In Dictionary (F1)** (Buscar en el Diccionario) abre un navegador con la entrada en el diccionario para el código seleccionado. Los enlaces del **NetLogo User Manual** (Manual del Usuario NetLogo) y el **NetLogo Dictionary** (Diccionario NetLogo) abrirán el manual y el diccionario en el navegador. La opción de **NetLogo Users Group** (Grupo de Usuarios NetLogo) le llevará a los Grupos de Usuarios de NetLogo, también en un navegador.

Este es el recuadro de **DEFINICIONES**, según aparece en la interfaz. Las definiciones de elementos pueden leerse utilizando la barra azul para navegar el contenido.



Todas las definiciones pueden accederse al pulsar **D** en el teclado. Esto funciona como acceso rápido al botón de **Todas las Definiciones**.

Los botones de acceso rápido o atajos (*shortcuts*) pueden verse en las esquinas superiores a la derecha de los botones. **E** funciona como el acceso rápido para el botón de **Exportar Resultados**, **C** es el acceso rápido al botón de **Configuración**, **V** es el acceso rápido al botón de **Valores Predeterminados**, etc.

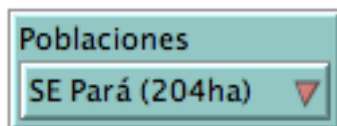
El acceso rápido de un botón aparecerá **negro** cuando esté activado y **gris** cuando esté desactivado. Para activar los accesos rápidos, deberá pulsar en cualquier espacio del trasfondo blanco de la interfaz del modelo.

Para preguntas adicionales, puede dirigirse a los autores según la lista al final del Manual (**sección 17**).

## 5 UNA GUÍA BREVE

La siguiente guía describe el método más básico para simular una población predefinida de árboles de caoba.

### Paso 1. Designar la Población Inicial a Ser Simulada



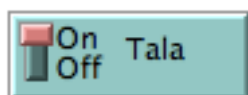
Puede seleccionar entre una población básica predefinida o cargar sus propios datos utilizando las opciones **CARGAR DATOS DEL USUARIO** (sección 9).

### Paso 2. Establecer Límites de Tiempo para la Simulación

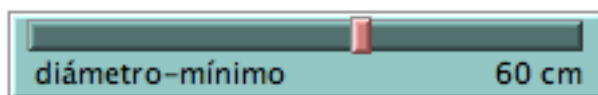


Una simulación terminará una vez se llegue al límite de tiempo establecido o cuando todos los árboles sean cosechados o mueran. Puede ajustar el límite de tiempo utilizando el cursor para deslizar la barra roja de manera horizontal a través del deslizador verde. Los movimientos hacia la derecha aumentan los valores de los parámetros y los movimientos hacia la izquierda los disminuyen.

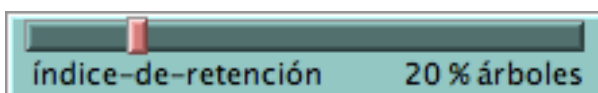
### Paso 3. Establecer Parámetros de Tala



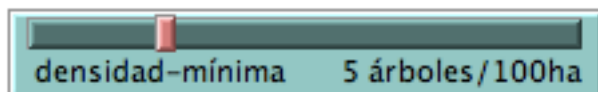
Para simular la población mediante un regimen de tala, seleccione la alternativa de tala 'On'; de otra manera, seleccione la alternativa de tala 'Off'. Para la tala:



Establezca un límite de tala de acuerdo al diámetro mínimo (valor predeterminado = diámetro de 60 cm)



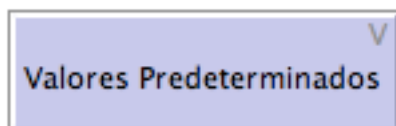
Establezca un índice de retención para árboles comerciales (valor predeterminado = 20% retención comercial)



Establezca un mínimo de densidad poblacional para árboles de tamaño comercial después de la cosecha (valor predeterminado = 5 árboles / 100 ha)



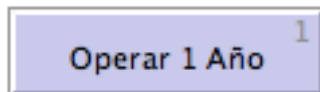
Establezca el tiempo del ciclo de tala (valor predeterminado = 30 años)



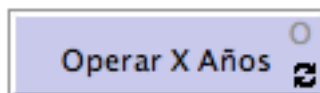
Los valores predeterminados del ciclo de tala pueden restaurarse utilizando el botón de **Valores Predeterminados** que aparece en la esquina superior izquierda de la interfaz. Este botón también restablece la configuración inicial del modelo. Las condiciones o valores predeterminados se repasan a continuación (secciones 6.2 y 7).

**Paso 4. Establecer Población Inicial**

Establezca la población inicial en el terreno o sitio de campo. La población aparecerá en la interfaz del modelo en la sección del medio, titulada 'sitio de campo' (*landscape*). El tamaño de la población del sitio de campo puede ajustarse utilizando la entrada de **Tamaño-Parche** y el botón de **Ajustar-Tamaño** (**sección 6.1**).

**Paso 5. Comenzar Simulaciones**

Opere la simulación durante un solo año. Esta alternativa es útil cuando se está monitoreando cuidadosamente una simulación o cuando se está buscando solucionar algún problema.



Opere la simulación hasta alcanzar el tiempo límite, o hasta que todos los árboles sean cosechados o mueran, en caso de que esto ocurriera antes de que se llegue al tiempo límite.

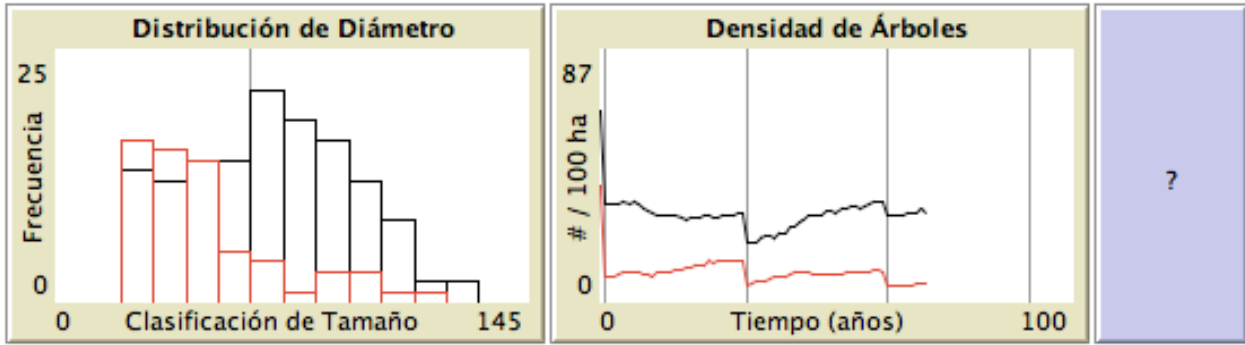
**Paso 6. Monitorear Simulaciones**

Los monitores de **Población Año 0** y **Población Actual** reflejan la densidad total de árboles (árboles  $\geq$  diámetro 20 cm / 100 ha), la densidad de los árboles de tamaño comercial (árboles / 100 ha) y el volumen en pie de la población comercial ( $m^3$ ) en el **Año 0** y el **Actual**.

**POBLACIÓN AÑO 0**

Densidad Total (#/100ha) 65.7	Densidad Comercial (#/100ha) 39.7	Volumen Comercial (m3) 423.8	?
<b>POBLACIÓN ACTUAL</b>			
Densidad Total (#/100ha) 30.9	Densidad Comercial (#/100ha) 6.4	Volumen Comercial (m3) 69.1	

Los gráficos de la **Población Actual** muestran los cambios en la distribución de tamaños de árboles y en su densidad (árboles / 100 ha) a través del tiempo. Estos gráficos se actualizan todos los años de acuerdo a los resultados de simulación. La gráfica de **Distribución de Diámetro** muestra la distribución inicial de tamaños en **negro** y la distribución actual de tamaños en **rojo**. Las líneas verticales de color **gris** dividen los árboles no-comerciales de aquellos que son de tamaño comercial. La gráfica de **Densidad de Árboles** muestra la densidad de todos los árboles  $\geq$  diámetro 20 cm (árboles / 100 ha) en **negro** y la densidad de árboles de tamaño comercial en **rojo**. Las líneas verticales de color **gris** indican los años de cosecha, es decir, los años 1, 31, 61 y 91 en el ejemplo que se incluye.

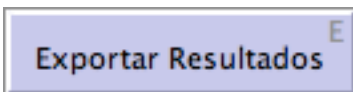


Los monitores de **Rendimiento de la Cosecha** reflejan el volumen de los árboles talados durante la cosecha más reciente, así como el número y volumen de los árboles talados en cosechas anteriores. Los monitores se actualizan luego de cada evento de tala. El recuadro de **Volumen de Tala** refleja el volumen (m<sup>3</sup>) de los árboles talados en la cosecha más reciente. **Volumen Total de Tala** muestra el volumen (m<sup>3</sup>) de los árboles talados en cosechas anteriores. El recuadro de **# Total de Árboles Talados** refleja el número total de árboles talados en todas las cosechas anteriores.

**RENDIMIENTO DE LA COSECHA**

Volumen de Tala (m3)	Volumen Total de Tala (m3)	# Total de Árboles Talados (m3)	?
54.4	486.1	94	

**Paso 7. Exportar Resultados de Simulaciones**



Exporte los resultados de la simulación mediante un archivo de texto (.txt). Los resultados describen las poblaciones iniciales y finales, así como la productividad de la cosecha.

**6 AJUSTES DEL MODELO**

Los parámetros de los **AJUSTES DEL MODELO** determinan: (1) qué población se simulará al operar el modelo; (2) si se realizará o no tala; y (3) por cuánto tiempo correrá la simulación. Los botones de los **AJUSTES DEL MODELO** se utilizan para establecer la población inicial, restablecer los parámetros a los valores predeterminados e iniciar simulaciones del modelo. El área (en hectáreas o ha) del sitio de campo también se muestra en esta sección.

**AJUSTES DEL MODELO**

Configuración	Valores Predeterminados	Poblaciones SE Pará (204ha)	Tamaño del Área (ha) 204
On/Off Tala	Tiempo 100 años	Operar 1 Año	Operar X Años

## 6.1 Establecer la Población Inicial y Ajustar su Tamaño

El botón de **Configuración** establece la población inicial en el sitio de campo que se muestra el centro de la interfaz. La población reflejada en el sitio de campo se selecciona del menú de **Poblaciones**, el cual incluye tres poblaciones básicas predefinidas (de ejemplo) y la alternativa de cargar tres poblaciones definidas por el usuario.

Las poblaciones de ejemplo están basadas en datos provenientes de estudios a poblaciones de árboles de caoba en el sureste de Pará y Acre, Brasil. Las poblaciones del usuario representan los tres métodos para cargar datos del usuario al modelo. Las seis opciones de poblaciones se resumen a continuación. Las poblaciones del usuario se discuten en mayor detalle bajo la sección de **CARGAR DATOS DEL USUARIO (sección 9)**.

### POBLACIONES DE EJEMPLO

<b>SE Pará (204ha)</b>	sitio de campo de 204 ha con 158 árboles
<b>SE Pará (1035ha)</b>	sitio de campo de 1035 ha con 745 árboles
<b>Acre/Amazonas Occidental</b>	sitio de campo de 685 ha con 81 árboles

**SE Pará (204ha)** y **SE Pará (1035ha)** reflejan datos espaciales de diámetro para poblaciones de caoba en el sureste de Pará en Brasil. El área de manejo e investigaciones a largo plazo, conocida como Marajoara, está ubicada 34 km al noroeste de Redenção. Marajoara estuvo sujeta a la tala selectiva de caoba durante el periodo de 1992–1994. La población en 204 ha resulta de un inventario del 100% de árboles de caoba  $\geq$  diámetro 20 cm. La población en 1035 ha contiene la población en 204 ha, pero con una resolución menor de muestreo, representativa de  $> 80\%$  de árboles  $\geq$  diámetro 20 cm en esta extensión más grande de bosque. Los árboles aquí, en su mayoría, son tocones talados. Para más detalles, vea Grogan *et al.* en la sección de referencias (**sección 16**).

**Acre/Amazonas Occidental** refleja datos espaciales de diámetro para una población de árboles de caoba ubicada 40 km al sur de Sena Madureira, en el estado occidental de Brasil, llamado Acre. Estos datos resultan de un inventario en 685 ha del 100% de árboles de caoba  $\geq$  diámetro 20 cm. Al momento del inventario, se trataba de una población que no había sido talada. La baja densidad a escala del terreno es típica de las poblaciones de caoba en el Amazonas Occidental.

### POBLACIONES DEL USUARIO

Población del Usuario ( <b>xyd</b> )	cargar datos espaciales y de diámetro de una hoja de cálculo ( <i>spreadsheet</i> )
Población del Usuario ( <b>shp</b> )	cargar datos espaciales y de diámetro de un archivo de puntos ( <i>shapefile</i> )
Población del Usuario ( <b>csv</b> )	cargar datos no-espaciales de diámetro de una hoja de cálculo

El sitio de campo o ‘terreno’ de la población aparece al centro de la interfaz del modelo. Si el sitio de campo aparece muy pequeño sobre el espacio disponible, puede aumentar el valor que

aparece en **Tamaño-Parcela** y pulsar el botón de **Ajustar-Tamaño** (esquina superior derecha de la interfaz). Si el sitio de campo aparece muy grande para el espacio disponible, puede disminuir el valor que aparece en **Tamaño-Parcela** y pulsar el botón de **Ajustar-Tamaño**. Continúe haciendo los ajustes necesarios, aumentando o disminuyendo el **Tamaño-Parcela** hasta que se encuentre conforme con el tamaño del sitio de campo según aparece en la interfaz. Refiérase a **sección 9.1 Paso 4** para más detalles.

## 6.2 Configurar y Operar Simulaciones

Los parámetros de **Tala** y **Tiempo** determinan cómo el modelo simulará la población inicial. El interruptor de activar/inactivar **Tala** determina si la población se simulará con o sin tala. Seleccione ‘On’ para operar simulaciones con la tala activada. Seleccione ‘Off’ para operar simulaciones con la tala inactivada.

El deslizador de **Tiempo** determina el periodo de duración de la simulación. El modelo simulará el crecimiento y la cosecha de la población inicial hasta alcanzar el tiempo límite, o hasta que todos los árboles sean cosechados o mueran, dependiendo de lo que ocurra primero. El crecimiento de la población y las cosechas pueden simularse hasta un máximo de 150 años. Los cambios a la extensión de la simulación pueden hacerse en incrementos de 5 años.

El botón de **Operar 1 Año** opera el modelo durante un solo año de simulación. El botón de **Operar X Años** opera el modelo hasta alcanzar el tiempo límite o hasta que todos los árboles hayan sido cosechados o mueran.

El botón de **Valores Predeterminados** devuelve las variables a sus condiciones predeterminadas:

<b>Poblaciones</b>	SE Pará 1 (204 ha)	<b>Tala</b>	On
<b>Tamaño-Parcela</b>	2.75 píxeles	<b>Tiempo</b>	100 años

## 7 PARÁMETROS DE TALA

Los parámetros predeterminados de tala se han establecido conforme a las regulaciones actuales en Brasil para el manejo de bosques de caoba. Estas regulaciones requieren un diámetro mínimo de  $\geq 60$  cm para árboles a ser cortados, un índice de retención de  $\geq 20\%$  para árboles de tamaño comercial, un ciclo de tala de entre 25–30 años y prohíben la tala en áreas con densidades poblacionales de  $\leq 0.05$  árboles  $ha^{-1}$  (5 árboles tamaño comercial / 100 ha).

**PARÁMETROS DE TALA**

diámetro-mínimo	60 cm	índice-de-retención	20 % árboles	?
densidad-mínima	5 árboles/100ha	ciclo-de-tala	30 años	



Los parámetros de cosecha pueden alterarse de acuerdo a las preferencias del usuario. Cada parámetro puede devolverse a su valor original utilizando el cursor para deslizar la barra roja a través del deslizador verde. Los movimientos hacia la derecha aumentan los valores de los parámetros, mientras que los movimientos hacia la izquierda, los disminuyen. El valor mínimo y el máximo, así como los incrementos de valores, se incluyen a continuación para cada parámetro:

<b>Diámetro Mínimo</b>	0 – 100 cm; incrementos de 5 cm
<b>Índice de Retención</b>	0 – 100% retención; incrementos de 5%
<b>Densidad Mínima</b>	0 – 20 árboles / 100 ha; incrementos de 1 árbol / 100 ha
<b>Ciclo de Tala</b>	0 – 100 años; incrementos de 5 años

Para devolver los parámetros de tala a sus valores originales, presione **Valores Predeterminados**.

<b>Diámetro Mínimo</b>	60 cm	<b>Retención Mínima</b>	20% árboles
<b>Densidad Mínima</b>	5 árboles / 100 ha	<b>Ciclo de Tala</b>	30 años

Si no desea simular tala, debe inactivar la opción de tala utilizando el interruptor de **Tala** (discutido anteriormente).

## 8 RESULTADOS DE SIMULACIÓN

La interfaz del modelo provee información que les permite a los usuarios observar el progreso de las simulaciones.

### 8.1 Monitores de Población

Los monitores de **POBLACIÓN AÑO 0** y **POBLACIÓN ACTUAL** reflejan la densidad total de árboles, la densidad de árboles de tamaño comercial, así como el volumen de árboles de tamaño comercial en el año 0 y durante el año actual, respectivamente. Los monitores de **POBLACIÓN AÑO 0** son estáticos, mientras que los de **POBLACIÓN ACTUAL** cambian anualmente, de acuerdo a los resultados de la simulación.

POBLACIÓN AÑO 0			?
Densidad Total (#/100ha)	Densidad Comercial (#/100ha)	Volumen Comercial (m3)	
65.7	39.7	423.8	
POBLACIÓN ACTUAL			
Densidad Total (#/100ha)	Densidad Comercial (#/100ha)	Volumen Comercial (m3)	
30.9	6.4	69.1	

Los monitores de **Densidad** reflejan la densidad de árboles, siguiendo un formato de número de árboles por 100 hectáreas. Usted puede hacer la conversión de densidad a abundancia utilizando la siguiente fórmula:

$$Abundancia = Densidad * (Tamaño del Área / 100)$$

Aquí, la densidad (árboles / 100 ha) puede tratarse de la total o de la comercial, y el área (ha) se refiere al **Tamaño del Área**, según se refleja en la esquina superior derecha de la sección de **AJUSTES DEL MODELO** de la interfaz.

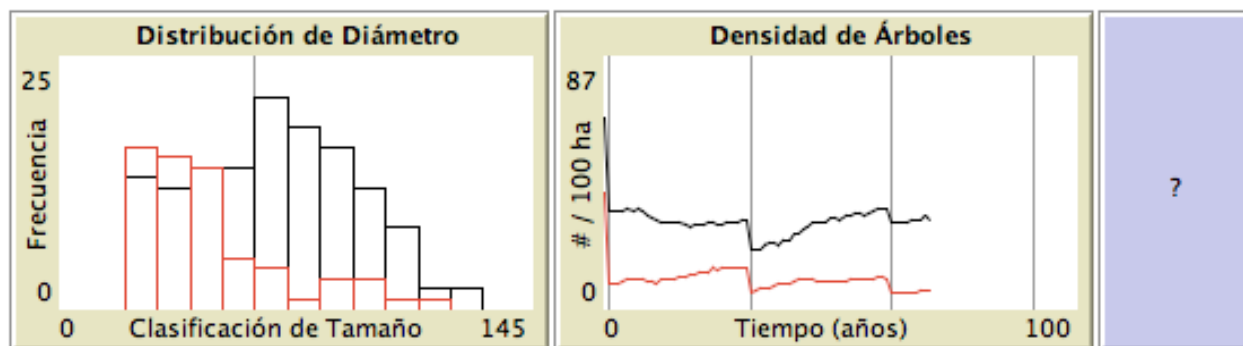
Los monitores de **Volumen** reflejan el volumen en metros cúbicos (m<sup>3</sup>). El volumen se calcula utilizando el valor del diámetro de cada árbol, utilizando la siguiente fórmula:

$$Volumen (m^3) = -5.297672 + (0.1263387 * Diámetro)$$

Los diámetros de los árboles (cm) deben medirse a 1.3 m del suelo o a un mínimo de 30 cm por encima del más alto contrafuerte (Kometter 2011).

## 8.2 Gráficas de Población

Las gráficas de **POBLACIÓN ACTUAL** muestran cambios en la distribución de clasificaciones de tamaño y la densidad poblacional a través del tiempo. Estas gráficas se actualizan anualmente de acuerdo a los resultados de simulaciones.



La gráfica de **Distribución de Diámetro** muestra en **negro** la distribución inicial de clasificaciones de tamaño. La distribución actual se muestra en **rojo**. Esta distribución se actualiza cada año de acuerdo a los resultados de la simulación. Las clasificaciones de tamaño de diámetro se definen en intervalos de 10 cm y sólo árboles con diámetros  $\geq 20$  cm se incluyen en la gráfica. La línea vertical color **gris** divide los árboles comerciales de los no-comerciales, de acuerdo al límite de diámetro mínimo para árboles a ser cortados.

La gráfica de **Densidad de Árboles** muestra la densidad de árboles a través del tiempo (árboles / 100 ha). La línea **negra** muestra la densidad de árboles con diámetros  $\geq 20$  cm. La línea **roja** muestra la densidad de árboles de tamaño comercial. Las líneas verticales de color **gris** indican los años de cosecha, es decir, los años 1, 31, 61 y 91, en el ejemplo que se muestra.

### 8.3 Monitores de Rendimiento de la Cosecha

Los monitores de **RENDIMIENTO DE LA COSECHA** reflejan el volumen de árboles talados durante la cosecha más reciente, así como el número y volumen de árboles talados durante las cosechas anteriores. Los monitores se actualizan luego de cada evento de tala.

#### RENDIMIENTO DE LA COSECHA

Volumen de Tala (m3)	Volumen Total de Tala (m3)	# Total de Árboles Talados (m3)	?
54.4	486.1	94	

**Volumen de Tala** muestra el volumen (m<sup>3</sup>) de árboles talados durante la cosecha más reciente. **Volumen Total de Tala** muestra el volumen (m<sup>3</sup>) de árboles talados durante todas las cosechas anteriores. **# Total de Árboles Talados** muestra el número de árboles talados durante todas las cosechas anteriores.

## 9 CARGAR DATOS DEL USUARIO

El usuario puede simular el crecimiento poblacional y resultados de cosechas para una población de árboles de caoba utilizando la sección de **CARGAR DATOS** de la interfaz del modelo. Como mínimo, se necesitarán los datos de los diámetros de aquellos árboles en el área real de campo.

Si se cuenta con datos tanto de distribución espacial (*mapping*) como de diámetros de árboles, entonces los datos pueden cargarse desde una hoja de cálculo (*spreadsheet*) o, de estar disponible, un archivo de puntos (*shapefile*) de SIG (Sistema de Información Geográfica o GIS, por sus siglas en inglés). Para más información, favor de referirse a las secciones de **Datos Espaciales de Diámetro: Hoja de Cálculo del Usuario** y **Datos Espaciales de Diámetro: Archivo de Puntos del Usuario** (**secciones 9.1 y 9.2**), respectivamente.

Si sólo cuenta con datos de diámetro, entonces puede cargar los datos de una hoja de cálculo, pero deberá conocer o estimar las dimensiones o el tamaño aproximado del área. Refiérase a **Datos No-Espaciales de Diámetro: Hoja de Cálculos del Usuario** (**sección 9.3**), abajo.

### 9.1 Datos Espaciales de Diámetro: Hoja de Cálculo del Usuario

Esta sección describe los procedimientos para cargar datos de diámetro con información de localización espacial desde una hoja de cálculo (*spreadsheet*). Los datos espaciales de diámetro deben seguir el formato que se describe a continuación para que el modelo pueda aceptarlos.

### Paso 1. Estructura de Datos y Formato

El primer paso consiste de estructurar los datos para que su computadora pueda trasladar la información al modelo. Debe crear una hoja de cálculo en Excel (.xls) para organizar los datos en tres columnas: coordenadas-X, coordenadas-Y y diámetros de árboles. Las columnas *deben seguir* este orden para que el modelo pueda leer los datos.

La *Columna A* debe contener las coordenadas-X (longitud) de cada árbol. La *Columna B* debe contener las coordenadas-Y (latitud) de cada árbol. La *Columna C* debe contener el diámetro (en centímetros) de cada árbol. **NO LES ASIGNE TÍTULOS DE ENCABEZAMIENTO A LAS COLUMNAS.** Su archivo debe verse como en el ejemplo que se muestra a continuación:

	Coordenadas-X	Coordenadas-Y	Diámetros	
	A	B	C	D
1	579775.8	9136498.4	71.3	
2	579744.8	9136501.6	79.4	
3	580177.6	9135822.6	66.1	
4	580265.1	9135770.8	80.4	
5	580300.9	9135752.5	45.5	
6	580317.3	9135686.3	64.7	
7	580343.1	9135666.1	72.5	
8	580406.1	9135441.5	79.0	

Árbol

Las coordenadas XY (longitud y latitud) *deben* usar medidas en metros o en grados decimales. En el ejemplo ilustrado anteriormente, las coordenadas se incluyen como unidades geográficas UTM (Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator), obtenidas de una unidad de SPG (Sistema de Posicionamiento Global o GPS, por sus siglas en inglés). Las coordenadas también podrían incluirse en unidades métricas asignadas por el usuario, obtenidas de un inventario de campo.

Las coordenadas *no pueden* incluirse en grados, minutos y segundos. Los usuarios cuyas coordenadas se encuentren en este formato, pueden convertirlas en: <http://www.fcc.gov/mb/audio/bickel/DDDMSS-decimal.html>.

Los diámetros de los árboles deben medirse en centímetros (cm). Estas medidas deben tomarse a 1.3 m del suelo o a un mínimo de 30 cm por encima del más alto contrafuerte.

### Paso 2. Guardar como Archivo de Texto

El *software* del modelo no puede leer datos de archivos de Excel (.xls), por lo que los datos deben guardarse como archivos de texto (.txt). Utilizando Excel o otro programa similar, escoja *File > Save As* y seleccione *Text (tab delimited)* de las alternativas de *Save As*. Incluya la extensión '.txt' en el nombre del archivo. Su nueva lista en formato de texto debe verse como el ejemplo que se presenta a continuación, SIN TÍTULOS DE ENCABEZAMIENTOS:

	Coordenadas-X	Coordenadas-Y	Diámetros
Árbol	579775.8	9136498.4	71.3
	579744.8	9136501.6	79.4
	580177.6	9135822.6	66.1
	580265.1	9135770.8	80.4
	580300.9	9135752.5	45.5
	580317.3	9135686.3	64.7
	580343.1	9135666.1	72.5
	580406.1	9135441.5	79
	580428.7	9135405.3	41.2

Guarde el archivo de texto en la carpeta de *Modelo > Usuario*. Recuerde el nombre de este archivo de texto.

### Paso 3. Parámetros de Archivos NetLogo

Los pasos finales para cargar sus datos al modelo se realizan bajo la sección de **CARGAR DATOS** de la interfaz. Estos parámetros especifican el nombre del archivo de datos del usuario, las dimensiones del área del usuario y la resolución del sitio de campo o terreno según aparezca en la interfaz.

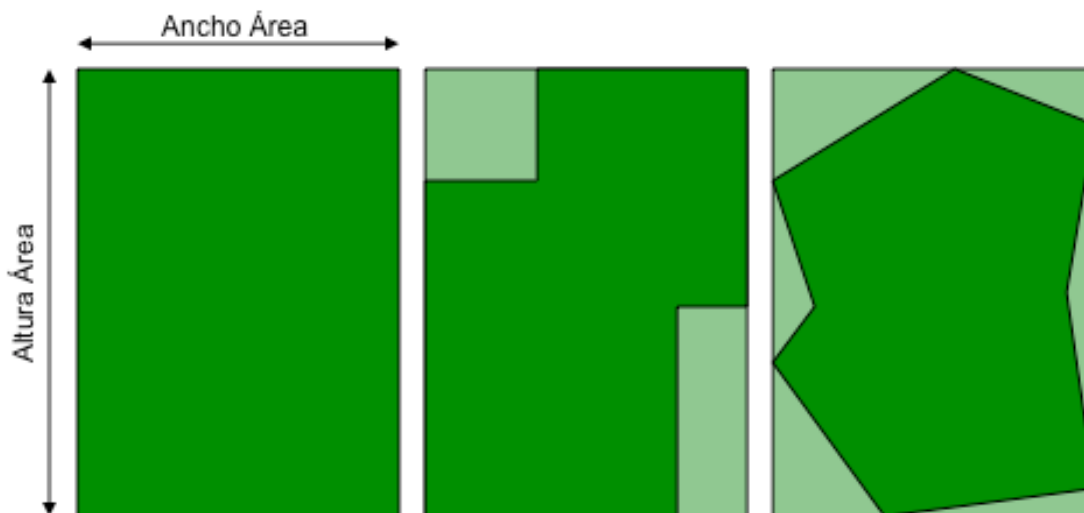
**CARGAR DATOS**

Nombre-Archivo			
mara-204-tree-data.txt			
Nombre-Atributo-Diámetro			?
Ancho-Área	Altura-Área	Tamaño-Parche	Ajustar-Tamaño <sup>A</sup>
1216	1712	1	

En el recuadro de **Nombre-Archivo**, ingrese el nombre del archivo de texto del Paso 2, que contiene los datos espaciales de diámetro, y el cual debe estar localizado dentro de la carpeta de *Usuario*. Asegúrese de incluir la extensión '.txt' cuando ingrese el nombre.

Deje en blanco el recuadro de **Nombre-Atributo-Diámetro**. Se utiliza éste solamente cuando se están cargando datos de un archivo de puntos (*shapefile*; **sección 9.2**). Entrar información a este recuadro interferiría con los datos que se están intentando cargar al momento.

Entre el ancho (X, en metros) de su área de campo al recuadro de **Ancho-Área**, y la altura al recuadro de **Altura-Área**. Si su área de campo no tiene una forma rectangular, imagine un rectángulo que sea capaz de rodear el área por completo, y calcule un estimado de su ancho y altura (refiérase a los ejemplos, abajo). El ancho y la altura deben calcularse en metros (m).



Ingrese el valor 1.00 en el recuadro de **Tamaño-Parche**. Este recuadro utiliza píxeles para determinar el tamaño de los parches del sitio de campo. Un **Tamaño-Parche** de 1.00 tiene el propósito de ser pequeño para trazar un sitio de campo o terreno que quepa dentro del espacio disponible en la interfaz del modelo.

#### **Paso 4. Ajustar el Tamaño del Sitio de Campo**

Luego de haber ingresado el **Nombre-Archivo**, **Ancho-Área**, **Altura-Área** y el **Tamaño-Parche**, presione el botón de **Configuración** bajo **AJUSTES DEL MODELO** para trazar su área de campo en la interfaz del modelo. Si resulta que las dimensiones del área están incorrectas, asegúrese de que el archivo contenga el formato correcto (columnas: coordenada-X, coordenada-Y, diámetro). Si recibe un mensaje de error, refiérase a la sección de **Mensajes de Error y Resolución de Problemas** (sección 9.4), abajo.

El sitio de campo o terreno se debe trazar utilizando un **Tamaño-Parche** de 1.00, pero se puede escoger un valor mayor o menor, dependiendo de las dimensiones reales del área de campo. Si el sitio de campo aparece muy pequeño sobre el espacio disponible, aumente el valor que aparece en **Tamaño-Parche** a 2.00 y pulse el botón de **Ajustar-Tamaño**. Si el sitio de campo aparece muy grande para el espacio disponible, disminuya el valor que aparece en **Tamaño-Parche** a 0.50 y pulse el botón de **Ajustar-Tamaño**. Continúe haciendo los ajustes necesarios, aumentando o disminuyendo el **Tamaño-Parche** hasta que se encuentre conforme con el tamaño del sitio de campo según aparece en la interfaz.

#### **Paso 5. Resolución de Problemas**

Si necesita asistencia inmediata, presione el botón ? para un resumen de las capacidades de **CARGAR DATOS**, o refiérase a este manual. Vea la sección de **Mensajes de Error y**

**Resolución de Problemas (sección 9.4)**, abajo, para una discusión en mayor detalle acerca de los mensajes de error que pueden aparecer durante el proceso de cargar datos.

## 9.2 Datos Espaciales de Diámetro: Archivo de Puntos del Usuario

Esta sección describe los procedimientos para cargar datos desde un archivo de puntos (*shapefile*). El formato *shapefile* es un tipo de archivo que se produce mediante *software* de Sistemas de Información Geográfica (GIS) para guardar datos de localización y atributos. Esta funcionalidad del modelo para cargar datos no es compatible con otros formatos de archivos geoespaciales.

### Paso 1. Ubique el Shapefile en la Carpeta del Usuario

Guarde el archivo de puntos (*shapefile*) que contiene los datos espaciales de diámetro de su población de árboles en la carpeta de *Modelo > Usuario*. Incluya también el archivo dbf (.dbf) que se encuentra asociado al *shapefile* (no hace falta incluir los archivos de .prj, .sbn, .sbx, .shx y .xml). Recuerde el nombre del *shapefile* principal (.shp).

### Paso 2. Parámetros de Archivos NetLogo

Los parámetros en la sección de **CARGAR DATOS** en la interfaz del modelo especifican el nombre del archivo de datos del usuario, el nombre del atributo de diámetro, las dimensiones del área del usuario y la resolución del sitio de campo o terreno según aparezca en la interfaz.

En el recuadro de **Nombre-Archivo**, ingrese el nombre del archivo de puntos (*shapefile*) del Paso 1, que contiene los datos espaciales de diámetro, y el cual debe estar localizado dentro de la carpeta de *Usuario*. Asegúrese de incluir la extensión '.shp' cuando ingrese el nombre. En el recuadro de **Nombre-Atributo-Diámetro**, ingrese el nombre del atributo (cabecera de la columna de datos) que se encuentra en el *shapefile*. Las medidas de los diámetros en el *shapefile* deben encontrarse en centímetros (cm). Estas medidas deben tomarse a 1.3 m del suelo o a un mínimo de 30 cm por encima del más alto contrafuerte.

CARGAR DATOS			
Nombre-Archivo			
mara-204-tree-data.shp			
Nombre-Atributo-Diámetro			?
DIAM2004			
Ancho-Área	Altura-Área	Tamaño-Parche	Ajustar-Tamaño <sup>A</sup>
1216	1712	1	

Ingrese el ancho (X, en metros) de su área de campo al recuadro de **Ancho-Área**, y la altura al recuadro de **Altura-Área**. Si su área de campo no tiene una forma rectangular, imagine un rectángulo que sea capaz de rodear el área por completo, y calcule un estimado de su ancho y altura (refiérase a los ejemplos, **página 22**). El ancho y la altura deben calcularse en metros (m).

Ingrese el valor 1.00 en el recuadro de **Tamaño-Parche**. Este recuadro utiliza píxeles para determinar el tamaño de los parches del sitio de campo. Un **Tamaño-Parche** de 1.00 tiene el propósito de ser pequeño para trazar un sitio de campo o terreno que quepa dentro del espacio disponible en la interfaz del modelo.

### ***Paso 3. Ajustar el Tamaño del Sitio de Campo***

Luego de haber ingresado el **Nombre-Archivo**, **Ancho-Área**, **Altura-Área** y el **Tamaño-Parche**, presione el botón de **Configuración** bajo **AJUSTES DEL MODELO** para trazar su área de campo en la interfaz del modelo. El sitio de campo o terreno se debe trazar utilizando un **Tamaño-Parche** de 1.00, pero se puede escoger un valor mayor o menor, dependiendo de las dimensiones reales del área de campo.

Si el sitio de campo aparece muy pequeño sobre el espacio disponible, aumente el valor que aparece en **Tamaño-Parche** a 2.00 y pulse el botón de **Ajustar-Tamaño**. Si el sitio de campo aparece muy grande para el espacio disponible, disminuya el valor que aparece en **Tamaño-Parche** a 0.50 y pulse el botón de **Ajustar-Tamaño**. Continúe haciendo los ajustes necesarios, aumentando o disminuyendo el **Tamaño-Parche** hasta que se encuentre conforme con el tamaño del sitio de campo según aparece en la interfaz.

### ***Paso 4. Resolución de Problemas***

Si necesita asistencia inmediata, presione el botón ? para un resumen de las capacidades de **CARGAR DATOS**, o refiérase a este manual. Vea la sección de **Mensajes de Error y Resolución de Problemas** (**sección 9.4**), abajo, para una discusión en mayor detalle acerca de los mensajes de error que pueden aparecer durante el proceso de cargar datos.

## **9.3 Datos No-Espaciales de Diámetro: Hoja de Cálculos del Usuario**

Esta sección describe los procedimientos para cargar datos de diámetro cuando no se tiene información sobre la localización espacial. Aunque no se requieren datos espaciales para utilizar esta funcionalidad de la interfaz, usted debe poder estimar las dimensiones físicas o el área (ha) de su sitio de campo.

### ***Paso 1. Estructura y Formato de Datos***

El primer paso consiste de estructurar los datos para que la computadora pueda incorporar la información al modelo. Utilice una hoja de cálculo para organizar los datos en una sola columna: diámetro de árboles (cm). **NO LE ASIGNE TÍTULO DE ENCABEZAMIENTO**. Su archivo debe verse como se muestra a continuación:



**Diámetro**  
▼

◇	A	B
1	71.3	
2	79.4	
3	66.1	
4	80.4	
5	45.5	
6	64.7	
7	72.5	
8	79	
9	41.3	

Árbol

Los diámetros *deben* calcularse en centímetros (cm). Las medidas deben tomarse a 1.3 m por encima del suelo o a un mínimo de 30 cm por encima del más alto contrafuerte.

**Paso 2. Grabe su Archivo como CSV**

El *software* del modelo no puede leer datos de Excel (.xls) o archivos similares; por lo tanto, debe grabar sus datos en formato de valores separados por comas (*comma separated value* o archivo .csv). Escoja *File > Save As* y seleccione *CSV (comma delimited)* bajo la opción de *Save As*. DEBE INCLUIR LA EXTENSIÓN ‘.CSV’ EN EL NOMBRE DEL ARCHIVO.

Grabe el archivo en la carpeta de *Modelo > Usuario*. No olvide el nombre de este archivo.

**Paso 3. Parámetros de Archivos NetLogo**

Los pasos finales para cargar sus datos al modelo se realizan bajo la sección de **CARGAR DATOS** de la interfaz. Estos parámetros especifican el nombre del archivo de datos del usuario, las dimensiones del área de campo del usuario y la resolución del sitio de campo o terreno según aparezca en la interfaz.

En el recuadro de **Nombre-Archivo**, ingrese el nombre del archivo .csv del Paso 2, que contiene los datos de diámetro, y el cual debe estar localizado en la carpeta de *Usuario*. Asegúrese de incluir la extensión ‘.csv’ cuando ingrese el nombre.

**CARGAR DATOS**

Nombre-Archivo			
mara-204-tree-data.csv			
Nombre-Atributo-Diámetro			?
Ancho-Área	Altura-Área	Tamaño-Parche	Ajustar-Tamaño
1216	1712	1	A

Deje en blanco el recuadro de **Nombre-Atributo-Diámetro**. Se utiliza éste solamente cuando se están cargando datos de un archivo de puntos (*shapefile*; **sección 9.2**). Entrar información a este recuadro interferiría con los datos que se están intentando cargar al momento.

Ingrese el ancho (X, en metros) de su área de campo al recuadro de **Ancho-Área**, y la altura al recuadro de **Altura-Área**. Si su área de campo no tiene una forma rectangular, calcule un estimado del ancho y la altura del rectángulo que más apretadamente podría rodear el área por completo (refiérase a los ejemplos, **página 22**). El ancho y la altura deben calcularse en metros (m).

Ingrese el valor 1.00 en el recuadro de **Tamaño-Parche**. Este recuadro utiliza píxeles para determinar el tamaño de los parches del sitio de campo. Un **Tamaño-Parche** de 1.00 tiene el propósito de ser pequeño para trazar un sitio de campo o terreno que quepa dentro del espacio disponible en la interfaz del modelo.

#### ***Paso 4. Ajustar el Tamaño del Sitio de Campo***

Luego de haber entrado el **Nombre-Archivo**, **Ancho-Área**, **Altura-Área** y el **Tamaño-Parche**, presione el botón de **Configuración** bajo **AJUSTES DEL MODELO** para trazar su área de campo en la interfaz del modelo. El sitio de campo o terreno se debe trazar utilizando un **Tamaño-Parche** de 1.00, pero se puede escoger un valor mayor o menor, dependiendo de las dimensiones reales del área de campo.

Si el sitio de campo aparece muy pequeño sobre el espacio disponible, aumente el valor que aparece en **Tamaño-Parche** a 2.00 y pulse el botón de **Ajustar-Tamaño**. Si el sitio de campo aparece muy grande para el espacio disponible, disminuya el valor que aparece en **Tamaño-Parche** a 0.50 y pulse el botón de **Ajustar-Tamaño**. Continúe haciendo los ajustes necesarios, aumentando o disminuyendo el **Tamaño-Parche** hasta que se encuentre conforme con el tamaño del sitio de campo según aparece en la interfaz.

#### ***Paso 5. Resolución de Problemas***

Si necesita asistencia inmediata, presione el botón ? para un resumen de las capacidades de **CARGAR DATOS**, o refiérase a este manual. Vea la sección de **Mensajes de Error y Resolución de Problemas** (**sección 9.4**), abajo, para una discusión en mayor detalle acerca de los mensajes de error que pueden aparecer durante el proceso de cargar datos.

## **9.4 Mensajes de Error y Resolución de Problemas**

Si ocurre un error durante el proceso de cargar datos, el modelo detendrá el proceso y emitirá un mensaje explicando la causa del error. A continuación se incluye una lista de errores posibles y sus soluciones:

**Debe seleccionar una 'Población'.** Usted ha dejado en blanco la población. Favor de seleccionar una población a simular.

**Debe seleccionar una 'Población de Ejemplo'.** Usted ha seleccionado **Población de Ejemplo**. Favor de escoger una de las alternativas de poblaciones de ejemplo a simular.

**Debe seleccionar una 'Población del Usuario'.** Usted ha seleccionado **Población del Usuario**. Favor de especificar una población del usuario a simular.

**Debe especificar un 'Nombre-Archivo'.** Usted ha seleccionado **Población del Usuario** pero no especificó un archivo de datos. Favor de proveer el nombre del archivo de datos que contiene las poblaciones del usuario, o seleccionar alguna de las poblaciones de ejemplo.

**'Nombre-Archivo' debe ser un archivo en formato .txt.** Usted ha seleccionado **Población del Usuario (xyd)**, lo cual requiere un archivo de texto, pero el archivo que ha especificado en **Nombre-Archivo** no contiene una extensión .txt. Favor de verificar que se trate de un archivo de texto e incluir la extensión apropiada (.txt).

**'Nombre-Archivo' debe ser un archivo en formato .shp.** Usted ha seleccionado **Población del Usuario (shp)**, lo cual requiere un archivo de puntos (*shapefile*), pero el archivo que ha especificado en **Nombre-Archivo** no contiene una extensión .shp. Favor de verificar que se trate de un *shapefile* e incluir la extensión apropiada (.shp).

**Debe especificar un 'Nombre-Atributo-Diámetro'.** Usted ha seleccionado **Población del Usuario**, lo cual requiere un **Nombre-Atributo-Diámetro**, pero ha dejado ese recuadro en blanco. Favor de ingresar el nombre del atributo *shapefile* de diámetro.

**'Nombre-Archivo' debe ser un archivo en formato .csv.** Usted ha seleccionado **Población del Usuario (csv)**, lo cual requiere un archivo csv, pero el archivo que ha especificado en **Nombre-Archivo** no contiene la extensión .csv. Favor de verificar que se trate de un archivo csv e incluir la extensión apropiada (.csv).

**'Ancho-Área' debe ser un número positivo no-equivalente al cero.** Usted ha entrado una medida no-positiva de ancho (negativo o cero). Favor de entrar una medida positiva de ancho, en metros (m).

**'Altura-Área' debe ser un número positivo no-equivalente al cero.** Usted ha entrado una medida no-positiva de altura (negativo o cero). Favor de entrar una medida positiva de altura, en metros (m).

**'Tamaño-Parche' debe ser un número positivo no-equivalente al cero.** Usted ha entrado una medida no-positiva de parche (negativo o cero). Favor de entrar una medida positiva de parche, en metros (m).

**El área de simulación o sitio de campo no puede ser establecido. Favor de revisar las guías para el formato y posicionamiento de archivos.** Seguramente ha recibido este mensaje de error porque el archivo de datos no sigue el formato adecuado o no está ubicado dentro de la carpeta de *Modelo > Usuario*. El archivo de datos debe ubicarse en la carpeta del *Usuario* y no

debe contener cabeceras, comas, espacios o otros símbolos. Favor de revisar este manual para las guías del formato.

## 9.5 Ejemplos para Cargar Datos de Usuario

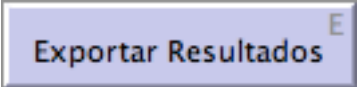
Existen archivos de ejemplo dentro de la carpeta de *Modelo > Usuario* para ilustrar el proceso de cargar datos del usuario. La carpeta contiene los archivos necesarios para establecer la población de **SE Pará (204ha)**, utilizando los tres métodos para cargar datos.

Los archivos y entradas requeridos para cada metodología se incluyen a continuación. Si tiene preguntas sobre formatos, puede utilizar estos archivos como modelo. Si tiene preguntas sobre las entradas, puede referirse a la información que se incluye a continuación y a las ilustraciones de **CARGAR DATOS** presentadas anteriormente (**secciones 9.1, 9.2 y 9.3**).

Tipo de carga	Nombre-Archivo	Nombre-Atributo-Diámetro	Ancho-Área	Altura-Área	Tamaño-Parche
Espacial: archivo TXT	mara-204-tree-data.txt		1216.1	1712.4	1.0
Espacial: archivo SHP	mara-204-tree-data.shp*	DIAM2004	1216.1	1712.4	1.0
No-espacial: archivo CSV	mara-204-tree-data.csv		1216.1	1712.4	1.0

\*El archivo mara-204-tree-data.dbf en la carpeta de *Modelo > Usuario* está asociado a este archivo de puntos (*shapefile*) y es necesario para cargar datos utilizando este método.

## 10 EXPORTAR RESULTADOS DE SIMULACIÓN



Las funcionalidades de los monitores, las gráficas y el sitio de campo o terreno proveen medios para observar los resultados de las simulaciones a tiempo real, pero estos resultados no se graban en la memoria ni se resumen para el usuario. El usuario puede evaluar los resultados finales de las simulaciones y grabarlos permanentemente al presionar el botón de **Exportar Resultados**. Esto produce un archivo que resume los resultados de la simulación, mostrando los ajustes del modelo, los parámetros de cosecha, la población inicial, la población final y las estadísticas de cosecha.

Los resultados de una simulación deben grabarse como un archivo de texto (.txt). El usuario puede escoger cualquier nombre para el archivo y guardarlo en el lugar que desee en su computadora. Puede ser útil nombrar el archivo de acuerdo a los parámetros simulados. Por ejemplo, *Marajoara-60cm-20rr-5md-30yr-1* indica la población simulada, mientras que *cm*, *rr*, *md* y *yr* indican el límite de diámetro mínimo para árboles a ser talados, el índice de retención, la densidad mínima y el ciclo de tala, respectivamente, mientras que *1* indica el número de la simulación.

Los archivos de texto de **Resultados** pueden abrirse utilizando *Notepad* en Windows y *TextEdit* en Mac OS X. Si usted no posee ninguno de estos programas (usualmente vienen pre-instalados en las computadoras), existen alternativas en línea, libres de costo. Para usuarios de Windows, *Another Notepad* es un programa simple de editar texto que es gratuito: <http://www.pc->

[shareware.com/anotepad.htm](http://shareware.com/anotepad.htm). Para usuarios de Mac, *Plain Text Editor* también es sencillo y gratis: <http://www.macupdate.com/app/mac/8724/plain-text-editor>.

**RESULTADOS DE SIMULACIÓN**, la primera sección del archivo de **Resultados**, resume los ajustes del modelo en la simulación completada. Esta sección incluye: (1) el nombre del área de campo (el nombre del archivo de datos, si se utiliza una población del usuario); (2) el tamaño del área de campo en hectáreas; (3) si la opción de tala estaba activa o inactiva; y (4) el número de ciclos de cosecha, el tiempo límite de la simulación (en años) y el tiempo real de la simulación (en años).

La segunda sección del archivo de **Resultados** brinda un recordatorio de que simulaciones adicionales deberían realizarse para validar los resultados de una sola simulación. Esto puede hacerse repitiendo la misma simulación o operando un experimento **BehaviorSpace**, según se describe en **sección 11**.

Las líneas que siguen a estos recordatorios definen *Densidad/Abundancia Total* y *Densidad/Abundancia Comercial*, según descrito en las estadísticas en el archivo de **Resultados**. La *Densidad/Abundancia Total* siempre se refiere a árboles  $\geq 20$  cm de diámetro. La *Densidad/Abundancia Comercial* se refiere a árboles  $\geq$  diámetro mínimo establecido en la interfaz para árboles a ser cortados.

La próxima sección, **PARÁMETROS DE TALA**, sólo aparece si la opción de tala estuvo activada durante la simulación, e informa los valores de los parámetros de tala utilizados durante la simulación. Si estos parámetros se cambiaron en algún momento durante la simulación, sólo aparecerán los valores utilizados al final.

**ESTADÍSTICAS DEL AÑO 0** y **ESTADÍSTICAS DEL AÑO XXX** informan la densidad total, la densidad comercial y el volumen comercial de la población al inicio y al final de la simulación. El valor del año en **ESTADÍSTICAS DEL AÑO XXX** será determinado por el número de año en que terminó la simulación; es decir, una simulación que duró 100 años dirá **ESTADÍSTICAS DEL AÑO 100**.

La sección de **ESTADÍSTICAS DE COSECHA** sólo aparece si la opción de tala estuvo activada durante la simulación. Esta sección resume el número de cosechas, el número de árboles talados y el volumen de los árboles talados durante la simulación. También resume los resultados de cada cosecha, mostrando el año y el rendimiento de los eventos de cosecha.

La sección de **ABUNDANCIA Y VOLUMEN ANTES/DESPUÉS DE LA COSECHA** resume el número y el volumen de los árboles de tamaño comercial antes/después de cada cosecha, si la opción de tala estuvo activada durante la simulación.

Finalmente, la sección de **DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO (AÑO XXX)** resume la distribución de tamaños para árboles  $\geq 20$  cm de diámetro durante el último año de simulación. El árbol más grande siempre estará clasificado dentro de la segunda mayor clasificación; es decir, la clasificación mayor siempre contendrá 0 árboles. El número de clasificaciones de tamaño

cambia de acuerdo a la distribución de tamaños de los árboles durante el año final, pero los aumentos en cada clasificación siempre serán de 10 cm de diámetro.

## 11 EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN: BehaviorSpace

La herramienta BehaviorSpace de NetLogo le permite al usuario operar simulaciones repetidas del Modelo de Crecimiento y Rendimiento de la Caoba, utilizando ajustes con variaciones constantes o sistemáticas para los parámetros de cosecha. La herramienta BehaviorSpace permite que se examinen los resultados de múltiples regímenes de cosechas, proveyendo confiabilidad estadística (simulaciones repetidas) y facilidad metodológica (proceso automatizado). Los resultados de estas simulaciones son tabulados en una hoja de cálculo para su análisis.

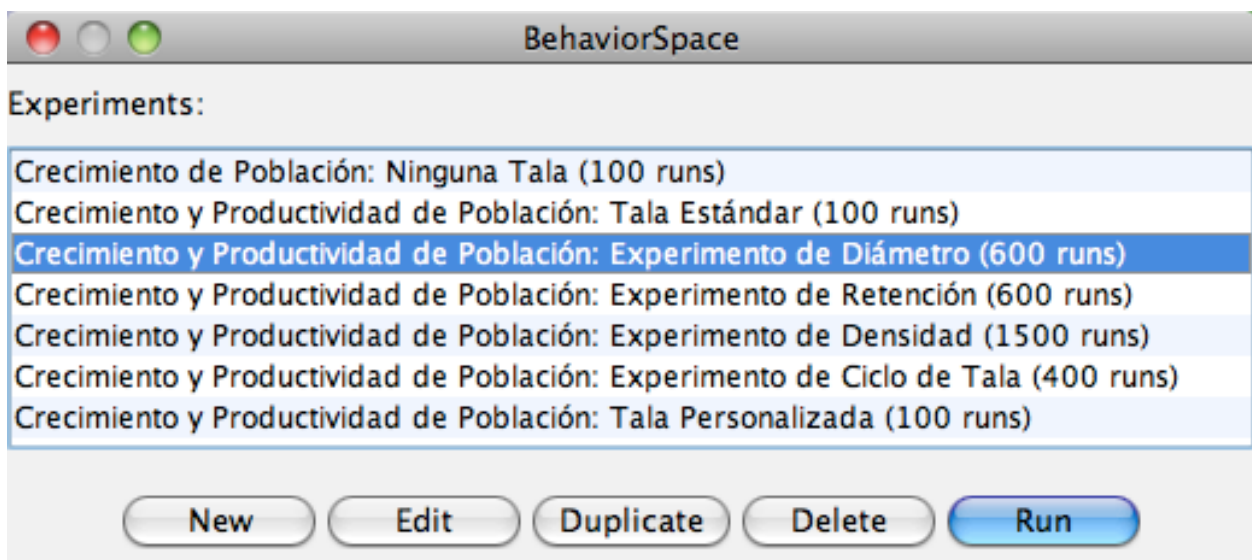
La sección a continuación explica cómo operar, modificar y analizar los siete experimentos BehaviorSpace pre-incorporados.

### *Paso 1. Definir Parámetros del Modelo*

Los experimentos de BehaviorSpace harán variaciones sistemáticas en los parámetros de cosecha, pero el usuario debe definir los demás ajustes del modelo antes de llevar a cabo un experimento. Debe definir **Poblaciones**, **Tala** y **Tiempo** en la interfaz del modelo, de acuerdo a las instrucciones previas ([sección 6.2](#)). Si desea simular uno o más regímenes de cosecha, deberá activar el interruptor de **Tala**.

### *Paso 2. Abrir BehaviorSpace*

Abra la herramienta de BehaviorSpace al seleccionar **Tools > BehaviorSpace** en el menú de NetLogo. La ventana **BehaviorSpace** abrirá en su pantalla:



En esta ventana, aparecen siete experimentos pre-incorporados. Para ver los nombres completos de los experimentos, ajuste el tamaño de la ventana, agarrando el triángulo en la esquina inferior derecha. La función de cada experimento se describe a continuación. Los botones en la ventana de **BehaviorSpace** se comportan de la siguiente manera:

<b>New</b>	crea un experimento nuevo de BehaviorSpace
<b>Edit</b>	abre el experimento seleccionado para que se pueda editar
<b>Duplicate</b>	nace un duplicado del experimento seleccionado
<b>Delete</b>	borra el experimento seleccionado
<b>Run</b>	opera el experimento seleccionado

Antes de llevar a cabo o operar un experimento, debe seleccionar la opción de editar en **Edit** y familiarizarse con los ajustes del experimento. Más adelante, se discuten las maneras en que se pueden modificar estos ajustes y crear nuevos experimentos (**sección 12.2**).

### ***Paso 3. Escoja un Experimento BehaviorSpace***

Escoja el experimento base de BehaviorSpace que más se acerque a sus metas de experimentación:

El experimento de **Crecimiento de Población: Ninguna Tala** realiza una simulación de la población inicial sin activar la tala, para examinar la proyección natural de esa población.

El experimento de **Crecimiento y Productividad de Población: Tala Estándar** realiza una simulación de la población inicial bajo los estándares de cosecha actuales (predeterminados), para examinar cómo la población se recupera luego de la tala.

Los cuatro experimentos de **Crecimiento y Productividad de Población: Parámetros de Cosecha** examinan los efectos que cada parámetro de cosecha produce sobre el crecimiento y la productividad de una población, al variar sólo uno de los parámetros y mantener los otros tres como constantes.

El experimento final de **Crecimiento y Productividad de Población: Tala Personalizada** provee un espacio para que el usuario defina un régimen de cosecha para simular la recuperación y productividad de la población inicial, bajo las condiciones establecidas.

### ***Paso 4. Examinar y Modificar un Experimento BehaviorSpace***

En la ventana de **BehaviorSpace**, pulse el nombre del experimento base que desea seleccionar. El nombre debería aparecer sombreado en azul. Presione **Edit** para editar los detalles del experimento. La ventana de **Experiment** debe abrir al centro de su pantalla (refiérase al diagrama que se muestra a continuación).

Ajuste el tamaño de la ventana, de acuerdo a su necesidad, manipulando el triángulo en la esquina inferior derecha. La ventana que se muestra a continuación (ver diagrama) describe el experimento de **Crecimiento y Productividad de Población: Experimento de Diámetro**,

según se puede apreciar en el recuadro de **Experiment name** en el encabezamiento de la ventana.

### Variables de Experimentos

El segundo recuadro muestra las **variables** que se examinarán durante el experimento BehaviorSpace. En el experimento ilustrado, la tala ha sido activada de manera permanente (*["logging" true]*) y el **diámetro-mínimo** variará de 40 cm a 90 cm, con aumentos de 10 cm (i.e., 40, 50, 60, 70, 80, 90 cm). Los demás parámetros de cosecha y ajustes del modelo permanecerán constantes, basados en los ajustes actuales de la interfaz.

La sección de **Vary variables** tiene una estructura similar en cada experimento. **Crecimiento de Población: Ninguna Tala** es el único experimento que NO tiene la tala activada para poder monitorear las poblaciones bajo condiciones naturales. Por otro lado, el experimento de **Crecimiento y Productividad de Población: Tala Personalizada**, contrario a los demás, ajusta de manera permanente los cuatro parámetros de cosecha, con el fin de monitorear las poblaciones de acuerdo a las prácticas legales de manejo que se utilizan actualmente para la caoba en Brasil.

Experiment

Experiment name

Vary variables as follows (note brackets and quotation marks):

```
["Tala" true]
["diámetro-mínimo" [40 10 90]]
```

Either list values to use, for example:  
["my-slider" 1 2 7 8]  
or specify start, increment, and end, for example:  
["my-slider" [0 1 10]] (note additional brackets)  
to go from 0, 1 at a time, to 10.  
You may also vary max-pxcor, min-pxcor, max-pycor, min-pycor, random-seed.

Repetitions   
run each combination this many times

Measure runs using these reporters:

```
count trees
count trees with [diameter >= 20]
count trees with [diameter >= diámetro-mínimo]
sum annual-harvest-number
```

one reporter per line; you may not split a reporter across multiple lines

Measure runs at every step  
if unchecked, runs are measured only when they are over

Setup commands:

Go commands:

Stop condition: the run stops if this reporter becomes true

Final commands: run at the end of each run

Time limit   
stop after this many steps (0 = no limit)

Cancel OK



Los otros cuatro experimentos de **Crecimiento y Productividad de Población (Diámetro, Retención, Densidad y Ciclo de Tala)** realizan variaciones en los parámetros de cosecha, de acuerdo a la sintaxis descrita: ["*parámetro-cosecha*" [*comienzo incremento final*]]. Para examinar un registro o una resolución diferente en los valores de parámetros, cambie los valores de *comienzo*, *incremento* y *final*, de acuerdo a su preferencia.

Por otro lado, los valores a examinarse pueden incluirse utilizando la siguiente sintaxis: ["*parámetro-cosecha*" *valor valor valor...*]. Por ejemplo, ["*diámetro-mínimo*" 50 55 60 75 80] simularía los diámetros mínimos (no de incrementos) de 50, 55, 60, 75 y 80 cm. **ASEGÚRESE DE UTILIZAR LOS CORCHETES EXACTAMENTE COMO SE MUESTRA AQUÍ.**

El recuadro de **Repetitions** especifica el número de simulaciones que se realizarán para cada valor del parámetro de cosecha. El experimento de **Crecimiento y Productividad de Población: Experimento de Diámetro** simula seis valores de diámetro mínimo (40, 50, 60, 70, 80 y 90 cm), cada uno 100 veces, para un total de 600 simulaciones. Escriba un número nuevo en el recuadro de **Repetitions** para aumentar o disminuir el tamaño de la muestra de simulación.

### **Indicadores de Experimento**

El recuadro de **Measure runs using these reporters** especifica cuáles serán los indicadores, o las medidas, que se utilizarán para evaluar la población simulada. Los indicadores para el **Experimento de Diámetro** se repiten en todos los demás experimentos (excepto el de **Ninguna Tala**, que no requiere indicadores de cosecha), como medidas del crecimiento de la población y la productividad de la cosecha:

<i>count trees</i>	abundancia total de los árboles
<i>count trees with [diameter &gt;= small-diam]</i>	abundancia de árboles con $\geq 20$ cm diámetro
<i>count trees with [diameter &gt;= diámetro-mínimo]</i>	abundancia de árboles de tamaño comercial
<i>sum annual-harvest-number</i>	suma del número de árboles talados
<i>sum annual-harvest-volume</i>	suma del volumen de árboles talados
<i>annual-harvest-number</i>	número de árboles talados en cada cosecha
<i>annual-harvest-volume</i>	volumen de árboles talados en cada cosecha
<i>pre-post-cut-number</i>	número de árboles de tamaño comercial antes/después de cada cosecha
<i>pre-post-cut-volume</i>	volumen de árboles de tamaño comercial antes/después de cada cosecha

Si desea eliminar un indicador de esta lista, simplemente remuévalo del recuadro. Si desea añadir o modificar un indicador, favor de referirse a las secciones a continuación (**secciones 12.1 y 12.2**). Nota: se incluye un método para reportar las estadísticas del número/volumen de cosecha mediante columnas individuales en **sección 12.2**.

Los indicadores se medirán anualmente (etapas de tiempo) si se selecciona la opción de **Measure runs at every step**. Esto genera una cantidad innecesaria de datos, por lo que esta opción permanece desactivada por defecto. Si desea monitorear *cada* año de *cada* simulación, debe seleccionar esta opción.

### Ajustes de Operación de Experimentos

Los recuadros de **Setup commands** y **Go commands** corresponden a las órdenes (o comandos) en el procedimiento del modelo que son responsables de ajustar y operar el modelo. NO ALTERE LOS VALORES EN ESTOS RECUADROS.

Los recuadros de **Stop condition** y **Time limit** se dejan en blanco intencionalmente porque se tratan de valores que ya están programados de manera predefinida en el modelo. Sería redundante especificarlos aquí de nuevo. NO ALTERE LOS VALORES EN ESTOS RECUADROS.

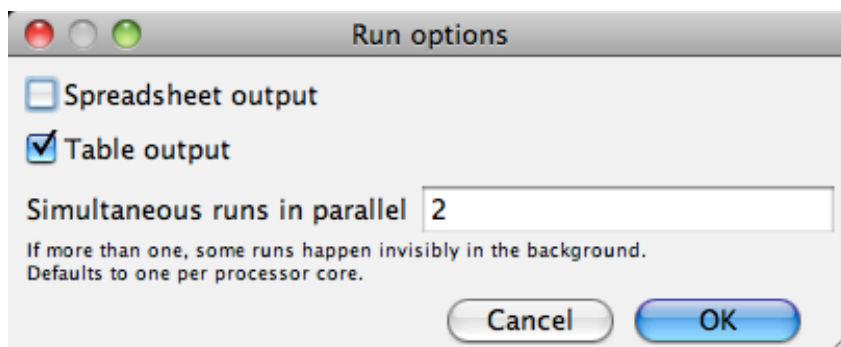
El recuadro de **Final commands** se puede utilizar para exportar el sitio de campo, las gráficas y el mundo cada vez que el modelo termine de operar o correr. El comando de *export-view* exporta el sitio de campo o terreno del modelo a un archivo de imagen. Los comandos de *export-plot* y *export-all-plots* exportan una gráfica en específico o todas las gráficas a un archivo .csv. El comando de *export-world* exporta los valores de todas las variables, tanto las predefinidas como las del usuario, incluyendo las variables de observador, tortuga y parches (*observer*, *turtle* y *patches*), así como los contenidos de las gráficas. Los comandos o órdenes para exportar cada funcionalidad se incluyen a continuación:

```
export-view (word "Results/" "View" BehaviorSpace-run-number ".jpg")
export-plot "Tree Density" (word "Results/" "Density" BehaviorSpace-run-number ".csv")
export-all-plots (word "Results/" "All Plots" BehaviorSpace-run-number ".csv")
export-world (word "Results/" "World" BehaviorSpace-run-number ".csv")
```

Los archivos exportados se graban a la carpeta de *Modelo > Resultados*. Cada tipo de archivo se graba con un identificador común (i.e., 'view', 'plots', 'world'), pero se enumera de acuerdo a su lugar en el experimento de BehaviorSpace para evitar la sustitución o eliminación de datos (*overwriting*). La imagen de *view* puede grabarse con cualquier extensión de imagen (.jpg, .png, .bmp, .tif, etc.), pero los archivos de *plots* y *world* deben grabarse con la extensión de .csv.

### Paso 5. Operar un Experimento BehaviorSpace

Opere el experimento seleccionado de la ventana de **BehaviorSpace**, al pulsar el botón de **Run**. La ventana de **Run Options** (mostrada abajo) abrirá al centro de su pantalla.

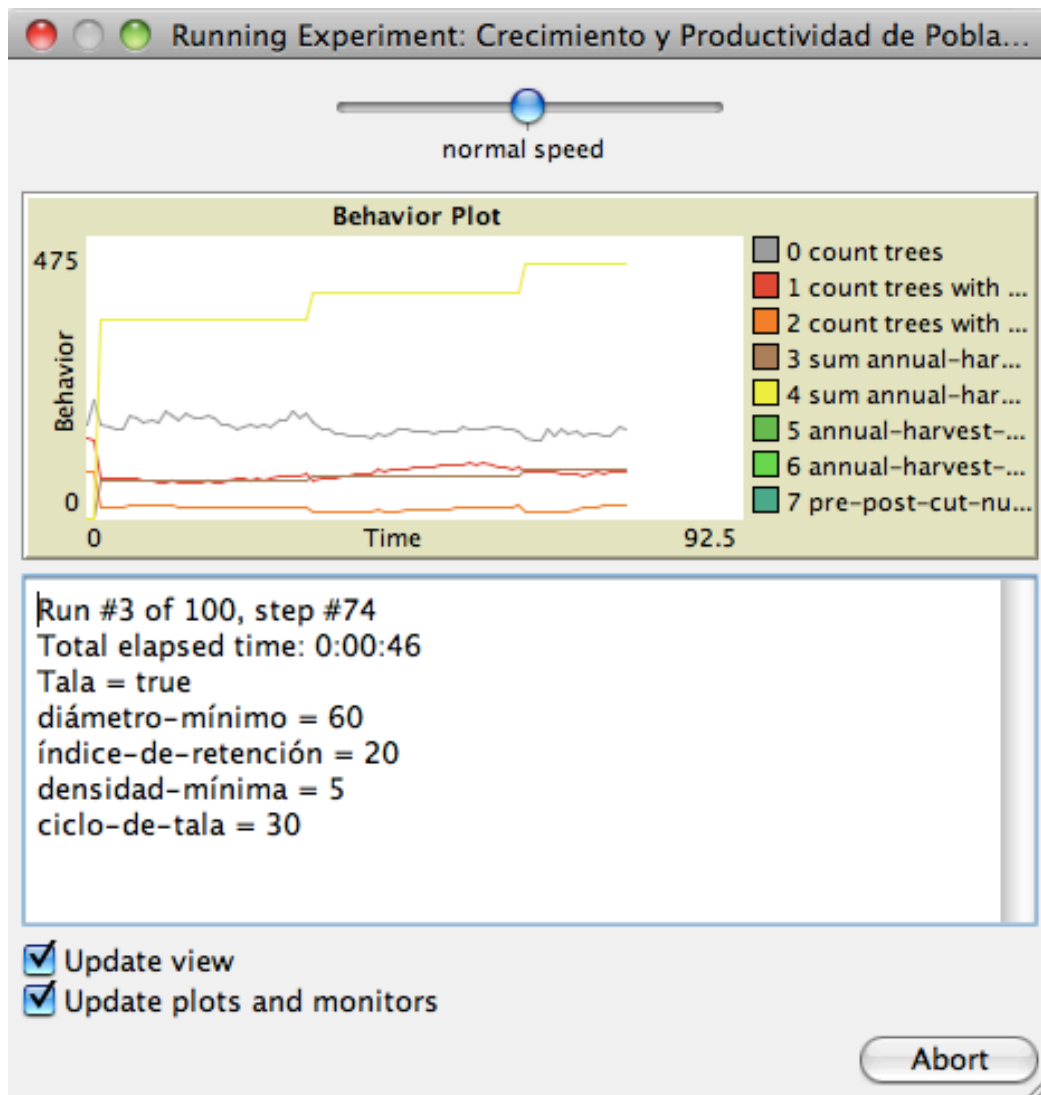


Marque la opción de **Table output** y deje sin marcar la opción de **Spreadsheet output**. Escriba un número 2 en el recuadro de **Simultaneous runs in parallel**. La opción de **Table output** crea un resultado más manejable para el análisis y la opción de **Simultaneous runs in parallel** = 2 maximiza la eficiencia de la operación.

Presione **OK** y guarde el archivo resultante en su computadora. Debe grabarse como archivo .csv o .xls. **INCLUYA LAS EXTENSIONES .CSV O .XLS EN EL NOMBRE DE SU ARCHIVO.**

### **Paso 6. Escoja los Ajustes de Operación**

Luego de grabar el archivo resultante, la ventana de **Running Experiment** abrirá en su pantalla. Esta ventana presenta una gráfica donde se muestran las variables de la población que se han medido durante el experimento; también informa el progreso del experimento al mostrar los pasos completados hasta el momento y el tiempo transcurrido.



La gráfica sólo aparecerá cuando se esté midiendo cada etapa de tiempo; por ende, sólo se verá cuando se hayan cambiado los ajustes predeterminados del experimento. Esta gráfica muestra las mediciones de cada variable de la población a través del tiempo, donde el eje de **Behavior** (Comportamiento) refleja cada variable. Las variables se identifican con colores, de acuerdo a la leyenda que se ve a la derecha.

La ventana debajo de la gráfica muestra el progreso del experimento. Esta ventana informa el número de *runs* que se han completado, así como el número de *steps* (etapas o pasos), donde cada *step* representa un año. El tiempo transcurrido en total también se muestra. Los experimentos requieren bastante tiempo para operar, así que el usuario debe ejercer paciencia.

El paso del experimento puede acelerarse al deslizar el círculo azul hacia la derecha, de **normal speed** a **faster speed**. Apagar los visuales también reduce el tiempo de procesamiento: asegúrese de que no estén seleccionadas las opciones de **Update view** y **Update plots and monitors** para acelerar el tiempo de operación.

Presionar **Abort** pondrá fin al experimento BehaviorSpace. No será posible continuar un experimento una vez se haya seleccionado esta opción. Si desea continuar un experimento luego de haber presionado **Abort**, deberá comenzar desde el principio.

### **Paso 7. Ajustar el Formato de los Datos Resultantes**

La ventana de **Running Experiment** se cerrará cuando el experimento se haya completado, y aparecerá de nuevo la ventana de **BehaviorSpace**. Cierre la ventana y examine el archivo de resultados del experimento. Su archivo de resultados del experimento debería verse así:

	A	B	C	D
1	BehaviorSpace results (NetLogo 5.0.3)			
2	Modelo 2.0 de Crecimiento y Rendimiento.nlogo			
3	Crecimiento y Productividad de Población: Tala Estándar			
4	01/11/2013 14:30:07:443 -0500			
5	min-pxcor	max-pxcor	min-pycor	max-pycor
6	-63	63	-88	88

Esta sección del archivo recoge información básica sobre el experimento de simulación, incluyendo: (1) la versión de la operación de NetLogo; (2) el nombre del modelo; (3) el nombre del experimento; (4) la fecha y el tiempo en que el experimento operó; y (5) las dimensiones del área de campo. (Los números en esta lista corresponden al número de la fila en el archivo de resultados.)

Las dimensiones del área de campo se miden como parches de NetLogo, pero pueden convertirse a metros al multiplicar cada valor por 10 metros. El largo del eje-X del sitio es la suma del mínimo (*min-pxcor*) y el máximo (*max-pxcor*) de las coordenadas-X. El largo del eje-Y del sitio es la suma del mínimo (*min-pycor*) y el máximo (*max-pycor*) de las coordenadas-Y.

Recomendamos insertar unas líneas debajo del encabezamiento para incluir información adicional acerca del experimento de simulación. Para mantener un registro, resulta útil incluir el nombre del área de campo, el tamaño, las dimensiones, la abundancia y el volumen inicial de árboles y los años de cosecha.

Las filas debajo del encabezamiento contienen datos del experimento. El usuario puede cambiar los títulos para mayor claridad (de acuerdo a las recomendaciones que se incluyen a continuación) o de acuerdo a sus preferencias:

<i>[run number]</i>	operar
<i>Logging</i>	tala (activa/inactiva)
<i>diámetro-mínimo</i>	diámetro-mínimo (cm)
<i>índice-de-retención</i>	índice de retención (%)
<i>densidad-mínima</i>	densidad mínima (# / 100 ha)
<i>ciclo-de-tala</i>	ciclo de tala (año)
<i>[step]</i>	tiempo (año)
<i>count trees</i>	# árboles
<i>count trees with [diameter &gt;= 20]</i>	# árboles (≥ 20 cm diámetro)
<i>count trees with [diameter &gt;= diámetro-mínimo]</i>	# árboles comerciales
<i>sum annual-harvest-number</i>	# árboles talados
<i>sum annual-harvest-volume</i>	volumen árboles talados (m <sup>3</sup> )
<i>annual-harvest-number</i>	lista número cosecha (# / año)
<i>annual-harvest-volume</i>	lista volumen cosecha (m <sup>3</sup> / año)
<i>pre-post-cut-number</i>	abundancia comercial antes/después de la cosecha
<i>pre-post-cut-volume</i>	volumen comercial antes/después de la cosecha (m <sup>3</sup> )

Si desea consultar el modelo para buscar mayor información, favor de referirse a las secciones de **Código de Línea de Comandos** y **Modificar Experimentos de BehaviorSpace**, a continuación (**secciones 12.1 y 12.2**).

### **Paso 8. Analizar Datos de Simulaciones**

Antes de analizar los datos, puede que le interese añadir algunas columnas de datos, tales como estadísticas anuales de cosecha, densidad total y densidad comercial. Los valores de abundancia (conteo) pueden ser convertidos a valores de densidad utilizando la siguiente fórmula:

$$Densidad = (Abundancia / Tamaño del Área) * 100$$

donde el tamaño del área se mide en hectáreas (ha) y la densidad se mide en árboles por cada 100 hectáreas.

El número de cosecha y las listas de volúmenes pueden separarse en años individuales mediante la utilidad de *Text to Columns* ('Texto a Columnas'), disponible en muchos programas de hojas de cálculo. Primero, debe sombrear las columnas que contienen las listas de cosechas y emplear la utilidad de *Find and Replace* ('Encontrar y Reemplazar') para eliminar los corchetes ('[]') de los datos en las celdas. Luego, emplee la utilidad de *Text to Columns*, con datos separados por

espacios, para convertir los datos de texto a datos de columnas. Esto facilitará el análisis de la productividad de las cosechas a través del tiempo.

Las instrucciones que aparecen en la sección de *Indicadores de Listas de Cosechas*, bajo *Modificar Experimentos de BehaviorSpace* (sección 12.2), le ahorrarán el procesamiento posterior de las listas de valores de cosechas, al permitirle reflejar los valores de listas de cosechas en columnas individuales, en vez de una sola columna.

El análisis de los datos del experimento debe realizarse de acuerdo a su experiencia previa o conocimiento de la estadística. Este Manual del Usuario no pretende proveer un amplio panorama del análisis estadístico en general; no obstante, la mayoría de las veces no será necesario emplear conocimientos más allá de los parámetros básicos de la estadística, tales como el promedio y la desviación estándar. Un ejemplo de un método sencillo, pero poderoso, de análisis estadístico consiste de la comparación entre el promedio de la densidad comercial final y la densidad comercial inicial.

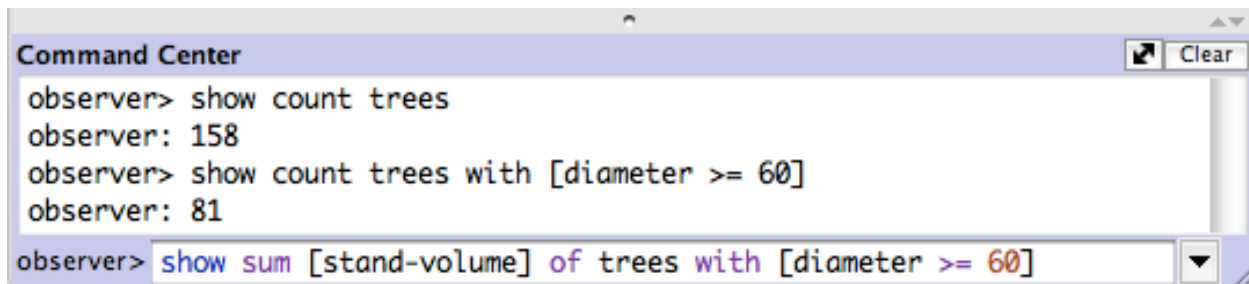
Igualmente sencillo y poderoso resulta calcular el promedio del volumen talado para cada año de cosecha, pues provee un resumen de la productividad de las cosechas a través del tiempo, bajo diferentes regímenes de cosecha. Una desviación estándar de estos promedios proveería un intervalo de confianza. Los experimentos de BehaviorSpace proveen una muestra grande y estas estadísticas sencillas pueden ofrecer mucha información acerca del crecimiento de la población y la productividad de las cosechas.

## 12 USUARIOS AVANZADOS Y RECURSOS DE NETLOGO

### 12.1 Códigos de Línea de Comandos

Esta sección provee una introducción a cómo utilizar el **Command Center** (‘Centro de Comandos’) para buscar información que no se muestra en los monitores y gráficas de población o de cosecha.

Los comandos deben escribirse en la ventana de línea de comandos, específicamente en el espacio titulado **observer>**, que se muestra abajo. Los resultados se pueden apreciar en la ventana más grande, titulada **Command Center**.



```
Command Center
observer> show count trees
observer: 158
observer> show count trees with [diameter >= 60]
observer: 81
observer> show sum [stand-volume] of trees with [diameter >= 60]
```

Copie cualquiera de los comandos que se incluyen a continuación e inclúyalo en la ventanita de línea de comandos. Oprima la tecla de *Return/Enter* para operar el comando. ASEGÚRESE DE MANTENER LA LÍNEA DE COMANDO EN LA MODALIDAD DE OBSERVADOR (*OBSERVER*). NO SOMETA COMANDOS EN LAS MODALIDADES DE TORTUGAS, PARCHES O ENLACES.

Puede acceder a comandos anteriores utilizando el menú de historia (*history*), el cual puede apreciarse al pulsar el pequeño cuadrado con una flecha que apunta hacia abajo, que se encuentra justo a la derecha de la ventana de la línea de comando. También puede acceder al menú de comandos anteriores utilizando las teclas de ABAJO y ARRIBA en su teclado, mientras el cursor se encuentre posicionado sobre la ventana de la línea de comando.

Presionar el botón de **Clear** que se encuentra en la esquina superior derecha de la ventana del **Command Center** borrará todo el contenido de la ventana de resultados. Para ajustar el tamaño del **Command Center** debe agarrar y arrastrar la barra gris que se encuentra en la parte superior de la ventana.

La siguiente es una lista de comandos que pueden ser útiles para su análisis. Para las secciones que incluyen comandos en tipografía ennegrecida e itálica (i.e., *grow-trees*, *kill-trees*, *log-trees*, etc.), debe incluir el comando en letra ennegrecida e itálica antes de entrar los otros comandos. Puede modificar los comandos utilizando las frases que se incluyen debajo del resumen para hacerle preguntas más complejas al modelo.

## ESTADÍSTICAS DE POBLACIÓN

abundancia total de árboles	<i>show count trees</i>
abundancia de árboles comerciales	<i>show count trees with [diameter &gt;= 60]</i>
abundancia de plántulas en el primer año	<i>show count trees with [seedling? = true]</i>
volumen total de árboles (m <sup>3</sup> )	<i>show sum [stand-volume] of trees</i>
área basal máxima del árbol (cm <sup>2</sup> )	<i>show max [basal-area] of trees</i>
mediana de diámetros de árboles pequeños (cm)	<i>show median [diameter] of trees with [diameter &lt;= 20]</i>
mediana de edad de árboles (años)	<i>show median [age] of trees with [age &lt; 1000]</i>
abundancia inicial de población	<i>show y0-tree-density * site-area / 100</i>
densidad inicial de población	<i>show y0-tree-density</i>
abundancia comercial inicial	<i>show y0-comm-density * site-area / 100</i>
densidad comercial inicial	<i>show y0-comm-density</i>
densidad comercial (árboles / 100 ha)	<i>show count trees with [diameter &gt;= 60] / site-area * 100</i>

Si está haciendo preguntas relacionadas a la edad de los árboles, recuerde omitir aquellos mayores de 1000 años, según se muestra arriba (vea ‘mediana de edad de árboles (años)’). Estos son los árboles iniciales cuyas edades se desconocen (‘1000 años’ sirve meramente como un indicador).

## ESTADÍSTICAS DE ÁREA DE CAMPO

tamaño del área de campo (m <sup>2</sup> )	<i>show site-area * 10000</i>
tamaño del área de campo (ha)	<i>show site-area</i>
tamaño del área de campo (km <sup>2</sup> )	<i>show site-area / 100</i>
ancho del área de campo (m)	<i>show world-width * 10</i>
ancho del área de campo (km)	<i>show world-width * 10 / 1000</i>
altura del área de campo (m)	<i>show world-height * 10</i>

## ESTADÍSTICAS DE CRECIMIENTO: *grow-trees*

índice de crecimiento de árbol específico (cm/año)	<i>show [growth-rate] of tree 17</i>
índice mediano de crecimiento de árbol (cm/año)	<i>show median [growth-rate] of trees</i>
diámetro del árbol de crecimiento más rápido	<i>show [diameter] of trees with-max [growth-rate]</i>
árbol de crecimiento más rápido (# del árbol)	<i>show [who] of trees with-max [growth-rate]</i>
árbol con el área basal más pequeña (# del árbol)	<i>show [who] of trees with-min [basal-area]</i>
árboles más grandes: percentila 50 (#s de los árboles)	<i>show [who] of trees with [diameter &gt; median [diameter] of trees]</i>

## ESTADÍSTICAS DE COSECHA: *log-trees*

última cosecha: número de árboles talados	<i>show length cur-logged-volume</i>
última cosecha: volumen total talado (m <sup>3</sup> )	<i>show sum cur-logged-volume</i>
última cosecha: volumen del árbol más grande talado (m <sup>3</sup> )	<i>show max cur-logged-volume</i>
todas las cosechas: número de árboles talados	<i>show length tot-logged-volume</i>
todas las cosechas: volumen total talado (m <sup>3</sup> )	<i>show sum tot-logged-volume</i>
todas las cosechas: volumen del árbol más grande talado (m <sup>3</sup> )	<i>show max tot-logged-volume</i>
número de árboles talados en cosecha número x	<i>show item (x - 1) annual-harvest-number</i>
volumen de árboles talados en cosecha número x	<i>show item (x - 1) annual-harvest-volume</i>
número de árboles comerciales antes/después de las cosechas:	
antes	<i>show n-values (length pre-post-cut-number / 2) [item (? * 2) pre-post-cut-number]</i>
después	<i>show n-values (length pre-post-cut-number / 2) [item (? * 2 + 1) pre-post-cut-number]</i>
volumen comercial antes de la cosecha x	<i>show item ((x - 1) * 2) pre-post-cut-volume</i>
volumen comercial después de la cosecha x	<i>show item ((x - 1) * 2 + 1) pre-post-cut-volume</i>
densidad comercial antes/después de las cosechas	<i>show map [? / site-area * 100] pre-post-cut-number</i>
el volumen de cada árbol talado durante la simulación	<i>tot-logged-volume</i>
el volumen de cada árbol talado durante la cosecha más reciente	<i>cur-logged-volume</i>
número total de árboles talados durante cada cosecha	<i>annual-harvest-number</i>
volumen total de árboles talados durante cada cosecha	<i>annual-harvest-volume</i>
número total de árboles comerciales antes/después de cada cosecha	<i>pre-post-cut-number</i>
volumen total de árboles comerciales antes/después de cada cosecha	<i>pre-post-cut-volume</i>



### ESTADÍSTICAS DE MORTALIDAD: *kill-trees*

probabilidad de mortalidad de árbol específico	<i>show [mort-prob] of tree 17</i>
mediana de la probabilidad de mortalidad de árboles	<i>show median [mort-prob] of trees</i>
probabilidad de mortalidad de árboles vivos	<i>show [mort-prob] of trees with [alive? = true]</i>
abundancia de árboles muertos	<i>show count trees with [alive? = false]</i>
abundancia de árboles grandes muertos	<i>show count trees with [alive? = false and diameter &gt;= 60]</i>
lista de diámetros de árboles muertos (cm)	<i>show [diameter] of trees with [alive? = false]</i>

### ESTADÍSTICAS DE PERTURBACIONES: *disturb-trees*

perturbaciones en el terreno (%)	<i>show count patches with [disturbance? = true] / count patches</i>
parches ideales ( <i>sweetspot</i> ) del terreno (%)	<i>show count patches with [sweetspot? = true] / count patches</i>
perturbaciones en el terreno (ha)	<i>show count patches with [disturbance? = true] * 100 / 10000</i>
parches ideales ( <i>sweetspot</i> ) del terreno (ha)	<i>show count patches with [sweetspot? = true] * 100 / 10000</i>

### ESTADÍSTICAS DE REPRODUCCIÓN: *reproduce-trees*

abundancia de árboles en reproducción	<i>show count trees with [reproduce? = true]</i>
la media del diámetro de árboles en reproducción	<i>show mean [diameter] of trees with [reproduce? = true]</i>
probabilidad máxima de frutos en árboles grandes	<i>show max [fruit-prob] of trees with [diameter &lt;= 30]</i>
producción media de frutos	<i>show median [num-fruit] of trees with [reproduce? = true]</i>
producción potencial de semillas	<i>show floor (sum [num-fruit] of trees * seeds-per-fruit)</i>
producción actual de semillas	<i>show sum [seedlings] of trees</i>

### CONJUNTO DE DATOS DE PERTURBACIONES / PLÁNTULAS

mediana de áreas de perturbación (m <sup>2</sup> )	<i>show median disturbance-data</i>
tamaño muestra del conjunto datos de perturbaciones	<i>show length disturbance-data</i>
ver conjunto de datos de perturbaciones	<i>show disturbance-data</i>
media del diámetro de plántulas de primer año	<i>show mean seed-diam-data</i>
índice máximo de crecimiento de plántulas de primer año	<i>show max seed-growth-data</i>
lista de tamaños de áreas de perturbación (m <sup>2</sup> ) observadas en el campo	<i>disturbance-data</i>
lista de diámetros de plántulas de primer año (cm) observadas “ “ ”	<i>seed-diam-data</i>
lista de índices de crecimiento de plántulas de primer año (cm/año) observadas “ “ ”	<i>seed-growth-data</i>

Observe que las distribuciones de perturbaciones, diámetros de plántulas e índices de crecimiento de plántulas pueden verse en la carpeta de *Modelo > Datos*. La distribución de tamaño de las perturbaciones se ha denominado *gap-data.csv*. Los diámetros de plántulas y distribuciones de crecimiento se han denominado *seed-diam-data.csv* y *seed-growth-data.csv*, respectivamente.

## EXPORTAR DATOS

exportar imagen del terreno (.jpg)	<i>export-view user-new-file</i>
exportar imagen de la interfaz (.jpg)	<i>export-interface user-new-file</i>
exportar texto resultados (.txt)	<i>export-output user-new-file</i>
exportar valores de una gráfica (.csv)	<i>export-plot "tree density" user-new-file</i>
exportar valores de todas las gráficas (.csv)	<i>export-all-plots user-new-file</i>
exportar todas las variables (.csv)	<i>export-world user-new-file</i>

Puede asignarle cualquier nombre a los archivos exportados y guardarlos en donde usted desee. Incluya las extensiones de archivos que se muestran en paréntesis para cada método de exportación.

## FRASES DISPONIBLES

frases matemáticas	<i>&lt;, &gt;, =, !=, &lt;=, &gt;=</i>
frases de lógica	<i>true, false</i>
frases estadísticas	<i>max, min, mean, median, modes, with-min, with-max</i>
variables de parches	<i>disturbance?, sweetspot?</i>
variables de árboles	<i>who, age, alive?, seedling?, fall-gap? reproduce?, diameter, basal-diameter, basal area, stand-volume, sawn-volume, growth-rate, mort-prob, fruit-prob, num-fruit, seedlings</i>

Estas frases pueden sustituirse por frases similares en los comandos en *itálica* que se proveen arriba. Por ejemplo, cualquier frase estadística (*max, min, mean, etc.*) puede reemplazar una frase estadística en los comandos que se proveen. De igual manera, cualquier variable de árboles (*age, alive?, diameter, mort-prob, seedlings, etc.*) puede reemplazar una variable de árboles en los comandos que se proveen.

## 12.2 Modificar Experimentos de BehaviorSpace

**EXPERIMENTOS DE SIMULACIÓN:** *BehaviorSpace* (**sección 11**) provee información detallada sobre la utilidad de BehaviorSpace de NetLogo. Si desea personalizar los experimentos predefinidos o crear sus propios experimentos, puede referirse a la sección que se incluye a continuación.

### *Variar Parámetros Múltiples*

Los experimentos predefinidos de BehaviorSpace están diseñados para simular un solo régimen de cosecha o probar la sensibilidad del crecimiento y rendimiento de la población a un solo parámetro de cosecha. Es posible examinar múltiples regímenes de cosecha dentro de una sola simulación. Esto puede lograrse al variar más de un parámetro de cosecha en los ajustes de variables de BehaviorSpace.

Por ejemplo, en vez de sólo variar el **diámetro-mínimo**, usted puede variar tanto el **diámetro-mínimo** como el **índice-de-retención** utilizando el siguiente código:

```
["diámetro-mínimo" [40 10 80]]
["índice-de-retención" [10 5 30]]
```

El experimento de BehaviorSpace simularía cada combinación de **diámetro-mínimo** e **índice-de-retención** para el número especificado de repeticiones. En otras palabras, cada límite de diámetro mínimo para tala, comenzando desde 40 cm hasta 80 cm, en aumentos de 10 cm, se simularía con cada índice de retención, comenzando desde 10% hasta 30% con aumentos de 5%.

Este diseño puede implementarse en los cuatro parámetros de tala para simular los resultados de múltiples regímenes de cosecha. A pesar de que genera muchas operaciones y, por ende, requiere mucho tiempo de procesamiento, logra recopilar los resultados en una sola hoja de cálculo para su análisis.

### ***Añadir Nuevos Indicadores***

Los experimentos predefinidos también pueden personalizarse al añadir nuevos indicadores o condiciones de alto (*stop*) en los ajustes de experimentos. Indicadores adicionales a los que se encuentran en los **Códigos de Línea de Comandos** (**sección 12.1**) pueden añadirse, pero aquellos comandos que requieren tipografía **ennegrecida** y **en itálica** no generarán datos significativos debido a que los indicadores de BehaviorSpace se miden al final de cada operación del modelo.

Copie los indicadores de la **Línea de Comandos** (excluya *show* del indicador) y péguelos en los ajustes de indicadores de BehaviorSpace reporter settings. Por ejemplo, en vez de pegar *show median [diameter] of trees with [diameter <= 20]*, sólo debe pegar *median [diameter] of trees with [diameter <= 20]*. Estos indicadores le proveerán información adicional cuando esté operando experimentos.

### ***Indicadores de Lista de Cosecha***

Los indicadores de *annual-harvest-number* y *annual-harvest-volume* generan una lista de valores de cosecha en dos columnas como *[item<sub>h1</sub> item<sub>h2</sub> item<sub>h3</sub> item<sub>h4</sub> ...]*, donde cada *item<sub>hx</sub>* representa el valor de la cosecha para la cosecha número *x*. Si usted prefiere que cada elemento tenga su propia columna, entonces debe reemplazar el indicador de *annual-harvest-volume* por los siguientes indicadores:

<i>item 0 annual-harvest-volume</i>	volumen de árboles talados en la cosecha 1
<i>item 1 annual-harvest-volume</i>	volumen de árboles talados en la cosecha 2
<i>item 2 annual-harvest-volume</i>	volumen de árboles talados en la cosecha 3
<i>item (1 - X) annual-harvest-volume</i>	volumen de árboles talados en la cosecha X

El código *item* enumera los elementos en una lista desde cero en adelante, donde *item 0* es la cosecha 1, *item 1* es la cosecha 2, *item 3* es la cosecha 4, etc. Debe incluir un indicador de *item* para cada cosecha esperada. Puede determinar el número de cosechas esperadas utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{floor} (\text{time} / \text{cutting-cycle}) + 1$$

donde el ‘*floor*’ de un número de cosechas es el número entero más grande que sea igual o menor al número.

### **Indicadores de Lista de Antes/Después de la Cosecha**

Los indicadores de *pre-post-cut-number* y *pre-post-cut-volume* producen una lista de valores de cosecha en dos columnas como [*item<sub>pre-h1</sub> item<sub>post-h1</sub> item<sub>pre-h2</sub> item<sub>post-h2</sub> ...*] donde *item<sub>pre-x</sub>* y *item<sub>post-x</sub>* representan una estadística de población antes y después de la cosecha número *x*, respectivamente. Si usted prefiere que cada elemento tenga su propia columna, entonces debe reemplazar el indicador de *pre-post-cut-number* con los siguientes indicadores:

<i>item 0 pre-post-cut-number</i>	número de árboles comerciales antes de cosecha 1
<i>item 1 pre-post-cut-number</i>	número de árboles comerciales después de cosecha 1
<i>item 2 pre-post-cut-number</i>	número de árboles comerciales antes de cosecha 2
<i>item ((X - 1) * 2) pre-post-cut-number</i>	número de árboles comerciales antes de cosecha X
<i>item ((X - 1) * 2 + 1) pre-post-cut-number</i>	número de árboles comerciales después de cosecha X

El código *item* enumera los elementos en una lista desde cero en adelante, donde *item 0* es el valor 1, *item 1* es el valor 2, *item 3* es el valor 4, etc. Debe incluir dos indicadores de *item* para cada cosecha esperada. Puede determinar el número de cosechas esperadas utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{floor} (\text{time} / \text{cutting-cycle}) + 1$$

donde el ‘*floor*’ de un número de cosechas es el número entero más grande que sea igual o menor al número.

### **Añadir Condiciones de Alto (Stop)**

Si está interesado en añadir condiciones de alto diferentes a las predefinidas, las cuales detienen las simulaciones cuando se llega al tiempo límite o cuando todos los árboles han muerto o han sido cosechados, entonces puede incluir nuevas condiciones de alto bajo **Stop condition**. El modelo se detendrá cuando se cumplan las condiciones. Por ejemplo, si usted desea detener la simulación después de la primera cosecha, entonces debe ingresar: *length annual-harvest-number > 0*. Por otro lado, si usted desea detener las simulaciones cuando la abundancia de árboles comerciales se reduzca a menos de cierto punto, entonces debe ingresar: *count trees with [diameter >= diámetro-mínimo] <= 10*. En este ejemplo, las simulaciones se detendrían cuando la abundancia de árboles comerciales se reduzca a menos de 10 árboles.

Para más información acerca de los experimentos BehaviorSpace, puede acceder a la página web de NetLogo o verificar el Manual del Usuario de NetLogo. Favor de referirse a **Recursos NetLogo (sección 12.4)**, abajo.

## 12.3 Códigos de Procedimientos del Modelo

Esta sección provee información útil para entender y modificar el código que subyace el modelo.

Una versión anotada del código del modelo está disponible en el **APÉNDICE E: CÓDIGO DEL MODELO** (página 73) y en la sección de **Procedures** de la interfaz de NetLogo. Examinar el código de cerca le ayudará a entender mejor el funcionamiento del modelo.

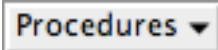
### *Resumen de Procedimiento*

En la parte superior del modelo encontrará información básica: título, autores, fuentes de financiamiento, dimensiones del terreno, etc. A través del código, el texto gris que aparece a la derecha precedido por punto y coma repetida (;;) representa comentarios que se proveen para que los usuarios interesados puedan entender cómo funciona el código. La computadora no lee este texto.

La primera sección de código funcional en el manual, **EXTENSIONS, BREEDS, AND VARIABLES**, identifica variables y extensiones de código que se usan a lo largo del modelo. Las extensiones de código activan tipos de código que no se incluyen en el lenguaje predefinido, así como variables utilizadas en el modelo para modificar los árboles y el terreno. Las razas (*breeds*) identifican los ‘árboles’ como los agentes, o individuos, que son simulados por el modelo. Las variables globales son valores constantes que se utilizan para hacer estas modificaciones; son las únicas variables que recomendamos modificar, según se explica a continuación.

**MODEL SETUP**, la segunda sección del código, configura el modelo al verificar errores, establecer valores de variables, dibujar el terreno, establecer gráficas y monitores, y establecer la población inicial en el terreno. Estos pasos ocurren en secciones discretas de código que se conocen como procedimientos, rodeadas por las palabras claves *to* y *end*. Cada paso se explica en los comentarios.

La tercera sección del código, **RUN MODEL**, hace crecer, mata, produce perturbaciones y reproduce los árboles, de manera sucesiva, en el terreno. Esta sección también restablece los árboles y el terreno a las condiciones iniciales, como preparación para el próximo año de simulación. Estos pasos también se contienen dentro de los procedimientos, y cada procedimiento se comenta en el código del modelo. La cuarta y última sección, **EXPORT RESULTS**, contiene el código para exportar los resultados de una sola simulación a un archivo de texto.

 En la pestaña de **Procedures** que aparece en la interfaz de NetLogo, utilice el menú de **Procedures** para ver una lista de procedimientos del modelo y enfocarse en algún procedimiento específico.

Se les han asignado colores a los **Procedures** de acuerdo al siguiente esquema: las palabras claves (*keywords*) están en verde; las constantes están en anaranjado; los comentarios están en

gris; los comandos preinstalados de NetLogo están en azul; los indicadores primitivos en púrpura; y todo lo demás en negro.

### **Modificar Constantes del Modelo**

Es posible modificar el modelo de crecimiento y rendimiento utilizando datos alternativos para calcular regresiones alternativas, pero este Manual no contempla explicar este proceso. Si desea modificar funciones del modelo, recomendamos sólo modificar las constantes del modelo. Estas variables constantes se establecen en la primera sección del código y se resumen brevemente a continuación.

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Definición</b>
prop-land-dist	0.026	proporción del terreno donde ocurren perturbaciones cada año
seed-shadow-area	0.91	área (ha) de la sombra de semilla de un árbol de caoba
max-num-fruit	750	número máximo de frutas por árbol
seeds-per-fruit	42.4	promedio de semillas viables por fruto
establishment-rate	0.085	proporción de semillas que sobreviven para convertirse en plántulas de primer año

Para cambiar el valor de alguna de estas constantes, sólo debe reemplazar el valor original con el nuevo. Recuerde asignarle un nombre nuevo al modelo cuando lo grabe, para evitar que se borre la versión original. SI BORRA LA VERSIÓN ORIGINAL DEL MODELO, DEBERÁ REINSTALARLO.

La capacidad de redefinir las constantes del modelo resulta útil cuando se quiere personalizar el mismo de acuerdo a su área de campo. Por ejemplo, si en su área de campo ocurren más perturbaciones que las proyectadas en el modelo, sólo debe aumentar el valor de la proporción de perturbaciones en el terreno (*prop-land-dist*). De igual manera, si en su área de campo los árboles producen un máximo de frutos menor al del modelo (*max-num-fruit*) o producen menos semillas viables por fruto (*seeds-per-fruit*), puede reducir estos valores.

## **12.4 Recursos NetLogo**

NetLogo es un ambiente de modelaje multi-agente que fue desarrollado por Uri Wilensky en el Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling (Wilensky 1999). Si desea conocer más acerca de este *software*, puede visitar la página en línea de NetLogo en <http://ccl.northwestern.edu/NetLogo/index.shtml>

Este sitio web ofrece recursos para aprender acerca de NetLogo, incluyendo un Manual del Usuario, un diccionario en línea, ejemplos de modelos y publicaciones. El NetLogo Users Group, una comunidad en línea de usuarios de NetLogo, también es útil para obtener ayuda y consejos: <http://groups.yahoo.com/group/NetLogo-users/>

El *software* de NetLogo incluye una biblioteca o archivo de modelos, titulada **Models Library**, disponible en **Files > Models Library** dentro del menú de NetLogo. Estos modelos pueden servir como ejemplos o plantillas para aprender el lenguaje de NetLogo, modificar el modelo de crecimiento y rendimiento, o crear nuevos modelos de NetLogo.

NetLogo 5.0.3, la versión utilizada para operar el Modelo de Crecimiento y Rendimiento de la Caoba, puede descargarse en: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/5.0.3/>. La versión más reciente del *software* puede descargarse en: <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/download.shtml>

### 13 LIMITACIONES Y CONSIDERACIONES

Las funciones del Modelo de Crecimiento y Rendimiento de la Caoba se derivan de datos demográficos recopilados anualmente de 1995–2010 para aproximadamente 600 árboles de caoba y miles de plántulas, árboles jóvenes y árboles de tamaño de poste en diferentes áreas de campo en el sureste de Pará y Acre. Este amplio conjunto de datos permite que se realicen predicciones robustas en cuanto al crecimiento y rendimiento de poblaciones de caoba a través de periodos razonables de tiempo. No obstante, es importante tener en cuenta las limitaciones del modelo que pueden afectar la exactitud y precisión de los resultados proyectados.

En primer lugar, debido a la escasa regeneración natural que ocurre en los claros, la simulación de los índices de mortalidad y crecimiento de las plántulas y árboles jóvenes en claros grandes está basada en datos de experimentos de campo a través de gradientes leves en claros grandes que se iniciaron en Marajoara en 1995. Estos datos representan estimados optimistas del desempeño de árboles jóvenes, debido a la remoción manual de plantas competidoras y vegetación secundaria durante los primeros tres años de los experimentos.

En segundo lugar, los resultados de las poblaciones son altamente sensitivos a las perturbaciones, y la función del modelo relacionada a las perturbaciones se deriva de datos recopilados durante un solo año en Marajoara. Debido a que los regímenes de perturbaciones varían ampliamente a lo largo del espacio y el tiempo, estos datos sólo representan parcialmente la magnitud de los eventos perturbadores que producen claros, y que son necesarios para la regeneración de los árboles de caoba y su reclutamiento a la adultez.

En último lugar, el modelo no incorpora formalmente los factores reguladores dependientes de la densidad poblacional, lo cual puede repercutir en que se sobreestime el crecimiento y rendimiento de la población. La *Steniscadia poliophaea* es una mariposa nocturna depredadora de las plántulas de caoba cuya actividad es más intensa y frecuente cuando las plántulas se encuentran cercanas a árboles grandes que están produciendo frutos o a grupos de adultos aglomerados. El efecto a nivel poblacional de este depredador de plántulas, que depende de la densidad, pudiera ser significativo si el crecimiento de la población es sensible a reducciones en los niveles de supervivencia y crecimiento de las plántulas. Vea las referencias de Norghauer *et al.* (**sección 16**) para más información sobre este tema. De igual manera, el impacto de la polilla barrenadora, *Hypsipyra grandella*, sobre la población de caoba no ha podido tomarse en cuenta directamente en el modelo debido a la falta de datos sobre este particular. La mortalidad de plántulas debido a la densidad poblacional ha mostrado que causa una reducción en los índices de crecimientos de otros árboles neotropicales.

## **14 MODIFICACIONES FUTURAS**

Estamos interesados en utilizar el recién publicado *R Extension for NetLogo* (Thiele y Grimm 2010: <http://NetLogo-r-ext.berlios.de/>) para aumentar las capacidades de regresión del modelo, el potencial de análisis de datos dentro del modelo, y la función del comando de **Exportar Resultados**.

La versión en línea del modelo se actualizará a medida que la versión para computadoras se haga más compatible con los servicios de exportación del programilla (*applet*) y el servidor web.

Las mejoras a las versiones futuras del modelo también se incluirán de acuerdo a los comentarios y recomendaciones de los usuarios. Por favor llene la encuesta para el usuario que se encuentra en nuestro sitio web: <http://www.swietking.org>



## **15 RECONOCIMIENTOS**

Las fuentes principales de financiamiento para este programa de investigación a largo plazo han sido el Instituto Internacional de Dasonomía Tropical del Servicio Forestal de los Estados Unidos (IIDT), así como el Programa OIMT–CITES para Asegurar que el Comercio Internacional de las Especies Maderables Incluidas en CITES es Consistente con su Manejo Sostenible y Conservación (ver **página 2**). En el IIDT, la visión y el compromiso de Ariel Lugo en torno a este programa fueron instrumentales para su realización.

Esta investigación también ha recibido apoyo de un amplio espectro de fuentes públicas y privadas, incluyendo los Programas Internacionales del Servicio Forestal de los Estados Unidos, USAID Brasil, la Fundación Charles A. y Anne Morrow Lindbergh, así como el Programa de Becas de la Organización Internacional de Maderas Tropicales. En Acre, fondos adicionales fueron provistos por el Ministerio de Medio Ambiente (MMA) de Brasil y WWF-Brasil.

En el sureste de Pará, el proyecto recibió apoyo generoso en logística de parte de los dueños del área de campo en Marajoara, el Sr. Claudiomar Vicente Kehrvald (actual) y Sr. Honorato Babinski (anterior/Serraria Marajoara Ltda). Les extendemos nuestro más sincero agradecimiento. Apoyo logístico adicional en la región se recibió de parte de Peracchi Ltda y Conservación Internacional–Brasil. En Acre, se recibió apoyo logístico de la Secretaría Ejecutiva de Bosques y Extractivismo del Gobierno Estatal de Acre (SEFE), la Fundación de Tecnología del Estado de Acre (FUNTAC) y las compañías de productos forestales Acre Brasil Verde y Laminados Triunfo Ltda.

Agradecemos al Ministerio de Ciencia y Tecnología de Brasil (CNPq) por otorgarnos el permiso para llevar a cabo investigaciones de campo y al Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON) por proveernos su afiliación institucional y apoyo colegial, especialmente a Edson Vidal, Paulo Barreto y Adalberto Veríssimo.

Extendemos nuestro agradecimiento a Marco Lentini y Johan Zweede del Instituto Floresta Tropical (IFT) por su apoyo institucional y conocimiento, así como a Mark Schulze por asegurarse que el trabajo de campo se mantuviera en curso. En la Universidad de Yale, Mark Ashton y F. Herbert Bormann guiaron el desarrollo de este programa. En el sureste de Pará, Jurandir Galvão fue instrumental para establecer las investigaciones de campo y entrenar a los asistentes de campo para los estudios a largo plazo. Mark Cochrane proveyó los datos geoespaciales originales sobre los cuales se desarrollaron los estudios para trazar el mapa. En Acre, nada hubiera sido posible sin el apoyo consistente y la determinación de Frank Pantoja. En el campo, agradecemos a Miguel Alves de Jesus, Valdemir Ribeiro da Cruz, Maria Nascimento Rodrigues, Amildo Alves de Jesus, Ruberval Rodrigues Vitorino, Manoel Rodrigues Vitorino y Antonio Barbosa Lopes por su dedicación en el censo de árboles y los experimentos. Otros que contribuyeron en el campo fueron Denis Valle, Marcelo Galdino, Simone Bauch, así como un sinnúmero de asistentes de campo que no mencionaremos aquí por ser tan extensa la lista. Ted Gullison también fue muy amable al proveernos datos de áreas de campo en Bolivia, los cuales sirvieron de apoyo.

## 16 REFERENCIAS Y LECTURAS RECOMENDADAS

Copias electrónicas de las publicaciones periódicas están disponibles según sean solicitadas a [jgrogan@swietking.org](mailto:jgrogan@swietking.org) o [jgrogan@crocker.com](mailto:jgrogan@crocker.com).

- André T, Lemes MR, Grogan J y Gribel R (2008) Post-logging loss of genetic diversity in a mahogany (*Swietenia macrophylla* King) population in Brazilian Amazonia. *Forest Ecology and Management* 255: 340-345.
- Blundell AG y Gullison RE (2003) Poor regulatory capacity limits the ability of science to influence the management of mahogany. *Forest Policy and Economics* 5: 395-405.
- Blundell AG y Rodan BD (2003) Mahogany and CITES: moving beyond the veneer of legality. *Oryx* 37: 85-90.
- Blundell AG (2004) A review of the CITES listing of big-leaf mahogany. *Oryx* 38: 1-7.
- Blundell AG y Mascia MB (2005) Discrepancies in reported levels of international wildlife trade. *Conservation Biology* 19: 2020-2025.
- Blundell AG (2007) Implementing CITES regulations for timber. *Ecological Applications* 17: 323-330.
- Boot RGA y Gullison RE (1995) Approaches to developing sustainable extraction systems for tropical forest products. *Ecological Applications* 5: 896-903.
- Browder JO (1987) Brazil's export promotion policy (1980-1984): impacts on the Amazon's industrial wood sector. *The Journal of Developing Areas* 21: 285-304.
- Browder JO, Matricardi EAT y Abdala WS (1996) Is sustainable tropical timber production financially sustainable? A comparative analysis of mahogany silviculture among small farmers in the Brazilian Amazon. *Ecological Economics* 16: 147-159.
- Brown N, Jennings S y Clements T (2003) The ecology, silviculture and biogeography of mahogany (*Swietenia macrophylla*): a review of the evidence. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics* 6: 37-49.
- Cámara-Cabrales L y Keltly MJ (2009) Seed dispersal of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) and its role in natural forest management in the Yucatán Peninsula, Mexico. *Journal of Tropical Forest Science* 21: 235-245.
- Chimeli AB y Boyd RG (2010) Prohibition and the supply of Brazilian mahogany. *Land Economics* 86: 191-208.
- Cornelius JP (2001) The effectiveness of pruning in mitigating *Hypsipyla grandella* attack on young mahogany (*Swietenia macrophylla* King) trees. *Forest Ecology and Management* 148: 287-289.
- Cornelius J, Wightman K, Grogan J y Ward S (2004) *Swietenia* (American mahogany). In: Burley J (Ed.), Elsevier Encyclopedia of Forest Sciences, pp. 1720-1726. Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, The Netherlands.
- Cornelius JP, Navarro CM, Wightman KE y Ward SE (2005) Is mahogany dysgenically selected? *Environmental Conservation* 32: 129-139.
- Cornelius JP (2009) The utility of the predictive decapitation test as a tool for early genetic selection for *Hypsipyla* tolerance in big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). *Forest Ecology and Management* 257: 1815-1821.
- Degen B, Ward SE, Lemes MR, Navarro C y Sebbenn AM (2012) Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprints. *Forensic Science International: Genetics* 7: 55-62.

- Dickinson MB y Whigham DF (1999) Regeneration of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in the Yucatan. *International Forestry Journal* 1: 35-39.
- d'Oliveira MVN (2000) Artificial regeneration in gaps and skidding trails after mechanised forest exploitation in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management* 127: 67-76.
- Dünisch O, Azevedo CP, Gasparotto L, Montóia GR, Silva GJ y Schwarz T (2002) Light, water, and nutrient demand for the growth of three high-quality timber species (Meliaceae) of the Amazon. *Journal of Applied Botany* 76: 29-40.
- Dünisch O, Bauch J y Gasparotto L (2002) Cambial growth dynamics and formation of increment zones in the xylem of *Swietenia macrophylla* King, *Carapa guianensis* Aubl., *Cedrela odorata* L. (Meliaceae). *IAWA Journal* 23: 101-119.
- Dünisch O y Morais RR (2002) Regulation of xylem sap flow in an evergreen, a semi-deciduous, and a deciduous Meliaceae species from the Amazon. *Trees–Berlin* 16: 404-416.
- Dünisch O, Montóia VR y Bauch J (2003) Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. *Trees–Berlin* 17: 244-250.
- Dünisch O y Puls J (2003) Changes in content of reserve materials in an evergreen, a semi-deciduous, and a deciduous Meliaceae species from the Amazon. *Journal of Applied Botany* 77: 10-16.
- Fearnside PM (1997) Protection of mahogany: a catalytic species in the destruction of rain forests in the American tropics. *Environmental Conservation* 24: 303-306.
- Fujii T, Marsoem SN y Fujiwara T (1998) Annual growth rings in mahogany (*Swietenia macrophylla*) growing in Java. *IAWA Journal* 19: 449-450.
- García XC, Negreros PC y Rodríguez BS (1993) Regeneración natural de caoba (*Swietenia macrophylla* King) bajo diferentes densidades de dosel. *Revista Ciencia Forestal en México* 18: 25-43.
- Gerhardt K (1993) Tree seedling development in tropical dry abandoned pasture and secondary forest in Costa Rica. *Journal of Vegetation Science* 4: 95-102.
- Gerhardt K y Fredriksson D (1995) Biomass allocation by broad-leaf mahogany seedlings, *Swietenia macrophylla* (King), in abandoned pasture and secondary dry forest in Guanacaste, Costa Rica. *Biotropica* 27: 174-182.
- Gerhardt K (1996) Effects of root competition and canopy openness on survival and growth of tree seedlings in a tropical seasonal dry forest. *Forest Ecology and Management* 82: 33-48.
- Gerhardt K (1996) Germination and development of sown mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in secondary tropical dry forest habitats in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 12: 275-289.
- Gerhardt K (1998) Leaf defoliation of tropical dry forest tree seedlings—implications for survival and growth. *Trees—Structure and Function* 13: 88-95.
- Gillies ACM, Navarro C, Lowe AJ, Newton AC, Hernández M, Wilson J y Cornelius JP (1999) Genetic diversity in Mesoamerican populations of mahogany (*Swietenia macrophylla*), assessed using RAPDs. *Heredity* 83: 722-732.
- Gouvêa CF, Dornelas MC y Martinelli AP (2008) Characterization of unisexual flower development in the endangered mahogany tree *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 156: 529-535.

- Grogan, JE (2001) Bigleaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in southeast Pará, Brazil: a life history study with management guidelines for sustained production from natural forests. PhD dissertation, Yale University School of Forestry y Environmental Studies, New Haven, CT, USA.
- Grogan J (2002) Some simple management guidelines could help the sustainable management of bigleaf mahogany in the neotropics. *Tropical Forest Update, ITTO Newsletter* 12(4): 22-23.
- Grogan J, Barreto P y Veríssimo A (2002) Mogno na Amazônia Brasileira: Ecologia e Perspectivas de Manejo (Mahogany in the Brazilian Amazon: Ecology and Perspectives on Management). IMAZON, Belém, PA, Brazil. 58 pp.
- Grogan J, Ashton MS y Galvão J (2003) Big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) seedling survival and growth across a topographic gradient in southeast Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management* 186: 311-326.
- Grogan J, Galvão J, Simões L y Veríssimo A (2003) Regeneration of big-leaf mahogany in closed and logged forests of southeastern Pará, Brazil. In: Lugo A, Figueroa Colón JC y Alayón M (eds.), Big-Leaf Mahogany: Genetics, Ecology, and Management, pp. 193-208. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Grogan J (2005) Mogno (*Swietenia macrophylla*, Meliaceae). In: Shanley P y Medina G (eds.), Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica, pp. 115-122. Mulheres da Mata/Imazon, Belém, Pará, Brazil.
- Grogan J y Barreto P (2005) Big-leaf mahogany on CITES Appendix II: big challenge, big opportunity. *Conservation Biology* 19: 973-976.
- Grogan J, Landis RM, Ashton MS y Galvão J (2005) Growth response by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) advance seedling regeneration to overhead canopy release in southeast Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management* 204: 399-412.
- Grogan J, Vidal E y Schulze M (2005) Apoio científico Pará os padrões de manejo de madeira na floresta amazônica – a questão da sustentabilidade. *Ciência & Ambiente* 32: 103-117.
- Grogan J y Galvão J (2006) Factors limiting post-logging seedling regeneration by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeastern Amazonia, Brazil, and implications for sustainable management. *Biotropica* 38: 219-228.
- Grogan J y Galvão J (2006) Physiographic and floristic gradients across topography in transitional seasonally dry evergreen forests of southeastern Amazonia, Brazil. *Acta Amazonica* 36: 483-496.
- Grogan J, Jennings SB, Landis RM, Schulze M, Baima AMV, Lopes JCA, Norghauer JM, Oliveira LR, Pantoja F, Pinto D, Silva JNM, Vidal E y Zimmerman BL (2008) What loggers leave behind: impacts on big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) commercial populations and potential for post-logging recovery in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 255: 269-281.
- Grogan J y Schulze M (2008) Estimating the number of trees and forest area necessary to supply internationally traded volumes of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in Amazonia. *Environmental Conservation* 35: 26-35.
- Grogan J y Landis RM (2009) Growth history and crown vine coverage are principal factors influencing growth and mortality rates of big-leaf mahogany *Swietenia macrophylla* in Brazil. *Journal of Applied Ecology* 46: 1283-1291.
- Grogan J, Blundell AG, Landis RM, Youatt A, Gullison RE, Martinez M, Kometter RF, Lentini M y Rice RE (2010) Over-harvesting driven by consumer demand leads to population decline: big-leaf mahogany in South America. *Conservation Letters* 3: 12-20.

- Grogan J, Schulze M y Galvão J (2010) Survival, growth and reproduction by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) in open clearing vs. forested conditions in Brazil. *New Forests* 40: 335-347.
- Grogan J, Peña-Claros M y Günter S (2011) Managing natural populations of big-leaf mahogany. In: Günter S, Stimm B, Weber M, Mosandl R (eds.), *Silviculture in the Tropics*, Tropical Forestry 8, pp. 227-235. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg, Germany.
- Grogan J y Schulze M (2012) The Impact of annual and seasonal rainfall patterns on growth and phenology of emergent tree species in southeastern Amazonia, Brazil. *Biotropica* 44: 331-340.
- Grogan J, Schulze M, Pantoja F, Vidal E, Lentini M y Valle D (In review) Enrichment planting of big-leaf mahogany in logging gaps in Acre, Brazil. *Forest Ecology and Management*.
- Gullison RE y Hubbell SP (1992) Regeneración natural de la mara (*Swietenia macrophylla*) en el bosque Chimanes, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 19: 43-56.
- Gullison RE, Panfil SN, Strouse JJ y Hubbell SP (1996) Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 9-34.
- Gullison RE, Vriesendorp C y Lobo A (2003) Effects of large-scale flooding on regeneration of big-leaf mahogany in the Bolivian Amazon. In: Lugo A, Figueroa Colón JC y Alayón M (eds.), *Big-Leaf Mahogany: Genetics, Ecology, and Management*, pp. 209-236. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Günter S (2001) Impacto de los factores ecológicos en la regeneración de la mara (*Swietenia macrophylla* King) en bosques naturales de Bolivia. In: Mostacedo B y Fredericksen TS (Eds.), *Regeneración y Silvicultura de Bosques Tropicales en Bolivia*, pp. 99-118. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR), Santa Cruz, Bolivia.
- Helgason T, Russell SJ, Monro AK y Vogel JC (1996) What is mahogany? The importance of a taxonomic framework for conservation. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 47-59.
- Hietz P, Wanek W y Dünisch O (2005) Long-term trends in cellulose S13 C and water-use efficiency of tropical *Cedrela* and *Swietenia* in Brazil. *Tree Physiology* 25: 745-752.
- Jennings S y Baima AMV (2005) The influence of population and forest structure on fruit production in mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and their consequences for sustainable management. *International Forestry Journal* 7: 363-369.
- Kelty MJ, Cámara-Cabrales L y Grogan J (2011) Red oak in southern New England and big-leaf mahogany in the Yucatan Peninsula: can mixed-species forests be sustainably managed for single-species production? *Journal of Sustainable Forestry* 30: 637-657.
- Kometter RF, Martínez M, Blundell AG, Gullison RE, Steininger MK y Rice RE (2004) Impacts of unsustainable mahogany logging in Bolivia and Peru. *Ecology and Society* 9: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art12>.
- Kometter RF (2011) Tablas nacionales de conversión volumétrica de madera en pie a madera aserrada por calidades según las reglas internacionales de clasificación de madera – NHLA – de la especie de caoba (*Swietenia macrophylla*) Para Guatemala. Intercooperation, Brasília, DF, Brazil.
- Lamb FB (1966) *Mahogany of Tropical America: Its Ecology and Management*. University of Michigan Press, Ann Arbor, MI, USA.
- Lee H-Y (1967) Studies in *Swietenia* (Meliaceae): observations on the sexuality of the flowers. *Journal of the Arnold Arboretum* 48: 101-104.

- Lemes MR, Brondani RPV y Grattapaglia D (2002) Multiplexed systems of microsatellite markers for genetic analysis of mahogany, *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae), a threatened Neotropical timber species. *Journal of Heredity* 93: 287-291.
- Lemes MR, Gribel R, Procter J y Grattapaglia D (2003) Population genetic structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) across the Brazilian Amazon, based on variation at microsatellite loci: implications for conservation. *Molecular Ecology* 12: 2875-2883.
- Lemes MR, Grattapaglia D, Grogan J, Procter J y Gribel R (2007) Flexible mating system in a logged population of mahogany (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae): implications for the management of a threatened neotropical tree species. *Plant Ecology* 192: 169-180.
- Lemes MR, Dick CW, Navarro C, Lowe, AJ, Cavers S y Gribel R (2010) Chloroplast DNA microsatellites reveal contrasting phylogeographic structure in mahogany (*Swietenia macrophylla* King, Meliaceae) from Amazonia and Central America. *Tropical Plant Biology* 3: 40-49.
- Lemes M, Esashika T y Gaoue OG (2011) Microsatellites for mahoganies: twelve new loci for *Swietenia macrophylla* and its high transferability to *Khaya senegalensis*. *American Journal of Botany* <http://www.amjbot.org/>: e207-e209.
- Lopes JCA, Jennings SB y Matni NM (2008) Planting mahogany in canopy gaps created by commercial harvesting. *Forest Ecology and Management* 255: 300-307.
- Loveless MD y Gullison RE (2003) Genetic variation in natural mahogany populations in Bolivia. In: Lugo A, Figueroa Colón JC y Alayón M (Eds.), *Big-Leaf Mahogany: Genetics, Ecology, and Management*, pp. 9-28. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Lugo A (1999) Point-counterpoints on the conservation of big-leaf mahogany. General Technical Report WO-64. USDA Forest Service–International Institute of Tropical Forestry, San Juan, PR.
- Lugo A, Figueroa Colón JC y Alayón M (Eds.) (2003) *Big-Leaf Mahogany: Genetics, Ecology, and Management*. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Mansoor M, Noor NM y Krishnapillay B (1997) Collection and handling of mahogany (*Swietenia macrophylla*) seeds for optimum viability. *Journal of Tropical Forest Science* 9: 398-410.
- Mayhew JE y Newton AC (1998) *The Silviculture of Mahogany*. CABI Publishing, New York, NY, USA.
- Morris MH, Negreros-Castillo P y Mize C (2000) Sowing date, shade, and irrigation affect big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King). *Forest Ecology and Management* 132: 173-181.
- Negreros-Castillo P (1991) Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) regeneration in Quintana Roo, Mexico. PhD dissertation, Iowa State University, Ames, IO, USA.
- Negreros-Castillo P y Mize C (1993) Effects of partial overstory removal on the natural regeneration of a tropical forest in Quintana Roo, Mexico. *Forest Ecology and Management* 58: 259-272.
- Negreros-Castillo P y Hall RB (1996) First-year results of partial overstory removal and direct seeding of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in Quintana Roo, Mexico. *Journal of Sustainable Forestry* 3: 65-76.
- Negreros-Castillo P y Mize CW (2003) Enrichment planting of big-leaf mahogany and Spanish cedar in Quintana Roo, México. In: Lugo A, Figueroa Colón JC y Alayón M (Eds.), *Big-Leaf Mahogany: Genetics, Ecology, and Management*, pp. 278-287. Springer-Verlag, New York, NY, USA.

- Negreros-Castillo P, Snook LK y Mize CW (2003) Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla*) from seed in Quintana Roo, Mexico: the effects of sowing method and clearing treatment. *Forest Ecology and Management* 183: 351-362.
- Negreros-Castillo P y Mize CW (2008) Regeneration of mahogany and Spanish cedar in gaps created by railroad tie extraction in Quintana Roo, Mexico. *Forest Ecology and Management* 255: 308-312.
- Negreros-Castillo P y Mize CW (2013) Soil-site preferences for mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Yucatan Peninsula. *New Forests* 44: 85-99.
- Newton AC, Baker P, Ramnarine S, Mesen JF y Leakey RRB (1993) The mahogany shoot borer: prospects for control. *Forest Ecology and Management* 57: 301-328.
- Newton AC, Cornelius JP, Baker P, Gillies ACM, Hernandez M, Ramnarine S, Mesen JF y Watt AD (1996) Mahogany as a genetic resource. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 61-73.
- Norghauer JM, Malcolm JR y Zimmerman B (2006) Juvenile mortality and attacks by a specialist herbivore increase with conspecific adult basal area of Amazonian *Swietenia macrophylla* (Meliaceae). *Journal of Tropical Ecology* 22: 451-460.
- Norghauer JM, Malcolm JR, Zimmerman B y Felfili JM (2006) An experimental test of density- and distant-dependent recruitment of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in southeastern Amazonia. *Oecologia* 148: 437-446.
- Norghauer JM, Malcolm JR y Zimmerman BL (2008) Canopy cover mediates interactions between a specialist caterpillar and seedlings of a neotropical tree. *Journal of Ecology* 96: 103-113.
- Norghauer JM, Malcolm JR y Zimmerman B (2008) Experimental establishment of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings on two soil types in native forest of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management* 255: 282-291.
- Norghauer JM, Grogan J, Malcolm JR y Felfili JM (2010) Long-distance seed dispersal helps big-leaf mahogany seedlings escape defoliation by a specialist caterpillar. *Oecologia* 162: 405-412.
- Norghauer JM, Martin AR, Mycroft EE, James A y Thomas SC (2011) Island invasion by a threatened tree species: evidence for natural enemy release of mahogany (*Swietenia macrophylla*) on Dominica, Lesser Antilles. *PLoS ONE* 6: e18790.
- Norghauer JM, Nock C y Grogan J (2011) The importance of tree size and fecundity for wind dispersal of big-leaf mahogany. *PLoS ONE* 6: e17488.
- Norghauer JM y Grogan J (2012) The intriguing case of *Steniscadia poliophaea* (Noctuidae): potent moth enemy of young mahogany trees in Amazonian forests. In: Cauteruccio L (ed.), *Moths: Types, Ecological Significance and Control Methods*, pp. 39-74. Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY, USA.
- Novick RR, Dick CW, Lemes MR, Navarro C, Caccone A y Bermingham E (2003) Genetic structure of Mesoamerican populations of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla*) inferred from microsatellite analysis. *Molecular Ecology* 12: 2885-2893.
- Pérez-Salicrup DR y Esquivel R (2008) Tree infection by *Hypsipyla grandella* in *Swietenia macrophylla* and *Cedrela odorata* (Meliaceae) in the southern Yucatan Peninsula region. *Forest Ecology and Management*: 324-327.
- Ramos J y Grace J (1990) The effects of shade on the gas exchange of seedlings of four tropical trees from Mexico. *Functional Ecology* 4: 667-678.

- Ramos JM y del Amo S (1992) Enrichment planting in a tropical secondary forest in Veracruz, Mexico. *Forest Ecology and Management* 54: 289-304.
- Rice RE, Gullison RE y Reid JW (1997) Can sustainable management save tropical forests? *Scientific American* 276: 44-49.
- Robbins CS (2000) Mahogany Matters: the U.S. Market for Big-Leafed Mahogany and its Implications for the Conservation of the Species. Report, TRAFFIC North America, Washington, DC, USA.
- Rodan B, Newton A y Veríssimo A (1992) Mahogany conservation: status and policy initiatives. *Environmental Conservation* 19: 331-342.
- Rodan BD y Campbell FT (1996) CITES and the sustainable management of *Swietenia macrophylla* King. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 83-87.
- Schulze M, Vidal E, Grogan J, Zweede J y Zarin D (2005) Madeiras nobres em perigo: práticas e leis atuais de manejo florestal não garantem a exploração sustentável. *Ciência Hoje* 214: 66-69.
- Schulze M (2008) Technical and financial analysis of enrichment planting in logging gaps as a potential component of forest management in eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management* 255: 866-879.
- Schulze M, Grogan J, Landis RM y Vidal E (2008) How rare is too rare to harvest? Management challenges posed by low-density timber species in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management* 256: 1443-1457.
- Snook LK (1993) Stand dynamics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and associated species after fire and hurricane in the tropical forests of the Yucatan Peninsula, Mexico. PhD dissertation, Yale University School of Forestry y Environmental Studies, New Haven, CT, USA.
- Snook LK (1996) Catastrophic disturbance, logging and the ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King): grounds for listing a major tropical timber species in CITES. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 35-46.
- Snook LK (1998) Sustaining harvests of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) from Mexico's Yucatan forests: past, present and future. In: Primack B, Bray DB y Galletti H (Eds.), *Timber, Tourists and Temples: Conservation and Development in the Maya Forests of Belize, Guatemala and Mexico*, pp. 61-80. Island Press, Washington, DC, USA.
- Snook LK (2003) Regeneration, growth, and sustainability of mahogany in México's Yucatán forests. In: Lugo A, Figueroa Colón JC y Alayón M (Eds.), *Big-Leaf Mahogany: Genetics, Ecology, and Management*, pp. 169-192. Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Snook LK, Santos Jimenez VA, Carreón Mundo M, Rivas CC, May Ek FJ, Mas Kantún P, Hernández Hernández C, Nolasco Morales A y Escobar Ruíz C (2003) Managing natural forests for sustainable harvests of mahogany (*Swietenia macrophylla*): experiences in Mexico's community forests. *Unasylva* 54: 68-73.
- Snook LK y Negreros-Castillo P (2004) Regenerating mahogany (*Swietenia macrophylla* King) on clearings in Mexico's Maya forest: the effects of clearing method and cleaning on seedling survival and growth. *Forest Ecology and Management* 189: 143-160.
- Snook LK (2005) Aprovechamiento sostenido de caoba en la Selva Maya de México: de la conservación fortuita al manejo sostenible. *Recursos Naturales y Ambiente* 44: 9-18.
- Snook LK (2005) Sustaining mahogany: research and silviculture in Mexico's community forests. *Bois et Forêts des Tropiques* 285: 55-65.



- Snook LK, Cámara-Cabrales L y Kely MJ (2005) Six years of fruit production by mahogany trees (*Swietenia macrophylla* King): patterns of variation and implications for sustainability. *Forest Ecology and Management* 206: 221-235.
- Snook LK, Iskandar H, Chow J, Cohen J y O'Connor J (2005) Supervivencia y crecimiento de caoba en aperturas post-extracción en Belice, a partir de semillas y plántulas. *Recursos Naturales y Ambiente* 44: 76-83.
- Snook LK, Negreros-Castillo P y O'Connor J (2005) Supervivencia y crecimiento plántulas de caoba en aperturas creadas en la Selva Maya de Belice y México. *Recursos Naturales y Ambiente* 44: 91-99.
- Shono K y Snook LK (2006) Growth of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in natural forests in Belize. *Journal of Tropical Forest Science* 18: 66-73.
- Souza CAS, Tucci CAF, Silva JF y Ribeiro WO (2010) Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). *Acta Amazonica* 40: 515-522.
- Thiele JC y Grimm V (2010) NetLogo meets R: Linking agent-based models with a toolbox for their analysis. *Environmental Modelling and Software* 25: 972-974.
- Veríssimo A, Barreto P, Tarifa R y Uhl C (1995) Extraction of a high-value natural resource in Amazonia: the case of mahogany. *Forest Ecology and Management* 72: 39-60.
- Verwer C, Peña-Claros M, van der Staak D, Ohlson-Kiehn K y Sterck FJ (2008) Silviculture enhances the recovery of overexploited mahogany *Swietenia macrophylla*. *Journal of Applied Ecology* 45: 1770-1779.
- Wadsworth FH y González E (2008) Sustained mahogany (*Swietenia macrophylla*) plantation heartwood increment. *Forest Ecology and Management* 255: 320-323.
- Walters BB, Sabogal C, Snook LK y Almeida E (2005) Constraints and opportunities for better silvicultural practice in tropical forestry: an interdisciplinary approach. *Forest Ecology and Management* 209: 3-18.
- Weaver PL y Sabido OA (1997) Mahogany in Belize: a Historical Perspective. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, General Technical Report IITF-2. Ashville, NC, USA.
- Weaver PL y Bauer GP (2003) Big-leaf mahogany in Panama: Historical Perspective. USDA Forest Service, International Institute of Tropical Forestry, General Technical Report IITF-24. Ashville, NC, USA.
- Whigham DF, Lynch JF y Dickinson MB (1998) Dynamics and ecology of natural and managed forests in Quintana Roo, Mexico. In: Primack B, Bray DB y Galletti H (Eds.), *Timber, Tourists and Temples: Conservation and Development in the Maya Forests of Belize, Guatemala and Mexico*, pp. 267-281. Island Press, Washington, DC, USA.
- White GM, Boshier DH y Powell W (1999) Genetic variation within a fragmented population of *Swietenia humilis* Zucc. *Molecular Ecology* 8: 1899-1909.
- White GM y Boshier DH (2000) Fragmentation in Central American dry forests: genetic impacts on *Swietenia humilis*. In: Young AG y Clarke G (Eds.), *Genetics, Demography and the Viability of Fragmented Populations*, pp. 293-311. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- White GM, Boshier DH y Powell W (2002) Increased pollen flow counteracts fragmentation in a tropical dry forest: an example from *Swietenia humilis* Zuccarini. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 2038-2042.
- White S (1978) Cedar and mahogany logging in eastern Peru. *The Geographical Review* 68: 394-416.
- Whitman AA, Brokaw NVL y Hagan JM (1997) Forest damage caused by selection logging of mahogany (*Swietenia macrophylla*) in northern Belize. *Forest Ecology and Management* 92: 87-96.

Wightman KE, Ward SE, Haggard JP, Santiago BR y Cornelius JP (2008) Performance and genetic variation of big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in provenance and progeny trials in the Yucatan Peninsula of Mexico. *Forest Ecology and Management* 255: 346-355.

Wilensky U (1999) NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/NetLogo/>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL, USA.

## 17 CONTACTENOS

Si tiene alguna pregunta sobre el modelo, favor de comunicarse por correo electrónico con Chris Free: [cfree@swietking.org](mailto:cfree@swietking.org). Si no tiene acceso a correo electrónico, puede enviarle las preguntas a:

James Grogan  
44 Cave Hill Rd Apt 2  
Leverett, MA 01054 USA  
Tel: +1-413-548-8180  
[jgrogan@swietking.org](mailto:jgrogan@swietking.org)  
[jgrogan@crocker.com](mailto:jgrogan@crocker.com)

Para más información sobre nuestras investigaciones, favor de dirigirse a nuestro sitio web (<http://www.swietking.org>) o referirse a las publicaciones en la lista de referencias.

## APÉNDICE A: FUENTES DE DATOS

El sitio de enfoque principal de este programa de investigación, Marajoara, es un área de manejo forestal de dueños industriales en el sureste de Pará, Brasil (7°50' S, 50°16' W). En el área se realizó la tala selectiva de árboles de caoba entre los años 1992–1994. Los parámetros demográficos del modelo se derivan de una muestra poblacional de caoba que consiste de 358 árboles sobrevivientes con un diámetro > 10 cm en un área de 2050 ha. Se realizaron censos anuales de estos árboles para medir su supervivencia, crecimiento de diámetro y producción de frutos entre los años 1997–2010. Otras etapas del ciclo de vida de la caoba, incluyendo los patrones temporales y espaciales de dispersión de semillas, germinación y el establecimiento de plántulas se cuantificaron a través de observaciones y experimentos en Marajoara. Los datos sobre la producción de frutos han sido suplementados mediante la observación de ~325 árboles de caoba en tres sitios adicionales del sureste de Pará y en el área de Acre/Amazonas Occidental. Debido a que pocos árboles adultos grandes (diámetro > 100 cm) sobrevivieron la tala en Marajoara o estuvieron disponibles para observación en otras áreas, los datos de producción de frutos también han sido suplementados por datos de Gullison *et al.* (1996).

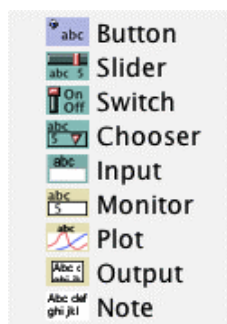
Las poblaciones de ejemplo, según se discute detalladamente en **sección 6.1**, se derivan de: (1) un inventario de árboles de caoba con un diámetro  $\geq 20$  cm en el 100% del área de una parcela de 204 ha en el sitio de campo en Marajoara; (2) una medición al azar de transectos estratificados de árboles de caoba con un diámetro  $\geq 20$  cm en 1035 ha en Marajoara (10% del total del área); y (3) un inventario de árboles de caoba con un diámetro  $\geq 20$  cm en el 100% del área en 685 ha en el sitio de campo de Acre/Amazonas Occidental. Debido a la tala selectiva que ocurrió antes de la investigación, los índices de mortalidad y crecimiento pueden reflejar un pequeño aumento posterior a la tala.

Debido a la escasa regeneración natural que ocurre en los claros, la simulación de los índices de mortalidad y crecimiento de las plántulas y árboles jóvenes en claros grandes está basada en datos de experimentos de campo a través de gradientes leves en claros grandes que se iniciaron en Marajoara en 1995. Estos datos representan estimados optimistas del desempeño de árboles jóvenes, debido a la remoción manual de plantas competidoras y vegetación secundaria durante los primeros tres años de los experimentos.

Las simulaciones de las perturbaciones del dosel arbóreo están basadas en la distribución de tamaños de claros en el dosel que se observó en Marajoara durante los años 1996–1997.

## APÉNDICE B: DETALLES Y DEFINICIONES DEL MODELO

### FUNCIONALIDADES DEL MODELO



**Button:** Un botón ejecuta instrucciones cuando se oprime. **Configuración, Valores Predeterminados, Operar 1 Año, Operar X Años, Ajustar-Tamaño, Todas las Definiciones y Exportar Resultados**, etc. son todos botones.

**Slider:** Un *slider* (deslizador) permite seleccionar de un espectro de valores. El modelo tiene *sliders* para **Tiempo** y **PARÁMETROS DE TALA**.

**Switch:** Un *switch* (interruptor) permite encender o apagar una variable. El *switch* de tala activa/inactiva la función de tala antes de la simulación.

**Chooser:** Un *chooser* (escogedor) le permite al usuario seleccionar entre valores de variables. El *chooser* de **Poblaciones** le permite al usuario seleccionar entre tres poblaciones de ejemplo y tres alternativas definidas por el usuario.

**Input:** Un recuadro de *input* le permite al usuario ingresar el valor de una variable. Hay dos tipos de recuadros de *input*: número y texto. Los recuadros de *input* de **Ancho-Área, Altura-Área y Tamaño-Parche** aceptan la entrada de números. Los recuadros de *input* de **Nombre-Archivo y Nombre-Atributo-Diámetro** permiten la entrada de texto.

**Monitor:** Un *monitor* despliega el valor de una expresión predefinida. Los *monitors* (monitores) de **Tamaño del Área, Población, y Rendimiento de la Cosecha** reflejan el tamaño del área de campo, la densidad/volumen de los árboles en las poblaciones iniciales y actuales, así como el número/volumen de árboles talados durante las cosechas.

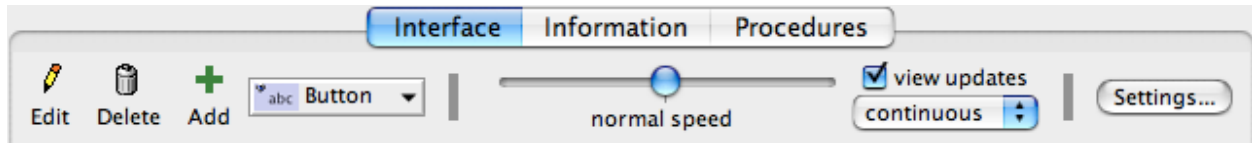
**Plot:** Un *plot* (gráfica) provee una gráfica a tiempo real de los resultados del modelo. El *plot* de **Distribución de Diámetro** sigue la distribución de tamaño de población y el *plot* de **Densidad de Árboles** sigue la densidad de los árboles.

**Output:** Un *output* produce una ventana de texto en la interfaz del modelo. El *output* de **Definiciones** provee definiciones de las funcionalidades de la interfaz cuando se presiona el botón de ? (Ayuda).

**Note:** Un *note* (nota) provee etiquetas de texto para cada sección de las funcionalidades. **AJUSTES DEL MODELO, PARÁMETROS DE TALA y POBLACIÓN AÑO 0**, etc. se proveen para organizar y estructurar la interfaz.

## DEFINICIONES DE LA INTERFAZ (vea el esquema, [página 3](#))

### BARRA DE CONTROLES DEL MODELO



La pestaña de **Interface** despliega los controles y simulaciones del modelo. La pestaña de **Information** provee información básica sobre el modelo. La pestaña de **Procedures** despliega el espacio donde el código del modelo se guarda y se modifica.

**Edit:** Este botón sólo se activa cuando se selecciona una funcionalidad en la interfaz. Presionar este botón le permite al usuario editar la funcionalidad seleccionada. Utilícelo para modificar el aumento/espectro de un parámetro de cosecha.

**Delete:** Este botón sólo se activa cuando se selecciona una funcionalidad en la interfaz. Presionar este botón borrará la funcionalidad seleccionada. ¡No utilice este botón! Todas las funcionalidades son necesarias para el modelo.

**Botón Add +:** En combinación, éstos añaden botones, interruptores, *choosers* (escogedores), *inputs*, monitores, gráficas, *outputs* o notas en la interfaz. Primero presione **Add** y luego **Button** para escoger una funcionalidad del menú que aparezca en pantalla.

**normal speed:** Este deslizador determina la velocidad del modelo. Deslice la perilla redonda hacia la izquierda para disminuir la velocidad, o hacia la derecha para aumentarla.

**view updates:** Determina si las actualizaciones al terreno serán visibles. Cuando se selecciona esta opción, pueden verse las actualizaciones **continuous** (continuas) o **on ticks** (al final de cada año). No seleccionar esta opción **view updates** hace que el modelo opere más rápido.

**Ajustes:** Determina el tamaño, la forma y la resolución del terreno, y establece la unidad de tiempo.

### CONTROLES DEL MODELO

#### CONTROLES DEL MODELO

<b>Configuración</b>	establece la población inicial en el sitio de campo
<b>Valores Predeterminados</b>	restablece los valores predeterminados del modelo
<b>Poblaciones</b>	incluye ejemplos de poblaciones iniciales y las definidas por el usuario
<b>Tamaño del Área</b>	tamaño del área seleccionada en el sitio de campo, en hectáreas (ha)
<b>Tala</b>	determina si la tala está activa o inactiva durante las simulaciones
<b>Tiempo</b>	número de años que el modelo simulará
<b>Operar 1 Año</b>	opera el modelo durante un año
<b>Operar X Años</b>	opera el modelo hasta el tiempo límite o hasta que todos los árboles mueran y/o hayan sido cosechados
<b>?</b>	el botón de ayuda provee definiciones para las secciones del modelo

## PARÁMETROS DE TALA

<b>Diámetro-Mínimo</b>	el diámetro mínimo para árboles de tamaño comercial (cm)
<b>Índice-de-Retención</b>	el índice de retención para árboles de tamaño comercial (%)
<b>Densidad-Mínimo</b>	el diámetro mínimo para árboles de tamaño comercial después de cosechados (#/100 ha)
<b>Ciclo de Tala</b>	número de años entre las cosechas

## POBLACIÓN AÑO 0 / ACTUAL

<b>Densidad Total</b>	la densidad de los árboles $\geq 20$ cm diámetro en el sitio de campo (#/100 ha)
<b>Densidad Comercial</b>	la densidad de los árboles de tamaño comercial en el sitio “ “ (#/100 ha)
<b>Volumen Comercial</b>	el volumen de madera en la población comercial (m <sup>3</sup> )
<b>Distribución de Diámetro</b>	barras = aumentos de 10 cm en el diámetro; línea gris = diámetro comercial; <b>negro</b> = distribución inicial de tamaño; <b>rojo</b> = distribución actual de tamaño
<b>Densidad de Árboles</b>	líneas verticales grises = años de cosecha; línea <b>negra</b> = densidad total de árboles; línea <b>roja</b> = densidad de árboles comerciales

Los árboles de tamaño comercial – o árboles comerciales – son árboles cuyos diámetros son mayores al límite mínimo establecido para la tala, o *diámetro-mínimo*. Observe que tanto en **Distribución de Diámetro** como en **Densidad de Árboles**, no se muestran árboles con diámetros de menores a 20 cm.

## RENDIMIENTO DE LA COSECHA

<b>Volumen de Tala</b>	el volumen de los árboles talados durante la cosecha más reciente (m <sup>3</sup> )
<b>Volumen Total de Tala</b>	el volumen de los árboles talados en todas las cosechas anteriores (m <sup>3</sup> )
<b># Total de Árboles Talados</b>	el número de árboles talados en todas las cosechas anteriores

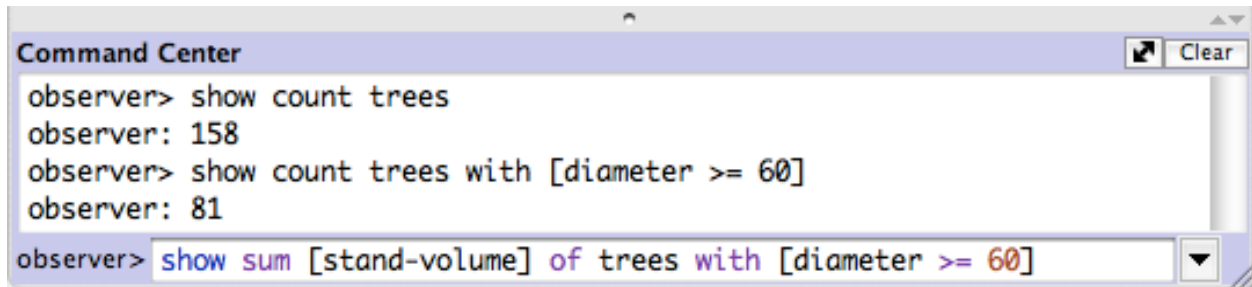
## CARGAR DATOS

<b>Nombre-Archivo</b>	nombre del archivo del usuario con datos de diámetro o XY
<b>Nombre-Atributo-Diámetro</b>	nombre del atributo de diámetro en el archivo de puntos ( <i>shapefile</i> ) del usuario
<b>Ancho-Área</b>	el ancho (X) del área en el sitio de campo del usuario (metros)
<b>Altura-Área</b>	la altura (Y) del área en el sitio de campo del usuario (metros)
<b>Tamaño-Parche</b>	el tamaño de los parches ( <i>patches</i> ) en el terreno (píxeles)
<b>Ajustar-Tamaño</b>	ajusta el tamaño del terreno de acuerdo al tamaño de los parches

## DEFINICIONES

<b>Todas las Definiciones</b>	muestra la definición/función de todas las funcionalidades de la interfaz
<b>Exportar Datos</b>	permite exportar los resultados de la simulación a un archivo determinado por el usuario

## COMMAND CENTER



```
Command Center
observer> show count trees
observer: 158
observer> show count trees with [diameter >= 60]
observer: 81
observer> show sum [stand-volume] of trees with [diameter >= 60]
```

El **Command Center** (Centro de Comandos) permite que se ejecuten comandos directamente, sin añadirlos al procedimiento del modelo. Esto sirve para conseguir información específica sobre la población, más allá de la que proveen los valores predeterminados.

**observer>**: Este menú emergente (*pop-up*) especifica la modalidad del **Command Center**. Puede cambiarse a las modalidades de tortugas, parches y enlaces, pero debería permanecer en la de **observer**.

Presione el triángulo de **History** para ojear y seleccionar de una lista de comandos previamente ingresados.

Este botón altera la ventana del **Command Center** entre la posición vertical y la horizontal. Otras opciones para ajustar el tamaño incluyen: arrastrar la barra gris para separar la ventana de la interfaz hacia una nueva posición. O presione las pequeñas flechas grises que se encuentran sobre el botón de **Clear** (limpiar) para esconder la ventana o hacerla más grande.

**Clear**: Presione este botón para limpiar los contenidos de la ventana del **Command Center**. Para limpiar el menú emergente (*pop-up*) de **History**, escoja 'Clear History' en las opciones del menú.

## APÉNDICE C: FUNCIONES DEL MODELO

En esta sección se repasan a fondo las funciones del modelo. **APÉNDICE E: CÓDIGO DEL MODELO** (página 73) provee un resumen similar acerca del código actual del modelo. El código anotado en su totalidad se encuentra disponible en la pestaña de **Procedures** en la interfaz de NetLogo.

### *Población Inicial*

El modelo comienza con una población inicial seleccionada por el usuario y representada sobre el sitio de campo o terreno de NetLogo. El terreno se ve reflejado dentro de un recuadro, donde cada célula representa un parche de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>) en el terreno. Las perturbaciones y la dispersión de semillas que ocurren en los bordes del terreno no se devuelven al otro lado. Debido a que el modelo es espacial, la ubicación de los árboles sobre el terreno es importante para determinar los resultados de la simulación.

En cada etapa o paso de tiempo (un año), se hace un estimado de los siguientes parámetros demográficos para cada árbol, basado en ecuaciones de regresión que son derivadas de los datos de censo en el campo: (1) incremento en el diámetro (cm año<sup>-1</sup>); (2) probabilidad de mortalidad; (3) probabilidad de producción de frutos; y (4) número de frutos producidos. El modelo utiliza estos parámetros para hacer simulaciones anualmente de la tala, el crecimiento, la mortalidad, las perturbaciones y la reproducción, hasta que se llegue al tiempo límite o todos los árboles mueran o sean cosechados.

### *Función de Crecimiento*

La función de crecimiento incorpora la autocorrelación de crecimiento – que es la tendencia de árboles de crecimiento rápido a continuar creciendo rápidamente – para explicar la trayectoria pasada de crecimiento. El incremento en el diámetro se estima como una función del diámetro de tallo utilizando mínimos cuadrados generalizados para incorporar un término de error autorregresivo, para explicar la autocorrelación de crecimiento durante los diez años anteriores.

Al principio de la simulación, los árboles comienzan sin ningún historial de crecimiento, así que a los residuales,  $e1$  (1 año anterior),  $e2$  (2 años anteriores),  $e3$  (3 años anteriores), etc., se les asigna un valor al azar tomado de la distribución  $N(0, 0.48)$ . Luego, el residual del año actual,  $e0$ , se calcula de la siguiente manera:

$$e0 = (0.399 * e1) + (0.321 * e2) + (0.081 * e3) + (-0.046 * e4) + (0.130 * e5) + (-0.143 * e6) + (-0.029 * e7) + (0.266 * e8) + (0.190 * e9) + (0.311 * e10) + \sigma \quad (1)$$

donde  $\sigma \sim N(0, 0.48)$ . Los residuales se vuelven a calcular durante cada etapa o paso de tiempo porque, cuando pasa un año, el residual del año anterior se convierte en el residual de hace dos años. Por ende, los residuales se vuelven a calcular como  $e10 = e9$ ,  $e9 = e8$ , ...,  $e2 = e1$ ,  $e1 = e0$ , y  $e0$  = el valor de la ecuación anterior calculada con los nuevos valores residuales. Entonces, la tasa de crecimiento, o el incremento de diámetro, de cada árbol se calcula utilizando la siguiente fórmula:



$$\text{tasa de crecimiento (cm año}^{-1}\text{)} = 0.42 + (\text{diámetro-basal} * 0.007) - (0.009 * \max(0, \text{diámetro-basal} - 40)) + e0 \quad (2)$$

donde el  $\max(0, \text{diámetro} - 40)$  se valora a cero cuando el diámetro de un árbol es  $\leq 40$  cm, y se valora a  $(\text{diámetro} - 40)$  cuando el diámetro de un árbol es  $> 40$  cm. El incremento de diámetro que resulta se suma al diámetro actual para calcular el nuevo diámetro del árbol. Un incremento de diámetro  $< 0$  se reclasifica como 0 debido a que el crecimiento negativo es imposible.

### ***Función de Tala***

La función de tala remueve de la población a los árboles elegibles al principio de la simulación y durante los años siguientes de cosecha, según determinado por el parámetro de ciclo de tala. La función remueve el número máximo de árboles que son mayores al tamaño comercial mínimo, sin violar los requisitos del índice de retención o la densidad post-cosecha. Los árboles seleccionados para la tala se estratifican al azar a lo largo de la distribución de tamaños de los árboles elegibles. Previo a su muerte, se les permite dispersar semillas a la mitad de los árboles talados, y todos los árboles talados crean claros en el dosel que son proporcionales al diámetro de tallo, basado en las ecuaciones que se encuentran en la sección sobre la ***Función de mortalidad***, a continuación (ecuaciones 5 y 6).

### ***Función de Mortalidad***

La función de mortalidad estima la probabilidad de mortalidad como regresión logística binaria del diámetro de tallo actual y el incremento de diámetro, utilizando la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \log\text{-odds(mortalidad)} = & -0.083 - (4.177 * GR) + (3.705 * \max(0, GR - 0.4)) + \\ & (2.57 * \max(0, GR - 1.5)) - (0.575 * BD) + (0.554 * \max(0, BD - 5)) + \\ & (0.027 * \max(0, BD - 25)) + (0.00077 * \max(0, BD - 85)) \end{aligned} \quad (3)$$

donde  $GR$  es el incremento de diámetro en el año actual y  $BD$  es el diámetro basal. El  $\log\text{-odds}$  se utiliza para calcular la probabilidad de mortalidad usando la transformación del logit:

$$\text{probabilidad de mortalidad} = (\exp \log\text{-odds}) / (1 + (\exp \log\text{-odds})) \quad (4)$$

donde el destino de cada árbol se determina al comparar su probabilidad de mortalidad con un número al azar entre el 0 y el 1. Si el número seleccionado al azar es menor a la probabilidad de mortalidad, se clasifica el árbol como muerto.

Antes de removerlo de la población, a un árbol muerto se le otorga una probabilidad de 50% de morir de pie y una probabilidad de 50% de morir antes de reproducirse. Un árbol que muera después de reproducirse producirá frutos y dispersará semillas antes de ser removido de la población, mientras que un árbol que muera antes de reproducirse se removerá de la población sin producir frutos. Un árbol que muera de pie se removerá de la población sin crear un claro, mientras que un árbol que produzca un claro al caer creará una perturbación de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{área de perturbación (m}^2\text{)} = -25.171 + (1.398 * \text{diámetro}) + (0.02 * \text{diámetro}^2) \quad (5)$$

donde el *diámetro* se calcula del diámetro usando la siguiente ecuación:

$$\text{diámetro (cm)} = (\text{diámetro basal} - 0.2842709) / 1.1003362 \quad (6)$$

El radio del área de perturbación se calcula utilizando la ecuación para el área de un círculo,  $a = \pi r^2$ . La zona de reclutamiento, es decir, el área de la perturbación disponible para el reclutamiento de plántulas, se estima que es 10 m menor en radio que el radio del área de perturbación. Las áreas de perturbación y de reclutamiento que resultan se construyen sobre el terreno utilizando los árboles como el centro de cada área circular.

### ***Función de Perturbación***

El modelo produce perturbaciones sobre el terreno de la siguiente manera: (1) una tanda inicial de perturbaciones se añade al terreno; (2) perturbaciones adicionales se añaden una a la vez hasta que una proporción dada del terreno esté perturbado; y (3) las perturbaciones que representan claros se añaden al final. El modelo calcula el número de perturbaciones a ser añadidas al terreno en base a la proporción entre el tamaño del área de campo y el tamaño de la perturbación; las proporciones de áreas de campo más grandes y perturbaciones más grandes recibirán más perturbaciones agrupadas. Luego de establecer las perturbaciones agrupadas, el modelo añade perturbaciones una a la vez hasta que la proporción de perturbaciones de terreno corresponda a la proporción especificada (valor predefinido = 0.026). Los claros se establecen luego de que se alcance esta proporción para prevenir que éstos cuenten a la hora de calcular el índice de perturbación de fondo. Los tamaños de las perturbaciones provienen de una distribución gamma ajustada a una distribución observada de tamaños en las perturbaciones del dosel que producen claros ( $n = 87$ ; shape: 0.6127; scale: 0.0056). Todas las perturbaciones son circulares y el radio de la zona de reclutamiento es 10 m menor al de la perturbación entera; por ende, una perturbación con un radio  $> 10$  m es necesaria para el reclutamiento. Las zonas de reclutamiento representan las únicas áreas sobre el terreno que son viables para el reclutamiento, ya que éste no ocurre en el sotobosque ni en el borde exterior de las perturbaciones del dosel.

### ***Función de Reproducción***

La probabilidad de fructificación se estima como una regresión logística binaria del diámetro de tallo del año actual y el incremento en el diámetro de árboles marcados como reproductivos (todos los árboles no-plántulas y el 50% de árboles muertos), utilizando la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \log\text{-odds(fructificación)} = & -9.624 + (0.210 * \text{diámetro basal}) - \\ & (0.182 * \max(0, \text{diámetro basal} - 40)) + (3.201 * \text{índice crecimiento}) - \\ & (1.165 * \text{índice crecimiento}^2) \end{aligned} \quad (7)$$

lo cual, entonces, se utiliza para calcular la probabilidad de fructificación mediante la transformación del logit:

$$\text{probabilidad de fructificación} = (\exp \log\text{-odds}) / (1 + (\exp \log\text{-odds})) \quad (8)$$

Si ocurre fructificación, la producción de frutos se estima como una función del diámetro de tallo del año actual e incremento en diámetro, en un modelo lineal generalizado con un término de error gamma. La función de distribución gamma está parametrizada con factores de escala y forma,  $\alpha$  and  $\lambda$ . El valor  $\alpha$  es un constante 1.142, mientras que el valor  $\lambda$  se calcula como una función del valor  $\alpha$  y el número promedio de frutos. El número promedio de frutos para un árbol de un diámetro cualquiera se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{promedio-frutos} = \exp(0.29583 + (0.02453 * \text{diámetro}) + (0.00033 * \text{diámetro basal}^2) - (1.744 * 10^{-6} * \text{diámetro basal}^3)) \quad (9)$$

Estos valores luego se utilizan para calcular  $\lambda$ , el cual, junto a  $\alpha$ , se utiliza para parametrizar la distribución gamma que describe la distribución de valores de producción de frutos para un solo árbol. Estas dos ecuaciones son:

$$\lambda = \alpha / \text{promedio-frutos} \quad (10)$$

$$\text{producción frutos} = \text{gamma}(\alpha, \lambda) \quad (11)$$

donde la producción de frutos de un árbol dado puede llegar hasta un máximo de 750 para evitar valores demasiado altos y poco realistas.

Luego de haberse determinado la producción de frutos para árboles reproductivos, estos árboles dispersan sus plántulas en la sombra de semillas circundante. El número de plántulas luego de un año se calcula de la siguiente manera:

$$\text{plántula de 1 año de edad} = \text{fruit}_i * s_{\text{fruit}} * f_{\text{surv}} \quad (12)$$

donde  $\text{fruit}_i$  es el número de frutos producido por el árbol  $i$ ,  $s_{\text{fruit}}$  es el promedio de semillas por fruto, y  $f_{\text{surv}}$  representa la fracción de semillas que germinan y sobreviven para convertirse en plántulas de 1 año de edad.  $s_{\text{fruit}}$  y  $f_{\text{surv}}$  son valores constantes de 42.4 y 0.085, respectivamente, según observaciones en el área de campo de Marajoara. Las plántulas de 1 año de edad se dispersan de manera uniforme dentro de la sombra de semilla circular de 0.91-ha (radio de 53.8 m) del árbol progenitor. Debido a que el reclutamiento de plántulas sólo es posible en las porciones interiores de las áreas de perturbación, solamente sobrevivirán las plántulas que caigan en la zona de reclutamiento (sweetspot) de una perturbación. Todas las demás morirán y el modelo no les dará seguimiento.

### ***Función de Reinicio del Modelo***

La última función del procedimiento del modelo restablece los árboles y el terreno antes de reiniciar el proceso en la próxima etapa de tiempo (el próximo año). Primero, se remueven del terreno todos los árboles muertos y las perturbaciones. Luego, las variables asociadas a la reproducción – la probabilidad de fructificación, la producción de frutos y el número de semillas sobrevivientes – se devuelven a los valores predeterminados para prevenir que los valores de un año reproductivo se pasen a un año no-reproductivo.

## APÉNDICE D: DIFERENCIAS DE VERSIONES

Este documento resume los cambios que se le han hecho al Modelo de Crecimiento y Rendimiento de la Caoba (Versión 1.0) desde que primero se lanzó en enero del 2011.

### NOMBRES DE VARIABLES

Los siguientes nombres de variables se han actualizado para mayor claridad. Los nuevos nombres (**ennegrecidos**) proveen un mejor resumen de la función y el propósito que los nombres anteriores (en *itálica*).

#### VARIABLES GLOBALES

- **y0-tree-density** (*y0-tot-density*) – especifica la densidad de árboles en el año inicial
- **prop-land-dist** (*prop-dist*) – especifica la proporción de perturbaciones en el terreno
- **disturbance-data** (*disturbance-dataset*) – contiene datos de tamaño de claros
- **prob-die-no-repro** (*prob-die-no-seeds*) – especifica la probabilidad de que un árbol muera antes de fructificar en el año de su muerte
- **establishment-rate** (*surv-prob*) – especifica la tasa de supervivencia de plántulas
- **seed-diam-data** (*seed-diam-list*) – contiene datos del diámetro de plántulas

#### VARIABLES DE ÁRBOLES

- **diameter** (*dbh*) – especifica el diámetro de tallo
- **basal-diameter** (*diameter*) – especifica el diámetro basal de tallo
- **stand-volume** (*volume*) – especifica el volumen en pie
- **mort-prob** (*mort-rate*) – especifica la probabilidad de mortalidad
- **seedlings** (*surv-seeds*) – especifica el número de plántulas

### VARIABLES NUEVAS

Las siguientes variables se han añadido para aumentar la funcionalidad del modelo.

#### VARIABLES GLOBALES

- **small-diam** – especifica el tamaño mínimo de árboles a monitorear/visualizar en gráficas
- **growth-sigma** – especifica la desviación estándar de residuales de crecimiento
- **num-batch-dist** – especifica cuántas perturbaciones agrupadas se deben construir
- **no-recruit-dist** – especifica la distancia no-reclutamiento en claros del dosel
- **large-dist?** – especifica si ocurren perturbaciones a gran escala
- **large-dist-prob** – especifica la probabilidad de perturbaciones a gran escala
- **large-dist-area** – especifica el tamaño de perturbaciones a gran escala
- **seed-shadow-area** – especifica el tamaño de la sombra de semilla de un árbol; elimina *seed-radius*
- **seed-growth-data** – lista nueva contiene datos de crecimiento de plántulas
- **pre-post-cut-number** – lista nueva contiene abundancia de árboles vivos antes/después de la cosecha

- **pre-post-cut-volume** – lista nueva contiene el volumen de árboles vivos antes/después de la cosecha
- **harvest-ticker (removed)** – removido debido a método nuevo de cosecha

### **Variables de Árboles**

- **age** – especifica edad del árbol; se desconocen las edades de árboles iniciales
- **fall-gap?** – especifica si un árbol crea un claro al caer
- **sawn-volume** – especifica volumen aserrado
- **e4-e10** – especifica residuales de crecimiento desde 4 hasta 10 años anteriores

## **CONFIGURACIÓN DEL MODELO**

**Funciones ayudantes:** El modelo nuevo cuenta con seis “funciones ayudantes” para realizar cálculos que se repiten a lo largo del modelo. Estas funciones ayudan a proteger contra errores producidos al copiar/pegar y simplifican el código del modelo. Las funciones ayudantes se resumen a continuación:

<b>Function Name</b>	<b>Function Purpose</b>	<b>Function Location</b>
calc-e0	calcula el residual e0	setup-tree-values; update-residuals; disperse-seeds
calc-diam	calcula diámetro	calculate-diameter; disperse-seeds
calc-basal-diam	calcula diámetro basal	setup-tree-values
calc-basal-area	calcula área basal	setup-tree-values; calculate-diameter; disperse-seeds
calc-stand-volume	calcula volumen en pie	setup-tree-values; calculate-diameter; disperse-seeds
calc-sawn-volume	calcula volumen aserrado	setup-tree-values; calculate-diameter; disperse-seeds

**Ecuación de volumen:** La ecuación anterior para el volumen en pie fue reemplazada por una ecuación nueva basada en estudios de campo en Guatemala (Kometter 2011).

**Tamaño del área:** El tamaño del área ahora se especifica para poblaciones de ejemplo y se calcula para poblaciones del usuario en el procedimiento de *setup-world*. El especificar el tamaño del área en poblaciones de ejemplo permite que los cálculos de densidad poblacional sean más acertados.

**Shapefiles de mundo (world):** Las poblaciones de ejemplo ahora se construyen utilizando archivos de punto (*shapefiles*) que definen la extensión de la población sobre el terreno (mundo o *world*). Esto ayuda a prevenir que se posicionen árboles, ríos y límites contra el borde del mundo NetLogo.

**Cargar shapefiles del usuario:** El código para desplegar archivos de punto (*shapefiles*) del usuario se modificó para arreglar una falla que detenía al modelo cuando se posicionaban árboles en el borde del mundo (terreno). El código nuevo expande el encasillado del mundo para contener el encasillado de los árboles y, así, eliminar la falla.

## **TRAZAR GRÁFICAS**

Se utiliza un procedimiento de configuración/actualización para trazar gráficas. Esto prepara al modelo actual para su eventual actualización a NetLogo 5.0 y reduce el tiempo de procesamiento. La función que configura la manera en que se trazan gráficas también establece los tamaños iniciales de los ejes X y Y para minimizar el auto-ajuste cuando el modelo esté operando.

La gráfica de *Abundancia de Árboles* se ha sustituido por la de *Densidad de Árboles*. La gráfica nueva muestra la densidad de árboles por 100 hectáreas a través del tiempo, utilizando la simbología de la gráfica original de abundancia (todos los árboles se muestran en negro; los árboles comerciales se muestran en rojo).

## **FUNCIÓN DE CRECIMIENTO**

**Residuales de crecimiento:** La función de crecimiento ahora incorpora 10 años de autocorrelación de crecimiento y, por ende, contiene diez años de residuales de crecimiento. En el Año 0, los residuales de crecimiento de años anteriores se seleccionan al azar de una distribución normal. El residual de crecimiento del año actual ( $e_0$ ) se calcula utilizando una ecuación nueva que incorpora datos nuevos.

**Tasa de crecimiento:** La función de crecimiento utiliza una ecuación nueva para determinar el incremento de crecimiento anual. La ecuación nueva incorpora datos nuevos.

## **FUNCIÓN DE TALA**

**Tala Año 1:** La tala de árboles en el Año 1 ahora ocurre antes que la función de crecimiento (y que todas las demás); para otros años de cosecha, la tala sigue ocurriendo después de la función de crecimiento.

**Años de cosecha:** La función de tala utiliza un método nuevo para determinar si el año actual se trata de un año de cosecha, al comparar el año actual con la lista de años de cosecha. Este método es más elegante que el método anterior, *harvest-ticker*.

**Tala estratificada y al azar:** La función de tala ahora estratifica la tala de árboles de acuerdo a la clasificación de tamaños de diámetro. Este cambio mejor refleja las prácticas actuales de tala.

**Densidad mínima:** La función de tala ahora previene que se viole el requisito de densidad mínima. Anteriormente, una falla frecuentemente permitía que se talara un árbol adicional en violación al parámetro de densidad mínima.

**Estadísticas de antes/después de la cosecha:** La función de tala ahora registra la abundancia y el volumen de árboles de tamaño comercial que están vivos antes y después de cada cosecha.

## **FUNCIÓN DE MORTALIDAD**

**Probabilidad de mortalidad:** La función de mortalidad utiliza una ecuación nueva para determinar la probabilidad de mortalidad. Esta ecuación nueva incorpora datos nuevos.

## **FUNCIÓN DE PERTURBACIÓN**

**Perturbación:** El procedimiento de perturbación ya no toma en cuenta los claros producidos por la caída de árboles de caoba en el índice de 2.6% de perturbaciones de terreno. La variable de árbol *fall-gap?* se creó para acomodar estos cambios.

**Perturbaciones agrupadas:** La función de perturbación ahora establece una tanda inicial de perturbaciones en el terreno antes de añadir las perturbaciones adicionales necesarias para alcanzar el índice determinado de perturbaciones en el terreno. Esta función aumenta enormemente la velocidad del modelo.

## **FUNCIÓN DE REPRODUCCIÓN**

**Probabilidad de fructificación:** La función de reproducción utiliza una ecuación nueva para determinar la probabilidad de fructificación. Esta ecuación nueva incorpora datos nuevos.

**Producción de frutos:** La función de reproducción utiliza una ecuación nueva para determinar la producción de frutos. Esta ecuación nueva incorpora datos nuevos.

**Dispersión de semillas:** La función de reproducción utiliza un método nuevo para dispersar semillas; el método nuevo utiliza el acercamiento estándar a la dispersión uniforme de semillas. La nueva función es un poco más lenta, pero produce una distribución realmente uniforme y al azar.

**Índice de crecimiento de plántulas:** Los índices de crecimiento de las plántulas ahora se seleccionan de la distribución del índice de crecimiento de plántulas; anteriormente, se mantenían en cero.

**Residuales de crecimiento de plántulas:** El residual de crecimiento  $e_{10}$  ahora se calcula utilizando datos del índice de crecimiento de plántulas. Los residuales de crecimiento  $e_{9-e1}$  se mantienen en cero y el residual de crecimiento  $e_0$  se calcula utilizando una ecuación nueva que incorpora datos nuevos.

## **EXPORTAR RESULTADOS**

**Función de exportar resultados:** El nombre de la función que exporta los datos se cambió de *export-data* a *export-results* para mayor claridad y precisión.

**Estadísticas de antes/después de la cosecha:** La función de exportar datos ahora despliega la abundancia y el volumen de árboles de tamaño comercial que están vivos antes y después de cada cosecha en el archivo de texto que se exporta.

## **BEHAVIORSPACE**

**Exportación de vistas, gráficas y mundos:** Para exportar vistas (*view*), gráficas (*plot*) y mundos (*world*) de un experimento BehaviorSpace, debe utilizar el código *behaviorspace-run-number* en vez del código *date-and-time* al nombrar el archivo que resulte. El código anterior no funciona en computadoras *Windows*.



## APÉNDICE E: CÓDIGO DEL MODELO

Esta sección incluye una copia anotada del código del modelo. Este código es idéntico al código que se encuentra en la pestaña de **Procedures** de la interfaz de NetLogo. La estructura del código del modelo se resume en la sección de *Códigos de Procedimientos del Modelo* (**sección 12.3**) y se repasan brevemente a continuación.

En la parte superior del código del modelo encontrará información básica: título, autores, fuentes de financiamiento, dimensiones del terreno, etc. La sección de **EXTENSIONS, BREEDS, AND VARIABLES**, identifica variables y extensiones de código que se usan a lo largo del modelo. La sección de **MODEL SETUP** establece el modelo al verificar errores, establecer valores de variables, dibujar el terreno, establecer gráficas y monitores, y establecer la población inicial en el terreno. La sección de **RUN MODEL** hace crecer, tala, mata, produce perturbaciones y reproduce los árboles, de manera sucesiva, en el terreno. Esta sección también restablece los árboles y el terreno a las condiciones iniciales, en preparación para el próximo año de simulación. La sección de **EXPORT RESULTS** contiene el código para exportar los resultados de una sola simulación a un archivo de texto.

Se les han asignado colores a los **Procedures** de acuerdo al siguiente esquema: las palabras claves (*keywords*) están en **VERDE**; las constantes están en **ANARANJADO**; los comentarios están en **GRIS**; los comandos preinstalados de NetLogo están en **AZUL**; los indicadores primitivos en **PÚRPURA**; y todo lo demás en **NEGRO**.

```

;; Model Info
;; =====
;; Title: Modelo 2.0 de Crecimiento Y Rendimiento (Version 2.1)
;; Authors: Christopher Free, R. Matthew Landis, James Grogan
;; Funding: International Institute of Tropical Forestry (USFS-IITF),
;; ITTO-CITES Program for Implementing CITES Listings of Tropical Timber Species
;; NetLogo Platform: NetLogo 4.1.3, http://ccl.northwestern.edu/netlogo/4.1/docs/
;; Model Info: A spatially explicit individual-based population growth and yield model of big-leaf mahogany (Swietenia macrophylla King).
;; POPULATIONS: AREA, SIZE, DENSITY
;; SE Pará (204ha): 158 trees, 77.5 trees / 100 ha
;; SE Pará (1035ha): 745 trees, 72.0 trees / 100 ha
;; Acre/West Amazon (685ha): 81 trees, 11.8 trees / 100 ha
;; LANDSCAPE INFO
;; Each patch is a 10m x 10m square. The world is contained within a box;
;; seeds dispersed off the landscape (world edges) are not tracked by the model.
;; LANDSCAPE DIMENSIONS: SE Pará (204ha)
;; World Area: 224.79 ha = 1270 m x 1770 m
;; Patch Dimensions: 127 patches x 177 patches
;; NetLogo Dimensions: 63 patches x 88 patches (1/2 above)
;; TRUE AREA: (63 x 2 + 1) * (88 x 2 + 1) * 100 / 10000 = 224.79 ha
;; LANDSCAPE DIMENSIONS: Acre/Amazon (685ha)
;; World Area: 1093.95 ha = 4950 m x 2210 m
;; Patch Dimensions: 495 patches x 221 patches
;; NetLogo Dimensions: 246 patches x 110 patches (1/2 above)
;; TRUE AREA: (246 x 2 + 1) * (110 x 2 + 1) * 100 / 10000 = 1093.95 ha
;; EXTENSIONS, BREEDS, AND VARIABLES
;; =====
extensions [gis]
breed [trees tree]

globals [
errors?
site-area
small-diam
y0-tree-density
y0-comm-density
y0-comm-volume
growth-sigma
prop-land-dist
num-batch-dist
no-recruit-dist
disturbance-data
large-dist?
large-dist-prob
large-dist-area
prob-die-standing
prob-die-no-repro
seed-shadow-area
max-num-fruit
]
;; MODEL CONSTANTS
;; A Boolean indicating whether errors were detected during setup (true/false).
;; The area (ha) of the selected field site (for both example and Población del Usuarios).
;; The diameter (cm) of the smallest trees tracked during simulations.
;; The initial density (trees/100ha) of trees larger than the small-diam.
;; The initial density (trees/100ha) of trees larger than commercial-size.
;; The initial standing volume (m3) of trees larger than commercial-size.
;; The standard deviation of the growth residual normal distribution.
;; The annual proportion of landscape disturbance.
;; The number of disturbances to place on the landscape at once (in batch).
;; The distance (m) from a gap edge in which recruitment is impossible.
;; The gap size (m2) distribution of the Marajoara field site.
;; A Boolean indicating whether large-scale disturbances are implemented during simulations.
;; The probability of a large-scale disturbance occurring.
;; The area (ha) of large-scale disturbances.
;; The probability of a tree dying standing in the year of its death.
;; The probability of a tree dying before fruiting in the year of its death.
;; The area (ha) of a tree's seed shadow.
;; The maximum number of fruit per tree.

```

```

seeds-per-fruit
establishment-rate
seed-diam-data
seed-growth-data
tot-logged-volume
cur-logged-volume
annual-harvest-volume
annual-harvest-number
pre-post-cut-number
pre-post-cut-volume
]

trees-own [
age
alive?
seedling?
fall-gap?
reproduce?
diameter
basal-diameter
basal-area
stand-volume
sawn-volume
growth-rate
mort-prob
fruit-prob
num-fruit
seedlings
e0
e1
e2
e3
e4
e5
e6
e7
e8
e9
e10
]

patches-own [
disturbance?
sweetspot?
]

;; MODEL PARAMETERS
;; Populations (Listed)
;; Logging (ON/OFF)
;; Time (0-150; 5; 100)
;; LOGGING PARAMETERS
;; diametro-mínimo
;; índice-de-retención
;; densidad-mínima
;; ciclo-de-tala
;; DATA UPLOAD PARAMETERS
;; Nombre-Archivo
;; Nombre-Atributo-Diámetro
;; Ancho-Área

;; The average number of seeds per fruit.
;; The proportion of seeds surviving to become first-year seedlings.
;; The seedling diameter (cm) distribution.
;; The seedling growth rate (cm/yr) distribution.
;; A list of the standing volumes (m3) of trees logged during all previous harvests.
;; A list of the standing volumes (m3) of trees logged during the most recent harvest.
;; A list of the sum standing volumes (m3) of trees logged during each harvest.
;; A list of the sum number of trees logged during each harvest.
;; A list of the number of commercial trees alive before/after each harvest.
;; A list of the volume (m3) of commercial trees alive before/after each harvest.

;; TREE VARIABLES
;; Age of the tree (yrs).
;; A Boolean indicating whether a tree is alive (true/false).
;; A Boolean indicating whether a tree creates a fall gap (true/false)
;; A Boolean indicating whether a tree is reproductive (true/false).
;; The diameter (cm) of a tree 1.3 m off the ground (stem diameter).
;; The diameter (cm) of a tree 10 cm off the ground (stem basal diameter).
;; The basal area (m2) of a tree, calculated from basal diameter.
;; The standing volume (m3) of a tree, calculated from basal diameter.
;; The sawn volume (m3) of a tree, calculated from basal diameter.
;; The annual growth rate (cm/yr) of a tree.
;; The probability of mortality for a tree, calculated from diameter and growth.
;; The probability of fruiting for a tree, calculated from diameter and growth.
;; The number of fruit produced by a tree.
;; The number of seedlings produced by a tree.
;; The growth residual in the present year.
;; The growth residual one-year ago.
;; The growth residual two-years ago.
;; The growth residual three-years ago.
;; The growth residual four-years ago.
;; The growth residual five-years ago.
;; The growth residual six-years ago.
;; The growth residual seven-years ago.
;; The growth residual eight-years ago.
;; The growth residual nine-years ago.
;; The growth residual ten-years ago.

;; PATCH VARIABLES
;; A Boolean indicating whether a patch is a disturbance patch (true/false).
;; A Boolean indicating whether a patch is a sweetspot patch (true/false).

;; CHOSER, SWITCH, AND SLIDER GLOBALS
;; This chooser determines which tree population is used during model simulations.
;; This switch determines whether trees are logged during model simulations.
;; This slider determines the maximum length of time (yr) model simulations will run.

;; ALL DEFAULT STANDARDS FROM GROGAN AND BARRETO (2005).
;; The minimum diameter (cm) of trees allowed to be cut for commercial logging (DEFAULT: 60 cm).
;; The minimum retention of commercial trees after logging (DEFAULT: 20% retention = 80% log rate).
;; The minimum allowable density of commercial trees after logging (DEFAULT: 5 trees / 100 ha).
;; The number of years between each harvest, a.k.a. the cutting cycle (DEFAULT: 30 yrs).

;; LOADS XYD, SHP, AND CSV DATA
;; The name of the txt, shp, or csv file containing user data.
;; The name of the diameter attribute in the user shapefile.
;; The width (x) of the user field site (meters).

```

```

;; Altura-Área
;; Tamaño-Parche
;; HELPER FUNCTIONS
;; =====
;; These helper functions are used to report values that are calculated in many places throughout the model. A single, centralized
;; copy of a function protects against copy/paste errors.
;; The CALC-E0 helper function calculates the e0 (present-year) growth residual from the other growth residuals. It is used in
;; SETUP-TREE-VALUES, UPDATE-RESIDUALS, and DISPERSE-SEEDS.
to-report calc-e0 [x1 x2 x3 x4 x5 x6 x7 x8 x9 x10]
  report ((0.39916990 * x1) + (0.32081673 * x2) + (0.08135583 * x3) + (-0.04611527 * x4) + (0.13032327 * x5) + (-0.14343649 * x6) +
    (-0.02888621 * x7) + (0.26574481 * x8) + (0.18983354 * x9) + (-0.31121786 * x10) + random-normal 0 growth-sigma)
end

to-report calc-diam [basal-diam]
  report max (list (0) ((basal-diam - 0.2842709) / 1.1003362)) ;; This helper function calculates basal diameter from diameter.
  ;; It is used in CALCULATE-DIAMETER and DISPERSE-SEEDS.
end

to-report calc-basal-diam [diam]
  report max (list (0) (diam * 1.1003362 + 0.2842709)) ;; This helper function calculates diameter from basal diameter.
  ;; It is used in SETUP-TREE-VALUES only (but is still included here).
end

to-report calc-basal-area [diam]
  report max (list (0) (pi * (diam / 200) ^ 2)) ;; This helper function calculates basal area from diameter.
  ;; It is used in SETUP-TREE-VALUES, CALCULATE-DIAMETER, and DISPERSE-SEEDS.
end

to-report calc-stand-volume [diam]
  report max (list (0) (-5.297672 + 0.1263387 * diam)) ;; This helper function calculates standing volume from diameter.
  ;; It is used in SETUP-TREE-VALUES, CALCULATE-DIAMETER, and DISPERSE-SEEDS.
end

to-report calc-sawn-volume [diam]
  report max (list (0) (-2.697373 + 0.0600342 * diam)) ;; This helper function calculates sawn volume from diameter.
  ;; It is used in SETUP-TREE-VALUES, CALCULATE-DIAMETER, and DISPERSE-SEEDS.
end

;; A tree must have a diameter > 41.93 cm to have a positive stand volume. A tree must have a diameter >44.93 cm to have a positive sawn volume.
;; A tree must have a basal diameter > 0.28 cm to have a positive stem diameter. A tree with a positive stem diameter has a positive basal diamet

;; MODEL SETUP
;; =====
;; Error Check
;; =====
;; The ERROR CHECK function is performed whenever the user presses the SETUP or RESIZE buttons. An error check is also performed when
;; the user presses RUN 1 YEAR or RUN X YEARS; the code for these checks is located in the button code.

to error-check
  set errors? false
  if Poblaciones = "" [user-message "Debe seleccionar una 'Población'." set errors? true]
  if Poblaciones = "POBLACIONES DE EJEMPLO" [user-message "Debe seleccionar una 'Población de Ejemplo'." set errors? true]
  if Poblaciones = "POBLACIONES DEL USUARIO" [user-message "Debe seleccionar una 'Población del Usuario'." set errors? true]
  if Poblaciones = "Población del Usuario (xyd)" or Poblaciones = "Población del Usuario (shp)" or Poblaciones = "Población del Usuario (csv)" [
    if empty? Nombre-Archivo [user-message "Debe especificar un 'Nombre-Archivo'." set errors? true]
    if Poblaciones = "Población del Usuario (xyd)" [if member? ".txt" Nombre-Archivo = false [user-message "'Nombre-Archivo' debe ser un archivo
      if Poblaciones = "Población del Usuario (shp)" [
        if member? ".shp" Nombre-Archivo = false [user-message "'Nombre-Archivo' debe ser un archivo .shp." set errors? true]
        if empty? Nombre-Atributo-Diámetro [user-message "Debe especificar un 'Nombre-Atributo-Diámetro'." set errors? true]]
    if Poblaciones = "Población del Usuario (csv)" [if member? ".csv" Nombre-Archivo = false [user-message "'Nombre-Archivo' must be a .csv file.

```

```

if Ancho-Área <= 0 [user-message "'Ancho-Área' debe ser un número positivo no-equivalente al cero." set errors? true]
if Altura-Área <= 0 [user-message "'Altura-Área' debe ser un número positivo no-equivalente al cero." set errors? true]
if Tamaño-Parcela <= 0 [user-message "'Tamaño-Parcela' debe ser un número positivo no-equivalente al cero." set errors? true]
]
end

;; Set Patch Size
;; =====

to set-patch-area
  if Poblaciones = "SE Pará (204ha)" [set Tamaño-Parcela 2.65]
  if Poblaciones = "SE Pará (1035ha)" [set Tamaño-Parcela 1.00]
  if Poblaciones = "Acre/Amazonas Occidental" [set Tamaño-Parcela 0.65]

  if Poblaciones = "Población del Usuario (xyd)" [set Tamaño-Parcela 1.0]
  if Poblaciones = "Población del Usuario (shp)" [set Tamaño-Parcela 1.0]
  if Poblaciones = "Población del Usuario (csv)" [set Tamaño-Parcela 1.0]
end

;; Setup Outline
;; =====

to setup
  clear-all
  setup-globals
  setup-world
  setup-patches
  setup-trees
  setup-dist
  setup-dist-list
  setup-seed-lists
  setup-monitors
  reset-ticks
end

;; Setup Defaults
;; =====

to setup-defaults
  set Poblaciones "SE Pará (204ha)"
  set Tamaño-Parcela 2.65
  set Tala true
  set Tiempo 100

  set diámetro-mínimo 60
  set índice-de-retención 20
  set densidad-mínima 5
  set ciclo-de-tala 30

  clear-output
  output-print "Oprima el botón '?' que se encuentra ubicado junto a cada"
  output-print "sección para ver en este recuadro las descripciones de las"
  output-print "funcionalidades de esa sección. Oprima 'Todas las Definiciones'"
  output-print "para ver las descripciones de las funcionalidades de todas"
  output-print "las secciones."
end

;; Setup Globals
;; =====

to setup-globals
  ;; SETS UP GLOBALS (MODEL CONSTANTS)

```

```

set small-diam 20
set growth-sigma 0.4787841
set prop-land-dist 0.026
set no-recruit-dist 10
set large-dist? false
set large-dist-prob 0.025
set large-dist-area 4.0
set prob-die-standing 0.5
set prob-die-no-repro 0.5
set seed-shadow-area 0.91
set max-num-fruit 750
set seeds-per-fruit 42.4
set establiment-rate 0.085
set tot-logged-volume (list)
set cur-logged-volume (list)
set annual-harvest-volume (list)
set annual-harvest-number (list)
set pre-post-cut-number (list)
set pre-post-cut-volume (list)

;; site-area
;; disturbance-data
;; seed-diam-data
;; seed-growth-data
end

;; Setup World
; =====
to setup-world
  let new-x round (Ancho-Área / 10 - 1) / 2 / 2 * (-1)
  let new-y round (Ancho-Área / 10 - 1) / 2 * (-1)
  let new-x round (Altura-Área / 10 - 1) / 2
  let new-y round (Altura-Área / 10 - 1) / 2 * (-1)

  if Poblaciones = "SE Pará (204ha)" [resize-world -63 63 -88 88 set-patch-size Tamaño-Parche]
  if Poblaciones = "SE Pará (1035ha)" [resize-world -162 162 -175 175 set-patch-size Tamaño-Parche]
  if Poblaciones = "Acre/Amazonas Occidental" [resize-world -246 246 -110 110 set-patch-size Tamaño-Parche]

  if Poblaciones = "Población del Usuario (xyd)" [resize-world new-x new-x new-y new-y set-patch-size Tamaño-Parche]
  if Poblaciones = "Población del Usuario (shp)" [resize-world new-x new-x new-y new-y set-patch-size Tamaño-Parche]
  if Poblaciones = "Población del Usuario (csv)" [resize-world new-x new-x new-y new-y set-patch-size Tamaño-Parche]

  if Poblaciones = "SE Pará (204ha)" [set site-area 204]
  if Poblaciones = "SE Pará (1035ha)" [set site-area 1035]
  if Poblaciones = "Acre/Amazonas Occidental" [set site-area 685]

  if Poblaciones = "Población del Usuario (xyd)" [set site-area count patches / 100]
  if Poblaciones = "Población del Usuario (shp)" [set site-area count patches / 100]
  if Poblaciones = "Población del Usuario (csv)" [set site-area count patches / 100]
end

;; Setup Landscape
; =====
to setup-patches
  ask patches [
    set disturbance? false
    set sweetspot? false
    set pcolor green
  ]

```

```

end
;; Setup Trees Outline
;; =====
to setup-trees
  if Poblaciones = "SE Pará (204ha)" [setup-mara-204-trees]
  if Poblaciones = "SE Pará (1035ha)" [setup-mara-1035-trees]
  if Poblaciones = "Acre/Amazonas Occidental" [setup-acre-trees]

  if Poblaciones = "Población del Usuario (xyd)" [setup-xyd-trees]
  if Poblaciones = "Población del Usuario (shp)" [setup-shp-trees]
  if Poblaciones = "Población del Usuario (csv)" [setup-csv-trees]
end

;; Setup Trees Details
;; =====
to setup-mara-204-trees
  let mara-204-tree-data gis:load-dataset "Datos/mara-204-tree-data.shp"
  let mara-204-stream-data gis:load-dataset "Datos/mara-204-stream-data.shp"
  let mara-204-boundary-data gis:load-dataset "Datos/mara-204-boundary-data.shp"
  let mara-204-world-data gis:load-dataset "Datos/mara-204-world-data.shp"
  gis:set-world-envelope (gis:envelope-of mara-204-world-data)

  gis:set-drawing-color white
  gis:draw mara-204-boundary-data 2
  gis:set-drawing-color blue
  gis:draw mara-204-stream-data 2

  foreach gis:feature-list-of mara-204-tree-data [
    let location gis:location-of (first (first (gis:vertex-lists-of ?)))
    create-trees 1 [
      set xcor item 0 location
      set ycor item 1 location
      set diameter gis:property-value ? "DM94"
      setup-tree-values
    ]
  ]
end

to setup-mara-1035-trees
  let mara-1035-tree-data gis:load-dataset "Datos/mara-1035-tree-data.shp"
  let mara-1035-stream-data gis:load-dataset "Datos/mara-1035-stream-data.shp"
  let mara-1035-boundary-data gis:load-dataset "Datos/mara-1035-boundary-data.shp"
  let mara-1035-world-data gis:load-dataset "Datos/mara-1035-world-data.shp"
  gis:set-world-envelope (gis:envelope-of mara-1035-world-data)

  gis:set-drawing-color white
  gis:draw mara-1035-boundary-data 1
  gis:set-drawing-color blue
  gis:draw mara-1035-stream-data 1

  foreach gis:feature-list-of mara-1035-tree-data [
    let location gis:location-of (first (first (gis:vertex-lists-of ?)))
    create-trees 1 [
      set xcor item 0 location
      set ycor item 1 location
      set diameter gis:property-value ? "DBH"
      setup-tree-values
    ]
  ]
end

```

```

]
end

to setup-acre-trees
  let acre-tree-data gis:load-dataset "Datos/acre-tree-data.shp"
  let acre-boundary-data gis:load-dataset "Datos/acre-boundary-data.shp"
  let acre-world-data gis:load-dataset "Datos/acre-world-data.shp"
  gis:set-world-envelope (gis:envelope-of acre-world-data)

  gis:set-drawing-color white
  gis:draw acre-boundary-data 1

  foreach gis:feature-list-of acre-tree-data [
    let location gis:location-of (first (gis:vertex-lists-of ?)))
    create-trees 1 [
      set xcor item 0 location
      set ycor item 1 location
      set diameter gis:property-value ? "DIAM"
      setup-tree-values
    ]
  ]
end

to setup-xyd-trees
  let x-list (list )
  let y-list (list )
  let diam-list (list )

  file-open (word "Usuario/" Nombre-Archivo)
  while [not file-at-end?][
    set x-list fput file-read x-list
    set y-list fput file-read y-list
    set diam-list fput file-read diam-list
  ]
  file-close

  let xmin min x-list
  let xmax max x-list
  let ymin min y-list
  let ymax max y-list

  (foreach x-list y-list diam-list [
    create-trees 1 [
      let pre-xcor (?1 - xmin) / (xmax - xmin) * world-width + min-pxcor
      let pre-ycor (?2 - ymin) / (ymax - ymin) * world-height + min-pycor
      let add-xcor (pre-xcor / abs pre-xcor * -1)
      let add-ycor (pre-ycor / abs pre-ycor * -1)
      set xcor pre-xcor + add-xcor
      set ycor pre-ycor + add-ycor
      set diameter ?3
      setup-tree-values
    ]
  ])
end

to setup-shp-trees
  let shp-tree-data gis:load-dataset (word "Usuario/" Nombre-Archivo)
  let tree-envelope gis:envelope-of shp-tree-data
  let x-expansion (item 1 tree-envelope - item 0 tree-envelope) * 0.0001
  let y-expansion (item 3 tree-envelope - item 2 tree-envelope) * 0.0001

  ;; SETS UP TREES - ACRE/WEST AMAZON PLOT
  ;; This stores GIS tree data in a NetLogo list.
  ;; This stores GIS boundary data in a NetLogo list.
  ;; This stores GIS world data in a NetLogo list.
  ;; This sets the extent of the NetLogo world

  ;; This draws the field site boundary in white
  ;; with a line thickness of one.

  ;; This reads each row of the GIS shapefile, creates
  ;; a tree at the specified coordinates, and gives
  ;; the tree its listed diameter. SETUP-TREE-VALUES
  ;; sets up the remaining tree values.

  ;; SETS UP TREES - USER SPATIAL DIAMETER (TXT) POPULATION
  ;; This makes a list for storing the x-coordinates from the user file.
  ;; This makes a list for storing the y-coordinates from the user file.
  ;; This makes a list for storing the diameters from the user file.

  ;; This opens the file designated by the user in the Nombre-Archivo prompt.
  ;; This reads the file from the beginning to the end.
  ;; This puts the x-coordinates in the x-list (file must be: x, y, diam).
  ;; This puts the y-coordinates in the y-list.
  ;; This puts the diameter values in the diam-list.

  ;; This closes the file designated by the user in the Nombre-Archivo prompt.

  ;; This calculates the minimum x-coordinate value.
  ;; This calculates the maximum x-coordinate value.
  ;; This calculates the minimum y-coordinate value.
  ;; This calculates the maximum y-coordinate value.

  ;; This code loops through the x-, y-, and diam- lists to
  ;; create a tree with each set of x, y, and diameter values.
  ;; The code translates the xy coordinates from spherical
  ;; coordinates to NetLogo coordinates; however, because the
  ;; population is contained within a box, the "pre" coordinates
  ;; place some trees on the world edge. The "add" calculations
  ;; scale the population inwards to prevent edge trees.
  ;; SETUP-TREE-VALUES sets up the remaining tree values.

  ;; SETS UP TREES - USER SPATIAL DIAMETER (SHP) POPULATION
  ;; This code reads the user-provided shapefile into NetLogo and set
  ;; an initial envelope equal to the extent of the Poblacion del Us
  ;; horizontal (x) and vertical (y) expansion factor are calculated
  ;; to pad the world envelope so trees won't fall on the world edge.

```



```

let expanded-envelope (list
  (item 0 tree-envelope - x-expansion)(item 1 tree-envelope + x-expansion)
  (item 2 tree-envelope - y-expansion)(item 3 tree-envelope + y-expansion))
gis:set-world-envelope expanded-envelope

foreach gis:feature-list-of shp-tree-data [
  let location gis:location-of (first (gis:vertex-lists-of ?))
  create-trees 1 [
    set xcor item 0 location
    set ycor item 1 location
    set diameter gis:property-value ? (word Nombre-Atributo-Diámetro)
    setup-tree-values
  ]
]
end

to setup-csv-trees
  let csv-tree-data (list )
  file-open (word "Usuario/" Nombre-Archivo)
  while [not file-at-end?][set csv-tree-data fput file-read csv-tree-data]
  file-close
  foreach csv-tree-data [
    create-trees 1 [
      setxy random-xcor random-ycor
      set diameter ?
      setup-tree-values
    ]
  ]
]
end

to setup-tree-values
  set basal-diameter calc-basal-diam diameter
  set basal-area calc-basal-area diameter
  set stand-volume calc-stand-volume diameter
  set sawn-volume calc-sawn-volume diameter
  set size 1 + diameter / 50
  set shape "tree"
  set color green - 3
  set age 1000
  set alive? true
  set seedling? false
  set reproduce? true
  set fall-gap? false
  set growth-rate 0
  set mort-prob 0
  set fruit-prob 0
  set num-fruit 0
  set seedlings 0
  set e10 random-normal 0 growth-sigma
  set e9 random-normal 0 growth-sigma
  set e8 random-normal 0 growth-sigma
  set e7 random-normal 0 growth-sigma
  set e6 random-normal 0 growth-sigma
  set e5 random-normal 0 growth-sigma
  set e4 random-normal 0 growth-sigma
  set e3 random-normal 0 growth-sigma
  set e2 random-normal 0 growth-sigma
  set e1 random-normal 0 growth-sigma
  set e0 calc-e0 e1 e2 e3 e4 e5 e6 e7 e8 e9 e10
]
end

;; A GIS envelope is the following (list): minimum-x, maximum-x,
;; minimum-y, maximum-y. Each of these items is padded with the
;; appropriate expansion factor and the new min's and max's become
;; the min's and max's for the new envelope.

;; This code reads the XY coordinates of each feature (tree) in the
;; user shapefile into the LOCATION list and creates a tree at this
;; location in the NetLogo world. Each tree receives a diameter fr
;; the attribute in the shapefile with the user-defined name.
;; SETUP-TREE-VALUES sets up the remaining tree values.

;; SETS UP TREES - USER NON-SPATIAL DIAMETER (TXT) POPULATION
;; This code opens a user-provided csv file containing non-spatial
;; diameter data and reads the diameters into a NetLogo list.

;; This code creates a tree with each diameter in the diameter list
;; The trees are given random coordinates (b/c no spatial data).
;; SETUP-TREE-VALUES sets up the remaining tree values.

;; SETS TREES VARIABLES
;; Basal diameter (cm) calculated from diameter.
;; Basal area (m2) calculated from diameter.
;; Standing volume (m3) calculated from diameter.
;; Sawn volume (m3) calculated from diameter.
;; Trees are sized based on diameter.
;; Trees are colored green.
;; Age of initial trees is unknown.
;; All initial trees are alive.
;; No initial trees are seedlings.
;; All initial trees are potentially reproductive.
;; No initial trees create fall gaps (still alive).
;; Growth rate initially 0 because it is set later.
;; Mortality rate initially 0 because it is set later.
;; Fruiting probability initially 0 because it is set later.
;; Number of fruit initially 0 because it is set later.
;; Seedlings initially 0 because it is set later.
;; Tenth-year residual is randomly selected.
;; Ninth-year residual is randomly selected.
;; Eighth-year residual is randomly selected.
;; Seventh-year residual is randomly selected.
;; Sixth-year residual is randomly selected.
;; Fifth-year residual is randomly selected.
;; Fourth-year residual is randomly selected.
;; Third-year residual is randomly selected.
;; Second-year residual is randomly selected.
;; First-year residual is randomly selected.
;; Present-year residual is calculated from e1-e10.

```

```

;; A tree must have a diameter > 41.93 cm to have a positive stand volume. A tree must have a diameter >44.93 cm to have a positive sawn volume.
;; A tree must have a basal diameter > 0.28 cm to have a positive stem diameter. A tree with a positive stem diameter has a positive basal diamet

;; Setup Batch Disturbance Parameters
;; =====
to setup-dist
  let prop-dist-reduce 0.8      ;; This determines the proportion of landscape disturbance to be done in batch.
  let mean-dist-area 110.385655 ;; This is the mean area (m2) of disturbances drawn from the disturbance gamma distribution.
  let true-area count patches / 100 ;; This is the area (ha) of the entire landscape (larger than the field site area).

  let batch-dist-reduce 0.93    ;; The number of disturbance patches must be reduced again for safety. Too many
  if true-area <= 1000 [set batch-dist-reduce 0.90] ;; disturbances in small sites can result in over disturbance; therefore, the extent of
  if true-area <= 750 [set batch-dist-reduce 0.85]  ;; the reduction depends on site size. Larger sites reduce the batch disturbance number
  if true-area <= 500 [set batch-dist-reduce 0.80] ;; less than smaller sites. The largest sites (>1000ha) reduce the batch disturbance
  if true-area <= 200 [set batch-dist-reduce 0.70] ;; number by only 7%, 93% of the original value.
  if true-area <= 50 [set batch-dist-reduce 0.50]

  set num-batch-dist (((true-area * 10000) * prop-land-dist * prop-dist-reduce) / mean-dist-area) * batch-dist-reduce
end

;; Setup Disturbance & Seedling Diameter Lists
;; =====
to setup-dist-list
  set disturbance-data (list )
  file-open "Datos/gap-data.csv"
  while [not file-at-end?][set disturbance-data fput file-read disturbance-data]
  file-close
end

to setup-seed-lists
  set seed-diam-data (list )
  file-open "Datos/seed-diam-data.csv"
  while [not file-at-end?][set seed-diam-data fput file-read seed-diam-data]
  file-close
end

set seed-growth-data (list )
file-open "Datos/seed-growth-data.csv"
while [not file-at-end?][set seed-growth-data fput file-read seed-growth-data]
file-close
end

;; Setup Monitors
;; =====
;; This code sets up the initial population variables (total/commercial density and commercial volume)
;; shown in the monitors on the model interface.

to setup-monitors
  set y0-tree-density count trees with [diameter >= small-diam] / site-area * 100
  set y0-comm-density count trees with [diameter >= diametro-mínimo] / site-area * 100
  set y0-comm-volume sum [stand-volume] of trees with [diameter >= diametro-mínimo]

clear-output
output-print "Oprima el botón '?' que se encuentra ubicado junto a cada"
output-print "sección para ver en este recuadro las descripciones de las"
output-print "funcionalidades de esa sección. Oprima 'Todas las Definiciones'"
output-print "para ver las descripciones de las funcionalidades de todas"
output-print "las secciones."
end

```

```

;; RUN MODEL
;; =====

;; Model Outline
;; =====

to run-model
  if ticks > Tiempo [stop]
  if count trees = 0 [stop]
  log-trees-init
  reset-trees
  grow-trees
  log-trees
  kill-trees
  disturb-trees
  reproduce-trees
  remove-trees
  remove-gaps
  tick
end

;; Grow Trees Outline
;; =====

to grow-trees
  ask trees [set age age + 1]
  update-residuals
  calculate-growth
  calculate-diameter
end

;; Grow Trees Details
;; =====

to update-residuals
  ask trees [
    set e10 e9
    set e9 e8
    set e8 e7
    set e7 e6
    set e6 e5
    set e5 e4
    set e4 e3
    set e3 e2
    set e2 e1
    set e1 e0
    set e0 calc-e0 e1 e2 e3 e4 e5 e6 e7 e8 e9 e10
  ]
end

to calculate-growth
  ask trees [
    set growth-rate (0.420426053 + (basal-diameter * 0.006911997) -
      (0.008807226 * max (list (0) (basal-diameter - 40)))) + e0)
    if growth-rate < 0 [set growth-rate 0]
  ]
end

to calculate-diameter
  ask trees [
    ;; MODEL PROCEDURE
    ;; The model stops running if the stop time is violated.
    ;; The model stops running if all the trees die.
    ;; This procedure logs trees in Year 0 if logging is turned on.
    ;; This procedure resets certain tree values before each run.
    ;; This procedure grows trees using growth autocorrelation.
    ;; This procedure logs trees according to user-defined parameters.
    ;; This procedure kills trees based on growth and diameter.
    ;; This procedure disturbs the landscape based on the disturbance parameters.
    ;; This procedure reproduces trees and disperses seeds on the landscape.
    ;; This procedure removes dead trees from the landscape.
    ;; This procedure removes disturbances from the landscape.
    ;; This advances the ticker one time step (one year).

    ;; GROWTH PROCEDURE
    ;; This procedure ages the trees one year.
    ;; This procedure updates the growth residuals.
    ;; This procedure calculates the new growth rate from the previous growth rate and residuals.
    ;; This procedure calculates the new diameter from the new growth rate.

    ;; UPDATES RESIDUALS
    ;; Each residual falls back one year.
    ;; The e0 residual is calculated from the other residuals.

    ;; CALCULATES GROWTH RATE
    ;; Growth rates (cm/yr) are calculated from basal diameter.
    ;; Growth rates must be greater than or equal to zero.

    ;; UPDATES DIAMETER, AREA, AND VOLUME
    ;; This code uses the helper functions to

```

```

set basal-diameter (growth-rate + basal-diameter)
set diameter calc-diam basal-diameter
set basal-area calc-basal-area diameter
set stand-volume calc-stand-volume diameter
set sawn-volume calc-sawn-volume diameter
set size 1 + diameter / 50
]
end

;; Log Trees
;; =====

to log-trees-init
  if Tala = true and ticks = 1 [harvest-trees]
end

to log-trees
  let harvest-year? false
  let num-harvests floor (tiempo / ciclo-de-tala)
  let harvest-years n-values num-harvests [(?1 + 1) * ciclo-de-tala + 1]
  if member? ticks harvest-years [set harvest-year? true]
  if Tala = true and harvest-year? = true [harvest-trees]
end

to harvest-trees
  set cur-logged-volume (list)
  let log-rate (1 - (indice-de-retención / 100))
  let comm-trees trees with [diameter >= diámetro-mínimo]
  let num-comm-trees (count comm-trees)
  let max-num-cut floor (log-rate * num-comm-trees)

  let current-density num-comm-trees / site-area * 100
  let post-max-cut-density ((num-comm-trees - max-num-cut) / site-area) * 100
  let density-differential (densidad-mínima - post-max-cut-density)
  let count-differential ((density-differential / 100) * site-area)
  let max-legal-cut min (list (max-num-cut) (floor (max-num-cut - count-differential)))

  if current-density > densidad-mínima [
    let comm-trees-sort (list)
    set comm-trees-sort sort comm-trees
    set comm-trees-sort sort-by [[diameter] of ?1 < [diameter] of ?2] comm-trees-sort
  ]

  let bin-size 15
  let strata-list (list)
  let num-strata ceiling (num-comm-trees / bin-size)

  foreach n-values num-strata [?] [
    let new-strata sublist comm-trees-sort (? * bin-size)
      (min (list (? * bin-size + bin-size) (length comm-trees-sort)))
    set new-strata shuffle new-strata
    set strata-list lput new-strata strata-list
  ]

  let log-rate-part (max-num-cut - count-differential) / num-comm-trees
  let log-rate-final min (list (log-rate) (log-rate-part))

  let log-tree-list (list)
  foreach strata-list [
    let num-remove (round (length ? * log-rate-final))
    let logged-trees (sublist ? 0 num-remove)
    set log-tree-list lput logged-trees log-tree-list
  ]

```

```

]
set log-tree-list reduce [sentence ?1 ?2] log-tree-list
if length log-tree-list > max-legal-cut [
let difference (length log-tree-list - max-legal-cut)
repeat difference [set log-tree-list remove-item (random length log-tree-list) log-tree-list]
]

if length log-tree-list < max-legal-cut [
let difference (max-legal-cut - length log-tree-list)
repeat difference [set log-tree-list lput (one-of comm-trees with [member? self log-tree-list = false]) (log-tree-list)]
]

let comm-trees-alive comm-trees with [alive? = true]
set pre-post-cut-number lput count comm-trees-alive pre-post-cut-number
set pre-post-cut-volume lput (precision (sum [stand-volume] of comm-trees-alive) 1) pre-post-cut-volume

ask turtle-set log-tree-list [
set alive? false
set fall-gap? true
set tot-logged-volume fput (precision stand-volume 1) tot-logged-volume
set cur-logged-volume fput (precision stand-volume 1) cur-logged-volume
if random-float 1 < prob-die-no-repro [set reproduce? false]
]

set annual-harvest-number lput length cur-logged-volume annual-harvest-number
set annual-harvest-volume lput (precision sum cur-logged-volume 1) annual-harvest-volume

set comm-trees-alive comm-trees with [alive? = true]
set pre-post-cut-number lput count comm-trees-alive pre-post-cut-number
set pre-post-cut-volume lput (precision (sum [stand-volume] of comm-trees-alive) 1) pre-post-cut-volume

]
end

;; Kill Trees
;; =====
to kill-trees
ask trees with [alive? = true] [
let kill-odds (-0.083 - (4.177 * growth-rate) + (3.705 * max (list (0) (growth-rate - 0.4)))) + (2.57 * max (list (0) (growth-rate - 1.5)))
- (0.5753 * basal-diameter) + (0.5544 * max (list (0) (basal-diameter - 5))) + (0.0270 * max (list (0) (basal-diameter - 25))) +
(0.00077 * max (list (0) (basal-diameter - 85))))

set mort-prob ((exp kill-odds) / (1 + (exp kill-odds)))
if random-float 1 < mort-prob [
set alive? false
if random-float 1 < prob-die-standing [set fall-gap? true]
if random-float 1 < prob-die-no-repro [set reproduce? false]
]
]
end

;; Disturb Trees
;; =====
to disturb-trees
batch-disturb ;; DISTURBANCE PROCEDURE
final-disturb ;; Places initial batch of disturbances on landscape (all disturbances at once).
crt-fall-gaps ;; Places disturbances on landscape one at a time until disturbance proportion is satisfied.
large-disturb ;; Builds gaps around dead trees that fall (logged trees and 50% naturally dead trees)
;; Places a large disturbance on landscape if the large disturbance function is turned on.
end

```

```

to batch-disturb
ask n-of num-batch-dist patches [
let alpha 0.6127423153
let lambda 0.0055509234
let dist-area random-gamma alpha lambda
let dist-radius (sqrt (dist-area / pi))
let sweet-radius (dist-radius - no-recruit-dist)
ask patches in-radius (dist-radius / 10) with [disturbance? = false] [set disturbanc? true set pcolor red]
if sweet-radius > 0 [ask patches in-radius (sweet-radius / 10) with [sweet-spot? = false] [set sweet-spot? true set pcolor red - 2]]
]

let dist-patch-goal prop-land-dist * count patches
let dist-patch-true count patches with [disturbance?]
if dist-patch-true > dist-patch-goal [
let prop-dist precision (dist-patch-true / count patches) 4
let perc-diff precision ((dist-patch-true / dist-patch-goal - 1) * 100) 1
print (word "In Year " ticks ", " prop-dist " of the landscape was disturbed, which exceeds the target proportion by " perc-diff "%.")
]
end

to final-disturb
let dist-patch-now count patches with [disturbance?]
while [dist-patch-now < (prop-land-dist * count patches)] [
ask one-of patches [
let alpha 0.6127423153
let lambda 0.0055509234
let dist-area random-gamma alpha lambda
let dist-radius (sqrt (dist-area / pi))
let sweet-radius (dist-radius - no-recruit-dist)
ask patches in-radius (dist-radius / 10) with [disturbance? = false] [set disturbanc? true set pcolor red]
if sweet-radius > 0 [ask patches in-radius (sweet-radius / 10) with [sweet-spot? = false] [set sweet-spot? true set pcolor red - 2]]
set dist-patch-now count patches with [disturbance?]
]
]
end

to crt-fall-gaps
ask trees with [fall-gap? = true] [
let kill-dist-area (-25.171 + (1.398 * diameter) + (0.02 * diameter ^ 2))
if kill-dist-area < 0 [set kill-dist-area 0]
let kill-dist-radius (sqrt (kill-dist-area / pi))
let kill-sweet-radius (kill-dist-radius - no-recruit-dist)
if kill-sweet-radius < 0 [set kill-sweet-radius 0]

ask patches in-radius (kill-dist-radius / 10) with [disturbance? = false] [set disturbanc? true set pcolor red]
ask patches in-radius (kill-sweet-radius / 10) with [sweet-spot? = false] [set sweet-spot? true set pcolor red - 2]
]
end

to large-disturb
if large-dist? = true [
if random-float 1 < large-dist-prob [
ask one-of patches [
let large-dist-radius (sqrt ((large-dist-area * 10000) / pi))
let large-sweet-radius (large-dist-radius - no-recruit-dist)
ask patches in-radius (large-dist-radius / 10) with [disturbance? = false] [set disturbanc? true set pcolor red]
ask patches in-radius (large-sweet-radius / 10) with [sweet-spot? = false] [set sweet-spot? true set pcolor red - 2]
]
]
]
]
end

;; BATCH DISTURBANCE PROCEDURE
;; This procedure draws the batch disturbances from a gamma
;; distribution and builds the disturbances on the landscape,
;; all at once. The number of disturbances drawn, determined
;; above, is a function of the site area. Disturbances are
;; built in a random locations and the sweetspot is built inside.

;; FINAL DISTURBANCE PROCEDURE
;; This procedure adds new disturbances, each drawn from a gamma
;; distribution, one at a time, until 2.6% (PROP-LAND-DIST) of the
;; landscape is disturbed. Disturbances are created in a random
;; location and the sweetspot is built inside.

;; CREATE FALL GAP PROCEDURE
;; The tree fall gap area is calculated from diameter. The radius
;; of the sweetspot, which determines sweetspot area, is calculated
;; from the radius of the fall gap. The gaps are constructed on the
;; landscape by marking the patches within the gap radius as
;; disturbance and patches within the sweetspot radius as sweetspot

```

```

]
end

;; A tree must have a diameter of 14.85 cm to create a fall gap.
;; A disturbance must be larger than 314.16 m2 to form a sweetspot (dist-radius > 10m , sweet-radius > 0m).
;; A tree must have a diameter of 99.91 cm to create a fall gap large enough (>314.16 m2) to have a sweetspot.
;; A 4 ha large-scale disturbance (default) affects ~2% study area with ~1.6%, or 3.32 ha, in sweetspot (assuming 204ha site).

;; Reproduce Trees Outline
;; =====

to reproduce-trees
  calc-fruit-prob
  disperse-seeds
end

;; REPRODUCTION PROCEDURE
;; This procedure calculates fruiting probability and determines whether a tree fruits.
;; This procedure determines the number of fruit/seedlings produced by a tree and disperses these seedlings.

;; Reproduce Trees Details
;; =====

to calc-fruit-prob
  ask trees with [reproduce? = true][
    let fruit-odds (-9.6235667 + (basal-diameter * 0.20970894) -
      ((0.18153055) * max (list (0) (basal-diameter - 40)))) +
      (3.2009219 * growth-rate) - ((1.1653679) * growth-rate ^ 2))
    set fruit-prob (exp(fruit-odds) / (1 + exp(fruit-odds)))
    if random-float 1 < fruit-prob [calc-num-fruit]
  ]
end

to calc-num-fruit
  let mean-fruit e ^ (0.29582976 + (0.024534028 * basal-diameter) +
    (0.00033071249 * basal-diameter ^ 2) - (1.7436957 * 10 ^ -6 * basal-diameter ^ 3))

  let alpha 1.141525
  let lambda (alpha / mean-fruit)
  set num-fruit random-gamma alpha lambda
  if num-fruit > max-num-fruit [set num-fruit max-num-fruit]
  let num-seeds num-fruit * seeds-per-fruit
  set seedlings floor (num-seeds * establishment-rate)
end

to disperse-seeds
  let seed-radius sqrt (seed-shadow-area * 10000 / pi) / 10
  ask trees with [seedlings > 0][
    hatch seedlings [
      set heading random 360
      let dispersal-distance seed-radius * sqrt(random-float 1)
      forward dispersal-distance
      ifelse [sweetspot?] of patch-here = true [
        set basal-diameter one-of seed-diam-data
        set diameter calc-diam basal-diameter
        set basal-area calc-basal-area diameter
        set stand-volume calc-stand-volume diameter
        set sawn-volume calc-sawn-volume diameter
        set size 1 + diameter / 50
        set shape "tree"
        set color green - 3
        set age 1
        set alive? true
        set seedling? true
        set fall-gap? false
      ]
    ]
  ]
end

;; CALCULATES PROBABILITY OF FRUITING
;; This procedure is only performed by reproductive trees.
;; The probability of fruiting is calculated from the logit
;; transformation of "fruit-odds" (log-odds). The CALC-NUM-FRUIT
;; function is called for trees that produce fruit.

;; CALCULATES NUMBER OF FRUIT
;; This function calculates the number of fruit from a gamma distribution
;; parameterized by alpha and lambda values. The number of fruit is multiplied
;; by the seeds per fruit constant to determine the number of seeds produced.
;; This number is reduced by the seed-seedling survival probability to determine
;; the total number of surviving seedlings.

;; DISPERSES SEEDLINGS
;; This function disperses seedlings uniformly in the seed shadow
;; of the parent tree. It disperses seeds by selecting a random
;; direction from the uniform distribution from 0 to 360 degrees
;; and a random distance using the standard method for uniformly
;; picking a random point within a circle. Successful recruitment
;; requires sweetspot; only seedlings landing in sweetspot survive.

;; Basal diameter (cm) is drawn from the seedling diameter list.
;; Diameter (cm) is calculated from the basal diameter.
;; Basal area (m2) is calculated from diameter.
;; Standing volume (m3) is calculated from diameter.
;; Sawn volume (m3) is calculated from diameter.
;; Trees are sized based on diameter.
;; Trees are shaped as "trees".
;; Trees are colored green.
;; All seedlings are 0 years old.
;; All seedlings are alive.
;; All seedlings are seedlings.
;; No initial trees create fall gaps (still alive).

```

```

set reproduce? false
set growth-rate one-of seed-growth-data
set mort-prob 0
set fruit-prob 0
set num-fruit 0
set seedlings 0
set e10 growth-rate - mean seed-growth-data
set e9 0
set e8 0
set e7 0
set e6 0
set e5 0
set e4 0
set e3 0
set e2 0
set e1 0
set e0 calc-e0 e1 e2 e3 e4 e5 e6 e7 e8 e9 e10
][
  die
]
]
end

;; Remove Trees and Disturbances
;; =====

to remove-trees
  ask trees with [alive? = false][die]
end

to remove-gaps
  ask patches with [disturbance?][set disturbance? false set pcolor green]
  ask patches with [sweetspot?][set sweetspot? false set pcolor green]
end

to reset-trees
  ask trees [
    set seedling? false
    set fall-gap? false
    set reproduce? true
    set fruit-prob 0
    set num-fruit 0
    set seedlings 0
  ]
end

;; EXPORT RESULTS
;; =====

to export-results
  user-message "Favor de incluir la extensión '.txt' en el nombre del archivo de datos."
  file-open user-new-file

;; MODEL PARAMETERS / GENERAL STATISTICS
;; =====

let log-text "" let pop-text ""
ifelse Tala [set log-text "ACTIVA"][set log-text "INACTIVA"]
ifelse member? "User" Poblaciones [set pop-text Nombre-Archivo][set pop-text Poblaciones]

```

```

;; No seedlings are reproductive.
;; Growth rate (cm/yr) is drawn from the seedling growth rate list.
;; Mortality rate initially 0 because it is set later.
;; Fruiting probability initially 0 because it is set later.
;; Number of fruit initially 0 because it is set later.
;; Surviving seeds initially 0 because it is set later.
;; Tenth-year residual is randomly selected.
;; Ninth-year residual is zero.
;; Eighth-year residual is zero.
;; Seventh-year residual is zero.
;; Sixth-year residual is zero.
;; Fifth-year residual is zero.
;; Fourth-year residual is zero.
;; Third-year residual is zero.
;; Second-year residual is zero.
;; First-year residual is zero.
;; Present-year residual is calculated from e1-e10.

```

```

;; REMOVE DEAD TREES
;; Dead trees are removed from the population.

```

```

;; REMOVE DISTURBANCES
;; Disturbances are removed from the landscape annually.
;; Neither disturbances nor sweetspot last more than a year.

```

```

;; TREE VARIABLES RESET
;; These variables are reset at the end of each time step in preparation for the next time step.
;; These values are not recalculated every year so retaining them through a non-reproductive
;; would inflate population outcomes. The recalculation of these values in other years is independent
;; of the values in previous years so it's okay to annually reset them.

```

```

to export-results
  user-message "Favor de incluir la extensión '.txt' en el nombre del archivo de datos."
  file-open user-new-file

```

```

;; MODEL PARAMETERS / GENERAL STATISTICS
;; =====

```

```

let log-text "" let pop-text ""
ifelse Tala [set log-text "ACTIVA"][set log-text "INACTIVA"]
ifelse member? "User" Poblaciones [set pop-text Nombre-Archivo][set pop-text Poblaciones]

```



```

file-print "RESULTADOS DE SIMULACION"
file-print (word ("Nombre del Area: ") (pop-text) ("; Tamano del Area: ") (precision (site-area) 1) (" ha"))
file-print (word ("Tala: ") (log-text) ("; Numero de Ciclos de Tala: ") (floor (ticks / ciclo-de-tala) + 1) (" ciclos"))
file-print (word ("Limite de Tiempo: ") (Tiempo) ("; Tiempo Alcanzado: ") (ticks) (" anos"))
file-print ""

;; GENERAL INFORMATION
;; =====

file-print (word "El siguiente resumen presenta los resultados de una sola simulacion. Para validar estos resultados, "
"se deben realizar mas simulaciones. Para hacer esto, puede optar por simulaciones individuales (i.e. repetir la "
"misma simulacion) o llevar a cabo un experimento utilizando 'BehaviorSpace'. Favor de referirse al Manual del "
"Usuario para mas informacion.")
file-print ""

file-print (word ("* Las estadisticas de 'Densidad/Abundancia Total' aplican a aquellos arboles con un diametro mayor de ") (small-diam)
(" cm. Las estadisticas de 'Densidad/Abundancia Comercial' aplican a aquellos arboles con un diametro mayor al comercial de ") (diametro-mir)
file-print ""

;; LOGGING PARAMETERS
;; =====

ifelse Tala = true [
  file-print "PARAMETROS DE TALA"
  file-print (word ("Diametro Minimo: ") (diametro-minimo) (" cm"))
  file-print (word ("Indice de Retencion: ") (indice-de-retencion) ("% arboles comerciales"))
  file-print (word ("Densidad Minima: ") (densidad-minima) (" arboles comerciales / 100 ha"))
  file-print (word ("Ciclo de Tala: ") (ciclo-de-tala) (" anos"))
  file-print ""
]

file-print "LA FUNCION DE 'TALA' NO SE ENCONTRABA ACTIVA. NINGUN ARBOL FUE TALADO DURANTE ESTA SIMULACION."
file-print ""

;; POPULATION STATISTICS
;; =====

file-print "ESTADISTICAS DEL AÑO 0"
file-print (word ("Abundancia Total: ") (floor (y0-tree-density * site-area / 100)) (" arboles"))
file-print (word ("Densidad Total: ") (precision y0-tree-density 1) (" arboles / 100 ha"))
file-print (word ("Abundancia Comercial: ") (floor (y0-comm-density * site-area / 100)) (" arboles"))
file-print (word ("Densidad Comercial: ") (precision y0-comm-density 1) (" arboles / 100 ha"))
file-print (word ("Volumen Comercial: ") (precision y0-comm-volume 1) (" m3"))
file-print ""

file-print (word ("ESTADISTICAS DEL AÑO ") (ticks))
file-print (word ("Abundancia Total: ") (count trees with [diameter >= small-diam]) (" arboles"))
file-print (word ("Densidad Total: ") (precision (count trees with [diameter >= small-diam] / site-area * 100) 1) (" arboles / 100 ha"))
file-print (word ("Abundancia Comercial: ") (count trees with [diameter >= diametro-minimo]) (" arboles"))
file-print (word ("Densidad Comercial: ") (precision (count trees with [diameter >= diametro-minimo] / site-area * 100) 1) (" arboles / 100 ha"))
file-print (word ("Volumen Comercial: ") (precision (sum [stand-volume] of trees with [diameter >= diametro-minimo]) 1) (" m3"))
file-print ""

;; HARVEST STATISTICS
;; =====

if Tala = true [
  file-print "ESTADISTICAS DE COSECHA"
  file-print (word ("Numero de Cosechas: ") (floor (ticks / ciclo-de-tala) + 1) (" ciclos"))
  file-print (word ("Numero de Arboles Talados: ") (precision length tot-logged-volume 1) (" arboles"))
  file-print (word ("Volumen de Arboles Talados: ") (precision sum tot-logged-volume 1) (" m3"))
]

```

```

file-print ""
]

if Tala = true and ticks > 1 [
let cycle n-values length annual-harvest-number [? + 1]
(foreach cycle annual-harvest-number annual-harvest-volume [
file-type (word "Cosecha " ?1 " (Año " ((?1 - 1) * ciclo-de-tala + 1) ")")
file-type (word " " ?2 " arboles")
file-print (word "; " ?3 " m3")
])
file-print ""
]

;; PRE/POST HARVEST ABUNDANCE & VOLUME
;; =====

if Tala = true and ticks > 1 [
file-print "ABUNDANCIA Y VOLUMEN ANTES/DESPUES DE LA COSECHA"

let harvest-cycle n-values (length pre-post-cut-number / 2) [? + 1]
let pre-cut-number n-values (length pre-post-cut-number / 2) [item (? * 2) pre-post-cut-number]
let post-cut-number n-values (length pre-post-cut-number / 2) [item (? * 2 + 1) pre-post-cut-number]
let pre-cut-volume n-values (length pre-post-cut-volume / 2) [item (? * 2) pre-post-cut-volume]
let post-cut-volume n-values (length pre-post-cut-volume / 2) [item (? * 2 + 1) pre-post-cut-volume]

(foreach harvest-cycle pre-cut-number post-cut-number pre-cut-volume post-cut-volume [
file-print (word "Cosecha " ?1 " (Antes de la Cosecha): " ?2 " arboles; " ?4 " m3")
file-print (word "Cosecha " ?1 " (Despues de la Cosecha): " ?3 " arboles; " ?5 " m3")
file-print ""
])

file-print (word ("* Estas estadisticas reflejan la poblacion comercial en pie antes/despues de la cosecha, utilizando ")
("los parametros de tala establecidos arriba."))
file-print ""
]

;; END YEAR SIZE DISTRIBUTION
;; =====

file-print (word ("DISTRIBUCION DE TAMANO (AÑO ") (ticks) (""))
let min-bin 20
let bin-size 10
let max-diam max [diameter] of trees
let max-bin ceiling (max-diam / bin-size) * bin-size
let diam-bins n-values ((max-bin - min-bin) / bin-size + 1) [min-bin + bin-size * ?]
foreach diam-bins [
file-print (word (? " - ") (? + bin-size) (" m3:
(count trees with [diameter >= ? and diameter < (? + bin-size)]) (" arboles"))
)
file-close
end

;; END PROGRAM
;; =====

```