



**Universidad Autónoma de Baja California**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**



**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN**  
**MANEJO DE ECOSISTEMAS DE ZONAS ÁRIDAS**

**MODELO BASADO EN AGENTES PARA LA CONSERVACIÓN: CASO**  
*Yucca schidigera*

**TESIS QUE PRESENTA**  
**MARCO POLO MARTÍNEZ MAYORQUIN**

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE**  
**MAESTRO EN CIENCIAS**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. RICARDO EATON GONZALEZ**

**Ensenada Baja California**

**Junio de 2019**

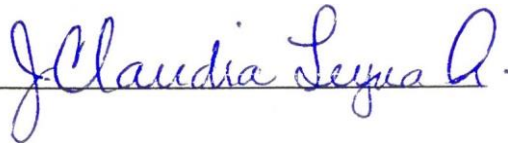
## FORMATO DE APROBACIÓN

Los miembros del Comité de Tesis designado para revisar la Tesis de Marco Polo Martínez Mayorquin la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito para obtener el Título de Maestro en Ciencias.



---

Dr. Bernardino Ricardo Eaton González  
Director



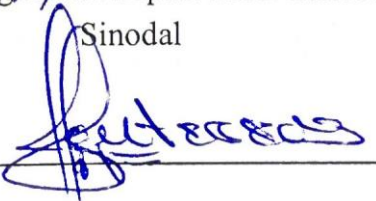
---

Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera  
Co director



---

Dr. Jorge Isaac Sepúlveda Betancourt  
Sinodal



---

Dr. Joaquín Contreras Gil  
Sinodal

# Índice General

<b>FORMATO DE APROBACIÓN .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Índice de tablas .....	1
1 Introducción.....	2
2 Marco conceptual .....	4
<b>2.1 Teoría general de sistemas.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Dinámica de sistemas .....</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Modelos basados en agentes .....</b>	<b>6</b>
<b>2.4 NETLOGO.....</b>	<b>9</b>
3 Antecedentes.....	10
<b>3.1 Modelación basada en agentes para un aprovechamiento sostenible.....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Modelos basados en agentes en el manejo de recursos .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 <i>Yucca schidigera</i>: Biología, Distribución, Ecología y aprovechamiento.....</b>	<b>13</b>
4 Justificación .....	17
5 Hipótesis .....	17
6 Objetivos.....	18
<b>6.1 Objetivo general .....</b>	<b>18</b>
<b>6.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>18</b>
<b>6.3 Preguntas de investigación .....</b>	<b>18</b>
7 Metodología.....	19
<b>7.1 Elaboración del modelo conceptual y cuantitativo.....</b>	<b>20</b>
<b>7.2 Construcción del modelo computacional .....</b>	<b>21</b>
<b>7.3 Escenarios iniciales y simulación del modelo.....</b>	<b>23</b>
8 Resultados.....	24
<b>8.1 Modelo conceptual y cuantitativo .....</b>	<b>24</b>
<b>8.2 Uso, funcionamiento y simulación del modelo en Netlogo.....</b>	<b>28</b>
<b>8.3 Resultados de la simulación del modelo .....</b>	<b>31</b>
<b>8.3.1 Escenarios iniciales.....</b>	<b>31</b>
<b>8.3.2 Escenarios después de tres ciclos de corta.....</b>	<b>34</b>

<b>8.3.3</b>	<b>Comparación de los escenarios iniciales con los escenarios finales</b>	<b>38</b>
<b>9</b>	<b>Discusión</b>	<b>40</b>
<b>9.1</b>	<b>Simulación del modelo</b>	<b>40</b>
<b>9.2</b>	<b>Construcción de escenarios</b>	<b>42</b>
<b>9.2.1</b>	<b>Cultivos comerciales</b>	<b>44</b>
<b>9.3</b>	<b>Ventajas del uso del software y su construcción con base en la MoBA</b>	<b>45</b>
<b>9.4</b>	<b>Consideraciones del modelo</b>	<b>46</b>
<b>9.4.1</b>	<b>El concepto de ecotipo</b>	<b>46</b>
<b>9.4.2</b>	<b>El concepto de hectárea tipo</b>	<b>48</b>
<b>9.4.3</b>	<b>Crecimiento y definición de los individuos aprovechables</b>	<b>48</b>
<b>9.4.4</b>	<b>Aparición de nuevas colonias y reproducción sexual</b>	<b>49</b>
<b>10</b>	<b>Recomendaciones de manejo</b>	<b>50</b>
<b>11</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>51</b>
<b>12</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>53</b>
<b>13</b>	<b>Anexos</b>	<b>57</b>
<b>13.1</b>	<b>Anexo 1</b>	<b>57</b>
<b>13.2</b>	<b>Anexo 2</b>	<b>58</b>
<b>13.3</b>	<b>Anexo 3</b>	<b>59</b>
<b>13.4</b>	<b>Anexo 4</b>	<b>60</b>
<b>13.5</b>	<b>Anexo 5</b>	<b>60</b>
<b>13.6</b>	<b>Anexo 6</b>	<b>65</b>

## Índice de figuras

Figura 1. Distinciones metodológicas de distintos estudios realizados con MoBA en el manejo de ecosistemas. Tomado de Hare y Deadman, 2004. ....	8
Figura 2. Aprovechamiento de <i>Yucca schidigera</i> en Baja California. Fuente SEMARNAT, 2000. ....	13
Figura 3. Esquema de <i>Y. schidigera</i> y sus características morfológicas. Tomado de Carranza (1997). ....	15
Figura 4. Diagrama metodológico del trabajo .....	19
Figura 5. Interfaz de programa Netlogo y sus respectivos elementos .....	21
Figura 6. Modelo que muestra donde se encuentran los botones "setup" y "go" (rojo), el contador de tiempo dentro del programa "ticks" (amarillo) y el componente "seleccionador" para definir el ecotipo. ....	28
Figura 7. Componentes de la pestaña ejecutar del modelo. Deslizadores (rojo), gráficos (verde) y monitores (amarillo). ....	30
Figura 8. Número de individuos por categoría (estructura vertical) inicial para cada uno de los ecotipos. ....	32
Figura 9. Biomasa total y biomasa aprovechable inicial para cada ecotipo con respecto a los escenarios iniciales. ....	33
Figura 10. Estructura vertical para cada uno de los escenarios. Para cada escenario se tiene el número de individuos correspondiente a cada categoría para cada ecotipo. ....	36
Figura 11. Representación gráfica de la biomasa total y la biomasa aprovechable para cada uno de los ecotipos después de tres ciclos de corta, la figura a) corresponde a la biomasa total de los escenarios deterministas, la figura b) corresponde a la biomasa aprovechable de los escenarios deterministas, la figura c) corresponde a la biomasa total de los escenarios con algún componente estocástico y la figura d) corresponde a la biomasa aprovechable de los escenarios con algún componente estocástico. ....	37
Figura 12. Representaciones gráficas de las diferencias entre la biomasa aprovechable y la biomasa total entre los valores de los escenarios iniciales y los escenarios finales. En la esquina superior izquierda se presenta esta diferencia en cuanto a la biomasa total y en la gráfica de la esquina superior derecha se presenta la diferencia en la biomasa aprovechable de los escenarios deterministas. En la esquina inferior izquierda se presenta la diferencia de la biomasa total y en la esquina inferior derecha la diferencia de la biomasa aprovechable. ....	39

## Índice de tablas

Tabla 1. Ecuaciones para determinar la biomasa según condiciones ambientales específicas denominados ecotipo. Tomado de Castellón <i>et al.</i> 2002).....	16
Tabla 2. Relación de variables que define cada uno de los escenarios simulados para cada ecotipo. ....	24
Tabla 3. Variables relacionadas al aprovechamiento de <i>Yucca schidigera</i> separas por tipo de variable, biológica, ecológica y humana.....	24
Tabla 4. Variables biológicas, ecológicas y humanas que definen el modelo conceptual. ..	25

# 1 Introducción

El manejo de ecosistemas en lo que respecta a la explotación sustentable de los recursos, es un gran reto. Lo anterior se debe por un lado del crecimiento poblacional y urbano, y, por otro lado, al desconocimiento de las dinámicas alrededor de los recursos. La combinación de lo anterior trae como consecuencia un aumento en la demanda de los recursos, en muchos casos cada vez más escasos, así como un aprovechamiento inadecuado de los mismos. Para poder hacer frente al gran reto los manejadores han hecho uso de distintas ideas, disciplinas y herramientas, una de ellas es el enfoque sistémico lo cual ha brindado herramientas conceptuales y metodológicas al problema de entender, estudiar, conservar y utilizar la naturaleza (Maass, 2003).

El manejo de recursos es algo que se hace con el propósito de mantener la funcionalidad entre los recursos naturales y los humanos satisfaciendo así las necesidades de las generaciones actuales y futuras. Sin embargo, la gran presión antropogénica exige soluciones a los problemas ambientales generalmente sin entender las dinámicas temporales y espaciales dejando de lado el enfoque sistémico de los ecosistemas y de los recursos (Maass, 2003) resultando en el fracaso de programas gubernamentales dirigidos al manejo desperdiciando recursos humanos y económicos (Lozada, 2007).

Una alternativa para abordar los problemas del manejo de recursos y disminuir los costos de tiempo y recursos de la experimentación llevándolos del campo al laboratorio la han dado los sistemas de cómputo. Con las computadoras es posible simular, a través de modelos, las variables involucradas alrededor de un sistema, así como el rol que tienen dentro del sistema.

Para ello, cuando hablamos de manejo de recursos y ecosistemas, es necesario considerar en los modelos un diseño adaptativo el cual permita poner a prueba hipótesis teniendo como premisas el contemplar una visión holística del sistema, la incorporación de todas las

visiones e intereses del recurso o ecosistema explotado, incorporar en forma explícita la incerteza proveniente de la investigación científica y que sirva para generar modelos de simulación con los cuales se pueda poner a prueba los conceptos e hipótesis (Marín y Delgado, 1997).

Aunque existen distintos tipos de modelos computacionales, los modelos basados en agentes (MoBA) en particular, son de gran utilidad cuando se tiene el propósito de estudiar fenómenos y/o sistemas complejos. Los problemas en el manejo de recursos son usualmente fenómenos complejos donde interactúan distintos elementos y actores siendo por su misma naturaleza fenómenos que necesitan analizarse desde un enfoque socio-ecológico. Los MoBA han sido utilizados para abordar tales problemáticas por su capacidad de representar el comportamiento de los agentes de una manera tanto simple como compleja el comportamiento y/o los procesos cognitivos de los actores que están involucrados alrededor del aprovechamiento de un recurso (Robinson *et al.* 2007).

NETLOGO es un programa para la elaboración y simulación de MoBA. Aunque hay una gran cantidad de software incluso plataformas en línea para hacerlo, NETLOGO es una herramienta adecuada si se quiere hacer manejo por distintas razones. La primera de ellas es que es un programa diseñado para simular fenómenos naturales y sociales Wilensky (1999) lo cual encaja perfecto en el tipo de sistemas abordados en el manejo de recursos, la segunda de ellas es que permite llevar a cabo MoBAs los cuales le confieren las características mencionadas en el párrafo anterior y por último es una herramienta al alcance de todos debido a que es de licencia libre y a que es un programa relativamente fácil de utilizar y entender (Abar *et al.* 2017).

Para este trabajo se elaboró un modelo basado en agentes como una propuesta metodológica para evaluar la sustentabilidad en el aprovechamiento de un recurso, en este caso, en el aprovechamiento de la planta *Yucca schidigera*. El aprovechamiento de esta planta se encuentra inmerso en una dinámica en donde están interactuando distintas características, sociales, ambientales y económicas lo cual lo hace un sistema complejo. En la actualidad las especificaciones para su aprovechamiento se encuentran dentro de la NOM-005-1997 la cual especifica que se pueden aprovechar el 50 % de las plantas maduras y establece un corte cada 15 años. Sin embargo, estas características no están sustentadas

con base en las características de la especie y adolece de otros elementos considerados como primordiales en la literatura referente al tema. Por todo lo anterior para este trabajo se elaboró un modelo basado en agentes como una propuesta metodológica para evaluar la sustentabilidad en el aprovechamiento de un recurso, en este caso, en el aprovechamiento de *Yucca schidigera*.

## **2 Marco conceptual**

### **2.1 Teoría general de sistemas**

El concepto de sistemas es utilizado en todos los campos de la ciencia y no solo se limita al ámbito científico, sino que también en el acontecer diario de las personas ajenas a la ciencia (ej. sistema de apartado, sistema de sonido, sistema de cómputo). Definiéndolo de una forma simple tomando como base dos de las definiciones de la Real Academia Española este concepto se refiere a un conjunto cosas relacionadas entre sí ordenadamente sobre una materia o un concepto.

La tendencia general de la ciencia es la especialización y la atomización de las partes de un todo, es decir, estudiarlo en un orden inferior (ej. átomos, células, individuo) para poder entenderlo y explicarlo a manera de un sistema cerrado. Para atacar esta tendencia y unificar la ciencia Ludwig von Bertalanffy propone una teoría en un orden superior a las disciplinas que llamó teoría general de sistemas. Esta teoría busca la “formulación de principios válidos para sistemas en general, sea cual fuere la naturaleza de sus elementos, componentes y las relaciones o fuerzas reinantes entre ellas” en todos los campos de la investigación en cualquier nivel (Bertalanffy, 1976).

La teoría general de los sistemas fue un cambio de paradigma en la ciencia y esta concepción se adoptó tanto por las ciencias naturales como por las ciencias sociales. Con ello se abre la puerta para encontrar isomorfismos en distintas disciplinas, es decir, encontrar paralelismos cognoscitivos generales en distintos campos (Bertalanffy, 1976). Un ejemplo de ello son las ecuaciones de Lotka-Volterra que han servido para explicar

fenómenos en distintas ramas de la ciencia como lo es la competencia biológica explicado principalmente en relaciones predador-presa, en la teoría económica en estudios de la distribución de riqueza individual en distintos países y en el manejo de ecosistemas al estudiar los patrones de sobre explotación en pesquerías, entre otros (Bertalanffy, 1976; Malcai *et al.* 2002; Perissi *et al.* 2017).

Una de las grandes ventajas de tener un enfoque desde la perspectiva de teoría de sistemas es que da pie a que se puedan estudiar sistemas complejos. Para ello se han utilizado una gran variedad de metodologías, la modelación basada en agentes y la dinámica de sistemas son dos de ellas. Estas dos técnicas, si bien, son dos metodologías distintas, no son excluyentes puesto que parten desde los mismos cuestionamientos como lo son, ¿cuál es el objetivo del modelo?, ¿Cuáles son los elementos que deben considerarse en el modelo para abordar el objetivo planteado? ¿Cómo se relacionan los elementos considerados?, además de ser posible representar comportamientos globales mediante las interacciones de sus elementos.

## **2.2 Dinámica de sistemas**

Como se mencionó anteriormente la dinámica de sistemas es una técnica empleada para el estudio de los sistemas complejos. Esta técnica se utiliza cuando se tiene el propósito de estudiar variables observables de sistemas complejos e identificar las relaciones de causalidad que existen entre ellas (Izquierdo *et al.* 2008). Al ser sistemas complejos sería un gran reto poder hacer relaciones causales en el caso de la dinámica de sistemas una vez identificadas las relaciones causales desde una perspectiva no lineal sino como un conjunto de bucles de retroalimentación es más fácil identificar el origen de comportamientos globales.

Para realizar un modelo desde la visión de la dinámica de sistemas Grant *et. al.* (2001) menciona cuatro pasos en su libro. El primero de ellos es la elaboración del modelo el conceptual el cual se realiza con base en el objetivo planteado y es en donde se determinan los elementos contenidos en el modelo, el segundo el desarrollo del modelo cuantitativo en donde se intenta traducir el modelo conceptual a una serie de ecuaciones matemáticas el tercero la evaluación del modelo etapa en la cual se determina si el modelo es apropiado o

no para cumplir los objetivos y por último el uso del modelo es cuando el modelo responde las preguntas planteadas al inicio de la investigación.

### **2.3 Modelos basados en agentes**

Para entender que es la modelación basada en agentes se tiene que entender primeramente qué es un modelo. Un modelo es una propuesta simplificada de una explicación o representación de un problema complejo (Grant *et al.* 2001). En las ciencias de la computación los modelos están elaborados con algoritmos matemáticos los cuales se utilizan para estudiar, analizar y entender relación entre las distintas variables que componen las operaciones. Existen distintos tipos de modelos computacionales, los modelos basados en agentes (MoBA) son uno de ellos; aunque también se les puede encontrar con otros nombres (Hare y Deadman, 2004).

Los MoBA son una técnica y un tipo de modelo computacional que permite la simulación de acciones e interacciones de individuos autónomos dentro en un ambiente de modelación, y que permite explorar las propiedades emergentes que las interacciones de los agentes producen en el conjunto del sistema (Janssen y Ostrom, 2006; Rodríguez y Roggero, 2015). En los MoBA, aunque no hay una regla en la manera en la cual se construyen, o una convención en cuanto a los tipos de fenómenos que se pueden estudiar e incluso, una nomenclatura definida, todos los modelos poseen tres aspectos básicos. Por un lado, los insumos que se ocupan para construir este tipo de modelos son los agentes, denotándose su importancia en el nombre de este tipo de modelos, y el ambiente de modelación (Eaton, 2016); por otro lado, están las propiedades emergentes, las cuales son las que surgirán a partir de las interacciones de los agentes con los agentes y de los agentes y el ambiente (Parker *et al.* 2003).

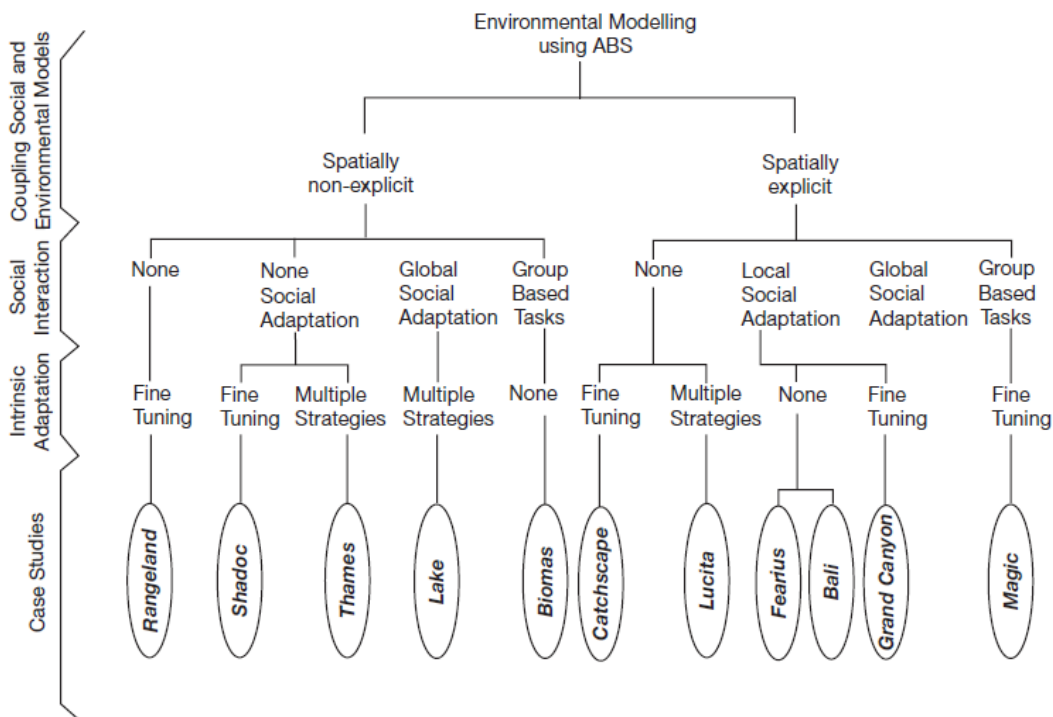
Los agentes en los MoBA son entidades físicas y/o virtuales que tienen comportamientos programables específicos (Cardoso *et al.* 2011). Otra manera de definirlo es la que menciona Eaton (2016) en donde los agentes son individuos autónomos que comparten espacio a través del que se comunican, interactúan y toman decisiones que vinculan su comportamiento con el medio ambiente y pueden representar una amplia variedad de entidades.

El ambiente en los MoBA es el “lugar” en donde los agentes interactúan. Este ambiente puede ser espacialmente explícito o no. Lo que los hace ser espacialmente explícitos es que este ambiente esté representando un espacio geográfico, en el caso de no serlo, el ambiente es definido por un conjunto de coordenadas X, Y adimensionales (Eaton, 2016). Este ambiente ya sea, de un tipo, o del otro, está compuesto de celdas, de las cuales su tamaño es definido por el programador según sea la escala que se quiere representar, el tipo de información con la que se esté trabajando y el objetivo de modelo (Wilensky y Rand, 2015).

En el caso de las propiedades emergentes, se pueden definir como las características o comportamientos que surgen a partir de las interacciones que no son posibles de deducir y/o dilucidar a partir de las propiedades individualidades de los agentes (Wilensky y Rand, 2015). Otra manera de entenderlo es desde el enfoque micro-macro, en donde las partes que componen al sistema se encuentran en un nivel micro las cuales están interactuando y como resultado se pueden producir nuevas propiedades las cuales se encuentran en un nivel macro (Maass, 2003). Estas propiedades son las que generalmente interesa conocer cuando se abordan cuestiones en el manejo de recursos puesto que generalmente se quiere saber cómo la interacción de las partes produce efectos a nivel de sistema.

Una vez entendido lo anterior es posible afirmar que los MoBA constituyen una estrategia de modelo emergente, en la cual se estudian las dinámicas de lo micro a lo macro, lo que contrasta con las técnicas de modelización tradicionales que operan de modo descendente (Cardoso *et al.* 2011). Al existir en los distintos campos del conocimiento muchos fenómenos de esta naturaleza y por su utilidad, han sido adoptados para estudiar fenómenos en distintas disciplinas (Bouquet *et al.* 1994; Janson, 2000; Gilbert, 2008). Un ejemplo de ello se puede encontrar en el trabajo de Bousquet y Le page (2004) que menciona que “los investigadores de la ciencia de la computación hacen uso de conceptos de las ciencias sociales, de la psicología cognitiva y la teoría de juegos para racionalizar las estrategias de relación con los otros agentes; la sociología para definir métodos de interacción entre los individuos (agentes) y la lingüística para proveer a los agentes con el lenguaje y organizar los protocolos de comunicación”.

A pesar de que todos los MoBA contengan las generalidad y elementos antes mencionados en común, existen muchas maneras de construirlos. Esto quiere decir que no hay reglas definidas de cómo construirlos en su generalidad, mucho menos dentro de un área específica como lo es en el manejo de recursos. Al no haber una regla para su construcción Hare y Deadman (2004) mediante el análisis de algunos MoBA relacionados al área ambiental proponen una especie de clasificación (Figura 1) para poder agrupar a los MoBA según las particularidades que presentan cada uno de ellos.



Otra variante respecto a la manera en la que se construyen los MoBA es el software que se utiliza. Hay un gran número de programas en los cuales es posible construir los MoBA cada uno con sus respectivas ventajas y desventajas, o bien, fortalezas y debilidades. Para ello Abar *et al.* (2017) realizaron un estudio que clasifica prácticamente todos los programas existentes para la elaboración y simulación de modelos basados en agentes. La elección del software entonces dependerá de que programa te brinda las características que permitan alcanzar el objetivo del modelo.

Figura 1. Distinciones metodológicas de distintos estudios realizados con MoBA en el manejo de ecosistemas. Tomado de Hare y Deadman, 2004.

## 2.4 NETLOGO

NETLOGO es un programa y una plataforma diseñado para simular mediante modelos basados en agentes fenómenos naturales y sociales Wilensky (1999). Aunque hay una gran cantidad de software incluso plataformas en línea (Abar *et al.* 2017) NETLOGO tiene características suficientes para poder ser una herramienta utilizable en las problemáticas que se presentan en el manejo. Algunas de estas características se refieren a que es una herramienta sencilla de utilizar (Abar *et al.* 2017), posee una interfaz gráfica amigable y es una herramienta autónoma de simulación pues sirve para la construcción, observación, experimentación y corrida de modelos basados en agentes (Frank *et al.* 2011) además de haber sido diseñada con para la simulación de fenómenos naturales y sociales lo cual encaja perfectamente en los problemas de manejo de ecosistemas y recursos.

Otra de las virtudes de utilizar esta herramienta es que al ser de licencia libre es accesible para ser utilizada y aprendida por una gran cantidad de personas. Además, este hace que los usuarios sean una comunidad abierta en donde los estudios y códigos de programación que se generan mediante esta herramienta puedan ser compartidos, retroalimentados y utilizados por otras personas. Dentro de la gran gama de estudios que han sido realizados utilizando este software existen algunos que tienen que ver con el estudio de ecosistemas, recursos naturales y/o fenómenos socioambientales (Eaton, 2016; Niazi *et al.* 2010, Babin-Fenske and Anand, 2011; Gaudreau y Drapeau, 2016; Jan y Khaliq, 2018; Lesins y Higuchi, 2010).

Netlogo posee tres pestañas, ejecución, información y código. En la pestaña código es en donde se escriben, en lenguaje Logo, las instrucciones de operación el modelo. La pestaña de información se describe qué es el modelo, como opera, como usarlo, entre otras cosas que puedan servir a los usuarios del modelo. Por último, la de ejecución que es donde se

corre el modelo y donde se añaden elementos de interacción con el usuario para que el modelo funcione de una u otra manera (Wilensky y Rand, 2015).

En este programa es posible representar e integrar a cuatro tipos de agentes: 1) el observador que representa al programador el cual determina acciones que hace el modelo, 2) los parches que representan el espacio en donde se desarrolla la simulación los cuales pueden ser o no ser espacialmente explícitos, 3) los individuos o razas los cuales se ubican en el ambiente de simulación y 4) las conexiones que permiten interconectar a los agentes (Wilensky y Rand, 2015; Eaton 2016). Cada uno de los agentes posee sus propias características y pueden interactuar con los otros agentes.

### **3 Antecedentes**

#### **3.1 Modelación basada en agentes para un aprovechamiento sostenible**

A partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y desarrollo de Río de Janeiro en 1992 el desarrollo sostenible ha entrado a formar parte de todas las instituciones (Testa, 2007). Hoy en día el concepto de sostenibilidad se ha popularizado invadiendo no solo las áreas ambientales, sino que ha permeado a distintas disciplinas como la arquitectura, la gastronomía, la ingeniería, por mencionar algunas. Sin embargo, no es una tarea fácil conseguirlo puesto que los fenómenos relacionados al desarrollo sostenible son generalmente complejos puesto que contienen elementos sociales, ambientales y económicos.

El término sostenibilidad surge a raíz del Informe de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo Nuestro Futuro Común de 1987 a partir del concepto de desarrollo sostenible. En este informe se menciona al desarrollo sostenible como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Con esto queda claro cómo la sostenibilidad considera a los recursos para el uso de los humanos buscando el desarrollo sostenible el cual resume Testa (2007) de manera adecuada el cual se realiza buscando un “crecimiento

con eficiencia económica, que no deteriore ni utilice de manera irracional los recursos naturales, que garantice el progreso, la justicia y la equidad social, que respete y estimule la diversidad y riqueza de las identidades culturales, así como el precepto de la eficiencia ecológica de los sistemas biofísicos”.

La sostenibilidad entonces conlleva la conservación de los recursos involucrando su uso. El manejo de recursos para alcanzar el desarrollo sostenible debe darse desde el enfoque de un manejo adaptativo puesto que al ser los fenómenos que involucran el manejo de recursos naturales generalmente complejos es necesario evaluar y replantear hipótesis (Marín y Delgado, 1997). Entendiendo las problemáticas relacionadas a los recursos correspondientes a la industria forestal Frayret (2011) lleva a cabo una revisión y análisis de el porque la modelación basada en agentes es totalmente adecuada para abordar tal problemática y apoyar a la toma de decisiones.

### **3.2 Modelos basados en agentes en el manejo de recursos**

Debido a la concepción de que los sistemas ambientales y los sistemas sociales están constantemente interactuando e influenciándose el uno al otro en ambos sentidos los cuales generan propiedades emergentes, los así llamados, sistemas socio-ambientales, se comienzan a estudiar con la ayuda de la modelación basada en agentes (Bousquet y Le Page, 2004). Los modelos computacionales han sido de gran ayuda para abordar y representar este tipo de problemáticas por su manera de concebir los sistemas a manera de agentes (cualesquiera que sean las partes), un ambiente en donde se relacionan y propiedades emergentes que surgen a partir de tales interacciones. Algunas de estas problemáticas que se han abordado mediante los MoBA en el manejo de recursos son: el cambio de uso de suelo, el manejo de pastizales, el manejo pesquero, el manejo de cuencas, el manejo de recursos hídricos, entre otros.

En el estudio del cambio de uso de suelo, sobre todo, en años recientes, los MoBA han sido ampliamente utilizados (Robinson *et al.* 2007; Mattews *et al.* 2007; Filatova *et al.* 2009; Le *et al.* 2010 y Valbuena *et al.* 2010). Estos modelos son de gran utilidad en este tema debido a las dinámicas espaciotemporales complejas que conllevan los cambios en el uso suelo.

Estos modelos sirven en los procesos de planeación y como soporte para el desarrollo de políticas para la toma de decisiones asociadas al territorio bajo criterios predictivos.

Existen también algunos MoBA sobre el manejo del recurso hídrico en agricultura desde una perspectiva socioambiental con sus características propias según es el caso de estudio. En estos MoBA se evalúan las prácticas de irrigación tomándose como agentes a los agricultores ya sea tomándolos como individuos o como grupos. Los agentes poseen conductas individuales y colectivas que involucran políticas y/o decisiones previas o en respuesta a las decisiones de manejo de agua en los cultivos, incluso considerando escenarios futuros de sequía y cambio climático (Barreteau y Bousquet 2000; Becu *et al.* 2002; Downing *et al.* 2001; Lansing y Kremer 1994).

Otro caso es el realizado por Bousquet *et al.* (1994) en donde utilizan los MoBA orientados a la pesquería. En este artículo los autores plantean el modelo desde una perspectiva multidisciplinaria donde se tienen distintos puntos de vista disciplinarios incluyendo demógrafos, antropólogos, economistas, ecólogos y biólogos analizando el problema desde distintas perspectivas. El ambiente de modelado es un ambiente totalmente artificial y los agentes por un lado son los actores (pesqueras, sociedad) y por el otro, las diferentes concepciones del problema de las distintas disciplinas.

Incluso han sido utilizado los MoBA para el manejo de actividades recreacionales como lo es el caso de Gimblett *et al.* (2002) en donde evalúan distintos escenarios de viajes de canotaje en el río Colorado. Los agentes son representados con viajes que pueden ser programados con estrategias, metas e intenciones. Al ser este un modelo espacialmente explícito es posible evaluar las interacciones espaciales en cuanto al uso del espacio, la cantidad de gente, el número de viajes y el impacto que se genera de estas actividades.

Si bien existen estudios que utilizan la modelación basada en agentes, como los antes mencionados, que relacionan cuestiones ambientales con cuestiones sociales no se han llevado a cabo MoBAs que aborden el aprovechamiento el aprovechamiento forestal. Debido a que el aprovechamiento forestal está regulado y se necesita de estudios técnico-justificativos para llevar a cabo su aprovechamiento, por lo general, se puede encontrar información que sirva como base para elaborar MoBAs.

### 3.3 *Yucca schidigera*: Biología, Distribución, Ecología y aprovechamiento

La planta *Yucca schidigera* es una especie perteneciente a la familia *Agavaceae*. Se encuentra distribuida en los estados de Nevada, California y el oeste de Arizona en Estados Unidos, y en el estado de Baja California en México (Sepúlveda, 1994). A esta planta en México se le conoce con el nombre de palmilla, y es una especie caulescente, arbustiva y surculada.

La especie *Yucca schidigera* es entomófila y su polinización solo se da por medio de un lepidóptero del género *Tegeticula* sp. (Cano, 1997; Castellón, 2003). La hembra deposita de 4 a 5 huevos en el pistilo e inserta el polen en las flores cuando están abiertas, los cuales se desarrollan dentro de la misma. Cada larva emergida necesita alrededor de 20 semillas para alimentarse (Carranza, 1997). Sin embargo, también se pueden reproducir de manera asexual rizomatosa la cual se ha documentado que es la forma de reproducción más importante en cuanto al reclutamiento de nuevos individuos a las poblaciones (Cano, 1997; Castellón, 2003)

La palmilla, ha sido utilizada tradicionalmente por etnias de EU y México para la manufactura de artículos para el hogar, para uso personal y alimento (Carranza, 1997, Castellón 2003). En la actualidad la especie *Yucca schidigera* no solo es aprovechada tradicionalmente por las etnias, sino que sus usos se han extendido debido a que contiene saponinas (Sepúlveda, 1994; Cano, 1997; Carranza, 1997). Estos nuevos usos que se le han dado han sido: como ingrediente principal de productos hormonales, sustancias promotoras del enraizamiento, cosméticos, dispersante, surfactante de productos agroquímicos y espumante de refrescos gaseosos (Sepúlveda, 1994; Carranza, 1997). Por ello la demanda de este producto ha aumentado en los últimos años (Figura 2).

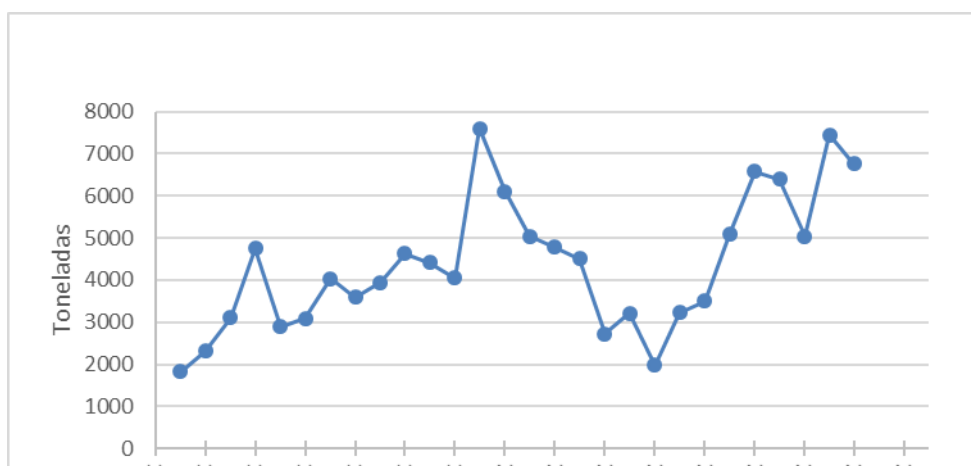


Figura 2. Aprovechamiento de *Yucca schidigera* en Baja California. Fuente SEMARNAT, 2018.

El manejo de la especie está regulada a través de la NOM-005-1997 de la SEMARNAT la cual indica que “la madurez de cosecha se identificará cuando las colonias tengan individuos desprovistos de hojas verdes en un 80% de su longitud, y tratándose de grupos de edad homogénea que cumplan con lo anterior, se deberá aprovechar solo el 50% de los individuos maduros, evitando dañar los brotes e individuos jóvenes”, y también indica que “el ciclo de corte para los aprovechamientos de la *Yucca schidigera* en áreas no intervenidas, no será menor a 15 años, en tanto la Secretaria no tome otra determinación al respecto”. Sin embargo, a pesar de encontrarse dentro de una norma oficial mexicana, esta, no es lo suficientemente específica para la especie. Por una parte, debido a que considera que todas las poblaciones de *Y. schidigera* como si fuesen homogéneas. Y, por otra parte, no considera todos los elementos importantes que están interactuando para poder establecer un aprovechamiento adecuado para las poblaciones (Castellón *et al.* 2003).

Para abordar la falta de conocimiento que hay sobre la especie y su manejo se han elaborado distintos trabajos (Sepúlveda, 1994; Cano, 1997; Carranza, 1997; Castellón *et al.* 2003, Castellón, 2004) sin embargo, poco del conocimiento generados en estos trabajos ha sido utilizado para modificar la normativa con respecto a su aprovechamiento. El primero de estos trabajos fue elaborado por Sepúlveda (1994) quien determina, entre otras cosas, componentes morfológicos importantes y las relaciones dimensionales de tales atributos mediante modelos matemáticos. Estos atributos son: la altura total del fuste, altura del fuste, altura de fuste limpio, altura de roseta, tamaño de roseta, diámetro de la roseta, (figura 2).

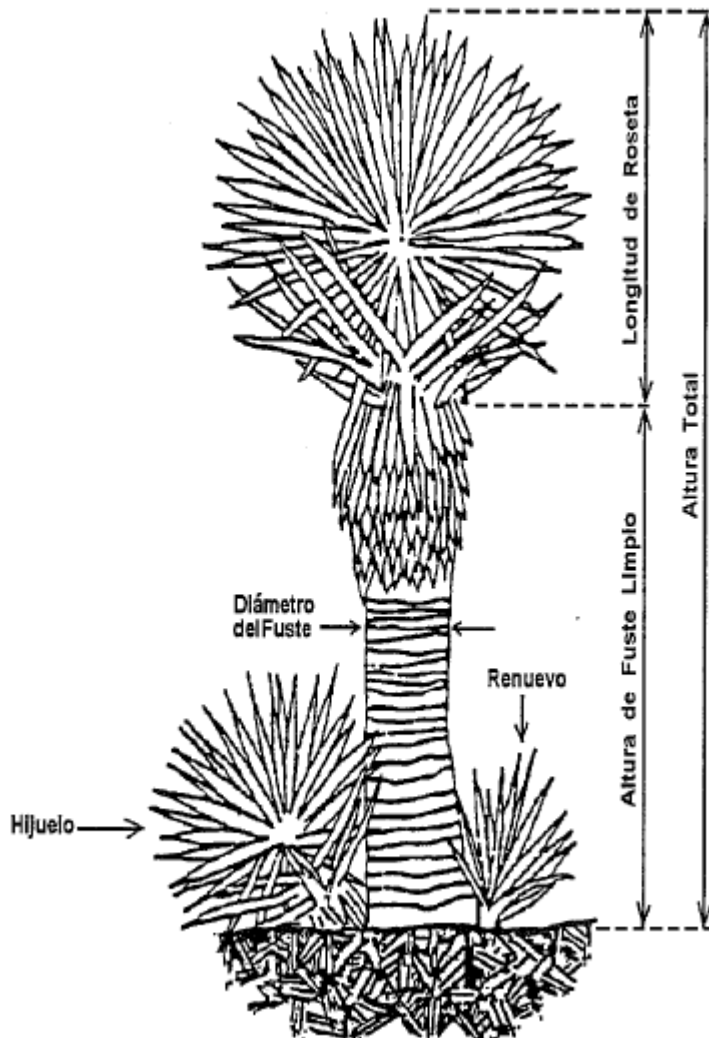


Figura 3. Esquema de *Yucca schidigera* y sus características morfológicas. Tomado de Sepúlveda (1994).

El trabajo de Sepúlveda (1994) permite sentar una base para hacerse preguntas sobre la especie cada vez más específicas las cuales se han abordado en trabajos posteriores. Una de estas preguntas es como cambia la productividad (biomasa) mediante la relación de la altura y el diámetro en distintas condiciones ambientales. De esta manera Castellón *et al.* (2002) establecen ecuaciones de predicción de biomasa (Tabla 1) en poblaciones de yucas sujetas a distintas condiciones ambientales a las cuales denominaron ecotipos. Con esto se pueden conocer de una manera más específica los niveles de producción y la capacidad de

regeneración de biomasa de alguna población tomando en cuenta, de cierta manera, los factores ambientales.

Tabla 1. Ecuaciones para determinar la biomasa según condiciones ambientales específicas denominados ecotipo. Tomado de Castellón *et al.* 2002).

<b>Ecotipo</b>	<b>Ecuación</b>
Montano	$Y1 = 18.01267 + 0.12977 h - 4.2133 d - 0.0001 h^2 + 0.2005 d^2$
Inter-montano	$Y2 = 10.86716 + 0.00950 h - 2.41402 d + 0.00051 h^2 + 0.14243 d^2$
Mediterráneo	$Y3 = 10.01226 + 0.13009 h - 4.2105 d - 0.00053 h^2 + 0.13999 d^2$
Desértico	$Y4 = 11.27954 + 0.00900 h - 2.39988 d + 0.00053 h^2 + 0.13999 d^2$

Para llevar a cabo el aprovechamiento de *Y. schidigera* es necesario que se lleven a cabo estudios justificativos que den cuenta, al menos, de la productividad (biomasa) y el número de individuos que existen en un predio para así poder determinar cual es la cantidad de yuca que será posible aprovechar. Sin embargo, esta información queda desarticulada y no sistematizada desaprovechándose la opción de analizar y generar distintos escenarios de manejo para conseguir un aprovechamiento sustentable. Por ello el crear modelos y herramientas que puedan incorporar estos saberes y sean prácticos de utilizar e implementar, siempre abonaran positivamente al adecuado manejo de un recurso.

## **4 Justificación**

La *Yucca schidigera* es una especie económicamente importante en el estado de Baja California y su aprovechamiento se ha dado históricamente en la región. En los últimos 30 años ha aumentado su demanda por sus propiedades para uso industrial. Aunque esta especie está en la NOM-005-1997 de la SEMARNAT las especificaciones para su aprovechamiento consideran a las poblaciones como homogéneas, el ciclo de corte no está sustentado con base en las características ecológicas de la especie además de no considerar aspectos como lo es el mantener de una manera sustentable la productividad de *Yucca schidigera* en el estado. Por ello el elaborar un modelo integral para su manejo y aprovechamiento es primordial para poder seguir haciendo uso de este recurso en la actualidad y en las futuras generaciones.

## **5 Hipótesis**

La elaboración de un modelo integral basado en agentes alrededor del aprovechamiento de *Yucca schidigera* proveerá un complemento adecuado para poder llegar a un manejo sustentable de la especie tomando en cuenta los distintos elementos que interaccionan en su aprovechamiento.

## 6 Objetivos

### 6.1 Objetivo general

Elaborar un modelo basado en agentes para auxiliar el manejo y aprovechamiento de la especie *Yucca schidigera* en el estado de Baja California.

### 6.2 Objetivos específicos

1. Realizar una revisión de las evidencias documentales del aprovechamiento de *Yucca schidigera*.
2. Definir los agentes, el ambiente y las interacciones suscitadas en el aprovechamiento de *Y. schidigera*.
3. Representar los agentes, el ambiente y las interacciones en el ambiente de modelación
4. Definir los escenarios iniciales del sistema ambiente-yucca-hombre con respecto a la documentación consultada
5. Simular el modelo bajo distintos escenarios de aprovechamiento y conservación
6. Generar recomendaciones de manejo con base en el modelo y su implementación

### 6.3 Preguntas de investigación

¿Cuál es la biomasa total del recurso *Y. schidigera* después de tres ciclos de corta (45 años) con respecto al estado inicial?

¿Cuál es la biomasa aprovechable del recurso *Y. schidigera* después de tres ciclos de corta (45 años) con respecto al estado inicial?

¿Cuál es la estructura vertical del recurso *Y. schidigera* después de tres ciclos de corta (45 años) con respecto al estado inicial?

## 7 Metodología

De manera general para la elaboración del modelo se siguió la metodología representada en la Figura 4. Para hacer esto primeramente fue necesario determinar cuál sería el objetivo del modelo y cuáles son las preguntas que se querían responder de él. Con base en los objetivos se realizó la recopilación de información relacionada a la Biología, Ecología y

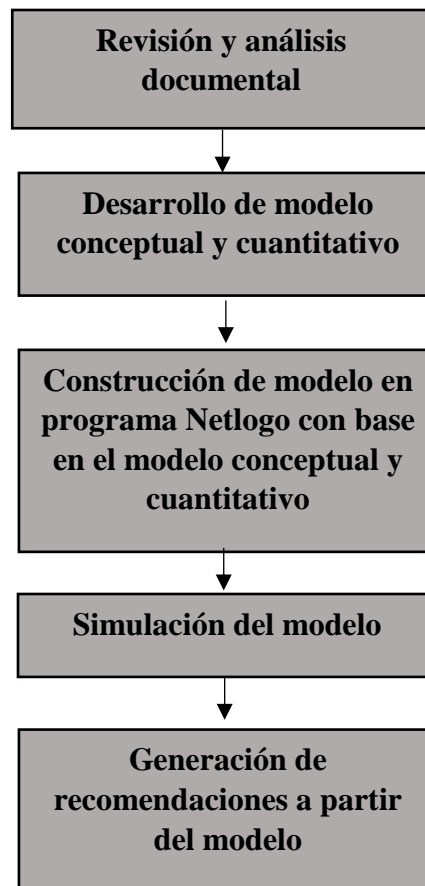


Figura 4. Diagrama metodológico del trabajo

aprovechamiento de *Y. schidigera*. Esta información se obtuvo mediante una revisión documental en donde se examinaron documentos de carácter académico, técnico-justificativos, manifestaciones de impacto ambiental y reportes de aprovechamiento. Con ello se elaboró el modelo conceptual y cuantitativo, los cuales fueron la base para crear el modelo computacional en donde se llevó a cabo la simulación del modelo. Para con ello

generar las recomendaciones de manejo a partir de la información obtenida durante todo este proceso.

## **7.1 Elaboración del modelo conceptual y cuantitativo**

El modelo conceptual se construyó primeramente pensando y considerando todos los elementos que se están relacionando en el sistema de interés a partir de la información documental y en congruencia con el objetivo planteado. Con base en ello se definieron los límites del sistema, la clasificación de los componentes del sistema, la identificación de las relaciones entre los componentes del sistema, la representación formal del modelo conceptual y describir los patrones esperados del comportamiento del modelo tal como lo describe Grant et. al, (2001). Al ser un MoBA el producto que se quiere obtener los elementos se definieron en términos de los elementos característicos de un MoBA, los agentes, el ambiente y las interacciones (Eaton, 2016; Janssen y Ostrom, 2006 y Rodríguez y Roggero, 2015) siguiéndose también las preguntas sugeridas por (Wilensky y Rand, 2015) para generar un MoBA las cuales son: ¿De qué parte del fenómeno te gustaría escribir el modelo?, ¿qué tipo de agentes están envueltos principalmente en este fenómeno?, ¿Qué propiedades tienen cada uno de estos agentes? ¿qué acciones o comportamientos pueden tomar cada agente?, ¿cómo estos agentes interactuarán con los otros y con el ambiente?, ¿en qué tipo de ambiente operan estos agentes? ¿Son agentes del ambiente?, ¿qué eventos ocurren en cada en cada tiempo, en que orden y que representa en la realidad cada tiempo?, así como tener una idea de ¿qué esperas observar en este tipo de modelo?

Una vez obtenido el modelo conceptual se prosiguió a elaborar el modelo cuantitativo en donde se definen y se establecen las relaciones numéricas de los elementos (Grant et. al, 2001) ya sea para definir al elemento mismo, una de las variables del elemento o bien la interacciones entre las variables o los elementos. Esto se realizó en la revisión bibliográfica llevada a cabo considerando todas aquellas variables que den cuenta en responder el objetivo planteado con su respectivo respaldo numérico.

Durante la elaboración del modelo conceptual y cuantitativo se lleva a cabo algo descrito en la literatura como “iteración de etapas” que significa que en cualquiera de las etapas se podría encontrar algo que se ha omitido, pasado por alto o representado erróneamente alguno de los componentes o procesos del sistema por lo que se puede regresar a etapas anteriores para su modificación (Grant et. al, 2001). Este modelo no fue la excepción el cual se fue modificando principalmente bajo dos consideraciones, la primera de ellas pensando en las variables que, si bien están presentes en el sistema, no son variables clave que respondan a las preguntas planteadas y la segunda, considerando solo aquellos elementos que tienen un sustento conceptual y numérico en los documentos consultados sobre el sistema de interés. En conjunto las consideraciones mencionadas sirvieron como retroalimentación del modelo conceptual que a su vez retroalimentó el modelo cuantitativo puliendo y abstrayendo los elementos esenciales, es decir con el grado mínimo de complejidad, que debía contener el modelo sin que perdiera congruencia tanto espacial y de escala con la realidad representada.

## 7.2 Construcción del modelo computacional

Para la construcción del modelo se utilizó el programa NETLOGO el cual es un programa para simular fenómenos naturales y sociales (Wilensky, 1999 y Eaton, 2015). Este

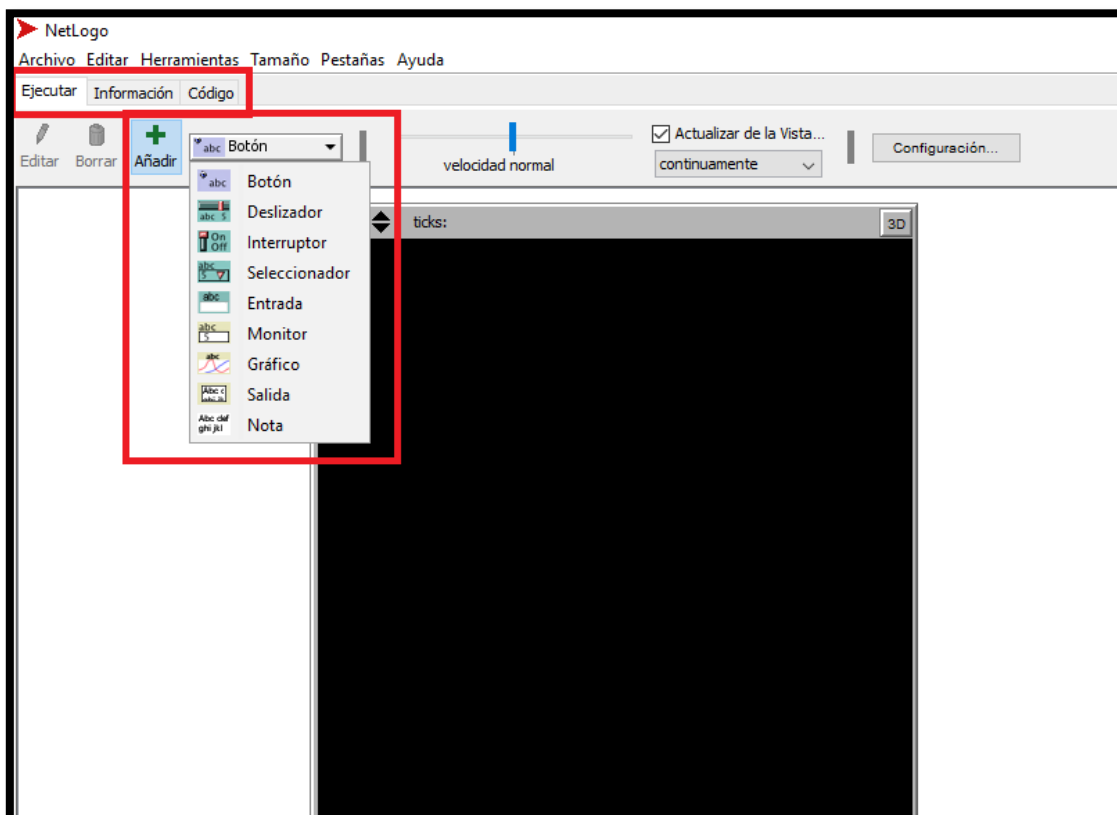


Figura 5. Interfaz de programa Netlogo y sus respectivos elementos

programa se decidió utilizar debido a ser un programa diseñado para simular fenómenos en la temática de interés, es de licencia libre, posee un lenguaje de programación relativamente sencillo (Abar *et al.* 2017) además de poseer una interfaz gráfica en tiempo real. Al abrir el programa se pueden observar tres pestañas ejecutar, información y código (Figura 5).

En la pestaña de código se tradujo el modelo conceptual y cuantitativo a lenguaje Logo, en esta pestaña se definen a manera de código computacional los agentes, el ambiente, el tiempo y las interacciones. En la pestaña ejecutar se añadieron mediante la opción añadir componentes a la interfaz, los cuales pueden ser botón, deslizador, interruptor, seleccionador, entrada, monitor, gráfico, salida y nota, los componentes que se utilizaron para la simulación del modelo. En conjunto el código programado, así como los componentes añadidos a la interfaz funcionan en conjunto para poder llevar a cabo la representación gráfica, así como la simulación. En la pestaña de información se describe principalmente, de qué es el modelo, como funciona y como se usa.

De manera general para que un modelo en este programa funcione es necesario primeramente definir los agentes y el ambiente, así como sus respectivas variables asociadas. El fin de esto es que el programa pueda identificar cada uno como elementos particulares e independientes. Una vez realizado esto dentro de la pestaña interfaz se añadió un “botón” el cual es un tipo de elemento de la interfaz con el que se despliegan los elementos definidos en el modelo. Este “botón” usualmente en los modelos realizados en Netlogo lleva el nombre de “set up” y corresponde a un subproceso dentro del programa.

Una vez realizado lo anterior fue necesario definir una vez que interacciones ocurrirían una vez que comenzara la simulación del modelo de acuerdo con el modelo conceptual y cuantitativo. Para ello se definió el tiempo, que, si bien en el programa se define a manera de “ticks”, fue necesario definir que representa en la realidad cada uno de estos “ticks”. Para que el tiempo inicie fue necesario definir el subproceso “go” en el cual se especifican que cosas ocurren en la simulación del modelo.

Los principales comandos que se utilizaron fueron, turtles-own, patches-own, set, if, ask, sprout, tick, n-of, pcolor, kill, all?, any?. Sin embargo, no fueron la cantidad de comandos

utilizados y que se probaron en el transcurso de la codificación del modelo.

### **7.3 Escenarios iniciales y simulación del modelo**

Los datos con los cuales se construyeron los escenarios iniciales del modelo fueron obtenidos principalmente de los trabajos de Sepúlveda (1994) y Castellón (2003). Del trabajo de Castellón et al. (2002) se extrajo la información referente a cada uno de los ecotipos (montano, intermontano, desértico y mediterráneo) representando el número de colonias, el número de individuos por colonia y el número de individuos para cada uno de ellos. El número de individuos por categoría se obtuvo mediante el cruce de información respecto al número de individuos por ecotipo y las proporciones por categorías para ciertas localidades presentadas en el trabajo de Sepúlveda (1994). Para ello se identificaron los datos de las localidades pertenecientes a cada uno de los ecotipos los cuales se promediaron para obtener el porcentaje de individuos pertenecientes a cada categoría para cada uno de los ecotipos. Esta información se cruzó con el número de individuos por ecotipo del trabajo de Castellón et al. (2002) obteniéndose el número de individuos por categoría para cada ecotipo. El número de individuos por categoría se repartió heterogéneamente entre el número de colonias de cada ecotipo respetando y en congruencia, el número de individuos por colonia de cada ecotipo.

Con base en las variables mencionadas anteriormente (número de individuos, número de colonias por hectárea, número de individuos por colonia y número de individuos de cada categoría) se crearon cuatro escenarios iniciales, un escenario para cada ecotipo. Con ello se evaluó la funcionalidad del modelo con respecto a que se representara exactamente lo que se había definido en el modelo cuantitativo para cada uno de los ecotipos. Además, desde estos cuatro escenarios principales partió la simulación de los distintos escenarios a evaluar.

Para cada ecotipo se generaron 16 escenarios los cuales consideran la relación de dos variables, el crecimiento, es decir cuanto crecen en un año, y el reclutamiento, es decir, cuantos renuevos surgen después del aprovechamiento. Con cada variable se consideraron cuatro condiciones, reclutamiento o crecimiento, mínimo, máximo, promedio y aleatorio. Con el cruce de estas cuatro condiciones de cada una de las variables se generó una matriz

que define cada escenario (Tabla 2). Las variables fueron elegidas por ser las variables que en este sistema daban cuenta de la pregunta principal que se quiere responder con el modelo.

Tabla 2. Relación de variables que define cada uno de los escenarios simulados para cada ecotipo.

	Reclutamiento mínimo	Reclutamiento máximo	Reclutamiento promedio	Reclutamiento aleatorio
Crecimiento mínimo	Escenario 1	Escenario 5	Escenario 9	Escenario 13
Crecimiento máximo	Escenario 2	Escenario 6	Escenario 10	Escenario 14
Crecimiento promedio	Escenario 3	Escenario 7	Escenario 11	Escenario 15
Crecimiento aleatorio	Escenario 4	Escenario 8	Escenario 12	Escenario 16

De los 16 escenarios para cada ecotipo nueve corresponden a escenarios determinísticos y siete corresponden escenarios estocásticos. En los escenarios con componentes aleatorios se obtuvo el promedio y la desviación estándar.

## 8 Resultados

### 8.1 Modelo conceptual y cuantitativo

Para el modelo conceptual primeramente se definió el objetivo del modelo obteniéndose que este modelo responde principalmente a la pregunta cual es la cantidad de biomasa (biomasa aprovechable y biomasa total) que hay en una hectárea en un tiempo determinado según sea el ecotipo y su estructura vertical. Una vez determinado el objetivo del modelo se obtuvo un listado de todas las variables encontradas en la revisión documental que pudieran tener una relación con la respuesta a la pregunta que respondería el modelo (Tabla 3). Estas variables se agruparon en tres tipos, las variables propias de la planta (biológicas), las variables del ambiente (ecológicas) y las variables de aprovechamiento (humanas).

Tabla 3. Variables relacionadas al aprovechamiento de *Yucca schidigera* separas por tipo de variable, biológica, ecológica y humana.

<b>Variable Biológica</b>	<b>Variable ecológica</b>	<b>Variable humana</b>
Altura	Polinización	Aprovechamiento legal
Diámetro	Temperatura	Aprovechamiento ilegal
Crecimiento	Precipitación	Ciclo de corte
Biomasa	Comunidad vegetal	Criterio de cosecha
Germinación	Tipo de suelo	Hectárea tipo
Mortalidad	Relieve	
Reproducción asexual	Altitud	
Reproducción sexual	Ecotipo	
Estructura vertical		
Estructura horizontal		
Densidad		
Tamaño de colonia		

De este primer listado se analizó con base en la consulta de documentos cómo se definen, comportan y relacionan todas estas variables. Con ello se obtuvo un listado de aquellas variables que se utilizaron en el modelo (Tabla 4). Estas variables se eligieron por tener una congruencia conceptual, cuantitativa y en escala, además de dar cuenta a la pregunta principal que responde el modelo.

Tabla 4. Variables biológicas, ecológicas y humanas que definen el modelo conceptual.

<b>Variables biológicas</b>	<b>Descripción</b>
Altura	Altura en centímetros desde el suelo hasta el ápice de la planta.
Crecimiento	El crecimiento es con respecto a la altura planta.
Diámetro	Medida de diámetro del fuste de la planta.
Biomasa	Materia orgánica producida por la planta considerando fuste y roseta.
Tamaño de colonia	Número de individuos en cada colonia
Densidad	Número de individuos en una hectárea

Estructura vertical	Número de individuos de cada categoría
Reproducción asexual	Reclutamiento de individuos por medio de reproducción asexual
<b>Variables ecológicas</b>	<b>Descripción</b>
Ecotipo	Relaciones de predicción de biomasa las cuales están ligadas a lugares geográficos con características ambientales particulares.
<b>Variables ecológicas</b>	<b>Descripción</b>
Aprovechamiento legal	Es el corte del fuste de la <i>Y. schidigera</i> siguiendo las indicaciones que subscritas en la NOM-005.
Ciclo de corte	Es el tiempo que debe pasar para llevar a cabo otro aprovechamiento.
Criterio de cosecha	Es el criterio que establece la NOM-005 con respecto a que bajo que condiciones se puede aprovechar la <i>Y. schidigera</i> .
Hectárea tipo	Es el número de individuos de cada categoría y el volumen (biomasa) total y aprovechable por hectárea.

Se determinó a la hectárea tipo como la escala a la que tuvieran que estar las demás variables debido a que es la base de los estudios técnico-justificativos para el aprovechamiento de *Y. schidigera*. Con esta premisa como base se eligieron aquellas variables que tuvieran congruencia con esta escala y con las preguntas planteadas. Las descripciones empleadas encontradas en la tabla 4 se refieren a como son definidas conceptualmente las variables con respecto al modelo.

Se determinó la utilización del concepto de ecotipo que aborda Castellón (2003) el cual está definido con base en la relación de condiciones ambientales específicas las cuales son precipitación, altitud y tipo de vegetación, las cuales representan algunas de las variables ecológicas encontradas con relación al aprovechamiento de palmilla. Las condiciones iniciales del modelo están dadas según sea el ecotipo el cual está representado en una hectárea tipo y determina cual es el número de colonias, el número total de individuos, el número de individuos en cada colonia, la proporción de individuos por categoría y la manera en la que ganarán biomasa los individuos. Las categorías de los individuos fueron elegidas con base en su altura (50 cm cada categoría) y el número total de categorías se

determinó en la revisión de los estudios técnico-justificativos para el aprovechamiento de palmilla.

En el modelo se considera el reclutamiento de nuevos individuos a la colonia y el crecimiento en términos de altura y diámetro de los individuos, los cuales en conjunto con las ecuaciones para cada ecotipo (tabla 1) sirven para la determinación de la biomasa. Una vez que se considera el tiempo se tienen todos los elementos para responder las preguntas planteadas.

Para el reclutamiento solo se consideran los individuos que se están añadiendo a la población por medio de la reproducción asexual el cual ha sido documentado que es incentivado con el aprovechamiento. Esta relación está documentada numéricamente y determina que después del corte (aprovechamiento) se produce un reclutamiento de uno a siete individuos por colonia (Sepúlveda, 1994). El reclutamiento mediante la reproducción sexual no es tomado en cuenta debido a que en la realidad aporta un reclutamiento prácticamente nulo a las poblaciones (Cano, 1997 y Carranza, 1997).

El crecimiento en diámetro, altura y acumulación de biomasa que se consideran en el modelo son tomadas de las predicciones generadas en el trabajo de Sepúlveda (1994) y Castellón (2003). En el trabajo de Sepúlveda (1994) la tasa de crecimiento está determinada por la altura ganada en centímetros cada año del cual en este modelo se tomaron los rangos de lo que puede crecer un individuo en un año y se extrajo el crecimiento mínimo (2 cm) el crecimiento máximo (7 cm) el crecimiento medio (5 cm) mientras que por su parte el diámetro está dado mediante la relación con la altura que establece Sepúlveda (1994) en el mismo trabajo. Las ecuaciones de predicción de peso por individuo que se considera en el modelo están dadas a partir de la relación del diámetro y la altura en cada sitio según sea el ecotipo las cuales se proponen en el trabajo de Castellón et, al. (2002) y Castellón (2003).

El aprovechamiento está determinado por los criterios establecidos en la NOM-0051 la cual establece que el ciclo de corte para esta especie no será en un periodo menor a 15 años y que solo se aprovecharán aquellos individuos que tengan un 80 % del fuste desprovisto de hojas.

Para el segundo criterio determinó como aprovechables aquellos individuos que posean una altura mayor a los 150 cm debido a que dada la relación establecida entre la altura y el fuste desprovisto de hojas establecida por Sepúlveda (1994) es la altura a la cual los individuos cumplen con esta condición. Además, en la revisión de los estudios técnico-justificativos revisados esta altura es a la cual los individuos se toman como individuos aprovechables.

## 8.2 Uso, funcionamiento y simulación del modelo en Netlogo

En la interfaz o pestaña ejecutar dentro del programa de Netlogo se colocó el botón “setup” para iniciar y establecer las condiciones iniciales que se establecieron en el modelo y el botón “go” para que comience a correr el tiempo para llevar a cabo la simulación del modelo (Figura 6). Estos botones se establecieron con términos en inglés debido a que dentro de la comunidad que elabora modelos en Netlogo se utiliza que para llevar a cabo las funciones descritas los botones tengan ese nombre.

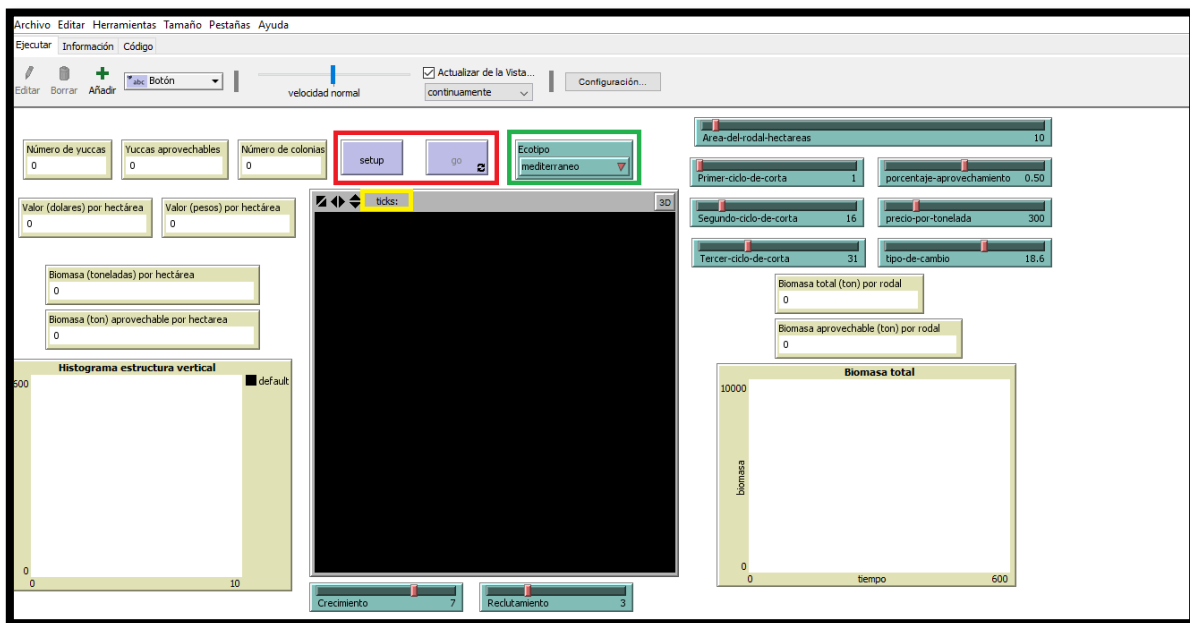


Figura 6. Modelo que muestra donde se encuentran los botones "setup" y "go" (rojo), el contador de tiempo dentro del programa "ticks" (amarillo) y el componente “seleccionador” para definir el ecotipo.

Una vez que se presionan ambos botones, “setup” y “go” en ese orden empieza la simulación del modelo. En el modelo al tiempo que transcurre se le llama “tick” el cual representa un mes en la realidad y se puede ver en la parte superior de la interfaz gráfica del modelo (Figura 6). Esto es debido a que ninguna variable considerada en el modelo representa una escala temporal menor a un mes en la realidad, es decir, es el tiempo mínimo que toma en modificarse alguna de las variables consideradas en el modelo.

Las condiciones iniciales dadas en el botón “set up” se despliegan según sea el ecotipo elegido en el componente “seleccionador”. El ecotipo lo determina el usuario según el lugar en el que se encuentre la población de *Y. schidigera* que se quiera modelar. Las condiciones iniciales en cada uno de los ecotipos corresponden al número de individuos por hectárea, número de individuos por colonia y número de colonias por hectárea. Además, cada colonia tiene una estructura vertical definida (número de individuos por categoría) según sea el ecotipo.

Al oprimir el botón “go” comienza a correr el tiempo de simulación, es decir aumentan los “ticks”. Con el transcurrir del tiempo se van modificando las variables y se llevan a cabo las interacciones que se programaron en el modelo.

La variable crecimiento, la cual es una de las variables principales consideradas en el modelo al oprimir el botón “go” lo que pasa con cada una de las yucas es que la variable altura aumenta. Esta variable aumenta a una razón de una cantidad de centímetros al año. La cantidad que aumenta se define por el usuario en el componente tipo “deslizador” llamado “crecimiento” que se encuentra en la parte inferior de la pestaña ejecutar del modelo (Figura 7).

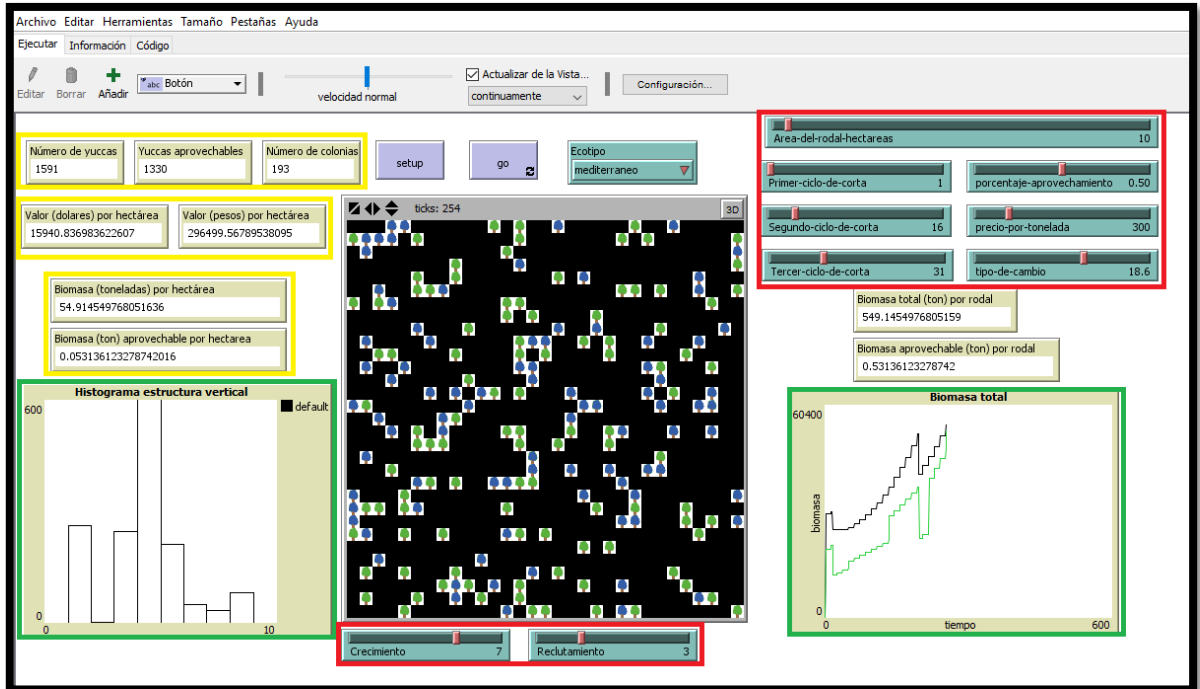


Figura 7. Componentes de la pestaña ejecutar del modelo. Deslizadores (rojo), gráficos (verde) y monitores (amarillo).

La biomasa como se mencionó anteriormente se calcula según sea el ecotipo. La biomasa se está calculando en cada “tick” para cada tallo de cada colonia en función de las ecuaciones propuestas por Castellón *et al.* (2002) para determinar biomasa. Además, se está calculando la biomasa total y la biomasa total aprovechable la cual corresponde a aquellos individuos que tienen más de 150 cm de altura debido a que es la altura en promedio los individuos cumplen con el criterio de cosecha.

Al llegar a la cantidad de meses marcados en los deslizadores correspondientes a los ciclos de corta se lleva a cabo el aprovechamiento en donde se eliminan un número de individuos aprovechables de cada una de las categorías de altura según sea lo elegido en el deslizador de porcentaje de aprovechamiento. Los tallos considerados como aprovechables son aquellos que miden más de 150 cm de altura. Una vez realizada esta acción en los siguientes dos meses, es decir dos “ticks”, se lleva a cabo un brote de nuevos individuos, la magnitud de este reclutamiento se elige en deslizador “reclutamiento”.

El modelo posee nueve deslizadores que el usuario puede programar y elegir, los mencionados anteriormente y los de “tipo de cambio”, “área del rodal hectáreas” y el de “precio por tonelada” los cuales funcionan para establecer el tipo de cambio de pesos a dólares debido a que el mercado de la yuca es en dólares, cuantas hectáreas se están modelando y el precio de la yuca por tonelada respectivamente.

El modelo posee nueve componentes tipo “monitor” los cuales son “valor dólares por hectárea”, “valor pesos por hectárea”, “biomasa toneladas por hectárea” biomasa (ton) aprovechables por hectárea”, biomasa total (ton) por rodal”, “biomasa aprovechable (ton) por rodal”, “número de yucas”, “yucas aprovechables” y “número de colonias”. Esto significa que muestra el valor en pesos y en dólares, la biomasa total y biomasa aprovechable en las hectáreas modeladas, el número de yucas totales, aprovechable y el número de colonias en todo momento y esta información se actualiza en cada “tick” (Figura 7).

El modelo también posee dos gráficas de la cuales una muestra el número de individuos de cada categoría y en otra muestra la biomasa total y aprovechable que hay en cada “tick” que dure la simulación. Sin embargo, se puede programar fácilmente para que se muestren otro tipo de variables consideradas. Además, en el analizador de comportamiento se pueden llevar a cabo experimentos más allá de los simulados en los resultados de este trabajo.

El código del modelo se encuentra en el Anexo 6 para su consulta o bien llevar a cabo su implementación o modificación. También se subió el modelo a la comunidad de modeladores de Netlogo en la página model commons en el link [http://modelingcommons.org/browse/one\\_model/6080#model\\_tabs\\_browse\\_info](http://modelingcommons.org/browse/one_model/6080#model_tabs_browse_info) con los mismos fines además de que se pueda retroalimentar y extrapolar a otros modelos.

### **8.3 Resultados de la simulación del modelo**

#### **8.3.1 Escenarios iniciales**

Se obtuvieron cuatro escenarios iniciales para ecotipo. En estos cuatro escenarios se consideraron para cada ecotipo la estructura vertical, el número de individuos por colonia, el número de colonias y el número de individuos por categoría. Con ello se obtuvieron los

datos correspondientes al número de individuos por categoría para cada ecotipo y se calculó la biomasa total y la biomasa aprovechable para cada uno de los ecotipos (figura 8 y figura 9).

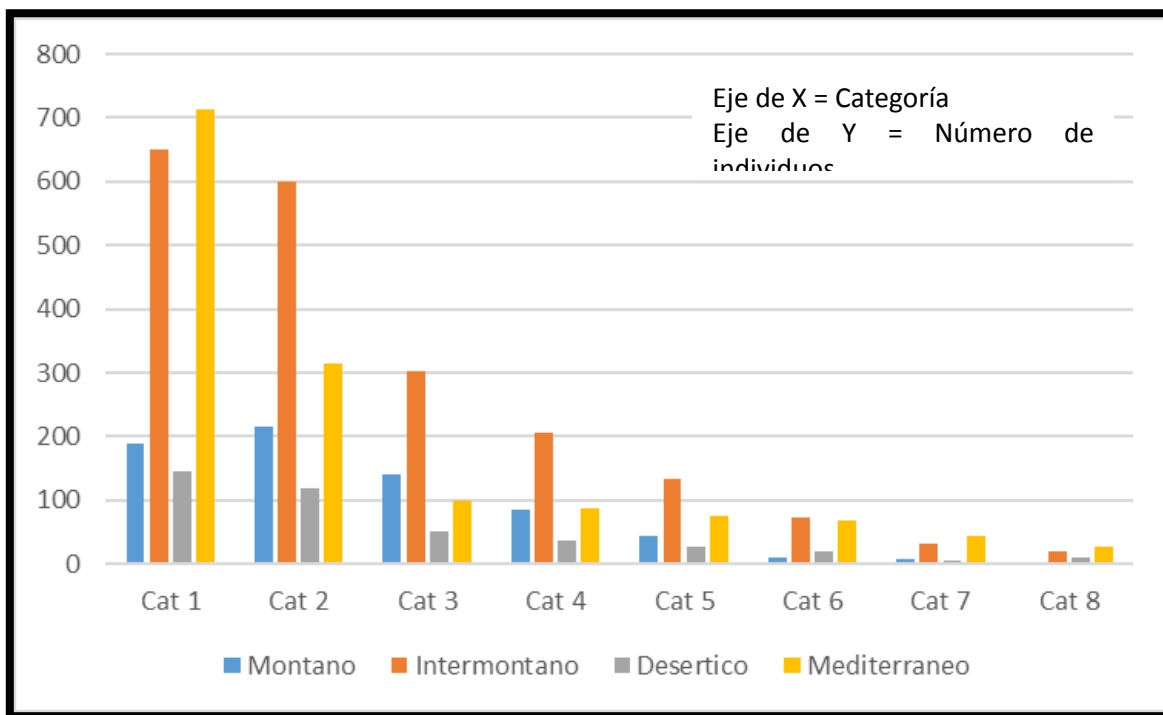


Figura 8. Número de individuos por categoría (estructura vertical) inicial para cada uno de los ecotipos.

Con respecto a la estructura vertical inicial se puede observar que para todos los ecotipos existe una tendencia a que disminuya el número de individuos a medida la categoría es mayor. La mayor cantidad de individuos en cada uno de los ecotipos se puede encontrar en la categoría uno con excepción del ecotipo montano en donde en la categoría dos hay un número ligeramente mayor que en la categoría uno. En la estructura vertical inicial el número de individuos aprovechables, es decir los individuos de la categoría cuatro en adelante son 150 en el ecotipo montano, 464 en el ecotipo intermontano, 100 en el ecotipo mediterráneo y 303 en el ecotipo desértico mientras que el número de individuos no aprovechables, es decir, los individuos de las primeras tres categorías dan un total de 545, 1554, 314 y 1129 respectivamente. A manera de porcentaje esto representa que para el ecotipo montano tenemos un 21.58 % de individuos aprovechables y un 78.41 % de

individuos no aprovechables, para el ecotipo intermontano un 22.9 % y un 77 %, para el ecotipo mediterráneo un 24.15 % y un 75.84 % y para el ecotipo desértico un 21.15 % y un 78.84 %. Estas cifras y estos porcentajes siempre son así puesto que las condiciones iniciales están dadas con datos de la literatura consultada.

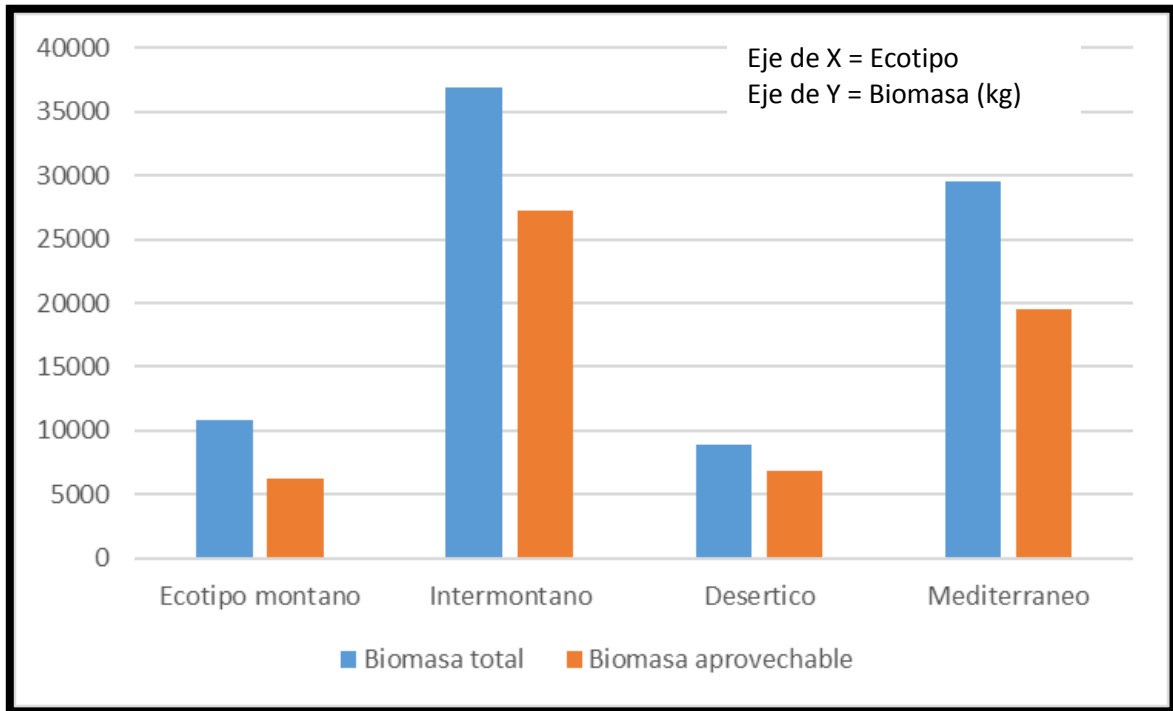


Figura 9. Biomasa total y biomasa aprovechable inicial para cada ecotipo con respecto a los escenarios iniciales.

Se obtuvieron los valores aprovechables de biomasa total y biomasa aprovechable para cada uno de los ecotipos. Esto dio como resultado en cuanto a la biomasa total que para el ecotipo montano se tiene un valor de 10808 Kg, para el ecotipo intermontano un valor de 36,910 Kg, para el ecotipo desértico un valor de 8866 Kg y para el ecotipo mediterráneo un valor de 29604 Kg. En cuanto a la biomasa aprovechable para el ecotipo montano se obtuvo un valor de 6248 Kg lo cual representa un 57.80 % de la biomasa total, para el ecotipo intermontano 27218 Kg lo cual representa un 73.74 % de la biomasa total, para el ecotipo desértico 6875 Kg lo cual representa un 77.54 % de la biomasa total y para el ecotipo mediterráneo 19487 Kg lo cual representa un 65.82 % de la biomasa total.

A pesar de que para todos los ecotipos la cantidad de individuos no aprovechables tiene un porcentaje medio de  $22.47 \pm 1.36$  % y el de individuos aprovechables de  $77.52 \pm 1.36$  % la

diferencia entre el volumen de biomasa de cada ecotipo (Figura 9) no refleja la diferencia obtenida en tales porcentajes. En otras palabras, aunque el número de individuos aprovechables y no aprovechables entre los ecotipos es similar, la biomasa total y aprovechable no mantienen tal proporción.

### **8.3.2 Escenarios después de tres ciclos de corta**

A partir de los cuatro escenarios iniciales y con base a la matriz presentada en la tabla 2 se obtuvieron 16 escenarios para cada uno de los ecotipos generados a partir del cruce de las variables reclutamiento y crecimiento (altura), por ecotipo, para cada una de las cuatro condiciones de cada una de las variables (máximo, mínimo, promedio y aleatorio). Los resultados finales de los escenarios se obtuvieron considerando un tiempo de tres ciclos de corte lo que corresponde en el modelo a 560 “ticks”. Para cada uno de los 16 escenarios de cada ecotipo se obtuvieron como resultado final los datos de biomasa total, la biomasa aprovechable, la estructura vertical (número de individuos de cada categoría) y el número total de individuos.

En cuanto a la estructura vertical se obtuvieron los datos referentes al número de individuos total y por categoría después de los tres ciclos de corta para cada escenario de cada ecotipo. Con base en los datos obtenidos se obtuvieron los gráficos correspondientes a cada escenario de cada ecotipo (Figura 10). Se obtuvieron también los porcentajes que representan el número de individuos en cada una de las categorías en cada uno de los ecotipos, en cada uno de los escenarios (Anexo 1). Con ambos datos (porcentaje y número de individuos por categoría) se logró caracterizar cada estructura vertical resultado de las combinaciones de las variables (Tabla 2).

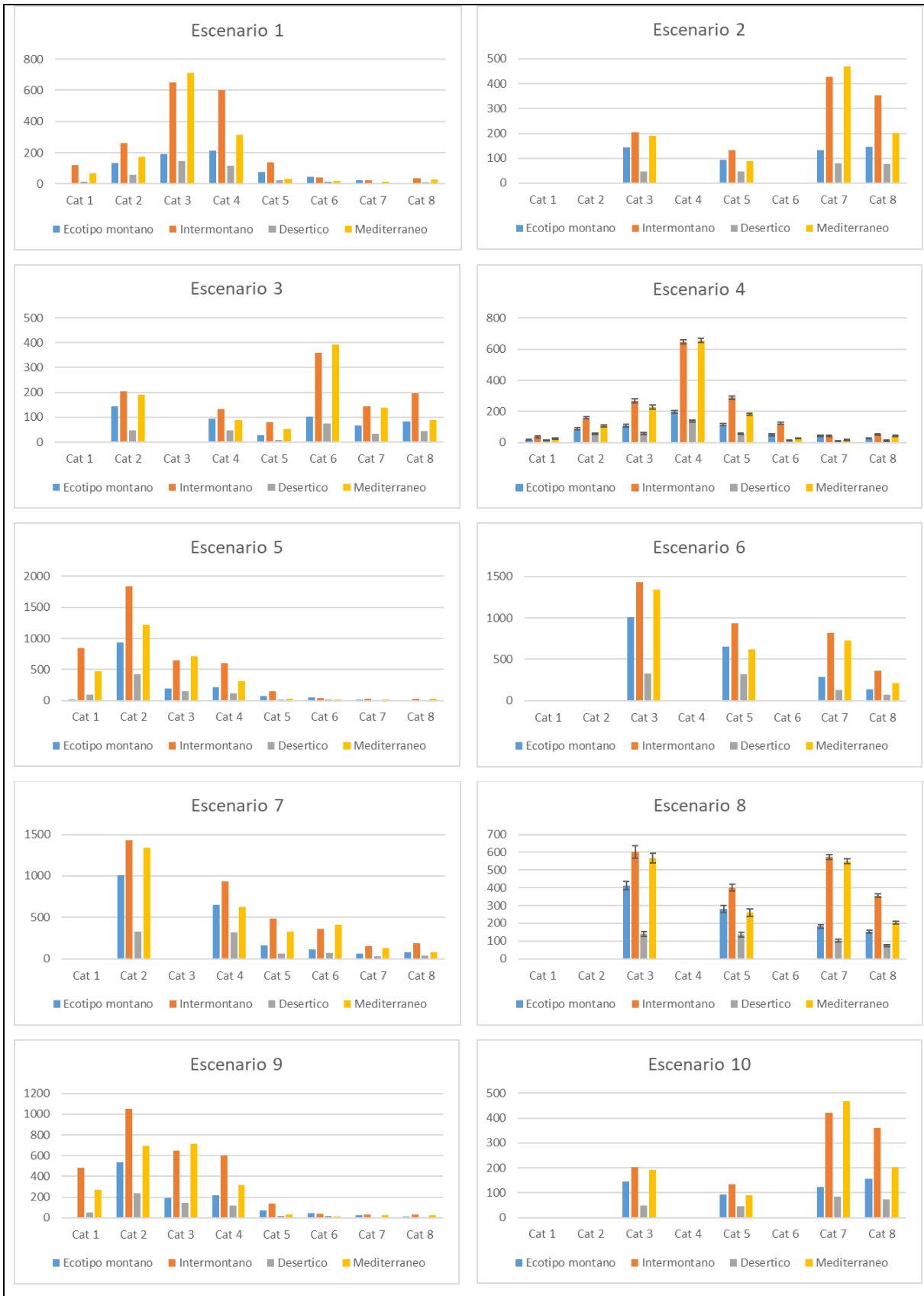




Figura 10. Estructura vertical para cada uno de los escenarios. Para cada escenario se tiene el número de individuos correspondiente a cada categoría para cada ecotipo. Eje de X = Número de individuos, eje de Y = Categoría.

Se pueden observar en los escenarios respecto a las estructuras verticales que no todos tienen individuos representados en todas las categorías. Es decir, hay categorías que al finalizar la simulación tienen 0 individuos. Los escenarios que poseen individuos en todas las categorías son el 1, 4, 5, 12, 13 y 16 mientras que los que no tienen individuos en todas las categorías son los escenarios 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14 y 15.

En cuanto a la biomasa total y aprovechable se obtuvieron los datos en kilogramos para cada uno de los escenarios de cada ecotipo. Los datos obtenidos se agruparon en escenarios determinísticos y escenarios con algún componente estocástico. A partir de las agrupaciones los datos se graficaron y se pueden observar en la figura 11.

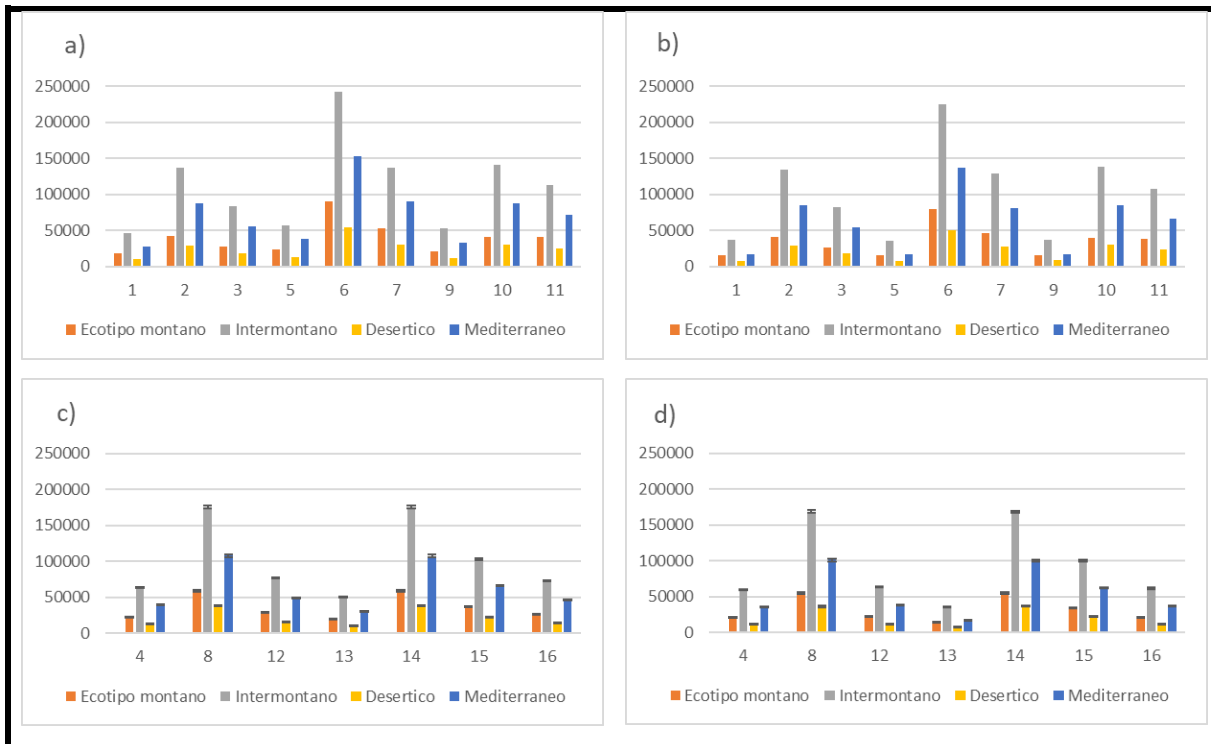


Figura 11. Representación gráfica de la biomasa total y la biomasa aprovechable para cada uno de los ecotipos después de tres ciclos de corta, la figura a) corresponde a la biomasa total de los escenarios deterministas, la figura b) corresponde a la biomasa aprovechable de los escenarios deterministas, la figura c) corresponde a la biomasa total de los escenarios con algún componente estocástico y la figura d) corresponde a la biomasa aprovechable de los escenarios con algún componente estocástico. Eje de X = Escenarios, eje de Y = Biomasa (Kg).

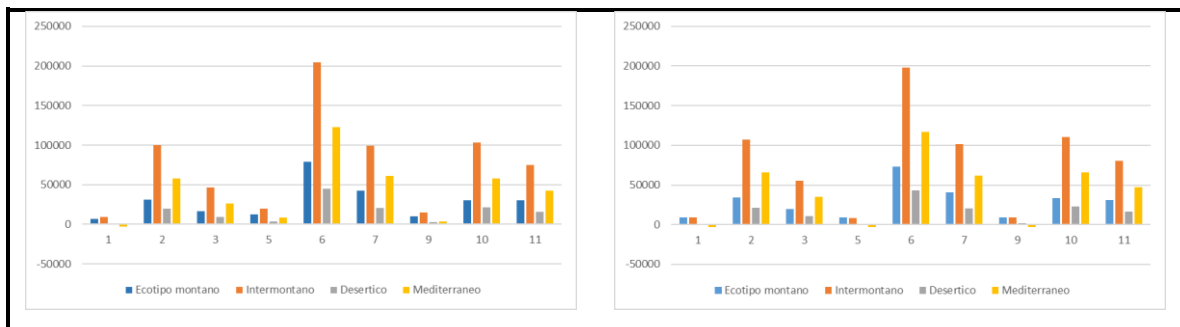
Se obtuvieron los porcentajes de biomasa aprovechable respecto a la biomasa total (anexo 2). De los datos obtenidos de todos los ecotipos se obtuvo que la mayor proporción entre la biomasa aprovechable y total fue de 98.65 % en los escenarios determinísticos y de 96.74 % con algún componente estocástico, sin embargo, los datos entre los escenarios estocásticos resultaron con una desviación estándar de 10.11 % y los datos entre los escenarios determinísticos 15.11 %. De manera más específica desglosando estos porcentajes a cada ecotipo se obtuvo que el ecotipo mediterráneo fue el que más varió con un 21.76 % de desviación estándar en los escenarios determinísticos y 13.46 % en los escenarios estocásticos. La menor variación (desviación estándar) la obtuvo el escenario montano con un 10.95 % en los escenarios determinísticos y un 7.07 % en los escenarios estocásticos.

También se calculó el número total de individuos en cada escenario para cada ecotipo (Anexo 3) puesto que es importante conocer el tamaño total de poblaciones para contrastar el dato con la estructura vertical. Por ejemplo, la estructura vertical a manera de porcentaje se puede mantener, aunque el número total de individuos está aumentando o disminuyendo. Un dato que si puede estar mejor ligado al número total de individuos es la biomasa total e incluso la biomasa aprovechable sin embargo esta última se ve más afectada por la composición de la estructura vertical.

### 8.3.3 Comparación de los escenarios iniciales con los escenarios finales

En cuanto las diferencias de biomasa, con excepción del ecotipo mediterráneo del escenario 1, se tiene que para todos los escenarios y todos los ecotipos se tiene una ganancia en la biomasa total (Figura 12). Esto responde a que es el escenario uno es el que tiene el menor crecimiento y el menor reclutamiento por lo cual se traduce en una pérdida de biomasa total.

En cuanto a las diferencias en la biomasa aprovechable se pueden observar pequeñas diferencias en cuanto a lo que sucedió con la biomasa total. El ecotipo mediterráneo es en el que hay una pérdida de biomasa respecto a las condiciones iniciales en los escenarios uno, cinco, nueve y trece, siendo el último de estos un escenario estocástico y los demás deterministas. Las pérdidas de biomasa aprovechable en estos escenarios oscilaron entre 2707.41 kilos el que menos perdió hasta 3145 kilos el que más perdió (escenario 1) (Figura 12).



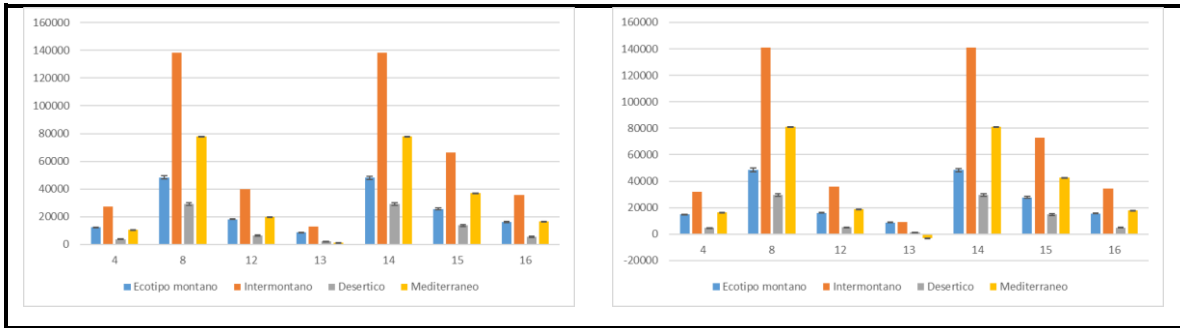


Figura 12. Representaciones gráficas de las diferencias entre la biomasa aprovechable y la biomasa total entre los valores de los escenarios iniciales y los escenarios finales. En la esquina superior izquierda se presenta esta diferencia en cuanto a la biomasa total y en la gráfica de la esquina superior derecha se presenta la diferencia en la biomasa aprovechable de los escenarios deterministas. En la esquina inferior izquierda se presenta la diferencia de la biomasa total y en la esquina inferior derecha la diferencia de la biomasa aprovechable. Eje de X = Escenarios, eje de Y = Biomasa (Kg).

Cabe resaltar que todos los escenarios que resultaron con diferencias negativas (escenario uno, cinco, nueve y trece) corresponden a escenarios que contienen la variable crecimiento con la característica crecimiento mínimo. Además, en estos escenarios en los otros ecotipos, a pesar de no haber una diferencia negativa entre las condiciones iniciales y las finales fueron los menores valores de ganancia de biomasa lo cual se puede observar en la figura 12. Los escenarios que secundan los menores valores en ganancia de biomasa son aquellos que tienen un reclutamiento mínimo.

Se generaron tablas con los datos referentes a la diferencia del número total de individuos (Anexo 4) y la diferencia entre el número de individuos por categoría (Anexo 5) con respecto al número total de individuos inicial, total y por categoría. De los 16 escenarios se obtuvo que en cinco escenarios (1, 2, 3, 4 y 10) la diferencia del número final de individuos respecto a las condiciones iniciales resultó negativo para todos ecotipos, es decir, hubo una pérdida de individuos respecto a las condiciones iniciales mientras que para los escenarios 8, 14 y 15 presentan pérdida de individuos solo en el ecotipo inter montano. En cuanto a las particularidades de cada categoría referente a la pérdida o ganancia de individuos para cada escenario en cada ecotipo para cada categoría se puede observar en el anexo 5.

## 9 Discusión

### 9.1 Simulación del modelo

Al ser el crecimiento y la salud forestal tan importantes para la industria de recursos forestales que debiera tener como objetivo crear un balance entre el inventario de recursos, el aprovechamiento y la demanda de mercado (Frayret, 2011) en este modelo se simuló el aprovechamiento de *Yucca schidigera* en términos de que pasa con la estructura vertical (número de individuos por categoría) y la biomasa (total y aprovechable) después de tres ciclos de corta. Con ello se puede evaluar la sustentabilidad del recurso (*Y. schidigera*) con base en su tasa de regeneración y su aprovechamiento (Frayret, 2011) asemejando a modelos predador – presa como los realizados por Lesins y Higuchi (2010) y Perissi *et al.* (2017) en donde en este caso el aprovechamiento es la “depredación” y la *Yucca schidigera* la presa.

En el modelo los datos iniciales que se utilizaron fueron los determinados por Sepúlveda (1994) y Castellón *et al.* (2002) los cuales se compararon con los datos generados para cada uno de los 16 escenarios por ecotipo en este trabajo. Lo que se esperaría en los escenarios generados si el aprovechamiento es sustentable es que el número de individuos por categoría, así como la biomasa total y aprovechable fueran iguales al inicio y al final de la simulación debido a que el ciclo de corte tiene que estar definido con base la recuperación del recurso. En el caso de obtenerse valores menores a las condiciones iniciales la interpretación que se le puede dar a ello es que, bajo el esquema actual de manejo, el recurso puede estarse sobre aprovechando si los valores obtenidos al final de la simulación son mayores significaría que existe la oportunidad de llevar a cabo un aprovechamiento más intensivo puesto que la tasa de la regeneración del recurso es mayor a la aprovechada.

Con la información generada fue posible contrastar cual es la diferencia entre el número total de individuos, el número de individuos en cada una de las categorías, la biomasa total y la biomasa aprovechable para cada uno de los ecotipos considerados entre los

respectivos escenarios iniciales y los escenarios obtenidos después de la simulación. De esta manera no solo se sabe si el número de individuos disminuyen o aumentan, sino que también se puede saber, como esto se está relacionando con la ganancia o pérdida de biomasa y la estructura vertical.

En el caso del número total de individuos se obtuvo que cinco de los 16 escenarios poseen menos individuos al final de la simulación en todos los ecotipos y tres escenarios más solo del ecotipo intermontano (Anexo 5). Sin embargo, aunque da una idea del “estado” del recurso esto no es un parámetro suficiente para determinar si está siendo sobre explotado o no puesto que también se tienen que considerar dos cosas aun más importantes, el número de individuos (aprovechables y no aprovechables) y la biomasa (total y aprovechable). Esto toma importancia debido a que para que el aprovechamiento sea sustentable se debe satisfacer la demanda del recurso a mediano y largo plazo (Frayret, 2011).

En la Figura 10 se puede observar el número total de individuos por categoría para cada escenario para cada uno de los ecotipos la cual se construyó a partir de la información contenida en el Anexo 4. Se decidió utilizar esta figura pues da una visión amplia de como está distribuido el número de individuos en las categorías, cual es la categoría que más está aportando al número de individuos además de que se puede observar el número total de individuos de las categorías 1, 2 y 3 las cuales son los individuos no aprovechables, y el número de individuos del resto de las categorías los cuales son los individuos aprovechables.

Sin embargo, como se mencionó en párrafos anteriores la información específica que se quiere conocer para evaluar la sustentabilidad en este recurso (*Y. schidigera*) es cuantos individuos de los existente, son aprovechables y cuanta biomasa representan con el fin de que se mantenga la productividad en el tiempo.

Para conocer a detalle cuantos de los individuos resultantes de la simulación son aprovechables se generó se generó la tabla contenida en el Anexo 1 y la información se contrastó con el porcentaje de individuos aprovechables con respecto al total de individuos en los parámetros iniciales los cuales corresponden a 21.5 %, 23% 21 % y 24 % para los

ecotipos montano, intermontano, mediterráneo y desérticos respectivamente. En todos los escenarios generados de los cuatro ecotipos el porcentaje de individuos aprovechables fue mayor a la inicial con excepción del escenario 5 en el ecotipo mediterráneo el cual resultó en un porcentaje de individuos aprovechables de 14.52 %. Esta comparación no corresponde a la comparación hecha con el número total de individuos con respecto a los escenarios iniciales y finales dando cuenta de lo anteriormente dicho de que el número total de individuos por si solo no nos dice como es la distribución del número de individuos aprovechables y el número de individuos no aprovechables puesto que las proporciones pueden ser variables en el tiempo.

Con respecto a la comparación entre la biomasa aprovechable de los escenarios generados con respecto a los escenarios iniciales se obtuvo que el ecotipo mediterráneo fue el único que perdió biomasa con respecto a las condiciones iniciales (escenarios 1, 5, 9 y 13) sin embargo, a pesar de no registrar pérdidas estos escenarios en los otros ecotipos tuvieron muy poca ganancia de biomasa aprovechable siendo los escenarios que bajo la legislación y el manejo actual están cerca de mantener la estabilidad. Sin embargo, en todos los demás la ganancia de biomasa aprovechable dista mucho de la inicial por lo que podrían estar siendo sobre aprovechados.

Con estos análisis producto de la información generada en este trabajo se pueden evaluar cuestiones como lo es la sustentabilidad o la oferta de biomasa que tendrá una hectárea dada en una cantidad de años. Sin embargo, es necesario contrastar esta información con la condición actual de las poblaciones para validar la información generada en el modelo o bien generar, ajustar o considerar información o elementos que no están siendo contemplados en el. Debido a ello se generó el modelo bajo este esquema en donde es posible replantearse las preguntas y poder generar distintos y nuevos escenarios para poder evaluar con mayor certeza las poblaciones de *Y. schidigera*.

## **9.2 Construcción de escenarios**

Existen distintos tipos de técnicas de modelación en las cuales se pueden construir

escenarios. Sin embargo, una de las grandes ventajas de la modelación basada en agentes y en específico de este modelo es la facilidad de generarlos. Con ello el modelo nos sirve como si fuera un laboratorio en donde se pueden explorar tanto escenarios probables como realidades concretas como se lleva a cabo en el modelo de Gimblett *et al.* (2002) el cual es capaz de simular comportamientos con base en datos reales como lo son el número de botes que transitan por el río, el número de personas y los lugares que visitan durante el trayecto de una manera determinista como también es capaz de simular bajo supuestos tales variables para estudiar qué pasaría si se dieran escenarios hipotéticos.

Este modelo se hizo pensando en que se pudiera usar como base para generar modelos derivados y crear extensiones que aborden y/o se le de peso a otras cuestiones lo cual se ha hecho por ejemplo con el modelo de Wilensky (2006) el cual se tomó como base para llevar a cabo el modelo planteado por Jan y Khaliq (2018). Por lo anterior el modelo se dotó para que tuviera la facultad de generar escenarios diferenciados según las necesidades del manejador y/o del o los beneficiados del aprovechamiento del recurso. Esta es una de las cosas que plantea Frayret (2011) del porque los MoBAs son tan adecuados para abordar problemas relacionados a recursos forestales con fines industriales argumentando que es necesario que contengan la posibilidad de evaluar bajo distintas perspectivas las problemáticas de este tipo de recursos, puesto que son fenómenos que involucran distintos elementos, no solo biológicos, sino también económicos y sociales.

Con este modelo tal como está y con el mismo objetivo, se pueden generar escenarios que prueben distintos porcentajes de aprovechamiento en los distintos ciclos de corta para evaluar cómo influye el porcentaje de aprovechamiento en los distintos ciclos de corta en la estructura vertical y en la biomasa. Esto se puede llevar a cabo puesto que el modelo contiene los deslizadores para poder cambiar fácilmente tales parámetros.

Ahora, con pequeñas modificaciones en el código se pueden incorporar cambios como en los cuatro ecotipos planteados como cambiar el número de colonias, el tamaño de la población, el número de individuos por colonia incluso la ecuación con la que se calcula la biomasa de los individuos. Esto por ejemplo en el caso de que se generen modelos de

cálculo de biomasa, es decir ecuaciones que determinen la biomasa, para un sitio en específico, de una población en específico se puede incorporar para poder generar escenarios de esas condiciones en específico de determinada población.

Con mayores modificaciones al código se pueden generar extensiones de este mismo modelo el cual aborde algún otro problema que haya relacionado al aprovechamiento de la yuca. Un ejemplo de una extensión que se pudiera llevar a cabo con respecto al modelo generado ello es que el recurso (*Y. schidigera*) al poseer un valor económico y tener un mercado manejado en dólares se pueden modelar las fluctuaciones en el tipo de cambio y su impacto en la demanda del recurso. Con esta u otras modificaciones se pueden involucrar elementos para poder estudiar y experimentar escenarios considerando un mayor componente económico.

### **9.2.1 Cultivos comerciales**

Además, la manera en la que está elaborado este modelo fue pensado para que también sea utilizable por aquellas personas interesadas en llevar a cabo cultivos comerciales. Como se mencionó anteriormente con pequeñas modificaciones al código del modelo se pueden cambiar los parámetros como el número de colonias, el número de individuos de cada colonia

y el número de individuos totales, así como la disposición de yucas en el ambiente de modelación. En este modelo las colonias de yuca se disponen aleatoriamente en el espacio, como se toma en cuenta en otros modelos la disposición en el espacio de los seres vivos (Lesins y Higuchi (2010); Gaudreau et al. (2016). Sin embargo, los cultivos generalmente están dispuestos de una manera ordenada en el espacio y esto es posible realizarlo utilizando este modelo como base.

La realización de cultivos comerciales es una recomendación recurrente en la literatura. Algunas de las cualidades de esta idea es que se pueden utilizar áreas de cultivo abandonadas lo cual además de generar ingresos reduciría la erosión del suelo de estas áreas (Castellón, 2003). Esto con la ventaja de que es una planta nativa adaptada a las condiciones áridas por lo que el costo de mantenimiento será reducido. Además, se promovería la generación de conocimiento sobre la autoecología de la especie reduciendo

la presión sobre el aprovechamiento de *Y. schidigera*.

Al verse incentivada y facilitada la obtención de datos debido a los cultivos comerciales y al existir relaciones cada vez más locales sobre la relación de la planta con el medio ambiente es posible controlar ciertas cuestiones para proporcionar las condiciones o tratamientos necesarios para poder obtener un resultado deseado. Los conocimientos generados pueden apoyar a llevar un mejor manejo respecto al aprovechamiento forestal de la especie. Un ejemplo de ello sería el generar condiciones para mantener escenarios de mayor acumulación de biomasa y una mayor intensidad en el aprovechamiento experimentando con el modelo cuales son los resultados óptimos probando, distintos ciclos de corta y distintos porcentajes de aprovechamiento, por ejemplo.

### **9.3 Ventajas del uso del software y su construcción con base en la MoBA**

Con respecto al programa que se eligió para realizar este modelo (Netlogo) posee características que lo hacen ser un buen programa para los fines de este trabajo pues provee algunas ventajas respecto a otros softwares. Primeramente, es que es un programa diseñado para la simulación de fenómenos ambientales y sociales (Wilensky, 1999), pudiendo abordar ambos fenómenos en un mismo programa, los cuales son elementos que poseen per se el manejo de recursos y en particular el manejo de recursos forestales (Frayret, 2011). Por otro lado, al ser de software libre cualquier persona lo puede utilizar y puede tener acceso para su uso, modificación y adaptación del modelo a distintas problemáticas relacionadas al manejo de *Y. schidigera*.

El hecho de que el modelo esté construido bajo la modelación basada en agentes le provee per se características adecuadas para abordar el manejo de recursos forestales como es el caso de la planta *Y. schidigera*. Estas características son principalmente, la posibilidad de representar seres vivos, su organización y sus funciones, se puede representar la heterogeneidad de comportamientos observados de los sistemas naturales, económicos y sociales, es posible representar el modelo en un espacio ya sea geográfico o computacional,

además de ser posible representar interacciones entre los agentes y el espacio (Wilensky y Rand, 2015; Frayret, 2011).

El modelo realizado tiene la facultad de servir como guía y llevar a cabo prospecciones a partir de supuestos sobre cómo se podría comportar una variable a partir de información existente y permite dilucidar que tipo de información es necesaria generar para evaluar algún propósito de manejo emergente puesto que se llevó a cabo desde la visión de un modelo adaptativo lo cual sustenta Marín y Delgado (1997) para poder abordar la sustentabilidad en los recursos naturales.

Para el aprovechamiento de *Y. schidigera* ya se han elaborados criterios para evaluar y tomar medidas respecto a su sustentabilidad. Tal es el caso de Castellón (2003) que propone un modelo de manejo basado en 15 criterios técnicos, biológicos y socioeconómicos. Sin embargo, el modelo planteado por Castellón evalúa la sustentabilidad en un momento del tiempo además de que la posible generación de escenarios a partir de su modelo sería tardada simplemente por la capacidad matemática que tiene una modelo computacional aunada a la facilidad de experimentación por un menor costo en tiempo y dinero.

## **9.4 Consideraciones del modelo**

### **9.4.1 El concepto de ecotipo**

El concepto de ecotipo utilizado en los trabajos anteriores es un buen acercamiento para señalar la heterogeneidad que existe en la productividad de *Yucca schidigera* a lo largo de su área de distribución en Baja California. Sin embargo, para diferenciar un ecotipo es necesario tener la certeza de que se tienen poblaciones genéticamente diferenciadas, y que a su vez esos genes, estén generando una adaptación fisiológica particular que le permita, la resistencia y/o tolerancia a las temperaturas extremas y/o al déficit hídrico que es el principal factor que afecta a la productividad (Sepúlveda, 1994; Castellón *et al.*, 2002; Castellón, 2003). Para no abordar este tipo de problema de si es una población genéticamente diferenciada se recomienda establecer simplemente relaciones estadísticas

entre las características del ambiente con la productividad reportada en los estudios técnico-justificativos.

Hoy en día existen múltiples plataformas en donde se puede descargar información espacial – ambiental de manera gratuita. Los raster o “imágenes raster” son un formato en el que se puede descargar información espacial y se pueden obtener de estas plataformas. Se pueden encontrar con información sobre numerosas variables y a distintas resoluciones por lo cual tienes una buena gama de opciones para elegir según sea el problema al que lo quieres aplicar. La plataforma Worldclim es una de estas plataformas con la particularidad de que es información que es generada con la finalidad de obtener variables ambientales de importancia biológica. Esta información es utilizada frecuentemente en la elaboración de modelos de distribución y técnicas relacionadas de modelado ecológico.

Una de las ventajas de que el modelo se haga con base en esta relación es que deja abierta la posibilidad de buscar relaciones ambientales con la productividad a medida que va aumentando la tecnología y se facilita el acceso a información con nuevas variables y/o con una mayor resolución. Sobre todo, en el caso del desarrollo tecnológico que existe con relación a la sensoria remota como los son el uso de drones y satélites los cuales se vuelven cada vez más específicos para una tarea en concreto. Esto hace posible buscar relaciones estadísticas para poder entender cada vez mejor el comportamiento de una variable de un recurso, en este caso, la palmilla.

Otra sugerencia para ligar el sistema inherente al aprovechamiento de yuca al espacio sería el hecho de llevar a cabo la organización de la información existente en los estudios técnico-justificativos, en ellos, viene al menos la información de la productividad y los predios a los que corresponde tal información los cuales están geo-referidos. Esto sería de manera similar a lo que llevó a cabo Eaton (2016) en su trabajo el cual realizó un modelo espacialmente explícito generando la información de las especies utilizadas en su modelo a partir de la información existente, definió las condiciones (hábitat) de los organismos utilizados, generó los mapas de uso de suelo y los relacionó espacialmente lo cual sirvió como base para la generación de su modelo.

#### **9.4.2 El concepto de hectárea tipo**

Hay numerosas variables que están interactuando a distintas escalas que influyen en la variable de estado. Se eligió trabajar con la hectárea tipo debido a que es la escala a la cual está generada la mayor parte de la información existente alrededor del aprovechamiento de *Yucca schidigera* puesto que el manejo de esta especie se lleva con base a este concepto. Eso es prácticamente lo mismo que sucede con otros recursos forestales se evalúan a partir de los cálculos de biomasa y el número de individuos existentes para poder establecer el volumen de extracción (Pozo *et al.* 2002; Mejía y Pacheco, 2013)

A pesar de que haya una tradición en la utilización de este concepto reglas en cuanto con cual variable representar la hectárea tipo puesto que puede ser descrita mediante volumen, número de individuos, estructura diamétrica e incremento). En el caso de los documentos técnico – justificativos los cuales llevan a cabo los técnicos forestales la manera en la que la mayoría de ellos definen la hectárea tipo es mediante el número de individuos aprovechables y no aprovechable y el peso que corresponde a cada uno de ellos.

En el caso del manejo de *Y. schidigera* existe la recomendación que se debe tomar la colonia tipo como base para el manejo puesto que de esta manera se puede tener una representación con base en la especie y no con base en una unidad de área. Par abordar esto, en este trabajo es considerada la colonia tipo como base, aunque sigue siendo representada dentro de una hectárea tipo por lo cual el ambiente de simulación está representado en un conjunto de celdas de coordenadas X, Y adimensionales puesto que el modelo no es espacialmente explícito (Eaton, 20016).

#### **9.4.3 Crecimiento y definición de los individuos aprovechables**

En el modelo se considera el crecimiento en altura y el diámetro de *Y. schidigera* a partir de la información generada por Sepúlveda (1994). Sin embargo, esta información está generada con base a la información medida en valles altos que es donde se elaboró el

estudio de Sepúlveda (1994). Esto impone una limitación puesto que se esperaría que cambiara la tasa de crecimiento en plantas con distinta localización geográfica. Debido a ello en el modelo se evaluaron distintas tasas de crecimiento dentro del rango de la información conocida para poder saber cual sería la influencia de esta variable en cuatro condiciones y así conocer los resultados de la biomasa tota, aprovechable y la estructura vertical asumiendo el crecimiento óptimo, el crecimiento promedio, el crecimiento máximo y un crecimiento aleatorio para conocer que puede pasar en dado caso de que la población se comporte de determinada manera.

Con respecto a los individuos aprovechables se tiene determinado con base en la NOM-005 que la madurez de cosecha se determina cuando las colonias tengan individuos desprovistos de hojas verdes en un 80% de su longitud. En el modelo se consideran como individuos aprovechables, es decir, con madurez de cosecha, a aquellos tallos que midan más de 150 cm de altura. Esto se justifica debido a que los estudios técnico-justificativos analizaron coinciden en contemplar los individuos aprovechables a aquellos que midan más de esta altura además con el respaldo de la relación encontrada por Sepúlveda (1994) en general los tallos de esta talla ya cumplen con la condición establecida en la NOM-005.

#### **9.4.4 Aparición de nuevas colonias y reproducción sexual**

En el modelo no se considera la reproducción sexual puesto que se sabe por los trabajos de Cano (1997) y Carranza (1997) que hay un aporte prácticamente nulo de nuevos individuos a la población bajo esta forma de reproducción. Sin embargo, en la realidad, incidentalmente se pueden encontrar individuos aislados que debieron haberse establecido bajo cualquiera de las dos formas de reproducción, aunque al no tener datos de en qué proporción sucede esto se decidió no contemplar en el modelo.

Al no haber datos reales de diferencias geográficas, ambientales o por ecotipos en la cantidad de individuos que se reclutan a las colonias después del aprovechamiento en este modelo se crearon escenarios los escenarios asumiendo cuatro tipos de condiciones dentro de un rango conocido del cual se tiene el dato de esta variable.

Está reportado que el aprovechamiento de palmilla produce un reclutamiento de uno a siete individuos (Sepúlveda, 1994) sin embargo se desconoce si hay diferencias geográficas o según el tipo de ambiente sobre esta característica. Por ello en el modelo se simuló el reclutamiento de esta variable con un reclutamiento mínimo, máximo, promedio y aleatorio dentro del rango conocido para conocer la influencia de esta variable con respecto a la biomasa total, aprovechable y la estructura vertical. Si se tuviera información específica de como se comporta esta variable se pudiera ligar a un ecotipo o bien a un espacio geográfico, al no existir, se toma en cuenta el comportamiento de esta variable dentro del rango conocido de reclutamiento.

## **10 Recomendaciones de manejo**

Es necesaria la creación de una base de datos sistemática de preferencia dentro de algún sistema de información geográfica, de los datos contenidos en los estudios técnico-justificativos considerando: Estructura vertical de la colonia tipo (rangos de altura), la estructura horizontal de la colonia tipo (número de tallos por colonia, número de colonias por hectárea) y la productividad (biomasa) para poder llevar a cabo la creación de un modelo espacialmente explícito así como determinar ecuaciones para predecir biomasa desde un enfoque totalmente geográfico. Así se pueden considerar y tener disponible siempre información espacial y temporal para alimentar este u otro modelo y poder hacer predicciones y prospecciones más precisas.

Es necesario satisfacer la demanda manteniendo la oferta de *Yucca schidigera* en el tiempo, sobre todo en escenarios similares a los modelados en donde hay pérdida de individuos o de biomasa después de tres ciclos de corte. Por ello, se debe explorar el aprovechamiento mediante cultivos comerciales como lo sugiere la literatura. Esto como alternativa para mantener o aumentar la producción de *Y. schidigera* en el estado. Esto puede traer como ventaja un aumento en la información de la biología y ecología de la especie, un aprovechamiento de espacios agrícolas abandonados y satisfacer tal demanda. El modelo

puede implementar la información generada además que funciona para determinar volúmenes bajo el esquema de una especie de cultivo comercial.

Aunque el valor en el mercado de *Y. schidigera* y su relación con el impacto que esto pueda tener en el comportamiento de las personas sea difícil de cuantificar es algo que se debe considerar en el manejo pues es el motor que mueve la industria del aprovechamiento de este recurso. Esto puede tener implicaciones pues mayor demanda tiene como consecuencia mayor interés en la extracción lo cual puede desencadenar en comportamientos fuera de lo estipulado lo que a su vez podría dañar el balance entre la extracción y la regeneración de la masa forestal. Lo anterior es necesario incorporarlo con una extensión del modelo.

Gran parte de los escenarios resultaron con un aumento en la biomasa y en el número de individuos total. Por ello sería recomendable hacer un análisis a mayor profundidad para evaluar la posibilidad de tener un aprovechamiento más intensivo en aquellos escenarios que lo permiten. Este análisis profundo se refiere a se podría hacer uso del modelo tal como está o con algunas modificaciones, para evaluar otras variables y su impacto en la productividad de *Y. schidigera*. En especial en la biomasa total, la biomasa aprovechable y el número de colonias, de individuos totales y por categoría.

## **11 Conclusiones**

El modelo funciona para los fines para lo que se construyó y responde satisfactoriamente cuanta biomasa de *Yucca schidigera* en un tiempo determinado según sus sea el ecotipo además de dar cuenta de la estructura vertical de la población modelada.

El modelo considera recomendaciones de manejo que se han dado en otros trabajos respecto a la especie. Considera el tamaño de población, la estructura vertical, el número de tallos por colonia, el número de colonias por hectárea y la producción con relación a las variables ambientales (ecotipo).

La utilización de tecnologías de la información como lo son el uso de programas de modelación y el uso de sistemas de información geográfica son una excelente opción para abordar los problemas de manejo como lo es el aprovechamiento de los recursos. El uso del modelo permite evaluar decisiones de manejo en un menor tiempo y con un bajo costo económico.

El programa Netlogo resultó ser una excelente opción para modelar el sistema entorno al aprovechamiento de *Yucca schidigera*. El utilizar este programa le confiere un atributo especial debido a que es de software libre le confiere al modelo la capacidad de replicar, modificar o bien utilizarlo por cualquier persona que tenga acceso a una computadora. Esto hace que se pueda adaptar el modelo para utilizarlo como base para generar modelos basados en agentes con otros recursos forestales o bien darle nuevos enfoques según sea lo que se quiere representar. Además de que, si este modelo se implementase, no generaría costos extra por el uso de softwares con licencias comerciales.

Es posible usar el modelo para evaluar otras variables y con parámetros de modelados distintos a los utilizados en este trabajo. Es posible realizar pequeñas modificaciones al código para poder cambiar variables o relaciones entre variables para poder llevar a cabo una mayor cantidad de análisis utilizando el modelo como base.

El concebir la relación ambiental con atributos como la productividad, el tamaño de las poblaciones y el número de individuos por categoría en el manejo de la *Y. schidigera* es conveniente puesto que es congruente con la información generada en los estudios técnico-justificativos. Sin embargo, hace falta generar relaciones específicas de parámetros ambientales

La estructura vertical resultó ser muy variable entre los escenarios generados. La gran variabilidad refleja el grado de posibilidades que nos da el experimentar con tan solo dos variables. En la mayoría de los escenarios el número total de individuos aumentó.

La biomasa total y aprovechable aumentó en la mayoría de los escenarios. Esto apunta que bajo los escenarios generados el recurso es sostenible. Sin embargo, es necesario llevar a cabo distintos tipos de experimentos principalmente con respecto al porcentaje de aprovechamiento y los ciclos de corta.

## 12 Bibliografía

Babin-Fenske, J. y Anand, M. (2011). Agent-based simulation of effects of stress on forest tent caterpillar (*Malacosoma disstria* Hübner) population dynamics. *Ecological modelling*, 222(14), 2561-2569.

Barreteau O. y Bousquet F. (2000) “SHADOC: a multi-agent model to tackle the viability of irrigated systems”, *Annals of Operations Research*. 94: 139-162.

Becu N., Perez P., Barreteau O. y Walker A. (2002). How bad isn't the agent-based model CATCHSCAPE? in: A. E. Rizzoli and A. J. Jakeman, (Eds). *Integrated Assessment and Decision Support - proceedings of the 1st Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society*, vol. 2. SEA, Como.

Bertalanffy, L. V. (1976). *Teoría general de los sistemas*. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica. Pp. 1-9, 30- 53, 54-56 y 204-207.

Bousquet, F., Cambier, C., & Morand, P. (1994). Distributed artificial intelligence and object-oriented modelling of a fishery. *Mathematical and computer modelling*, 20(8), 97-107.

Cano, C, A (1997). *Productividad de fitomasa aérea aprovechable y su efecto en la capacidad sexual de Yucca schidigera K.E. Ortgies, en Baja California (tesis de maestría)*. UABC. Ensenada B. C. México.

Cardoso, C., Bert, F. y Podestá, G. (2011). *Modelos Basados en Agentes (MBA): definición, alcances y limitaciones*. *Landuse, biofuels and rural development in the La Plata Basin*, 1–14.

Carranza, R, A (1997). *Caracterización Ecológico-Silvícola de poblaciones de Yucca schidigera K.E. Ortgies con potencial de aprovechamiento en Baja California (tesis de maestría)*. UABC. Ensenada B. C. México.

Castellón, J. J. (2003). Modelo para el manejo sostenido de los recursos forestales no maderables: Estudio de caso *Yucca schidigera* Roezl ex Ortigies en Baja California (tesis de doctorado). UNAM. Mexico, D. F.

Downing, T. E., Moss, S. y PahlWostl. C. (2001) Understanding climate policy using participatory agent-based social simulation, in: S. Moss and P. Davidsson, (Eds). Multi-Agent-Based Simulation. Springer Verlag, New York.

Eaton, B, R (2016). Fragmentación y corredores biológicos en el noroeste de Baja California (tesis de Doctorado). CISESE. Ensenada B.C México.

Filatova, T., Parker, D., & Van Der Veen, A. (2009). Agent-Based Urban Land Markets: Agent Pricing Behavior, Land Prices and Urban Land Use Change. *Simulation*, 12(1), 3. <https://doi.org/3>

Frank, B. M., Piccolo, J. J. y Baret, P. V. (2011). A review of ecological models for brown trout: towards a new demogenetic model. *Ecology of Freshwater Fish*, 20(2), 167-198.

Frayret, J. M. (2011). Multi-Agent System applications in the forest products industry. *Journal of Science & Technology for Forest Products and Processes*, 1(2), 15-29.

Gaudreau, J., Perez, L. y Drapeau, P. (2016). BorealFireSim: A GIS-based cellular automata model of wildfires for the boreal forest of Quebec in a climate change paradigm. *Ecological informatics*, 32, 12-27.

Gilbert, N. (2008). *Agent-Based Models*. SAGE Publications, 153(153), 98. <https://doi.org/10.4135/9781412983259>.

Gimblett, R., Roberts, C.A., Daniel, T.C., Ratliff, M., Meitner, M.J., Cherry, S., Stallman, D., Bogle, R., Allred, R., Kilbourne, D. y Bieri. J. (2002) An Intelligent Agent-Based Model for Simulating and Evaluating River Trip Scenerios along the Colorado River in Grand Canyon National Park., in: R. Gimblett, (Ed) *Integrating Geographic Information Systems and Agent-based Modeling Techniques for Understanding Social and Ecological Processes*. Oxford Press y Sante Fe Institute, Sante Fe.

Grant, W. E., Pedersen, E. K., y Marín, S. L. (2001). *Ecología y manejo de recursos naturales: análisis de sistemas y simulación* (Vol. 96). Iica.

Hare, M., y Deadman, P. (2004). Further towards a taxonomy of agent-based simulation models in environmental management. *Mathematics and computers in simulation*, 64(1), 25-40.

Izquierdo, L. R., Galán, J. M., Santos, J. I., y Del Olmo, R. (2008). Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *EMPIRIA. Revista de Metodología de las Ciencias Sociales*, (16).

Jan, S. U. y Khaliq, F. (2018). An Improved Forest Fire Alerting System Using Wireless Sensor Network. *Advances in Networks*, 6(1), 21-39.

Janson, C. H. (2000). Spatial movement strategies: Theory, evidence, and challenges. *On the move. How and why animals travel in groups*.

Lansing, J.S. y Kremer, J.N. (1994). Emergent properties of Balinese water temple networks: Coadaptation on a rugged fitness landscape, in: C. Langton, (Ed). *Artificial Life III*. Addison-Wesley, New York.

Le, Q. B., Park, S. J. y Vlek, P. L. G. (2010). Land Use Dynamic Simulator (LUDAS): A multi-agent system model for simulating spatio-temporal dynamics of coupled human-landscape system. 2. Scenario-based application for impact assessment of land-use policies. *Ecological Informatics*, 5(3), 203–221. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2010.02.001>

Lesins, G. y Higuchi, K. (2010). Agent based modelling of caribou environmental interactions in the Canadian arctic.

Lozada, J. (2007). Situación actual y perspectivas del manejo de recursos forestales en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 51(2), 195-218.

Maass, M. (2003). Principios generales sobre manejo de ecosistemas. Sánchez, O., E. vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. *Conservación de ecosistemas templados de montaña de México*. SEMARNAT/US Fish y Wildlife Service, UNAM, CONABIO, México.

Malcai, O., Biham, O., Richmond, P., y Solomon, S. (2002). Theoretical analysis and simulations of the generalized Lotka-Volterra model. *Physical Review E*, 66(3), 031102.

- Marín, V. y Delgado, L. (1997). Manejo ecosistémico de los recursos naturales. *Ambiente y desarrollo*, 13(2), 70-76.
- Matthews, R., Gilbert, N., Roach, A., Polhill, G., & Gotts, N. (2007). Agent-based land-use models: a review of. *Landscape Ecology*, 22.10, 1447–1459.
- Mejía, E. y Pacheco, P. (2013). Aprovechamiento forestal y mercados de la madera en la Amazonía Ecuatoriana (Vol. 97). CIFOR.
- Niazi, M. A., Siddique, Q., Hussain, A., y Kolberg, M. (2010). Verification y validation of an agent-based forest fire simulation model. In *Proceedings of the 2010 Spring Simulation Multiconference* (p. 1). Society for Computer Simulation International.
- Parker, D. C., Manson, S. M., Janssen, M. A., Hoffmann, M. J. y Deadman, P. (2003). Multi-agent systems for the simulation of land-use and land-cover change: A review. *Annals of the Association of American Geographers*, 93(2), 314–337. <https://doi.org/10.1111/1467-8306.9302004>
- Perissi, I., Bardi, U., El Asmar, T., y Lavacchi, A. (2017). Dynamic patterns of overexploitation in fisheries. *Ecological modelling*, 359, 285-292.
- Pozo, P. L. L. M., Huerta, G., Andenmaten, E., y Letourneau, F. (2002). Rentabilidad de la forestación con pino ponderosa (*Pinus ponderosa* (Dougl.) Laws) en el noroeste de la Patagonia, Argentina. *Bosque*, 23(1), 21-35.
- Robinson, D. T., Brown, D. G., Parker, D. C., Schreinemachers, P., Janssen, M. A., Huigen, M. y Berger, T. (2007). Comparison of empirical methods for building agent-based models in land use science. *Journal of Land Use Science*, 2(1), 31-55.
- Robinson, D. T., Brown, D. G. y Parker, D. C. (2007). Comparison of empirical methods for building agent-based models in land use science. *Journal of Land Use Science*, 2(1), 31–55. <https://doi.org/10.1080/17474230701201349>
- Rodríguez, L. G., y Roggero, P. (2015). Modelos basados en agentes: aportes epistemológicos y teóricos para la investigación social. *Revista Mexicana de Ciencias y Políticas Sociales*, (2013), 227–261.

SEMARNAT. (s/f). BADESNIARN\_ Por entidad federativa. Consultado el 31 de mayo del 2018 en:

[http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIAPP\\_app=dgeia\\_mce&IBIF\\_ex=reportes\\_entidad&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce&NOMBREENTIDAD=Baja+California](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIAPP_app=dgeia_mce&IBIF_ex=reportes_entidad&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=Baja+California)

Sepúlveda, J. I. (1994). La palmilla *Yucca schidigera* en Baja California. Secretaría de agricultura y recursos hidráulicos. Instituto nacional de investigaciones forestales y agropecuarias. Ensenada, Baja california, México.

Testa, S. (2007). Plan estratégico de desarrollo sostenible en red para Roraima (Brasil).

Valbuena, D., Verburg, P. H., Bregt, A. K., y Ligtenberg, A. (2010). An agent-based approach to model land-use change at a regional scale. *Landscape Ecology*, 25(2), 185–199. <https://doi.org/10.1007/s10980-009-9380-6>

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

Wilensky, U. (2006). NetLogo Fire Simple model. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/FireSimple>. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern Institute on Complex Systems, Northwestern University, Evanston, IL.

Wilensky, U., & Rand, W. (2015). An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social, and engineered complex systems with NetLogo. MIT Press.

## 13 Anexos

### 13.1 Anexo 1

Número y porcentajes de individuos aprovechables y no aprovechables para cada uno de los escenarios generados en cada uno de los ecotipos.

**Montano**

**Intermontano**

Escenarios	Aprov	No aprov	% aprov	Aprov	No aprov	%
1	365	133	73.2931727	840	263	76.1559383
2	372	144	72.0930233	913	204	81.736795
3	372	144	72.0930233	913	204	81.736795
4	427.96	211.56	66.9189392	1152	458.88	71.5137068
5	365	1135	24.3333333	840	3339	20.1005025
6	1071	1008	51.5151515	2113	1428	59.6724089
7	1071	1008	51.5151515	2113	1428	59.6724089
8	615.16	412.72	59.847453	1329.4	602.86	68.800265
9	365	730	33.3333333	1419	2187	39.3510815
10	372	144	72.0930233	913	204	81.736795
11	740	576	56.231003	1536	816	65.3061224
12	477.36	743.22	39.1092759	1287.72	1493.42	46.3018762
13	365	599.1	37.8591432	840	1798.28	31.8389254
14	612.78	417.52	59.4758808	1329.2	614.06	68.4005228
15	613.56	408.02	60.0599072	1326.92	612.9	68.4042849
16	458.94	560.22	45.0312022	1238	1152.24	51.7939621

Escenarios	Desértico			Mediterráneo		
	Aprov	No aprov	%	Aprov	No aprov	%
1	171	60	74.025974	408	174	70.1030928
2	203	47	81.2	760	191	79.915878
3	203	47	81.2	760	191	79.915878
4	227.92	124.94	64.5921895	922.82	358.1	72.0435312
5	171	656	20.6771463	408	2401	14.5247419
6	527	329	61.5654206	1564	1337	53.912444
7	527	329	61.5654206	1564	1337	53.912444
8	314.32	140.08	69.1725352	1012.22	567.84	64.0621242
9	171	437	28.125	408	1678	19.5589645
10	203	47	81.2	760	191	79.915878
11	372	188	66.4285714	1143	764	59.9370739
12	244.16	422.9	36.6024046	1014.9	1053.68	49.062642
13	171	361.68	32.1018247	408	1442.46	22.0485717
14	312.76	140.02	69.0754892	1016	565.5	64.2428075
15	316.94	137.82	69.6939045	1014.94	574.98	63.8359163
16	236.28	324.98	42.0981363	979.08	825.12	54.266711

### 13.2 Anexo 2

Porcentaje de biomasa aprovechable respecto a la biomasa total para cada uno de los ecotipos.

Escenarios	Montano	Intermontano	Desértico	Mediterráneo
1	83.5176281	79.0579967	77.9153884	60.7946952

2	96.3354038	98.3013198	98.1010803	97.4314628
3	96.679724	98.6557709	98.4712258	97.5002947
5	65.1760607	62.3798212	64.476056	43.3443534
6	88.0368456	93.2786611	92.7956462	89.6559885
7	88.1529002	94.257494	93.4599884	89.2540216
9	73.3611495	70.2188012	71.8255453	51.1055727
10	96.2756053	98.346459	98.1948001	97.4292876
11	91.2886972	96.0045706	95.4353592	92.2682685

Escenarios	Montano	Intermontano	Desértico	Mediterráneo
4	91.1620044	92.1908008	90.6474588	89.0258497
8	92.5054032	96.0321491	95.6919873	93.8143745
12	77.3100365	82.0131548	78.2041046	77.0362526
13	76.4213196	72.8065569	73.8975095	53.9806336
14	92.5969619	96.0264023	95.7531916	93.7189964
15	93.0062782	96.7430235	96.3540776	93.8260015
16	81.297342	85.035967	81.9112234	80.5404487

### 13.3 Anexo 3

Número total de individuos en cada escenario en cada uno de los ecotipos resultantes de la simulación.

Escenarios	Montano	Intermontano	Desértico	Mediterráneo
Escenario 1	690	1875	389	1363
Escenario 2	516	1117	250	951
Escenario 3	516	1117	250	951
Escenario 4	639.52	1610.88	352.86	1280.92
Escenario 5	1500	4179	827	2809
Escenario 6	2079	3541	856	2901
Escenario 7	2079	3541	856	2901
Escenario 8	1027.88	1932.26	454.4	1580.06
Escenario 9	1095	3027	608	2086
Escenario 10	516	1117	250	951
Escenario 11	1316	2352	560	1907
Escenario 12	1220.58	2781.14	667.06	2068.58
Escenario 13	964.1	2638.28	532.68	1850.46
Escenario 14	1030.3	1943.26	452.78	1581.5
Escenario 15	1021.58	1939.82	454.76	1589.92
Escenario 16	1019.16	2390.24	561.26	1804.2

### 13.4 Anexo 4

Número total de individuos para cada escenario y cada ecotipo

<b>Número total de individuos por escenario diferencia inicial - final</b>				
	<b>Ecotipos</b>			
<b>Escenario</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Escenario 1</b>	-5	-143	-25	-69
<b>Escenario 2</b>	-179	-901	-164	-481
<b>Escenario 3</b>	-179	-901	-164	-481
<b>Escenario 4</b>	-55.48	-407.12	-61.14	-151.08
<b>Escenario 5</b>	805	2161	413	1377
<b>Escenario 6</b>	1384	1523	442	1469
<b>Escenario 7</b>	1384	1523	442	1469
<b>Escenario 8</b>	332.88	-85.74	40.4	148.06
<b>Escenario 9</b>	400	1009	194	654
<b>Escenario 10</b>	-179	-901	-164	-481
<b>Escenario 11</b>	621	334	146	475
<b>Escenario 12</b>	525.58	763.14	253.06	636.58
<b>Escenario 13</b>	269.1	620.28	118.68	418.46
<b>Escenario 14</b>	335.3	-74.74	38.78	149.5
<b>Escenario 15</b>	326.58	-78.18	40.76	157.92
<b>Escenario 16</b>	324.16	372.24	147.26	372.2

### 13.5 Anexo 5

Diferencias de número de individuos de cada categoría para cada ecotipo respecto a las condiciones iniciales y finales

<b>Escenario 1</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-188	-530	-132	-647
<b>Cat 2</b>	-82	-337	-58	-141
<b>Cat 3</b>	50	348	94	614
<b>Cat 4</b>	129	394	81	227
<b>Cat 5</b>	30	5	-4	-44
<b>Cat 6</b>	36	-32	-6	-51
<b>Cat 7</b>	17	-9	1	-28
<b>Cat 8</b>	3	18	-1	1

<b>Escenario 2</b>				
--------------------	--	--	--	--

<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-190	-651	-145	-714
<b>Cat 2</b>	-215	-600	-118	-315
<b>Cat 3</b>	4	-99	-4	91
<b>Cat 4</b>	-86	-206	-37	-88
<b>Cat 5</b>	48	0	18	14
<b>Cat 6</b>	-9	-73	-19	-69
<b>Cat 7</b>	125	396	74	427
<b>Cat 8</b>	144	332	67	173

<b>Escenario 3</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-190	-651	-145	-714
<b>Cat 2</b>	-71	-396	-71	-124
<b>Cat 3</b>	-140	-303	-51	-100
<b>Cat 4</b>	7	-73	9	1
<b>Cat 5</b>	-17	-53	-20	-22
<b>Cat 6</b>	93	287	55	322
<b>Cat 7</b>	60	111	26	95
<b>Cat 8</b>	79	177	33	61

<b>Escenario 4</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-173.32	-615.62	-132.32	-689.08
<b>Cat 2</b>	-127.1	-442.68	-63.72	-208.66
<b>Cat 3</b>	-33.02	-36.82	6.98	126.84
<b>Cat 4</b>	110.8	442.32	101.62	569.24
<b>Cat 5</b>	69.24	155.8	26.42	106.22
<b>Cat 6</b>	40.66	49.88	-4.76	-42.32
<b>Cat 7</b>	34.08	8.9	3.6	-26.94
<b>Cat 8</b>	23.18	31.1	1.04	13.62

<b>Escenario 5</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-176	196	-54	-245
<b>Cat 2</b>	716	1241	302	903
<b>Cat 3</b>	50	348	94	614
<b>Cat 4</b>	129	394	81	227
<b>Cat 5</b>	27	16	-11	-43
<b>Cat 6</b>	41	-39	-3	-52

<b>Cat 7</b>	13	-8	4	-26
<b>Cat 8</b>	5	13	0	-1

<b>Escenario 6</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-190	-651	-145	-714
<b>Cat 2</b>	-215	-600	-118	-315
<b>Cat 3</b>	868	1125	278	1237
<b>Cat 4</b>	-86	-206	-37	-88
<b>Cat 5</b>	606	798	294	548
<b>Cat 6</b>	-9	-73	-19	-69
<b>Cat 7</b>	278	788	128	687
<b>Cat 8</b>	132	342	61	183

<b>Escenario 7</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-190	-651	-145	-714
<b>Cat 2</b>	793	828	211	1022
<b>Cat 3</b>	-140	-303	-51	-100
<b>Cat 4</b>	565	725	285	535
<b>Cat 5</b>	120	352	35	250
<b>Cat 6</b>	102	286	54	341
<b>Cat 7</b>	55	120	26	83
<b>Cat 8</b>	79	166	27	52

<b>Escenario 8</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-190	-651	-145	-714
<b>Cat 2</b>	-215	-600	-118	-315
<b>Cat 3</b>	272.72	299.86	89.08	467.84
<b>Cat 4</b>	-86	-206	-37	-88
<b>Cat 5</b>	234.86	267.78	108.04	185.42
<b>Cat 6</b>	-9	-73	-19	-69
<b>Cat 7</b>	175.62	540.66	97.36	505.36
<b>Cat 8</b>	149.68	335.96	64.92	175.44

<b>Escenario 9</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-182	-167	-93	-446
<b>Cat 2</b>	317	452	122	381

<b>Cat 3</b>	50	348	94	614
<b>Cat 4</b>	129	394	81	227
<b>Cat 5</b>	26	6	-7	-46
<b>Cat 6</b>	35	-35	-1	-56
<b>Cat 7</b>	18	-2	2	-16
<b>Cat 8</b>	7	13	-4	-4

<b>Escenario 10</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-190	-651	-145	-714
<b>Cat 2</b>	-215	-600	-118	-315
<b>Cat 3</b>	4	-99	-4	91
<b>Cat 4</b>	-86	-206	-37	-88
<b>Cat 5</b>	48	0	18	14
<b>Cat 6</b>	-9	-73	-19	-69
<b>Cat 7</b>	115	388	78	426
<b>Cat 8</b>	154	340	63	174

<b>Escenario 11</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-190	-651	-145	-714
<b>Cat 2</b>	361	216	70	449
<b>Cat 3</b>	-140	-303	-51	-100
<b>Cat 4</b>	286	326	147	268
<b>Cat 5</b>	60	148	8	123
<b>Cat 6</b>	88	295	63	324
<b>Cat 7</b>	66	120	31	86
<b>Cat 8</b>	90	183	23	39

<b>Escenario 12</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-122.5	-507.38	-94.6	-613.44
<b>Cat 2</b>	139.62	33.58	101.96	116.02
<b>Cat 3</b>	181.1	413.22	101.54	422.1
<b>Cat 4</b>	160.92	579.22	116.86	664.36
<b>Cat 5</b>	68.76	152.34	27.42	104.82
<b>Cat 6</b>	39.84	49.74	-5.38	-42.88
<b>Cat 7</b>	35.58	10.64	4.08	-27.32
<b>Cat 8</b>	22.26	31.78	1.18	12.92

<b>Escenario 13</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-184.2	-289.44	-107.86	-513.1
<b>Cat 2</b>	188.3	185.72	61.54	212.56
<b>Cat 3</b>	50	348	94	614
<b>Cat 4</b>	129	394	81	227
<b>Cat 5</b>	28.1	6.26	-6.92	-45.64
<b>Cat 6</b>	37.1	-32.12	-3.98	-50.72
<b>Cat 7</b>	15.34	-4.5	2.68	-29.02
<b>Cat 8</b>	5.46	12.36	-1.78	3.38

<b>Escenario 14</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-190	-651	-145	-714
<b>Cat 2</b>	-215	-600	-118	-315
<b>Cat 3</b>	277.52	311.06	89.02	465.5
<b>Cat 4</b>	-86	-206	-37	-88
<b>Cat 5</b>	231.24	265.98	108.62	191.86
<b>Cat 6</b>	-9	-73	-19	-69
<b>Cat 7</b>	177.78	542.56	94.56	502.52
<b>Cat 8</b>	148.76	335.66	65.58	175.62

<b>Escenario 15</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-190	-651	-145	-714
<b>Cat 2</b>	193.02	12.9	19.82	259.98
<b>Cat 3</b>	-140	-303	-51	-100
<b>Cat 4</b>	191.88	195.9	102.98	177.16
<b>Cat 5</b>	32.52	74.04	-2.12	66.34
<b>Cat 6</b>	97.2	286.6	57.66	336.28
<b>Cat 7</b>	57.48	130.3	30.8	79.8
<b>Cat 8</b>	84.48	176.08	27.62	52.36

<b>Escenario 16</b>				
<b>Categoría</b>	<b>Montano</b>	<b>Intermontano</b>	<b>Desértico</b>	<b>Mediterráneo</b>
<b>Cat 1</b>	-138.76	-544.66	-108.18	-638.14
<b>Cat 2</b>	48.3	-123.76	44.18	6.14
<b>Cat 3</b>	105.68	266.66	74.98	328.12
<b>Cat 4</b>	142.56	527.56	110.22	626.52

<b>Cat 5</b>	68.44	155.5	25.88	106.24
<b>Cat 6</b>	40.16	50.04	-4.64	-43.16
<b>Cat 7</b>	34.82	8.7	3.76	-26.46
<b>Cat 8</b>	22.96	32.2	1.06	12.94

### 13.6 Anexo 6

A continuación, se presenta el código del modelo.

```

globals [
  day
  month
  year
  precioportonelada
  ;;ciclo-de-corta?
  ;;biomasa-aprovechada
  individuos-aprovechables
  tipodecambio
]
breed [yuccas yucca]
patches-own [
  precioxpbiomasa-ton-pesos
  precioxpbiomasa-ton-dolares
  pbiomasaaprovechable-toneladas
  tallosxcolonia
  colonia?
  pecotipo

  pbiomasa
  biomasaaprovechable

```

tallosxcolonia-cat1  
tallosxcolonia-cat2  
tallosxcolonia-cat3  
tallosxcolonia-cat4  
tallosxcolonia-cat5  
tallosxcolonia-cat6  
tallosxcolonia-cat7  
tallosxcolonia-cat8

yuccas-aprovechablesxcolonia]

Yuccas-own [

altura

diametro

maxaltura

maxdiam

categoria

biomasa ;;

biomasa-total ;;

aprovechable?

countdown

]

to setup

clear-all

set month 0

set year 0

set-default-shape yuccas "tree"

set precioportonelada precio-por-tonelada

set tipodecambio tipo-de-cambio

;;n-of N se refiere a la colonias por hectárea.

If ecotipo = "montano" [ask n-of 150 patches [set pcolor white]] ;;

If ecotipo = "intermontano" [ask n-of 210 patches [set pcolor white]]

If ecotipo = "mediterraneo" [ask n-of 193 patches [set pcolor white]]

If ecotipo = "desertico" [ask n-of 48 patches [set pcolor white]];;47.5

ask patches [

If pcolor = white [set colonia? true]

If ecotipo = "montano" [set pecotipo "montano"]

If ecotipo = "intermontano" [set pecotipo "intermontano"]

If ecotipo = "mediterraneo" [set pecotipo "mediterraneo"]

If ecotipo = "desertico" [set pecotipo "desertico"]

set precioxpbiomasa-ton-pesos 0

set precioxpbiomasa-ton-dolares 0

set pbiomasaaprovechable-toneladas 0

]

;; SPROUT OBEDECE LOS PORCENTAJES DEL TRABAJO DE SEPULVEDA

;;----- ECOTIPO MONTANO -----  
-----

;;Colonia 1

if ecotipo = "montano" [

ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1

sprout-yuccas 2 [

set color green

set altura 25

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

;;categoria 2

sprout-yuccas 2 [

set color green

set altura 75

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

;;categoria 3

sprout-yuccas 1 [

set color green

set altura 125

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 1 [

set color green

set altura 175

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

```

set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;;Colonia 2
```

```

if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))

```

```

    set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 75
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
    set color green
    set altura 125
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 175
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 225
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 275
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
    set color green

```

```
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
:::Colonia 3
```

```
if ecotipo = "montano" [
ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
:::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
```

```
:::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
```

```
:::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 125
```

```

set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;;Colonia 4
```

```
if ecotipo = "montano" [
```

ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1

sprout-yuccas 1 [

set color green

set altura 25

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

;;categoria 2

sprout-yuccas 2 [

set color green

set altura 75

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

;;categoria 3

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 125

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 175

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 225

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```

set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;;Colonia 5
```

```
if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]

```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 75  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
;;categoria 3  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 125  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
  set color green  
  set altura 175  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 225  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 275  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 325  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

```
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]]]
```

::Colonia 6

```
if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

::categoria 1

```
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

::categoria 2

```
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

::categoria 3

```
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```

set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;;Colonia 7
```

```
if ecotipo = "montano" [
```

ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 25

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

;;categoria 2

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 75

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

;;categoria 3

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 125

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 175

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 225

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```

set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 8
```

```
if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```

set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]

```

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]]]
;; Colonia 9
if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green

```

```

set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

;; Colonia 10
if ecotipo = "montano" [
    ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1

```

```

sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275

```

```

set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 11
```

```

if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]

```

```
;;categoria 2
```

```

sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]

```

```
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```

set biomasa-total 0]]]

;; Colonia 12
if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

```

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 13
```

```

if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 25

```

```

set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [

```

```

set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 14
```

```
if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]

```

```
;;categoria 2
```

```

sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]

```

```
;;categoria 3
```

```

sprout-yuccas 1 [
set color green

```

```

set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```

;; Colonia 15
if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green

```

```

set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 16
```

```

if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

```

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 25

```

```

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [

```

```

set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

;; Colonia 17
if ecotipo = "montano" [
ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
set color green

```

```

set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

:: Colonia 18

```

if ecotipo = "montano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225

```

```

set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 19
```

```
if ecotipo = "montano" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 75  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
;;categoria 3  
sprout-yuccas 1 [  
  set color green  
  set altura 125  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 2 [  
  set color green  
  set altura 175  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 225  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 275  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 2 [  
  set color green  
  set altura 325  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

```
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]]]
```

```
:: Colonia 20
```

```
if ecotipo = "montano" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]]]

```

:: Colonia 21 - 30

```

if ecotipo = "montano" [
  ask n-of 10 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

```

;;categoria 1
sprout-yuccas 5 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green

```

```

set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 31 - 70
```

```
if ecotipo = "montano" [
```

```
ask n-of 40 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
set color green
```

```
set altura 25
```

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
set color green
```

```
set altura 75
```

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 3
```

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]]]

```

```

;; Colonia 71 - 100
if ecotipo = "montano" [
  ask n-of 30 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
    ;;categoria 1
    sprout-yuccas 1 [
      set color green
      set altura 25
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
      set biomasa-total 0]
    ;;categoria 2
    sprout-yuccas 0 [
      set color green
      set altura 75
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
      set biomasa-total 0]
    ;;categoria 3
    sprout-yuccas 1 [
      set color green
      set altura 125
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
      set biomasa-total 0]
    sprout-yuccas 1 [
      set color green
      set altura 175
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
      set biomasa-total 0]
    sprout-yuccas 0 [
      set color green

```

```

set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 101 - 150
```

```
if ecotipo = "montano" [
```

```
  ask n-of 50 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
    ;;categoria 1
```

```
  sprout-yuccas 2 [
```

```
    set color green
```

```
    set altura 25
```

```
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
    set biomasa-total 0]
```

```
  ;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 4 [  
  set color green  
  set altura 75  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
;;categoria 3  
sprout-yuccas 2 [  
  set color green  
  set altura 125  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 175  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 225  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 275  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 325  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

```
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
;;----- ECOTIPO INTERMONTANO -----
-----
```

```
;;Colonia 1
```

```
if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
  set color green
```

```

set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

::Colonia 2

```

if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225

```

```

set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;;Colonia 3
```

```

if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]

```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [  
  set color green  
  set altura 75  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
;;categoria 3  
sprout-yuccas 1 [  
  set color green  
  set altura 125  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 175  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 225  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 275  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 325  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

```
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
:::Colonia 4
```

```
if ecotipo = "intermontano" [
ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
:::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
```

```
:::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
```

```
:::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
```

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]]]

```

;;Colonia 5

```

if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

::categoria 1

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 25

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

::categoria 2

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 75

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

::categoria 3

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 125

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 2 [

set color green

set altura 175

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 225

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]]]

```

```
;;Colonia 6
```

```

if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 3 [
```

```

set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 4 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]

```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 375  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]]]
```

```
:::Colonia 7
```

```
if ecotipo = "intermontano" [  
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [  
    
```

```
:::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 25  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]
```

```
:::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 75  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]
```

```
:::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 1 [  
  set color green  
  set altura 125  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]
```

```

sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 425
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]]]

```

```

;; Colonia 8
if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

;;categoria 2
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [

```

```

set color green
set altura 225
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]]]
;; Colonia 9
if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 25
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]

```

:::categoria 2

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 75

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

:::categoria 3

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 125

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 175

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 225

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 275

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 325

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
:: Colonia 10
```

```
if ecotipo = "intermontano" [
```

```
ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
set color green
```

```
set altura 25
```

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
set color green
```

```
set altura 75
```

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
set color green
```

```
set altura 125
```

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 175  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 2 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```

    set biomasa-total 0]]]
;; Colonia 11
if ecotipo = "intermontano" [
    ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 25
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 75
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 125
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 175
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [

```

```

set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 12
```

```
if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))

```

```

    set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 75
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 125
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 175
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 225
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 275
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green

```

```

set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 425
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 13
```

```

if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]

```

```
;;categoria 2
```

```

sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))

```

```

    set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 125
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 175
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 225
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 275
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 325
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 375

```

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 425
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
:: Colonia 14
```

```
if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 3
```

```
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```

set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 175
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 375
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 15
```

```
if ecotipo = "intermontano" [
```

ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 25

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

;;categoria 2

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 75

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

;;categoria 3

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 125

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 175

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 225

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```

set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

:: Colonia 16

```

if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

```

::categoria 1
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]

```

:::categoria 2

sprout-yuccas 1 [

set color green

set altura 75

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

:::categoria 3

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 125

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 1 [

set color green

set altura 175

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 225

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 275

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 325

```

set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

;; Colonia 17
if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))

```

```

set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 175
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 225
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 18
```

```

if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

::categoria 1

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 25

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

::categoria 2

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 75

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

::categoria 3

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 125

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 2 [

set color green

set altura 175

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 225

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 19
```

```
if ecotipo = "intermontano" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

```

```
;;categoria 2
```

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green

```

```

set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [

```

```
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
:: Colonia 20
```

```
if ecotipo = "intermontano" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```

set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 21 - 70
```

```
if ecotipo = "intermontano" [
```

```
  ask n-of 50 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 5 [
```

```
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 8 [
set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 3 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```

set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

;; Colonia 71 - 100
if ecotipo = "intermontano" [
ask n-of 30 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
;;categoria 1
sprout-yuccas 3 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 5 [
set color green
set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 3 [
set color green

```

```

set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 3 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

:: Colonia 101 - 140

```

if ecotipo = "intermontano" [
  ask n-of 40 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
    ;;categoria 1
  sprout-yuccas 4 [
    set color green
    set altura 25
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
  ;;categoria 2
  sprout-yuccas 1 [
    set color green
    set altura 75
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
  ;;categoria 3
  sprout-yuccas 1 [
    set color green
    set altura 125
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
  sprout-yuccas 1 [
    set color green
    set altura 175
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
  sprout-yuccas 1 [
    set color green
    set altura 225
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]

```

```

sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 141 - 210
```

```

if ecotipo = "intermontano" [
  ask n-of 70 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
    ;;categoria 1
    sprout-yuccas 2 [
      set color green
      set altura 25
      set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
      set biomasa-total 0]
    ;;categoria 2
    sprout-yuccas 0 [
      set color green
      set altura 75
      set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 

```

```

    set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
    set color green
    set altura 125
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 175
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 225
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 275
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 325
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green
    set altura 375

```

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
;;----- ECOTIPO MEDITERRANEO -----
```

```
;;Colonia 1
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 2 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 3
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

set color green  
set altura 175  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [

```
set color green
set altura 475
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
::Colonia 2
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

set altura 175  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 2 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green

```
set altura 475
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
::Colonia 3x
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [  
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [  
    sprout-yuccas 0 [  
      set color green  
      set altura 25  
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))  
      set biomasa-total 0]    ]  ]
```

```
::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 25  
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))  
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 75  
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))  
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 125  
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))  
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 175
```

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 2 [  
set color green  
set altura 475

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
::Colonia 4
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 2 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 175
```

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 475

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
;;Colonia 5
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 175
```

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 475

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
::Colonia 6
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [  
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [  

```

```
::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 25  
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))  
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 2 [  
  set color green  
  set altura 75  
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))  
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 125  
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))  
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 175  
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 2 [  
set color green  
set altura 475  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```
set biomasa-total 0]]]
```

```
;;Colonia 7
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 3
```

```
sprout-yuccas 2 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 3 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 175
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 475  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```
set biomasa-total 0]]]
```

```
:: Colonia 8
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
    ;;categoria 1
```

```
    sprout-yuccas 0 [
```

```
      set color green
```

```
      set altura 25
```

```
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
      set biomasa-total 0]
```

```
    ;;categoria 2
```

```
    sprout-yuccas 0 [
```

```
      set color green
```

```
      set altura 75
```

```
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
      set biomasa-total 0]
```

```
    ;;categoria 3
```

```
    sprout-yuccas 0 [
```

```
      set color green
```

```
      set altura 125
```

```
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
      set biomasa-total 0]
```

```
    sprout-yuccas 0 [
```

```
      set color green
```

set altura 175  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green

```
set altura 475
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
:: Colonia 9
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 175
```

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 2 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 475

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
:: Colonia 10
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 2[
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 2 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 175
```

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 2 [  
set color green  
set altura 475

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
:: Colonia 11
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 175
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 2 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 475  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```

set biomasa-total 0]]]

;; Colonia 12
if ecotipo = "mediterraneo" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))

```

set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 475  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```
set biomasa-total 0]]]
```

```
:: Colonia 13
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 175
```

```
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 475  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```
set biomasa-total 0]]]
```

```
:: Colonia 14
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 175
```

```
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
```

set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 475  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```

set biomasa-total 0]]]

;; Colonia 15
if ecotipo = "mediterraneo" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

```

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 425
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 475
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]]]

```

:: Colonia 16

if ecotipo = "mediterraneo" [

ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

::categoria 1

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 25

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

::categoria 2

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 75

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

::categoria 3

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 125

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 2 [

set color green

set altura 175

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

```

sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 425
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 475
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]]]

```

```

;; Colonia 17
if ecotipo = "mediterraneo" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [

```

```
set color green
set altura 225
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 425
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 475
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]]]
```

```

;; Colonia 18
if ecotipo = "mediterraneo" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
  set color green

```

```

set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 425
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 475
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

:: Colonia 19

```

if ecotipo = "mediterraneo" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 225

```

```

set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 425
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 475
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
;; Colonia 20
if ecotipo = "mediterraneo" [
ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

```

::categoria 1

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 25

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

::categoria 2

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 75

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

::categoria 3

sprout-yuccas 0 [

set color green

set altura 125

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 2 [

set color green

set altura 175

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 2 [

set color green

set altura 225

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

set biomasa-total 0]

```

sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 425
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 475
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 20 - 120
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
  ask n-of 100 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```

sprout-yuccas 4 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275

```

```

set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 120 - 160
```

```
if ecotipo = "mediterraneo" [
```

```
ask n-of 40 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
```

```
sprout-yuccas 5 [
```

```
set color green
```

```
set altura 25
```

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 2
```

```
sprout-yuccas 2 [
```

```
set color green
```

```
set altura 75
```

```
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 3
```

```
sprout-yuccas 2 [
```

```

set color green
set altura 125
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 175
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 225
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 275
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]]]

```

```

;; Colonia 161 - 180
if ecotipo = "mediterraneo" [
  ask n-of 20 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
    ;;categoria 1
    sprout-yuccas 5 [
      set color green
      set altura 25
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
      set biomasa-total 0]
    ;;categoria 2
    sprout-yuccas 4 [
      set color green
      set altura 75
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
      set biomasa-total 0]
    ;;categoria 3
    sprout-yuccas 0 [
      set color green
      set altura 125
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
      set biomasa-total 0]
    sprout-yuccas 1 [
      set color green
      set altura 175
      set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
      set biomasa-total 0]
    sprout-yuccas 1 [
      set color green
      set altura 225

```

```

set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 181 - 193
```

```

if ecotipo = "mediterraneo" [
ask n-of 13 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
;;categoria 1
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 25
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 3 [
set color green

```

```

set altura 75
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 125
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 175
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 225
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [

```

```
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
::----- ECOTIPO DESERTICO -----
-----
```

```
;;Colonia 1
if ecotipo = "desertico" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
;;categoria 1
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 2
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

```
;;categoria 3
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 175  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

```

set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 475
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]]]

;;Colonia 2
if ecotipo = "desertico" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [

;;categoria 1
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

;;categoria 2
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

```

sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 175  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]

sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 475  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]]]
```

```
:::Colonia 3
```

```
if ecotipo = "desertico" [  
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [  
    
```

```
:::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 25  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]
```

```
:::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 75  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]
```

```
:::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [  
  set color green  
  set altura 125  
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 2 [  
  
```

set color green  
set altura 175  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [

```
set color green
set altura 475
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
::Colonia 4
```

```
if ecotipo = "desertico" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 1 [
```



```
set color green
set altura 475
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
::Colonia 5
```

```
if ecotipo = "desertico" [
```

```
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 25
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 75
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

```
  set color green
```

```
  set altura 125
```

```
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
```

```
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 1 [
```

set color green  
set altura 175  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [

```
set color green
set altura 475
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
::Colonia 6
```

```
if ecotipo = "desertico" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 1 [
```



```
set color green
set altura 475
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]
```

```
::Colonia 7
```

```
if ecotipo = "desertico" [
  ask one-of patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
```

```
::categoria 1
```

```
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 2
```

```
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

```
::categoria 3
```

```
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
```

```
sprout-yuccas 0 [
```

set color green  
set altura 175  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 225  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 0 [  
set color green  
set altura 275  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 325  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 375  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 425  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]  
sprout-yuccas 1 [  
set color green  
set altura 475  
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$   
set biomasa-total 0]

```

set color green
set altura 475
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

;; Colonia 8 - 17
if ecotipo = "desertico" [
  ask n-of 10 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
;;categoria 1
sprout-yuccas 4 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 3 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))

```

```

set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
set color green
set altura 225
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 275
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
set biomasa-total 0]]]

```

```
;; Colonia 18 - 25
```

```

if ecotipo = "desertico" [
  ask n-of 8 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
    ;;categoria 1
    sprout-yuccas 5 [
      set color green
      set altura 25
      set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 

```

```

    set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 3 [
    set color green
    set altura 75
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 2 [
    set color green
    set altura 125
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
    set color green
    set altura 175
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
    set color green
    set altura 225
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
    set color green
    set altura 275
    set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
    set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
    set color green

```

```

set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

;; Colonia 26 - 30
if ecotipo = "desertico" [
  ask n-of 5 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
    ;;categoria 1
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]

```

```

sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 2 [
  set color green
  set altura 275
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 325
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 375
  set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$ 
  set biomasa-total 0]]]

```

;; Colonia 31 - 48

```

if ecotipo = "desertico" [
  ask n-of 18 patches with [pcolor = white and not any? yuccas-here] [
    ;;categoria 1

```

```

sprout-yuccas 3 [
  set color green
  set altura 25
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 2
sprout-yuccas 3 [
  set color green
  set altura 75
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
;;categoria 3
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 125
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 1 [
  set color green
  set altura 175
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 225
  set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
  set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
  set color green
  set altura 275

```

```

set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 325
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]
sprout-yuccas 0 [
set color green
set altura 375
set diametro (0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))
set biomasa-total 0]]]

```

```
ask yuccas
```

```
[set aprovechable? 0
```

```
set countdown 0
```

```
If altura >= 0.0 and altura <= 50.0 [set categoria 1]
```

```
If altura > 50.0 and altura <= 100.0 [set categoria 2]
```

```
If altura > 100 and altura <= 150 [set categoria 3]
```

```
If altura > 150 and altura <= 200 [set categoria 4]
```

```
If altura > 200 and altura <= 250 [set categoria 5]
```

```
If altura > 250 and altura <= 300 [set categoria 6]
```

```
If altura > 300 and altura <= 350 [set categoria 7]
```

```
If altura > 350 [set categoria 8]
```

;; procedimiento para que las yuccas tengan una categoría respecto a su altura para fines de gráfica

```
]
```

```
reset-ticks
```

end

to go

tick

show sum [biomasa] of yuccas

update-calender

set individuos-aprovechables count yuccas with [aprovechable? = 1]

ask yuccas [

actualizar-aprovechable?

iniciar-countdown

If month = 12 [set altura altura + Crecimiento]

set diametro  $(0.888383 + (0.11518 * altura)) - (0.000087783 * (altura * altura))$

If ecotipo = "montano" [ set biomasa  $(18.01267 + (0.12977 * altura) - (4.2133 * diametro) - (0.0001 * altura ^ 2) + (0.2005 * diametro ^ 2))$ ]

If ecotipo = "intermontano" [ set biomasa  $(19.01226 + (0.00950 * altura) - (2.41402 * diametro) - (0.00051 * altura ^ 2) + (0.14243 * diametro ^ 2))$ ]

If ecotipo = "mediterraneo" [ set biomasa  $(19.01226 + (0.13009 * altura) - (4.2105 * diametro) - (0.0001 * altura ^ 2) + (0.20053 * diametro ^ 2))$ ]

If ecotipo = "desertico" [ set biomasa  $(11.27954 + (0.00900 * altura) - (2.39988 * diametro) - (0.00053 * altura ^ 2) + (0.13999 * diametro ^ 2))$ ]

If altura >= 0.0 and altura <= 50.0 [set categoria 1]

If altura > 50.0 and altura <= 100.0 [set categoria 2]

If altura > 100 and altura <= 150 [set categoria 3]

If altura > 150 and altura <= 200 [set categoria 4]

If altura > 200 and altura <= 250 [set categoria 5]

If altura > 250 and altura <= 300 [set categoria 6]

If altura > 300 and altura <= 350 [set categoria 7]

If altura > 350 [set categoria 8]

]

ask patches [

set pbiomasa (sum [biomasa] of yuccas-here)

set biomasaaprovechable (sum [biomasa] of yuccas-here with [aprovechable? = 1])

if pcolor = white [reproducirse1]

if pcolor = white [reproducirse2]

if pcolor = white [reproducirse3]

set precioxpbiomasa-ton-dolares (precioportonelada \* pbiomasaaprovechable-toneladas)

set precioxpbiomasa-ton-pesos (tipodecambio \* precioportonelada \*  
pbiomasaaprovechable-toneladas)

set pbiomasaaprovechable-toneladas (biomasaaprovechable / 1000)

If pcolor = white and year = (Primer-ciclo-de-corta) and month = 3 [Primer-aprovechar]

If pcolor = white and year = (Segundo-ciclo-de-corta) and month = 3 [Segundo-  
aprovechar]

If pcolor = white and year = (Tercer-ciclo-de-corta) and month = 3 [Tercer-aprovechar]

If any? yuccas-here [set tallosxcolonia-cat1 count yuccas-here with [categoria = 1]]

If any? yuccas-here [set tallosxcolonia-cat2 count yuccas-here with [categoria = 2]]

If any? yuccas-here [set tallosxcolonia-cat3 count yuccas-here with [categoria = 3]]

If any? yuccas-here [set tallosxcolonia-cat4 count yuccas-here with [categoria = 4]]

```
If any? yuccas-here [set tallosxcolonia-cat5 count yuccas-here with [categoria = 5]]
If any? yuccas-here [set tallosxcolonia-cat6 count yuccas-here with [categoria = 6]]
If any? yuccas-here [set tallosxcolonia-cat7 count yuccas-here with [categoria = 7]]
If any? yuccas-here [set tallosxcolonia-cat8 count yuccas-here with [categoria = 8]]
if any? yuccas-here [set yuccas-aprovechablesxcolonia (tallosxcolonia-cat4 +
tallosxcolonia-cat5 + tallosxcolonia-cat6 + tallosxcolonia-cat7 + tallosxcolonia-cat8)]
```

```
]
```

```
display-labels
```

```
end
```

```
to update-calender
```

```
set month month + 1
```

```
If month > 12 [set month 1 set year year + 1]
```

```
end
```

```
to actualizar-aprovechable?
```

```
If altura >= 150 [set approvechable? 1]
```

```
end
```

```
to actualizar-individuos-aprovechables
```

```
If approvechable? = 1 [set individuos-aprovechables count yuccas with [approvechable? =
1]]
```

```
:: []
```

```
end
```

```
to iniciar-countdown ;; no será necesario
```

If `aprovechable? = 1` and `year = Primer-ciclo-de-corta` [set countdown 1]  
If `aprovechable? = 1` and `year = Segundo-ciclo-de-corta` [set countdown 2]  
If `aprovechable? = 1` and `year = Tercer-ciclo-de-corta` [set countdown 3]

end

to reproducirse1

if any? `yuccas-here` with [`countdown = 1`] and `year = (Primer-ciclo-de-corta)` and `month = 2` and `yuccas-aprovechablesxcolonia >= 2`

[`sprout-yuccas Reclutamiento` [

set `color` blue

set `categoria` 1

set `altura` 10

set `diametro` 5

set `aprovechable?` 0

set `countdown` 0]]

end

to reproducirse2

if any? `yuccas-here` with [`countdown = 2`] and `year = (Segundo-ciclo-de-corta)` and `month = 2` and `yuccas-aprovechablesxcolonia >= 2`

[`sprout-yuccas Reclutamiento` [

set `color` blue

set `categoria` 1

set `altura` 10

```
set aprovechable? 0
set countdown 0]]
```

end

to reproducirse3

```
if any? yuccas-here with [countdown = 3] and year = (Tercer-ciclo-de-corta) and month
= 2 and yuccas-aprovechablesxcolonia >= 2
```

```
[sprout-yuccas Reclutamiento [
```

```
set color blue
```

```
set categoria 1
```

```
set altura 10
```

```
set aprovechable? 0
```

```
set countdown 0]]
```

end

to primer-aprovechar

```
ask n-of (yuccas-aprovechablesxcolonia * porcentaje-aprovechamiento) yuccas-here with
[countdown = 1] [die]
```

end

to segundo-aprovechar

```
ask n-of (yuccas-aprovechablesxcolonia * porcentaje-aprovechamiento) yuccas-here with
[countdown = 2] [die]
```

end

to tercer-aprovechar

```
ask n-of (yuccas-aprovechablesxcolonia * porcentaje-aprovechamiento) yuccas-here with
[countdown = 3] [die]
```

end

to display-labels

ask turtles [ set label "" ]

If show-diametro? [

ask yuccas [ set label round diametro ] ]

If show-altura? [

ask yuccas [ set label round altura ] ]

If show-biomasa? [

ask yuccas [set label round biomasa] ]

end