



Simulando

Tipos funcionales de plantas

Manual del Usuario

Di Rienzo J.A, Gurvich D.E.

Índice de contenidos

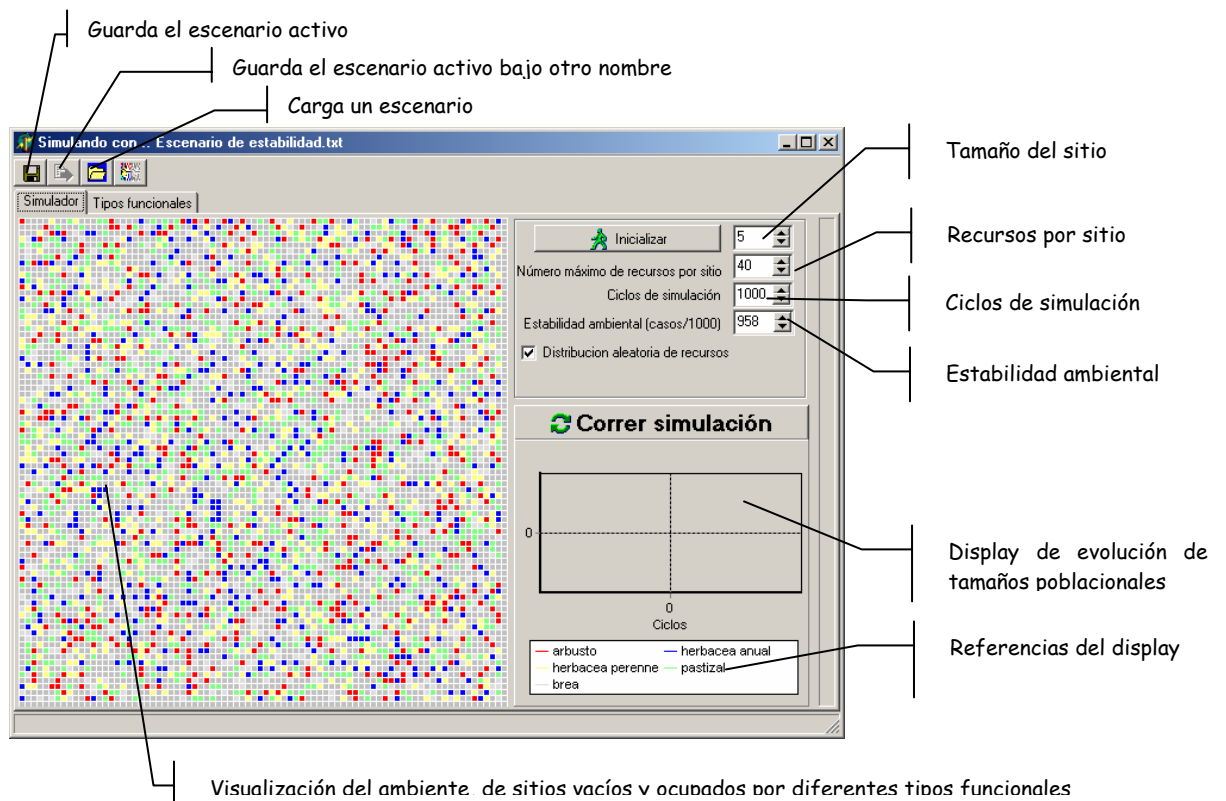
Introducción.....	1
Ambiente	5
Colección de sitios	6
Lista de Tipos funcionales Activos	6
Banco de semillas.....	6
Tamaño de los sitios.....	7
Recursos disponibles por sitio.....	7
Estabilidad del ambiente	8
Tamaño inicial de las poblaciones	8
Shock ambiental	8
Sitio	8
Tipo funcional.....	9
Nombre.....	9
Probabilidad de establecimiento	9
Probabilidad de persistencia.....	9
Coeficiente de dispersión	10
Coeficiente de susceptibilidad (a un shock ambiental).....	10
Tasa de mantenimiento	10
Tasa de acumulación	11
Recursos iniciales.....	11
Inicio de la actividad biológica	11
Tamaño mínimo para reproducirse	12
Tamaño mínimo para acceder a recursos adicionales	12
Dormición	13
Edición de tipos funcionales	13

Introducción

La simulación de una comunidad de tipos funcionales de plantas se basa en una gran simplificación de sus características, del ambiente en que viven y de las relaciones que gobiernan las interacciones entre ellos y con el ambiente. El simulador que se ha implementado es una aplicación de la tecnología de celulares automátatas aplicada a la definición de tipos funcionales de plantas. Describimos a continuación los distintos componentes del simulador y la forma en que interactúan.

Ambiente

Este componente es una *colección de sitios* (mínima partícula de ambiente donde un tipo funcional puede establecerse), una *lista de tipos funcionales activos (celulares)* y un *banco de semillas*. El simulador comienza inicializando el ambiente de acuerdo al *tamaño de los sitios*, a los *recursos disponibles por sitio*, a la *estabilidad del ambiente* y al *tamaño inicial de las poblaciones* de tipos funcionales. A estas condiciones iniciales las llamaremos *escenario*.



Colección de sitios

El sitio es un lugar en el ambiente. El ambiente está definido como una colección de sitios y otros atributos. La colección de sitios se inicializa con la creación del ambiente. Esta inicialización establece el nivel inicial de recursos por sitio y los ocupantes iniciales de cada sitio. Cada sitio tiene dos niveles de recursos: nivel1 y nivel2. Todos los ocupantes tienen acceso a los recursos del nivel1, pero solo los ocupantes que alcanzan un *tamaño mínimo para acceder a recursos adicionales*, tienen acceso a los recursos del nivel2.

Lista de Tipos funcionales Activos

Los tipos funcionales activos son aquellos que tienen una representación en el ambiente como un punto cuyo color es característico del tipo. Los tipos funcionales activos crecen y se reproducen y mueren de acuerdo a su tipo (ver más adelante en descripción de tipos funcionales). La lista de tipos funcionales activos contiene los tipos activos en cada ciclo de la simulación.

En cada ciclo de simulación la lista es activada. Esta activación implica la siguiente secuencia de eventos: Ordenar por prioridad de activación y activar a cada celular en el orden establecido en el paso anterior. El orden de prioridad viene dado por una característica numérica que el celular adquiere en el momento de su creación. Esta característica es una realización de una variable aleatoria normal con esperanza y varianza características del tipo. Esta destinada a modelar el orden y la varianza del momento de germinación o comienzo de la actividad biológica de cada tipo funcional. La activación de cada celular consiste en una secuencia que se describirá más adelante cuando se describan los tipos funcionales.

Banco de semillas

Cuando un celular se reproduce no genera un celular activo sino un elemento del banco de semillas. En cada ciclo de simulación es banco se activa. Esta activación establece un orden para *despertar* a los elementos del banco de semillas. A continuación *despierta* a los tipos que han cumplido su periodo de *dormición*. La dormición de un celular es una realización de una variable aleatoria

Simulador de tipos funcionales

Poisson con esperanza característica del tipo funcional. Cuando un celular es despertado pasa a la lista de tipos funcionales activos (y por lo tanto tiene una representación en el ambiente) siempre y cuando el sitio que ocupa en el ambiente no este ocupado y la realización de una variable aleatoria uniforme sea menor que la *probabilidad de establecimiento*. Si estas dos condiciones no ocurren el tipo muere y es eliminado del banco de semillas. La *probabilidad de establecimiento* es una característica propia de cada tipo funcional y está destinada a modelar la chance de que un propágulo del tipo funcional dado se transforme en un individuo activo. Por razones de simplicidad, cuando un celular se reproduce, genera dos propágulos ubicados al azar entre los sitios contiguos al ocupado por el *padre*. El ajuste de la probabilidad de establecimiento permite modelar, en términos relativos a los otros tipos funcionales, la cantidad de propágulos exitosos. De esta forma, un r-estratega, que genera gran cantidad de propágulos y que por lo tanto se asegura de que al menos uno de ellos tenga éxito, puede ser modelado con una alta probabilidad de establecimiento.

Tamaño de los sitios

El tamaño del sitio es una característica que tiene que ver con el *grano* que se visualiza el ambiente. Cuanto menor es el tamaño del sitio más grande es el ambiente que se visualiza. Esta característica solo afecta a la velocidad de la simulación (cuanto más pequeño el sitio, mas lenta la simulación) y a la posibilidad de observar fenómenos que solo ocurren a gran escala.

Recursos disponibles por sitio

Los recursos disponibles en un sitio son la unidades de recursos que están almacenadas en cada sitio. Estas unidades pueden estar distribuidas homogéneamente en todos los sitios o seguir un patrón aleatorio con distribución uniforme en el $[0, \text{recursos por sitio}]$, **en gradientes horizontales, verticales y radiales, etc.** La regulación de los recursos por sitio permite modelar la riqueza de un ambiente, mientras que si estos están o no distribuidos de manera aleatoria está relacionado con la heterogeneidad de mismo. Apretando el botón derecho del ratón sobre la imagen del ambiente, se puede optar por visualizar los celulares

Simulador de tipos funcionales

activos o el nivel de los recursos en una escala de colores que va del negro (bajo) al blanco (alto).

Estabilidad del ambiente

La estabilidad del ambiente se define en términos probabilísticos. Cuando la probabilidad de 1, cada sitio entrega a su ocupante tantos recursos como este le demanda o lo que el sitio tenga disponible. Si la estabilidad es menor que 1, con probabilidad $1 - \text{estabilidad}$ el sitio no entrega el requerimiento de recursos. Esta propiedad esta destinada a modelar condiciones de incertidumbre que pueden beneficiar o perjudicar a los distintos tipos funcionales de acuerdo a sus características.

Tamaño inicial de las poblaciones

Se describe más adelante como un atributo del tipo funcional.

Shock ambiental

Existen dos tipos definidos de shock ambiental sobre las poblaciones. El *efecto meteorito* que intenta destruir a los celulares activos todas las poblaciones y la *epidemia* que elimina todos los celulares activos de la población afectada. El *efecto meteorito* puede ser atemperado para cada tipo funcional manipulando el *coeficiente de susceptibilidad*. El botón derecho del ratón aplicado a la imagen el ambiente contiene dos ítem. El primero activa el *efecto meteorito*, el segundo activa los submenús de la *epidemia*. Los submenús tienen los nombres que identifican a cada tipo funcional. Al activar alguno de ellos se eliminan todos los celulares activos del tipo seleccionado. Mientras el botón derecho del ratón se mantiene apretado la simulación se congela en espera de la opción.

Sitio

Como se mencionó anteriormente, un sitio es la mínima unidad de ambiente en el que un celular puede establecerse. El sitio puede estar ocupado o no. Si un sitio está ocupado mostrará el color que caracteriza al tipo funcional que lo ocupa, si no mostrará un color neutro, o blanco en el caso de no contener

Simulador de tipos funcionales

recursos. Cada sitio tiene una lista de semillas o propágulos que se corresponden con aquellos del banco de semillas que ocupan el sitio. Cuando el banco de semillas es activado si el sitio está desocupado y un propágulo se despierta en ese sitio el propágulo activado se transforma en ocupante del sitio, deja de estar en la lista de propágulos dormidos y pasa a la lista de tipos funcionales activos.

Tipo funcional

Un tipo funcional es un celular autómatas caracterizado por: El **nombre** con el que se los designa, la **probabilidad de persistencia**, la **probabilidad de establecimiento**, los **recursos iniciales**, el **inicio de la actividad biológica**, la **dormición**, el **tamaño mínimo para reproducirse**, la **tasa de mantenimiento** y la **tasa de acumulación**. Todas estas características son editables en tiempo de ejecución del simulador al igual que la inclusión de nuevos tipos funcionales, permitiendo una gran versatilidad. A continuación se describen estas características y como interactúan.

Nombre

Se utiliza para identificar a los tipos funcionales en la referencia del display de tamaño poblacional.

Probabilidad de establecimiento

Esta probabilidad define la chance que tiene un celular que despierta y que encuentra un lugar vacío de establecerse. Como ya se explicó anteriormente el manejo de esta probabilidad es una forma de modelar conjuntamente la viabilidad de los propágulos y la cantidad de los mismos.

Probabilidad de persistencia

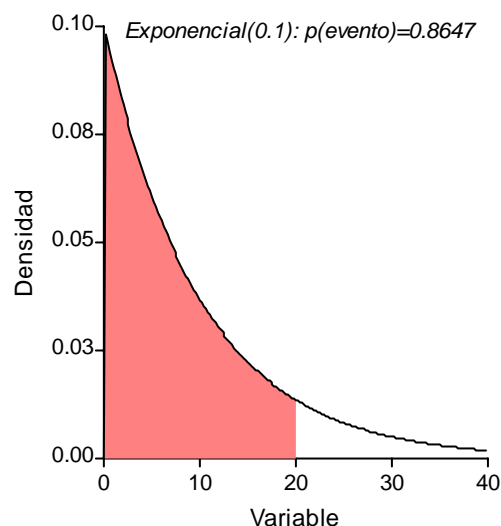
Una vez que un celular se activa, su longevidad depende de la probabilidad de persistencia. Por ejemplo si un celular deber permanecer vivo (existiendo recursos disponibles para ello) al menos durante 20 ciclos de simulación con probabilidad 0.99 entonces, entonces probabilidad de persistencia debe ser mayor o igual a la raíz 20 de 0.99, esto es 0.99949761.

Coefficiente de dispersión

Cuando un celular se reproduce *deja caer una unidad de dispersión* en un sitio vecino. El coeficiente de dispersión es la probabilidad que la unidad de dispersión no permanezca en el sitio donde la cayó. En caso de que la unidad de dispersión no quede en el sitio original, esta es enviada a otro sitio (vecino de este último) donde el proceso se repite. Dado que se trata de una medida de probabilidad y en virtud de que el simulador no quede en un loop infinito, este coeficiente debe estar comprendido entre 0.0001 y 0.9999. Cuanto más cercano a 1 es el coeficiente mayor dispersión tendrá el celular.

Coefficiente de susceptibilidad (a un shock ambiental)

Este coeficiente corresponde al parámetro λ (lambda) de una distribución de probabilidad Exponencial (λ). A través de este coeficiente se regula la probabilidad de supervivencia de un celular en función de su tamaño (t =recursos disponibles + recursos inmovilizados). Dicha probabilidad se calcula como $P(X < t)$ donde X es una variable aleatoria Exponencial (λ). Dicha probabilidad está dada



por la expresión $P(X < t) = 1 - e^{-t\lambda}$.

En la figura, se muestra la densidad de una distribución Exponencial (0.1). En ella se encuentra representada, como un área sombreada, la $P(X \leq 20)$ y corresponde a 0.8647. Para esta misma distribución $P(X \leq 1) = 0.0952$. Para un valor dado de λ , a mayor el tamaño del celular, mayor es la probabilidad de supervivencia.

Tasa de mantenimiento

Mientras un celular está activo, requiere cierta cantidad de recursos para mantenerse vivo, a esto le llamamos tasa de mantenimiento y se mide en unidades

Simulador de tipos funcionales

de recursos que el celular requiere por ciclo de simulación. Estos recursos son almacenados internamente en el celular y devueltos al ambiente con la muerte del celular. Los recursos de mantenimiento se obtienen total o parcialmente del ambiente. Si el ambiente no puede proveer de todos los recursos para mantenimiento estos se extraen total o parcialmente de recursos almacenados. Si en un ciclo de simulación un celular no puede obtener una cantidad de recursos equivalente a su tasa de mantenimiento, este muere.

Tasa de acumulación

Si el sitio donde el celular está activo tiene recursos suficientes, se extraen tantas unidades de recursos como la tasa de acumulación lo indica o como recursos remanente quedan en el sitio. Estos recursos son almacenados en el celular y utilizados para procrear transfiriendo recursos iniciales al propágulo o para mantenimiento en el caso de recursos agotados en el sitio. Cuando un celular muere, estos recursos son devueltos al ambiente. Si se especifican 2 unidades de acumulación, entonces esto mantiene un balance con lo que se utiliza para procrear (suponiendo una unidad de recursos iniciales por propágulo). Una menor cantidad inhibe la reproducción y una mayor cantidad aumenta el tamaño del celular generando reservas.

Durante la devolución de los recursos al ambiente, 1/2 de ellos son transferidos al azar al entorno del sitio ocupado por el celular que muere mientras que 1/2 quedan en el mismo sitio. Este proceso produce a largo plazo una homogenización en la distribución recursos del ambiente.

Recursos iniciales

Cuando un propágulo se genera, el progenitor debe haber acumulado al menos esta cantidad de recursos para transferirlos al propágulo en carácter de reserva.

Inicio de la actividad biológica

Esta propiedad es el resultado de una realización de una variable aleatoria normal está definida por su media y varianza que se establece en el momento de

Simulador de tipos funcionales

creación de un celular. Los parámetros son editables y arbitrarios y sirven para fijar orden de precedencia del inicio de la actividad biológica de los distintos tipos celulares. Considerando dos tipos funcionales, que difieren solo en la media del inicio de la actividad biológica, aquel que tenga la menor media tendrá más chance de conseguir un sitio vacío en el ambiente y de allí mayor probabilidad de éxito.

Tamaño mínimo para reproducirse

Esta característica define el número de unidades de recursos almacenados que un celular tiene que alcanzar para comenzar a reproducirse.

Tamaño mínimo para acceder a recursos adicionales

Cuando un celular alcanza el TMPARA (recursos inmovilizado + recursos disponibles), puede acceder a un segundo nivel de recursos en el sitio. El algoritmo funciona de la siguiente manera. Si el celular demanda X unidades de recursos y tiene el TMPARA entonces trata de extraer X unidades desde el nivel 1, y la cantidad de unidades que extrajo es Y, menor que X, entonces trata de extraer Y unidades desde el nivel 2. El algoritmo de extracción en el nivel 2 es algo más sofisticado. En primera instancia, el algoritmo trata de extraer Y unidades desde el nivel 1 (esto puede parecer sin sentido a priori, pero mas adelante se entenderá), si lo logra el algoritmo para. Si no puede el total de las Y unidades, trata de extraer la Y unidades o su remanente desde el nivel 2 propiamente dicho. Si en el nivel 2 no hay suficientes recursos para satisfacer esta demanda, entonces, con probabilidad 2/3, le pide recursos del nivel 2 a un sitio vecino. Obsérvese que si los recursos de un sitio se agotan, el celular comienza a extraer recursos de su entorno, comenzando por el nivel superficial. Alcanzar el TMPARA. Los celulares que tienen probabilidades de persistencia alta, van a acumular recursos inmovilizados y pueden llegar al TMPARA. El arte de la modelación estará en regular el TMPARA y la probabilidad de persistencia para diferenciar aquellos celares que modelan árboles o arbustos longevos que alcanzan recursos inaccesibles para otros celulares que modelan, pastizales, que también son longevos pero que suelen estar más restringidos en su acceso a los recursos.

Perdida de recursos inmovilizados

Cuando un celular alcanza el TMPARA, puede empezar a crecer de manera ininterrumpida (excepto que muera - ver tasa de persistencia) acumulando una gran cantidad de recursos en sus reservas inmóviles. Para evitar esta acumulación ininterrumpida, cuando un celular supera el *tamaño mínimo para perder recursos inmovilizados*, comienza a perder, en cada ciclo, con probabilidad $\frac{1}{2}$ una fracción de sus recursos inmovilizados dada por la *tasa de pérdida de recursos inmovilizados*.

Dormición

Esta propiedad es el promedio de ciclos de simulación que un celular debe esperar para despertar. La dormición de un celular dado es una realización de una variable Poisson cuya media es el parámetro especificado. Si el usuario indica como valor menor o igual a cero, el programa asume un valor fijo para la dormición igual a 1 y esto implica que el celular despertará en el próximo ciclo con certeza.

Edición de tipos funcionales

El simulador presenta una solapa que conduce a una grilla donde están todos los atributos de los distintos tipos funcionales disponibles. Se pueden modificar todos ellos seleccionando la celda correspondiente y editando su contenido. Entre otras posibilidades del simulador está creación de nuevos tipos funcionales, la clonación de un tipo funcional dado para generar, a partir de el, un subtipo, borrar tipos funcionales y restituir condiciones originales (las que se encuentran guardadas en disco). Estas opciones están disponibles apretando el botón derecho del ratón sobre la grilla que contiene los atributos de los tipos funcionales.

Simulador de tipos funcionales

Atributos	TF	TF2	TF3	TF4
Nombre	arbusto	herbacea anual	herbacea perenne	pastizal
Población Inicial	10	10	10	10
probabilidad de establecimiento	0.5	1	1	1
Probabilidad de persistencia	0.99999	0	0.99	
Coefficiente de dispersion	0.9	0.5	0.9	
Coefficiente de sobrevivida	0.3	0.01	0.01	
Tasa de mantenimiento	1	1	1	
Tasa de acumulacion	2	2	2	
Recursos iniciales	1	1	1	
Inicio de crecimiento media	5	5	5	5
Inicio de crecimiento varianza	5	1	1	1
Tamaño minimo para reproducirse	50	1	10	10
Tamaño mínimo para alcanzar mas recursos	20	20	20	20
Tamaño mínimo para perder recursos inmovilizados	20	20	20	20
Tasa de perdida de recursos inmovilizados	0.10	0.10	0.10	0.10
Dormicion media	5	0	2	2

Botones de la barra de herramientas

Los botones de la barra de herramientas tiene por objeto, guardar un escenario dado bajo el nombre que figura en el título de la ventana del simulador, guardarlos con un nombre diferente y cargar uno nuevo.