

Título del Proyecto:

“Importancia de las invasiones de plantas introducidas en la transformación de paisaje en Chile central: Estudio en una transecto cordillera-mar”.

Investigador Responsable:

Javier Alejandro Figueroa Ortiz.

E-mail: Javier.figueroa@ucv.cl

Resumen:

¿Qué hace a una comunidad susceptible a la introducción de nuevas especies? Los ecólogos y conservacionistas están alarmados por la tremenda expansión de especies invasivas en las últimas décadas, debido a que ésta expansión está asociada con el desplazamiento de especies nativas. En algunos casos la presencia de especies exóticas ha alterado dramáticamente la composición de las comunidades vegetales nativas y/o los patrones ecosistémicos a estados en que la restauración es altamente improbable o demasiado onerosa.

Varias predicciones han sido realizadas con respecto a los factores que hacen que una comunidad sea altamente susceptible a la invasión de especies exóticas, mientras que otras parecen ser más resistente a la invasión. Actualmente, la mayoría de los ecólogos consideran que las perturbaciones son un factor crítico que promueve el establecimiento y expansión de especies exóticas. Sin embargo, hay evidencias que sus efectos pueden diferir entre comunidades. Estas diferencias se deberían, en parte, a que el fenómeno de las perturbaciones está constituido por un número muy alto de factores que covarían y son de naturaleza diversa. Por ejemplo, diversidad del microclima del suelo, relaciones competitivas, relaciones predador-presa, disponibilidad de recursos, disponibilidad de parches para migraciones, entre otros. Una de las tendencias de las investigaciones actuales es descomponer el fenómeno de las perturbaciones y aislar los factores específicos para dilucidar sus efectos sobre el grado de invisibilidad de una comunidad.

La mayor parte de los ecosistemas del globo presentan plantas que han sido introducidas de manera intencional o inadvertidamente. La introducción de plantas vasculares constituye uno de los aspectos más notorios de los impactos y modificaciones del ser humano sobre los ecosistemas terrestres (Heywood 1989, Rejmanek et al. 2005). Actualmente, miles de especies de plantas se distribuyen fuera de su rango geográfico natural, que improbablemente hubieran alcanzado si no es por la asistencia del ser humano. Se estima que la actual tasa de intercambio biótico no tiene precedente en la historia evolutiva de la biota terrestre y se le considera un componente más del cambio global, junto con el incremento de la temperatura global y la fragmentación de los hábitat originales.

La flora continental introducida y naturalizada en Chile asciende a 700 especies exóticas. La introducción accidental e involuntaria de plantas a Chile sería la principal forma de arribo de plantas exóticas. No obstante, existen varios registros

de introducción intencional. La mayor parte de la flora naturalizada se distribuye en las regiones del centro-sur de Chile, y su riqueza regional se encuentra relacionada con la presencia de caminos y el tipo de uso del suelo. El patrón temporal que ha seguido la naturalización de plantas a lo largo de Chile está asociado al incremento de la actividad portuaria, que se concentra principalmente en el centro-sur del país. El problema central que abordará esta propuesta será dilucidar las causas o factores relacionados a la susceptibilidad de un área a la expansión de especies introducidas o exóticas en Chile central, enfocado a escala de paisaje. Este problema central genera al menos los siguientes objetivos, que serán abordados en la siguiente propuesta: 1) Determinar las causas o factores relacionados a la susceptibilidad de un área a la expansión de especies introducidas o exóticas en Chile central, enfocado a escala de paisaje. (2) Evaluar el efecto de perturbaciones antropogénicas sobre la frecuencia y expansión de especies introducidas en Chile central. (3) Determinar que hace a una comunidad de Chile central susceptible o resistente a la expansión de plantas exóticas. Para lograr estos objetivos se realizará un transecto desde el nivel del mar hasta el límite altitudinal de la vegetación arbórea en la Cordillera de Los Andes. Sobre este transecto se elegirán en gabinete 10 unidades de paisaje que representen la amplia variación de paisajes de la región. Estas unidades de paisaje incorporaran comunidades naturales, agrícolas y aquellas propias de zonas urbana. En cada unidad de paisaje seleccionada se registrará una estimación de la frecuencia de especies exóticas y nativas que se encuentre en 3 grillas de 50 x 50 m. Adicionalmente, en estas mismas unidades de paisaje se estimará: (1) Extensión de caminos e infraestructura urbana. (2) Extensión del suelo agrícola. (3) Frecuencia y extensión del fuego. (4) Extensión del pastoreo por ganado doméstico. (5) Extensión de los cursos de agua. Uno de los principales resultados que se espera encontrar es que debido a que la susceptibilidad de una comunidad vegetal al arribo y expansión de plantas exóticas es un proceso multifactorial y dependiente de la escala, que involucra incluso factores histórico-humanos (uso del suelo, manejo agrícola y ganadero), los patrones de variación de los elementos del paisaje estarían relacionados con los patrones de variación de la diversidad de especies de plantas exóticas. Específicamente, el gradiente de variación de los elementos del paisaje (factores causales) estaría correlacionado con el gradiente de variación de la frecuencia de especies exóticas (variable dependiente).

Objetivos generales y específicos:

Objetivo general:

1. Determinar las causas o factores asociados a un área de paisaje que promuevan o retrasen la expansión de especies exóticas naturalizadas en Chile central.
2. Evaluar el efecto de las perturbaciones antropogénicas sobre la frecuencia y expansión de especies introducidas en Chile central.

Objetivos específicos:

- 1) Determinar, a una escala de paisaje, los patrones de distribución de especies exóticas naturalizadas en Chile central.
- 2) Relacionar el grado de expansión de especies exóticas en Chile central con el tiempo de residencia mínimo de estas mismas especies en la región de Chile central.
- 3) Cuantificar la variación de la proporción de plantas exóticas, respecto al total de especies de plantas, en un gradiente longitudinal de Chile central.
- 4) Evaluar el efecto de las siguientes perturbaciones sobre la frecuencia de especies exóticas y nativas:
 - Extensión de caminos e infraestructura urbana.
 - Extensión del suelo agrícola.
 - Frecuencia y extensión del fuego.
 - Extensión del pastoreo por ganado doméstico.
 - Extensión de cursos de agua.

Metodología:

OE1.- Determinar patrones de distribución a escala de paisaje de especies introducidas o exóticas en Chile central.

Se realizará un transecto longitudinal en la región mediterránea de Chile central que abarcará un gradiente desde el nivel del mar hasta el límite de la vegetación arbórea en la Cordillera de los Andes. El transecto será realizado en el paralelo 33° S, aproximadamente, abarcando las regiones administrativas V y Metropolitana. En este gradiente se procurará considerar gran parte de la variación de los paisajes más representativos para la región (urbanos, semi-urbanos, rurales, pastizales, agrícolas, bosque esclerófilo, espinales, matorral esclerófilo, subandino y andino). Se utilizará como referencia a Gajardo (1998) para determinar y tomar en consideración los tipos de comunidades vegetales más representativas de esta zona. La selección de las unidades de paisaje que serán estudiadas en esta propuesta será realizada en un trabajo de gabinete. La selección cuidará garantizar un gradiente suficiente que permita realizar las correlaciones estadísticas. El objetivo es evitar dejar fuera del muestreo a las unidades de paisaje que presenten una baja frecuencia en la región de estudio. Se elegirán 10 unidades de muestreo o unidades de paisaje. Para este estudio se considerará un paisaje como un mosaico de parches de hábitat a través de los cuales los organismos se mueven, viven se reproducen y eventualmente mueren (Forman & Godron 1986). Debido a que el tamaño del paisaje depende del organismo, nosotros definiremos los paisajes de acuerdo a los tipos de comunidades vegetales que han sido descritos por Gajardo (1998), incorporando aquellos antrópogénicos, que han modificado la estructura y composición original de las comunidades (zona urbana, área rural, plantaciones

forestales).

Con un GPS Georeferencial se registrará la altitud y referencias geográficas de cada unidad de paisaje estudiado.

En cada paisaje seleccionado, se realizarán 3 grillas de 50 x 50 m cada una elegida al azar para la cual se registrarán todas las especies de plantas con semillas. En la grilla se puede construir una curva especie-área y se puede estimar una curva promedio representativa para cada unidad de paisaje (aproximación espacialmente explícita). Con esta curva obtendremos la frecuencia promedio de plantas exóticas y la frecuencia promedio de plantas nativas para cada unidad de paisaje. Todas las especies de plantas vasculares que sean colectadas en las grillas serán determinadas taxonómicamente. Para una adecuada determinación taxonómica, todas las especies de plantas vasculares registradas en las grillas serán colectadas y herborizadas para su posterior determinación hasta especie. Las colectas de plantas serán enviadas a los principales herbarios del país.

OE2.- Relacionar el grado de expansión de especies exóticas en Chile central con el tiempo de residencia mínimo en la región.

Disponemos de una base de datos de las especies de plantas exóticas para toda la región de Chile central, con la fecha de su primera colecta registrada en herbarios reconocidos internacionalmente. Esta base de datos será enriquecida con nuevas colectas de los últimos años para la región de Chile central y con las colectas de esta investigación.

Con la información obtenida en las 10 unidades de paisaje muestreadas para lograr el Objetivo 1 de esta propuesta, se realizará un análisis de varianza multifactorial, con el cual se determinará la dependencia del grado de expansión de las especies exóticas (Nº de paisajes en el cual se registran colectas) según la fecha de residencia mínima en la región de Chile central, forma de vida y procedencia biogeográfica. La metodología para este análisis está detallado en Castro et al. (2005).

OE3.- Cuantificar la variación de la proporción de plantas exóticas, respecto al total de especies de plantas, en un gradiente longitudinal de Chile central.

Con la información obtenida en OE1 se cuantifica la variación de especies de plantas vasculares exóticas y nativas en las 10 unidades de paisaje estudiados. Adicionalmente, como una medida exploratoria, se realizará un Análisis de Componentes Principales (ACP) para conocer la estructura de la variación de las 10 unidades de paisaje estudiado. Para realizar este ACP se utilizarán variables ambientales asociadas a las unidades de paisaje, principalmente que sean obtenidos en el OE4.

OE4.- Evaluar el efecto de las siguientes perturbaciones sobre la frecuencia de especies exóticas y nativas: Extensión de caminos e infraestructura urbana,

extensión del suelo agrícola, frecuencia y extensión del fuego, extensión del pastoreo por ganado doméstico, extensión de cursos de agua.

Para cada unidad de paisajes seleccionados en el OB1 se determinarán cuantitativamente los siguientes elementos de paisaje:

1) Proporción de área ocupada actualmente por caminos. Obviamente, cuando hay mayor proporción de área ocupada por caminos se considerará que la probabilidad de arribo de propágulos de plantas exóticas es mayor.

Se considerará no solo la extensión de los caminos sino también su ancho, y así obtener su área. De esta manera, el área será considerada un estimador confiable del flujo de medios de transporte y de posibles propágulos transportados a través del paisaje.

2) Proporción de área ocupada actualmente por cualquier construcción urbana, casas, fábricas, edificios, puentes, etc. El área urbana se considerará la intensidad extrema de la perturbación antropogénica sobre el paisaje relativo a su habitabilidad.

Se considerará área urbana a toda superficie que se encuentra alterada y modificada completamente por la construcción de infraestructura básica (caminos asfaltados, construcciones con cimientos y suelos cubiertos por cemento u otro material similar). Las áreas urbanas pueden presentar áreas verdes (líneas de árboles urbanos, jardines, plazas, parques, arbolados y cerros), en los cuales las plantas nativas e introducidas pueden propagarse. Los sitios eriazos y abandonos de las urbes son focos para la propagación de hierbas anuales y perennes.

Se considerará área semi-urbanas a todas aquellas que se presentan en los límites de las ciudades, que está compuesta por cierta infraestructura propiamente urbana y con áreas para otros destinos agrícolas.

En esta propuesta se realizará una diferencia entre área semi-urbana con aquellas áreas rurales. Se considerará área rural a aquellas que destinan la mayoría de su superficie a la agricultura o ganadería. Por el contrario, se considera área semi-urbana cuando destinan la mayoría de su superficie a la vivienda o producción industrial.

3) Proporción del área ocupada actualmente por suelo agrícola. Esta área se considerará como una estimación de la intensidad de la perturbación antropogénica sobre el paisaje relativo a su productividad agrícola tradicional.

Se considerará suelo agrícola a todo aquel que se encuentra destinado para la producción de plantas para su comercialización. No consideraremos diferente un suelo agrícola con uso actual y otro que se mantiene en la actualidad en "descanso" o barbecho.

4) Frecuencia y área ocupada por fuegos registrados en la base de datos de CONAF

Se solicitará a la Comisión Nacional Forestal, la Base de Datos de los fuegos para la V Región y Región Metropolitana. Debido a que es altamente improbable que en la Base de Datos se encuentren registros de fuegos para los paisajes seleccionados, se calculará una frecuencia de fuegos (N° de fuegos anuales) estimada en un área de 10 km², considerando que la unidad de paisaje se encuentra en el centro. Con los datos de la Base de Datos se podrá obtener la frecuencia de fuegos. Debido a que la mayoría de los fuegos en Chile central son de tamaño pequeño, esta medida es un buen estimador del grado de perturbación que sufre el paisaje por efecto del fuego.

5) Proporción de área ocupada actualmente para la alimentación de ganado doméstico. Esta área se considerará como un estimador de la intensidad de la perturbación por pastoreo.

Para identificar el área que es utilizada para la ganadería, se realizará en el paisaje seleccionado una inspección visual de aquellas superficies de terreno que se encuentran con vegetación silvestre. Si en esta inspección se encuentra excremento de ganado doméstico se considerará que la superficie está destinada actualmente para la crianza de ganado.

6) Extensión de la trama de los cursos de aguas. Esta es una estimación de la disponibilidad y uso del agua por la vegetación.

Se solicitará a la Comisión Nacional de Riego, información de su Base de Datos para conocer la extensión de los canales de riego, el flujo de agua y la presencia de aguas subterráneas en las áreas de paisaje seleccionadas. Además, con una inspección visual durante el terreno se registrará el área que ocupan los canales de riego y superficies con acumulación de aguas (ríos, lagunas, u otra fuente de agua acumulada).

Todas las áreas serán estimadas con GPS Geodésico que miden con un error menor a 3 metros. Con el GPS se creará una ruta que entrega la información de la distancia a través de un Track, que es posible de utilizar para representar un contorno de una determinada área. El Track es un trazado que representa por donde se ha pasado y está formado por una sucesión de puntos unidos por líneas rectas. El GPS es capaz de memorizar al menos 10.000 mil puntos.

Cada área de paisaje presentará un valor para cada uno de los factores considerados, que será representado en área relativa, frecuencia de fuegos y extensión total de cursos de agua. Todos estos factores serán considerados variables independientes o factores causales de la frecuencia de especies exóticas y nativas que son registradas en las grillas establecidas en las mismas áreas de paisaje. Todas las variables que serán estimadas serán continuas. No obstante, dependiendo de eventualidades del terreno, las variables podrían ser

transformadas a variables discontinuas a través del uso de un índice que solo podría ser construido con los datos ya calculados.

Análisis Estadísticos

Para determinar el efecto de cada uno de los factores sobre la frecuencia de plantas exóticas y nativas se realizarán regresiones lineales múltiples. La variable dependiente es la frecuencia de exóticas y nativas. Las variables independientes son las variables estimadas en el OB4 de esta propuesta. Para los análisis estadísticos las variables expresadas en porcentajes serán transformadas a arco seno de la variable, debido a que no presentan una distribución normal. Probablemente, el resto de las variables serán transformadas a su Log debido a que esperamos que sus valores estén desplazados hacia valores altos o bajos de su escala de medida, ya que la frecuencia de las perturbaciones no es homogénea en toda la extensión de Chile central y las distintas unidades de paisajes no estarán igualmente representadas. Se realizará una regresión lineal múltiple de tipo "Stepwise regression". Con este análisis se puede controlar la adición y remoción de las variables independiente en cada "paso" (stepwise). Con este procedimiento se puede construir el modelo que mejor explica la variación de la frecuencia de plantas exóticas y nativas. Hay que ser cuidadoso con este procedimiento estadístico ya que es la más notoria fuente de pseudos valores de p . Hay procedimientos para estimar la confianza de los modelos con tablas que proveen valores de R^2 de la hipótesis nula, que depende de los candidatos a predictores y el tamaño final de datos.

Adicionalmente, debido a que se puede construir un modelo complejo de dependencias e interacciones entre los factores y la variable dependiente, nosotros consideramos adecuado realizar aquí también un análisis de vías. En este procedimiento, el investigador define una red de dependencia e interacciones (definición del modelo) que construye de acuerdo a sus conocimientos previos sobre el sistema de estudio. El análisis calcula un coeficiente de correlación para cada vía definida con anterioridad.