

Apuntes sobre Modelación de Nicho Ecológico



Por Norberto Martínez



Long Xue (nido del dragón)



Nido y pájaro cucú



Nido vacío



Nicho : Del francés antiguo nichier (“hacer nido”) (nicher francés moderno), del Latín nīdus (“**nido**”).

Nido: Como símbolo, y metáfora de las cosas con múltiples interpretaciones

- **¿Por qué nos interesa el Nicho ecológico?**
- Quizá una respuesta pudiera ser la siguiente:
- La ecología evolutiva, de poblaciones y de ecosistemas han sido disciplinas algo separadas con poca “fertilización cruzada”, nosotros creemos que el concepto de nicho es un nexo entre estas disciplinas. Chase y Leibold (2003).



- **¿Pero qué es el nicho ecológico?**

- **¿Existe en verdad el nicho ecológico? (hasta lo modelamos, debe de existir!!!, ¿o no?)**

- **¿Pero todos los biólogos tienen el mismo concepto de nicho ecológico?**

Pues el nicho ecológico es un concepto que no está libre de controversia y a veces puede llegar a ser un tanto ambiguo:

- *The niche concept remains one of the most confusing, and yet important, topics in ecology.* R. B. Root (1967).
- *I think it is a good practice to avoid the term niche whenever possible.* M. H. Williamson (1972).

- 
- *No concept in ecology has been more variously defined or more universally confused than “niche”. L. A. Real and S. A. Levin (1991).*
 - *Ecology’s love-hate relationship with the niche concept has been long and not especially pretty. N. G. Hairstone Jr. (1995).*

- 
- *I believe that community ecology will have to rethink completely the classical niche-assembly paradigm from first principles. S. P. Hubbell (2001).*

(Este autor propone una alternativa al concepto de nicho, que veremos más adelante)

Importante

Por lo anterior y antes de seguir con los conceptos de nicho debemos señalar que:

- Los autores que propusieron los conceptos de nicho principales, han desaparecido hace mucho, pero sus trabajos han sido interpretados de muchas maneras, y quizá sin exagerar existan decenas de trabajos, incluso contradictorios, que interpretan de distintas maneras lo que quisieron decir.

Para muestra un botón (o varios) de las muchas interpretaciones:

- Para Hurlbert (1981): El nicho según Grinnell y según Hutchinson eran idénticos.
- Para Schoener (1989): Los nichos según Elton y según Grinnell eran muy cercanos por considerar equivalentes ecológicos, y considera que es poco lo que los separa.
- Para Griesemer (1992): Elton quería explicar la estructuración de las comunidades por medio de variables tróficas, y Grinnell, intentaba explicar la especiación basado en el principio de exclusión competitiva (o sea diferentes).

- 
- Para Peterson (2003): Grinnell y MacArthur hacen énfasis en los factores limitantes de la distribución de las especies. Elton y Hutchinson se concentran en el papel funcional de la especie.



Por lo que hoy en día **sigue el debate y la confusión** sobre que es nicho, principalmente si se trata de uso de recursos o de distribución y habitación o si **son o no una propiedad de la especie o del medio.**

Para dar un cierto “orden” al hablar de las implicaciones de las definiciones de nicho, seguiremos más o menos la línea de Peterson (y Soberón), ya que es quizá la que usan los que hacen modelación de nicho.



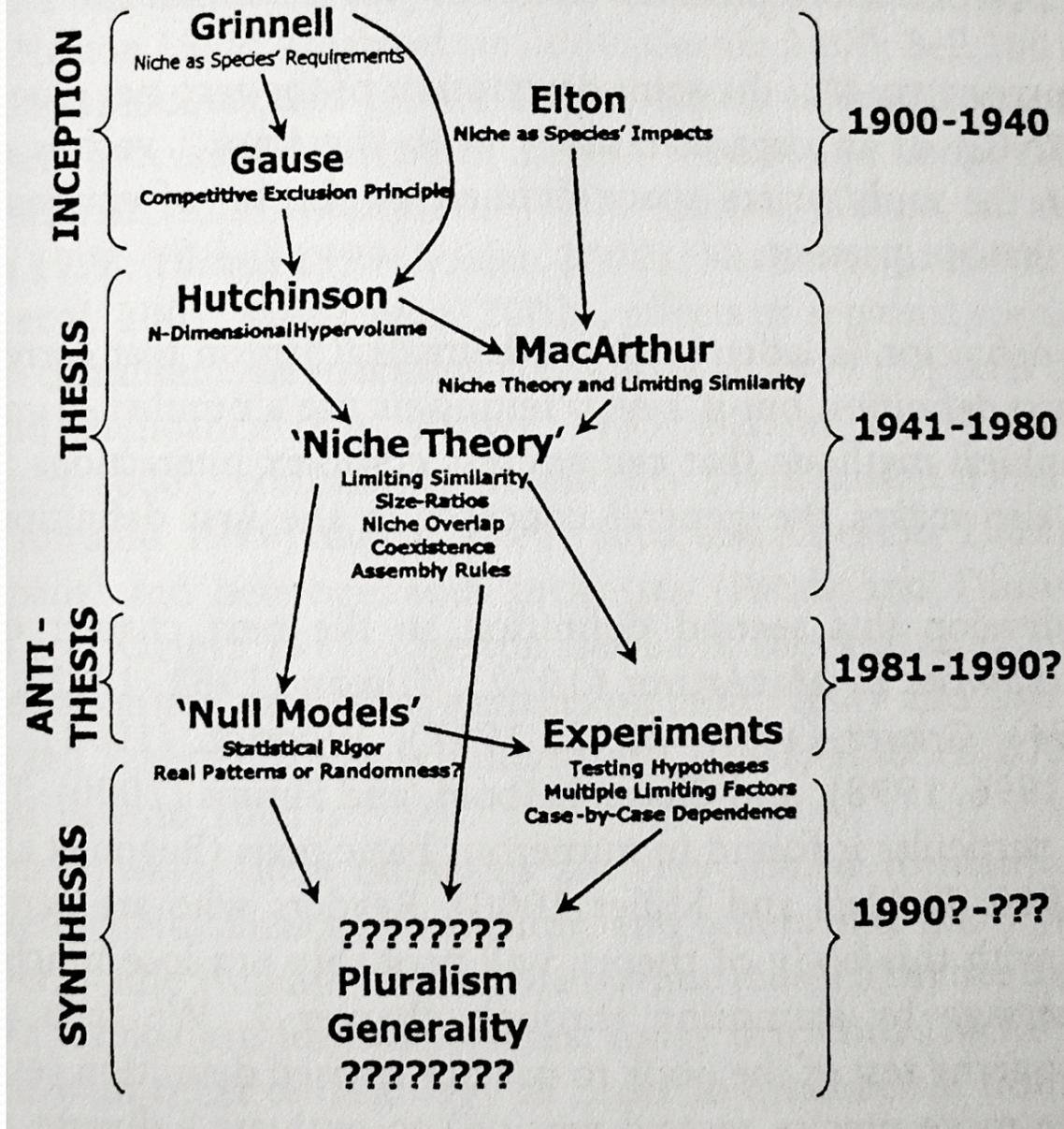
¿Pero de dónde sale el concepto de nicho?

- Fue **R. H. Johnson** quien en **1910** utilizó por primera vez la palabra nicho como un término ecológico dándole de manera intuitiva el significado (o uno de ellos, como el de Hutchinson) que ahora tiene.

(!otro centenario!)

Johnson, R. H. 1910. Determinate evolution in the color-pattern in the lady beetles. Carnegie Institution of Washington, Washington. Publication 122.

The Dialectical Niche Through Time



Progreso del concepto de nicho según Chase y Leibold (2003)

¡¡Pero bueno no hemos citado aún algún concepto de nicho¡!

El primero planteado como tal es el de:

Joseph Grinnell:

- La unidad de distribución final, en la que cada especie está condicionada por sus limitaciones instintivas y estructurales (1924)
- “*the ultimate distributional unit, within which each species is held by its structural and instinctive limitations*” (1924)”.

- 
- La suma de los requerimientos de hábitat de una especie. Y marca la menor unidad de distribución.
 - Enlista los **factores limitantes** para una especie, recursos, microhábitats y factores abióticos en general, y en menor grado depredación otras interacciones.
 - Enfatiza en las **adaptaciones fisiológicas y comportamentales** que permite a las especies responder a los factores limitantes.



Implica que:

- El nicho es una **característica del medio** no de los organismos.
- Existen **nichos vacíos y vacantes**.
- La exclusión competitiva es la interacción principal (e intenta explicar así la especiación).
- Existen organismos que son **equivalentes ecológicos**.

- 
- Casi paralelamente con el concepto de nicho surge el concepto de exclusión competitiva propuesto por **Gause** (competidores totales no pueden coexistir).
 - Aunque este concepto ya estaba implícito en los cálculos de Volterra.
 - Es un concepto que retroalimenta los conceptos de nicho.

Charles Elton:

- “El nicho describe el estatus de un animal en su comunidad, indicando que hace y no solamente como se ve”.
- “El nicho de un animal es el lugar que ocupa en el ambiente biótico y su relación con la comida y sus enemigos (naturales)”.
- Énfasis de la función de una especie dentro de una cadena alimenticia (carnívoros, herbívoros).
- Las condiciones abióticas no son tomadas en cuenta.



Implica que:

- El nicho en teoría no está restringido a una especie.
- Por tanto los organismos relacionados como **equivalentes ecológicos** serían un indicio de nichos similares.

Evelyn Hutchinson:

- “El termino nicho se define como la suma de todos los factores que actúan en un organismo; así el nicho se define como un hyperspacio n-dimensional” (1944).
- Las variables pueden ser físicas o biológicas.



Implica que:

- En este concepto el nicho es una **propiedad de la especie no del ambiente (no hay nichos vacíos)**.
- Los nichos tienen también una dimensión temporal.
- Los nichos cambian “son mutables”, evolucionan.

- 
- La exclusión competitiva se espera bajo este concepto, o sea los nichos efectivos o realizados no interceptan (ver más adelante) (¿a pesar de la paradoja del planctón?)
 - El nicho se puede cuantificar ya que las variables ambientales se pueden relacionar con el desempeño de una especie y “graficar” en el hiperespacio.

The niche-limitation/limiting-similarity hypothesis. MacArthur and Levins (1967)

- Este es un concepto que contribuirá con la síntesis sobre la teoría del nicho.
- Predice que las especies que son similares a otras en términos de caracteres funcionales sufriran de una gran competencia y serán menos abundantes.

La teoría del nicho (mediados de los años 60's a principio de los años 80's)

- Implica la madurez y conjunción de teorías y concepto de nichos anteriores, de muchos autores Levins, MacArthur, Pianka, Roughgarden, Schoener, Colwell, May, Diamond
- El principal objetivo de todos los modelos e hipótesis implicados es el de explicar cómo es que las especies pueden coexistir (por número o similitud).



Para este cuerpo de conocimientos, la competencia por recursos (bióticos y abióticos) es la principal fuerza que modela los patrones observados en ecología (???)

Entonces los trabajos enfocados en competencia se interesan en la medición de:

- **Amplitud de nicho** (Niche breath): la variedad de recursos (hábitats) utilizados por la especie.
- **Partición de nicho** (Niche partitioning): El grado de uso diferencial de las especies para que coexistan.
- **Solapamiento de nicho** (Niche overlap): El uso mutuo de recursos por diferentes especies.
- **Ensamble de nicho** (Niche assembly): Colonización y organización de las especies en un nicho nuevo o abandonado.

- Como conceptos clave derivados de los trabajos de Hutchinson, pero que se pueden aplicar o se aplican a las otras definiciones de nicho (por ejemplo el nicho Grinnelliano), tenemos:
- **Nicho fundamental:** Todos los aspectos (variables) del espacio o hipervolumen, en la ausencia de otras especies. En pocas palabras es **donde la especie puede vivir.**

Nicho realizado/efectivo (realized):

- Subconjunto del nicho fundamental en el cual las especies están restringidas debido a sus interacciones interespecíficas.
- Igual a: Espacio ecológico y geográfico **donde le especie vive.**

ATENCIÓN:

Para Soberón y Nakamura (2009) tiene una leve pero fundamental diferencia:

“El Nicho realizado (RN) es la parte del nicho Potencial que las especies **realmente usarían**, después quitar **los efectos de competidores y depredadores**”.

(Los nichos realizados no se interceptan)

Diagrama BAM (I)

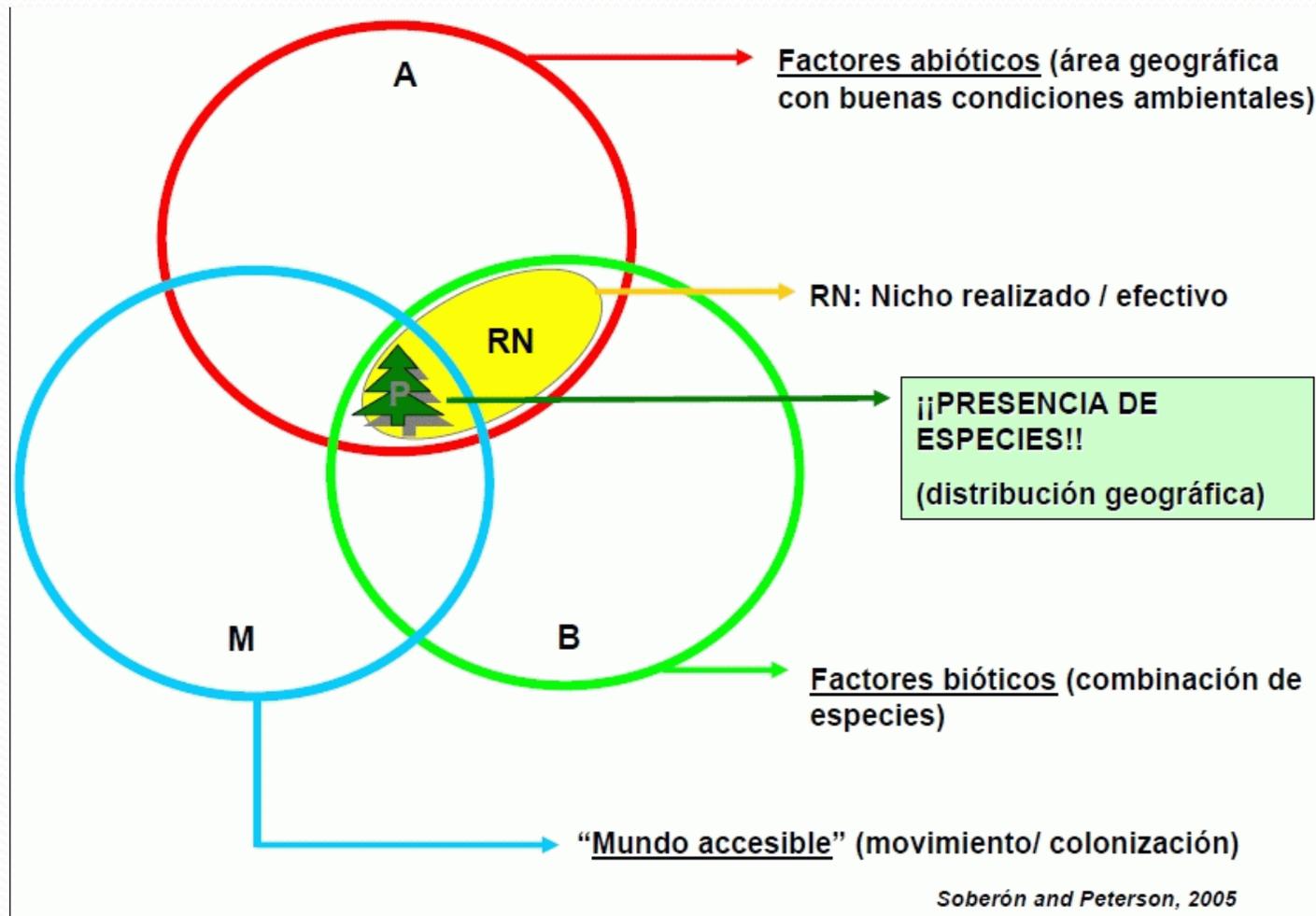
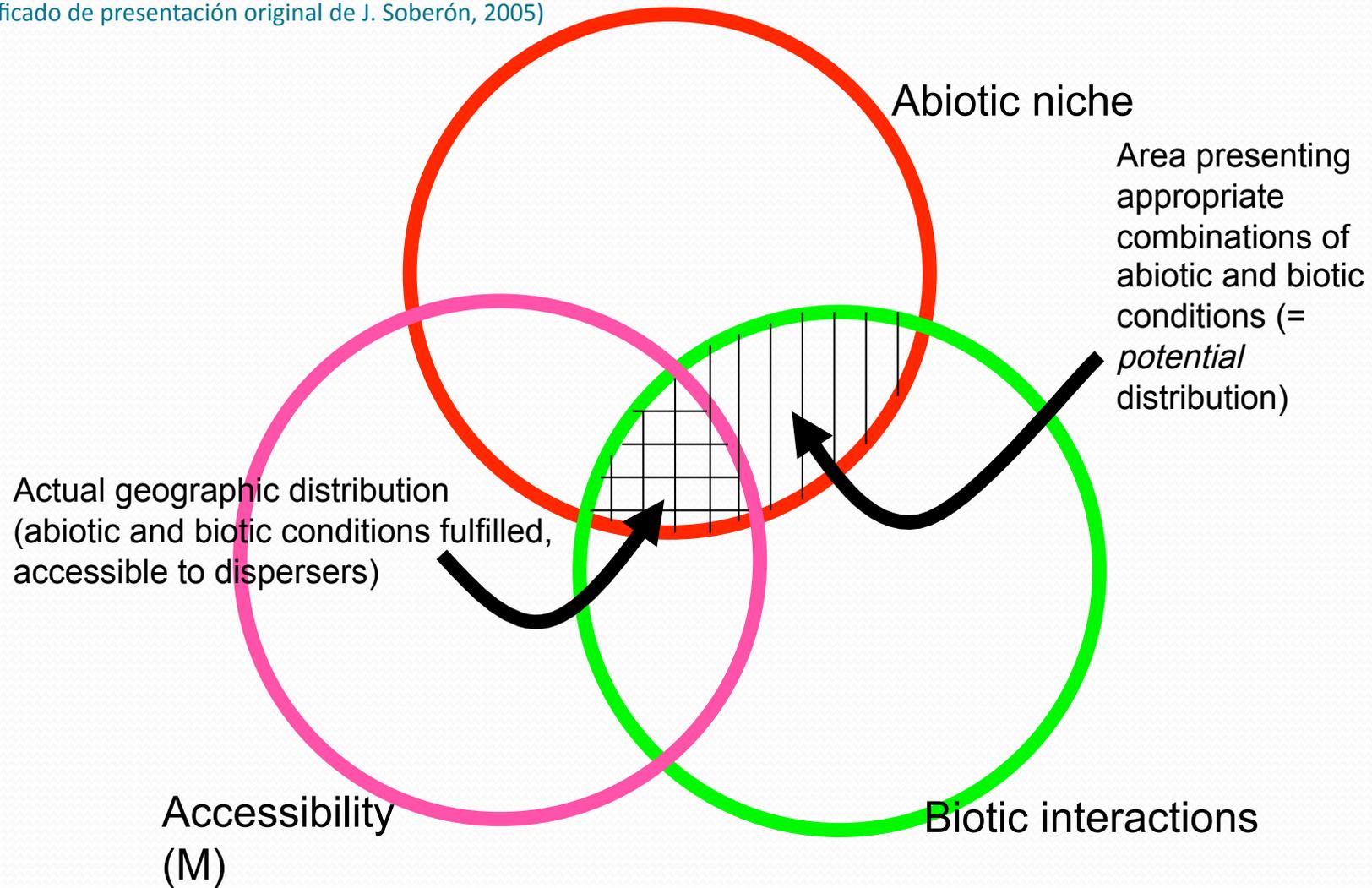


Diagrama BAM (II)

(modificado de presentación original de J. Soberón, 2005)



Críticas al concepto de nicho (¿más o las mismas?):

- La competencia no es necesariamente el proceso clave en ecología (es difícil demostrar competencia).
- Uso ambiguo y confuso del término nicho.

Alternativa al concepto de nicho ecológico:

- Modelo neutro sobre la biodiversidad y la abundancia de especies. Hubbell (2001).
- Para entender la diferencia entre especies, no es necesario acudir a su nicho ecológico.
- Los patrones ecológicos de manera muy amplia pueden ser entendido y estudiados asumiendo que en esencia todas las especies tienen un nicho ecológico idéntico.
- Incorpora elementos de la biogeografía de islas, migración y procesos de extinción para construir lo que llama **deriva ecológica**.

- 
- La especies son neutras entre si, y la deriva ecológica ayudaría a explicar la diversidad y abundancia (una cuestión más histórica y azarosa).
 - La teoría a nivel de comunidades es análoga a la deriva génica a nivel poblacional.
 - Los caracteres de las especies son neutros (sobre simplificación).

- 
- Sin embargo existen datos teóricos que contradicen las predicciones de Hubbell realizadas en bosques tropicales (Condit *et al.*, 2002)
 - Además la suposición que todas las especies son idénticas en su nicho, no es estrictamente cierta.

- 
- En el mejor de los casos, los modelos neutros como el de Hubbell son un extremo de un continuo, con los nichos ecológicos en el otro extremo.
 - La visión más apropiada quizá está en la mitad de este continuo, similar a lo que pasa entre deriva génica y selección natural (Chase y Leibold, 2003)

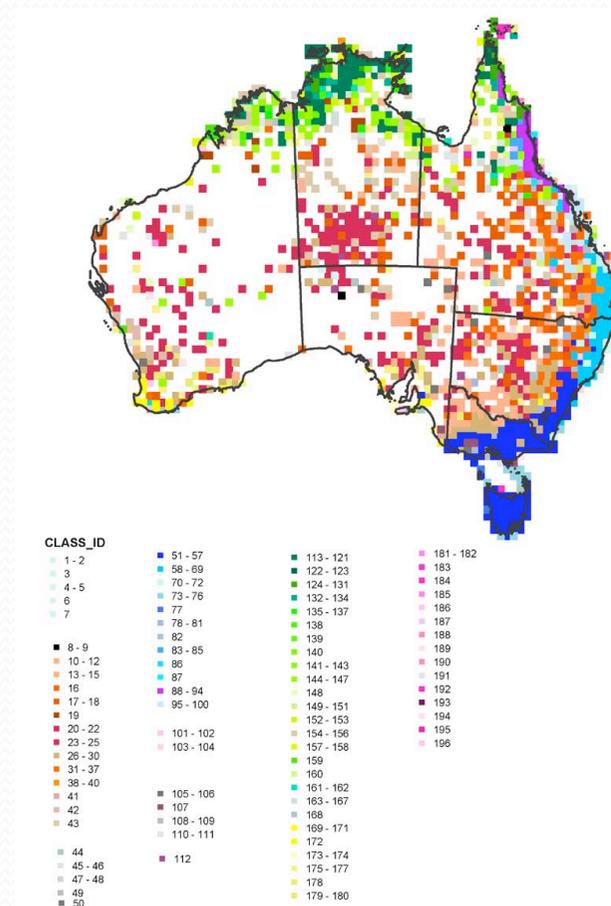
Concepto reformulado de nicho de Chase and Leibold (2003):

- “The niche of a species is the joint description of the **environmental conditions that allow** a species to satisfy its minimum requirements so that **the birth rate of a local population is equal or greater than its death rate** along with the set of *per capita* impacts of that species on these environmental conditions.”

(Un tanto parecido al concepto Grinelliano, en cuanto que el nicho es propiedad del medio, pero incluye aspectos demográficos)

Modelado de Nicho

- Desde la década de los ochentas, los australianos comenzaron con la modelación “bioclimática” para estudios entomológicos (Climex)
- Después desarrollaron Bioclim, DOMAIN y posteriormente GARP
- Hoy en día existen cerca de 15 métodos para modelado de nicho, la mayoría de ellos de acceso libre.
- (adaptado de presentación original de J. Soberón)



Antes necesitamos saber que:

- La resolución a la cual se manejan los estudios de áreas de distribución es normalmente a : “low resolutions” $> 10^3$ km² (*sensu* Soberón) (no mayor a 10^3 km²)
- Ejem.: La resolución espacial de las capas de Worldclim es de: **30 segundos** ($0.93 \times 0.93 = 0.86$ km² en el ecuador) a **2.5, 5 y 10 minutos** ($18.6 \times 18.6 = 344$ km² el ecuador).
(entre 0.86 km² y 344 km²)
- Dentro de las celdas, estamos en el dominio de la ecología y fuera en el de la biogeografía o la macroecología

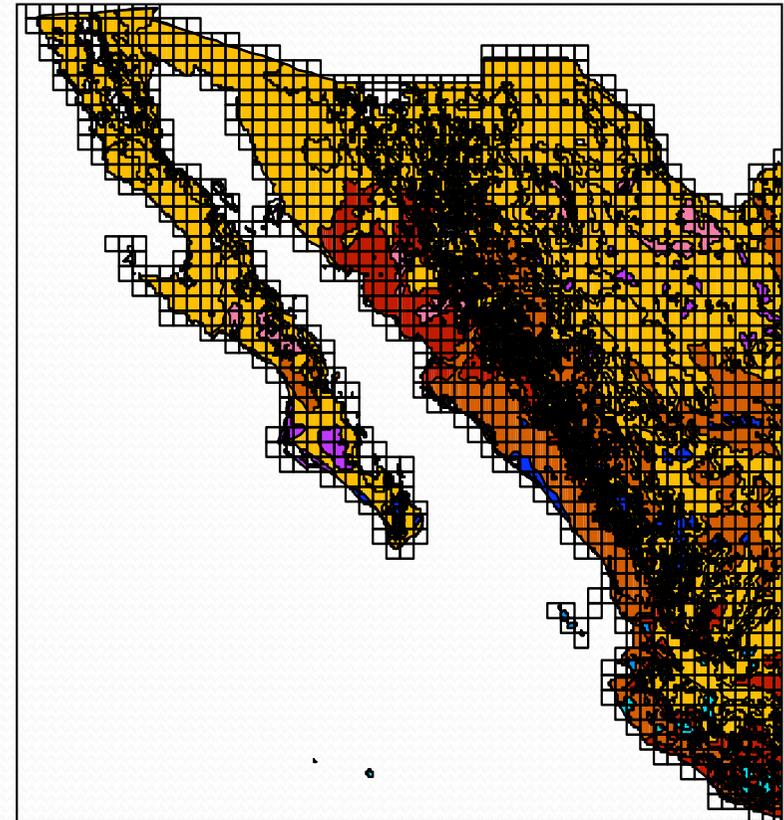


Imagen original de J. Soberón

Modelado de nichos ecológicos y distribuciones geográficas

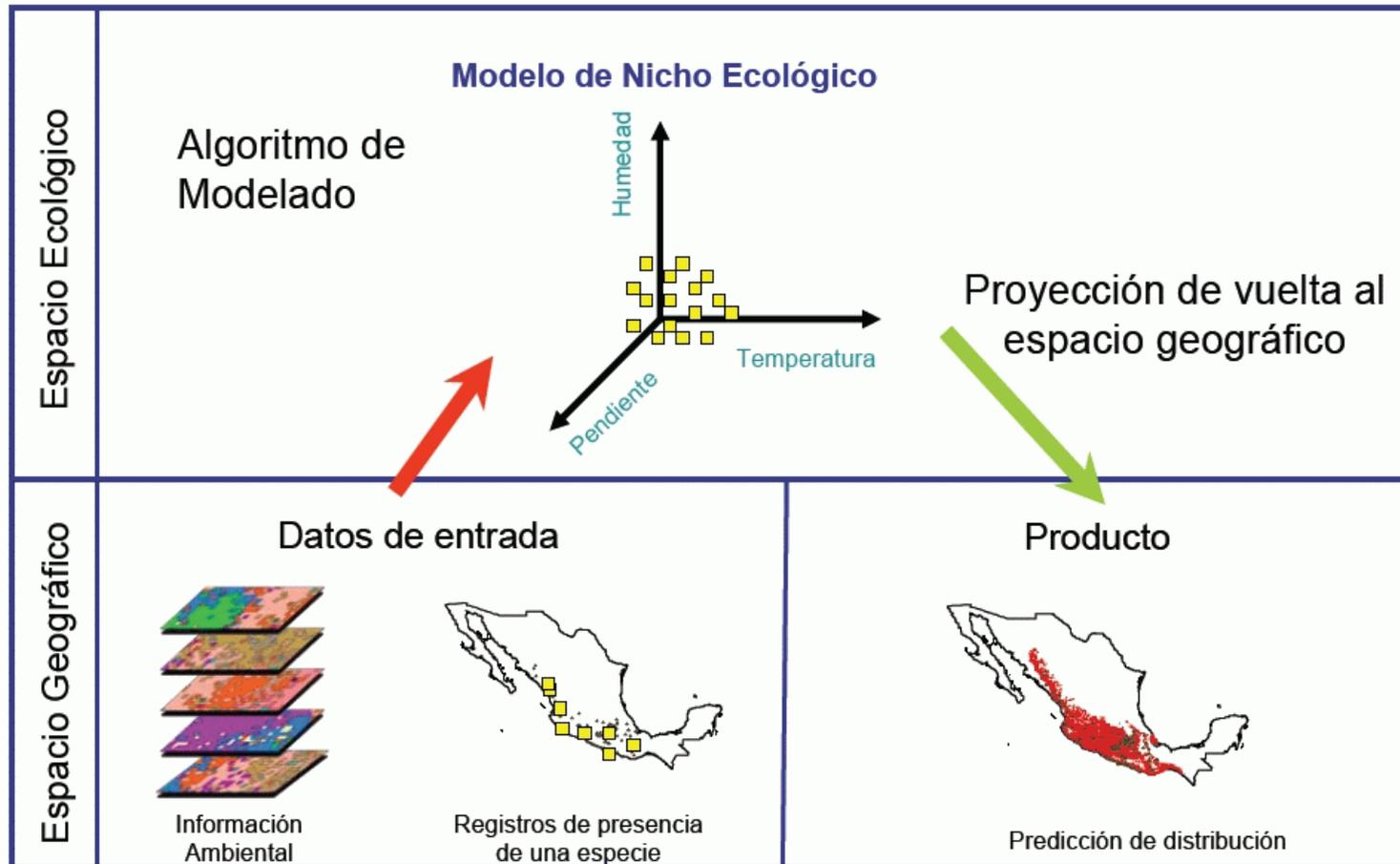
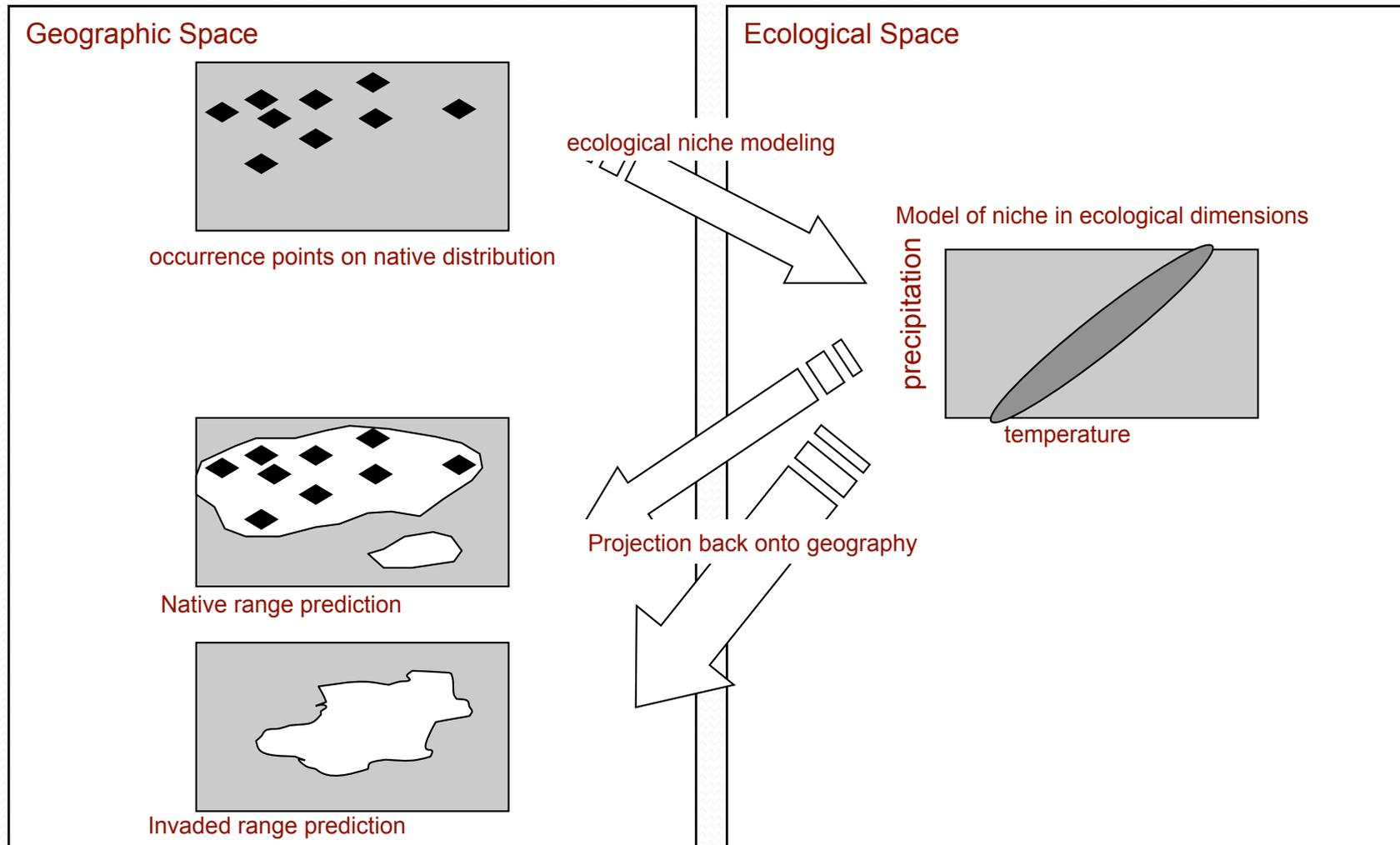


Figura original de E. Martínez-Meyer y A.T. Peterson)

Modelado de Nicho Ecológico



Soberon and Peterson *Biodiversity Informatics* 2005

Nota importante:

- Para J. Soberón, realmente **se está trabajando con el nicho Grinelleano (nicho efectivo Grinelliano)** en la escala a la que normalmente se modelan los nichos.

(Aunque para Martínez-Meyer a veces en algunas áreas se modela el nicho efectivo y en otras el fundamental, ejemplo: con especies hermanas).

- **En esta escala** los factores bióticos propios de los nichos definidos por Elton, son poco relevantes, la señal está dominada por los factores abióticos y **los factores bióticos actúan como ruido**.

Se entiende que:

- A) Los procesos eltonianos son de muy alta resolución. Las variables tróficas e interacciones ecológicas, son altamente interactivas.
- B) En la escala de modelado de nicho se utilizan las variables como elevación, orientación, geología y clima (scenopoetic variable, *sensu* J. Soberón), poco interactivas.
- C) La exclusión competitiva no afecta al total de la población.

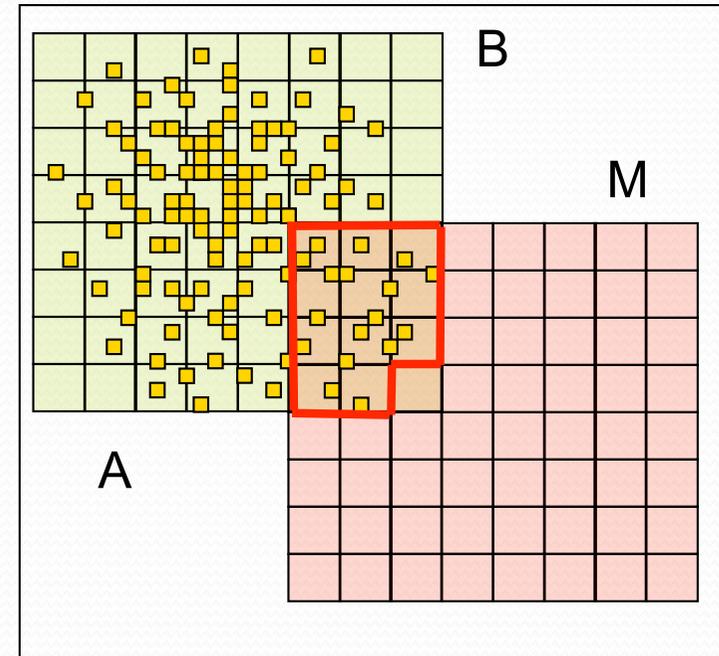


Imagen original de J. Soberón

Código de las variables bioclimáticas obtenidas de WordClim (
<http://www.worldclim.org/bioclim>)

BIO1 = Annual Mean Temperature

BIO2 = Mean Diurnal Range (Mean of monthly (max temp - min temp))

BIO3 = Isothermality (P2/P7) (* 100)

BIO4 = Temperature Seasonality (standard deviation *100)

BIO5 = Max Temperature of Warmest Month

BIO6 = Min Temperature of Coldest Month

BIO7 = Temperature Annual Range (P5-P6)

BIO8 = Mean Temperature of Wettest Quarter

BIO9 = Mean Temperature of Driest Quarter

BIO10 = Mean Temperature of Warmest Quarter

BIO11 = Mean Temperature of Coldest Quarter

BIO12 = Annual Precipitation

BIO13 = Precipitation of Wettest Month

BIO14 = Precipitation of Driest Month

BIO15 = Precipitation Seasonality (Coefficient of Variation)

BIO16 = Precipitation of Wettest Quarter

BIO17 = Precipitation of Driest Quarter

BIO18 = Precipitation of Warmest Quarter

BIO19 = Precipitation of Coldest Quarter

Se entiende que el Nicho Grinelleano también forma un hipervolumen en el espacio de las variables scenopoéticas

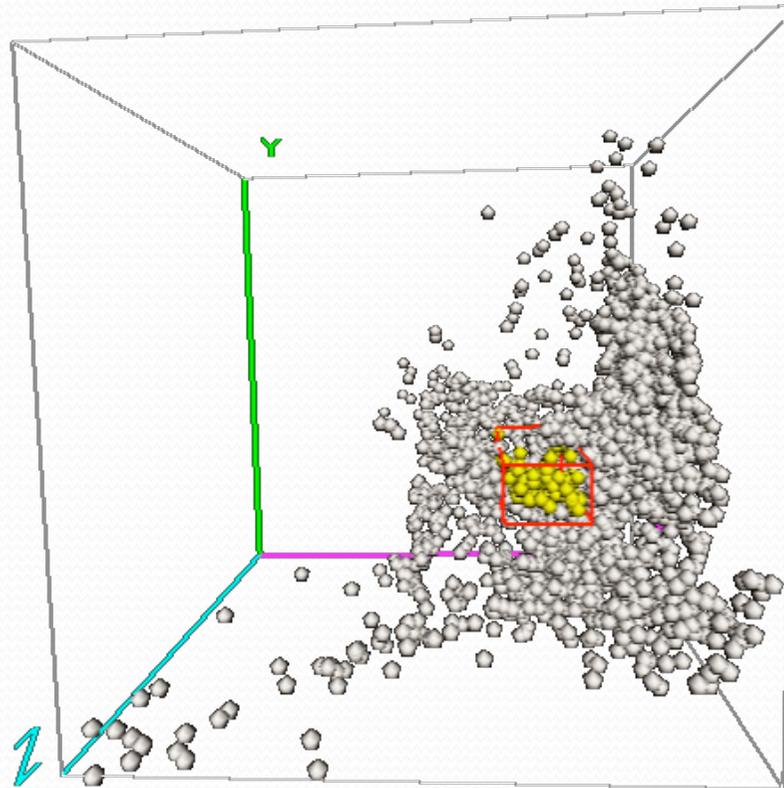


Imagen original de J. Soberón

Scenopoetic variable, sensu J. Soberón: Generalmente se entienden como elevación, orientación, geología y clima. Son poco interactivas.

De la modelación del nicho ecológico derivamos que:

- a) Las especies responden a reglas ecológicas que determinan su distribución en el espacio geográfico (interacción entre el espacio ecológico y el geográfico).
- b) Las reglas ecológicas son independientes del espacio geográfico, por lo que la especie puede ser predicha en lugares donde nunca ha sido registrada (nicho potencial).
- c) Cada punto geográfico se corresponde con sólo uno en el espacio ecológico, pero cada punto en el espacio ecológico se puede corresponder con más de un punto en el espacio geográfico.



Las especies no podrían estar en el espacio predicho por efecto de:

- a) Interacciones bióticas con otros organismos (competencia, depredación, escases de alimento).
- b) No se ha podido dispersar a esos lugares (por tiempo o barreras geográficas y ecológicas).
- c) Simplemente ha sido removida o se ha extinguido.

Algunas limitaciones del modelado de nicho:

- a) Incertidumbre de las capas y envolturas bioclimáticas utilizadas (errores arrastrados desde la toma de datos).
- b) La incertidumbre asociada a los algoritmos utilizados.
- c) No poder modelar las distintas interacciones bióticas de las especies o su capacidad de dispersión.

¿Qué necesitamos para modelar nichos ecológicos?

Los datos de colecta georreferenciados:

- A) Obtenidos por GPS
- B) De cartas geográficas
- C) De google earth o de gazeteros en línea:

<http://www.fallingrain.com/world>

Cosas que necesitamos saber sobre los datos geográficos:

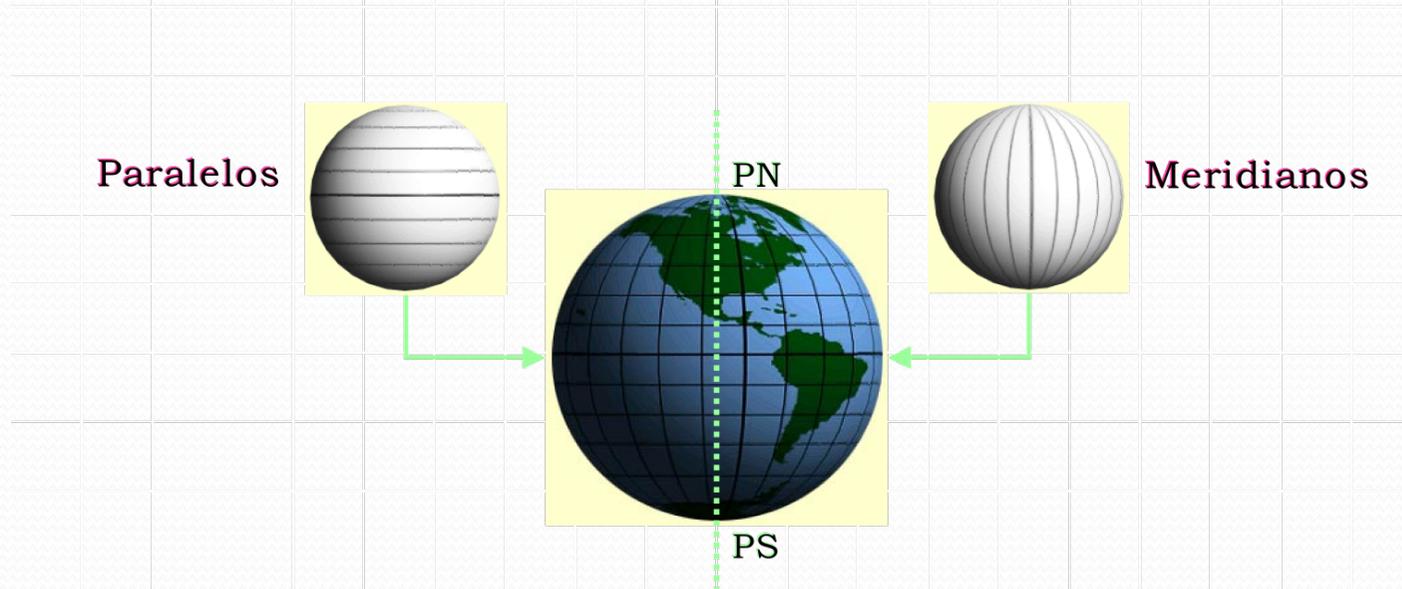
- Para modelado necesitamos coordenadas transformadas a formato decimal:

Grados decimales = $\text{grados}(\cdot) + (\text{min}/60) + (\text{seg}/3600)$

Ejemplo: Ciudad de México: Lat. 19.4342, Long. -99.1386
(signo negativo a sitios al oeste del Meridiano de Greenwich)

A veces podemos tener problemas al transformar nuestras coordenadas geográficas ya que dependen del tipo de proyección y Datum utilizado ...¿Qué es esto?

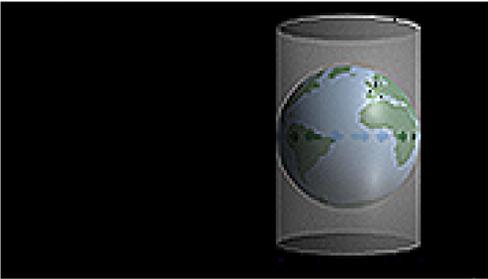
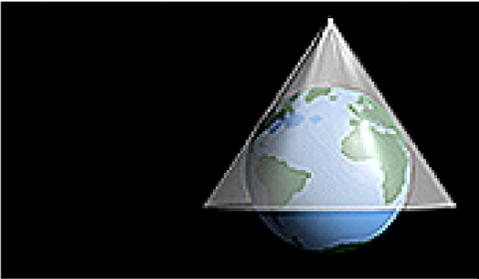
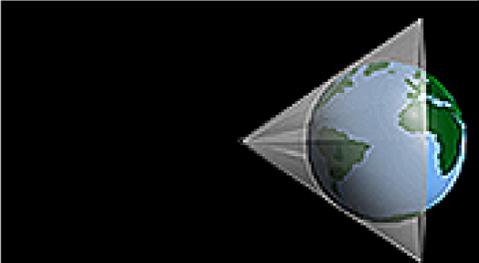
Antes unos conceptos básicos:



Paralelos= Latitud (entre 0° y 90° latitud norte y entre 0° y -90° latitud sur)

Meridianos= Longitud (entre 0° y 180° longitud este y entre 0° y -180° longitud oeste)

- El problema ahora es que necesitamos tener las coordenadas en un plano para poder utilizarlas, eso lo hacemos por medio de las proyecciones:

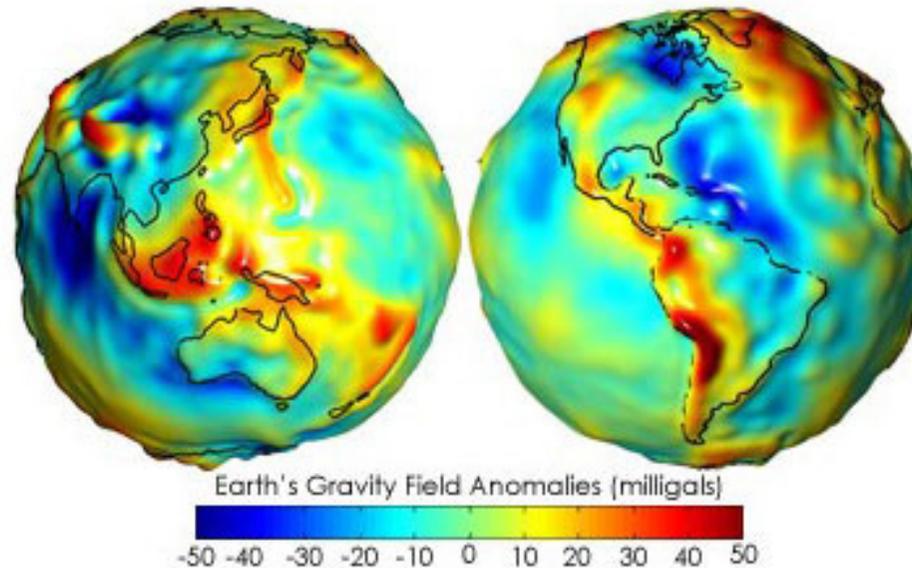
	Azimutal	Cilíndrica	Cónica
Regular			
Oblicua			
Transversal			

Las proyecciones más usadas son:

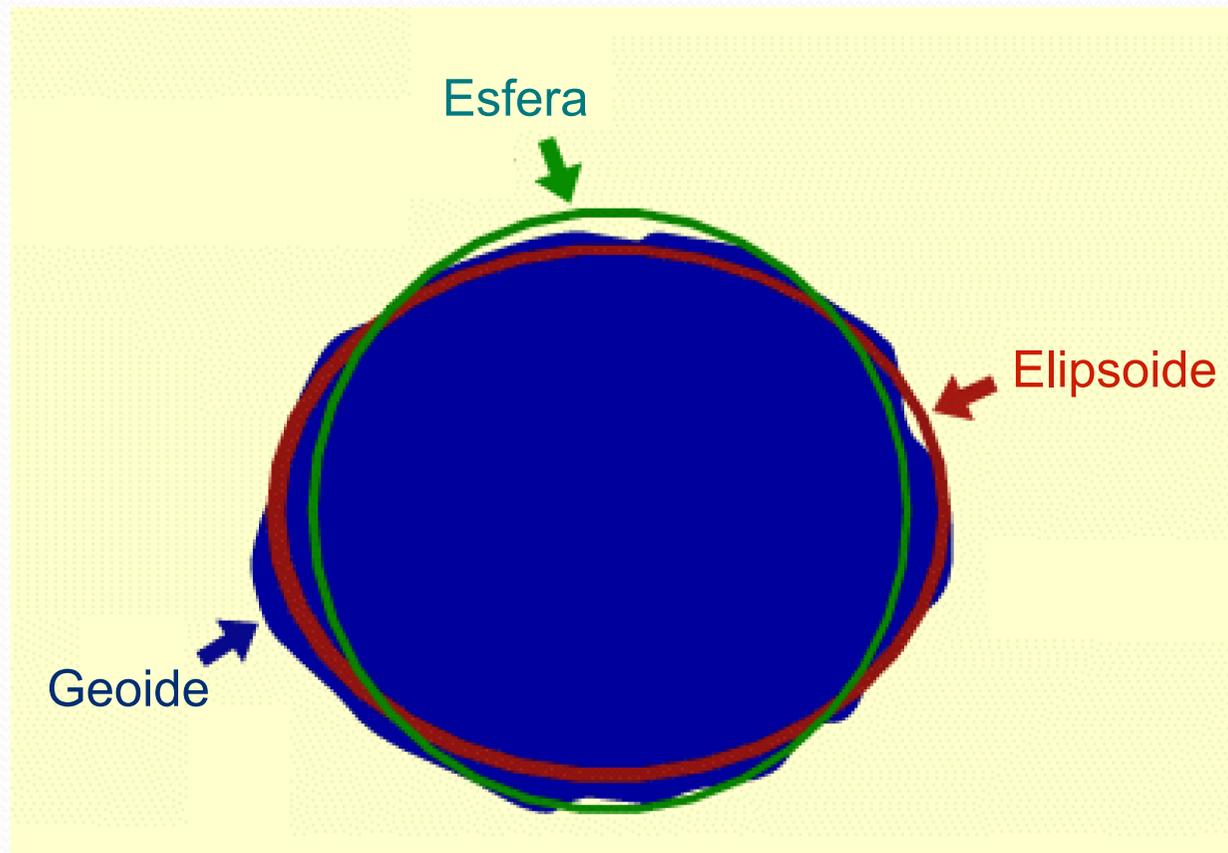
- Cilíndricas: Como la proyección de Miller, Peter y quizá la más usada Mercator (de las que se derivan las coordenadas **UTM** o Universal Transverse Mercator).
- Cónicas: Como proyección de **Lambert** y proyección de Albert.

Problema con las proyecciones: Una sola proyección no puede conservar los ángulos (conforme u ortomórfica) o las áreas (equivalencia) al mismo tiempo.

- Pero tenemos otro gran problema, la tierra no es un cuerpo esférico regular ni un ovoide perfecto, ya que la gravedad y la rotación provocan achatamiento en los polos y diversas protuberancias en el ecuador, además de otras irregularidades:



- Dado que la tierra no es un cuerpo regular ha sido necesario crear modelos matemáticos que representen de forma fiel la superficie de la tierra. El primer paso es aproximar la superficie de la tierra con **elipsoides** (tantos como sea necesario según cada región).



- Ya aproximada la forma de la Tierra con un elipsoide, se crea otro modelo matemático que nos permita representar un punto concreto en un mapa con sus valores de coordenadas. A este modelo matemático le llamamos **datum**.
- El datum es el punto de referencia para la medición de coordenadas, y es donde el elipsoide de referencia y el geoide son tangentes.



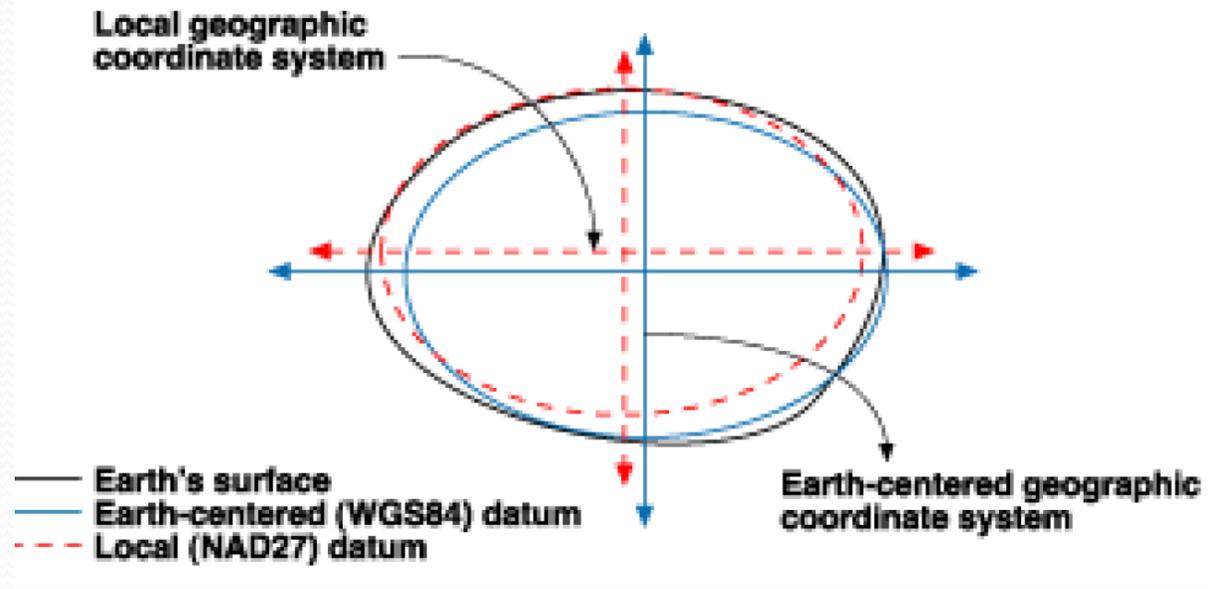
- 
- El punto datum o llamado punto fundamental a partir de donde se refieren las coordenadas del mapa, es un punto preciso, por ejemplo para el datum, Europeanan 50 es la ubicación de la torre de Potsdam.

Es importante lo anterior: Sí, ya que la longitud y la latitud varían si los mapas están contruidos con distintos datums.

A) Para Norteamérica los Datums más comunes son el NAD27, NAD83 y el WGS84.

B) El Datum WGS84 (prácticamente igual al NAD83) es un Datum con referencia al centro de la tierra y valido para todo el globo.

C) Para México (INEGI) los mapas topográficos tienen una proyección cónica conforme de Lambert (CCL; conforme se refiere a que no se conservan las áreas sino sólo los ángulos de la proyección) y UTM con Datums NAD27 y ITRF92.



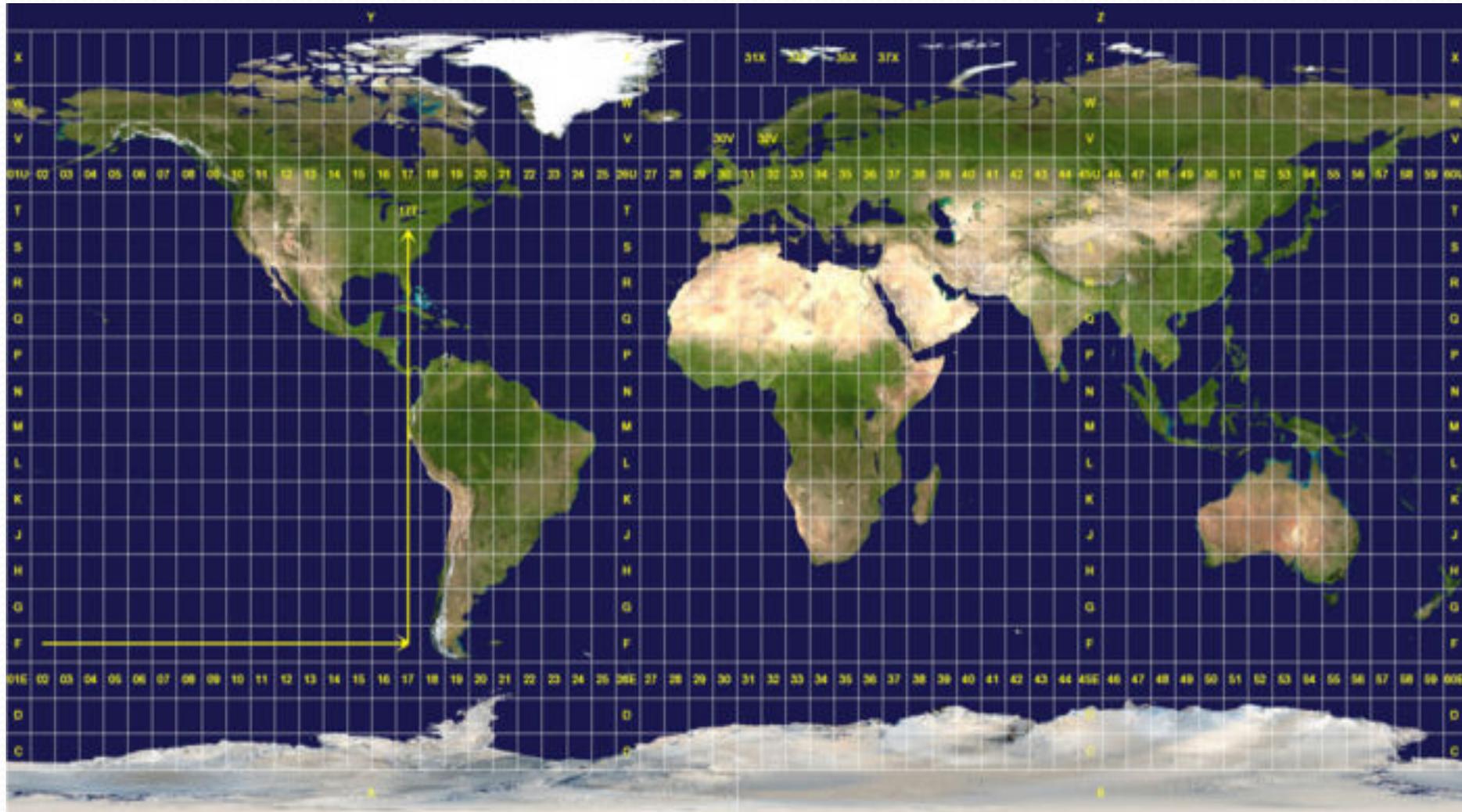
Una mención especial necesitan las coordenadas UTM:

Universal Transverse Mercator o **UTM**

- Es una proyección cilíndrica conforme
- Se expresa en metros
- Representa la región entre los paralelos 84°N y 80°S .
- Longitud: la Tierra se divide en 60 husos de 6° de longitud. Las llamadas 60 zonas UTM.
- Latitud: 20 bandas de 8° de latitud.

Zonas UTM

Números de Zonas



Designadores

- 
- La línea central de una zona UTM siempre se hace coincidir con un meridiano en coordenadas del sistema geodésico tradicional. **Ninguna coordenada está demasiado alejada de su meridiano central por lo que la distorsión es muy pequeña**
 - El valor del meridiano central es el **falso este**, y el valor asignado al ecuador (su ecuador) es el **falso norte**.

- La intersección entre el meridiano central y su ecuador es el origen de las coordenadas y recibe los siguientes valores:

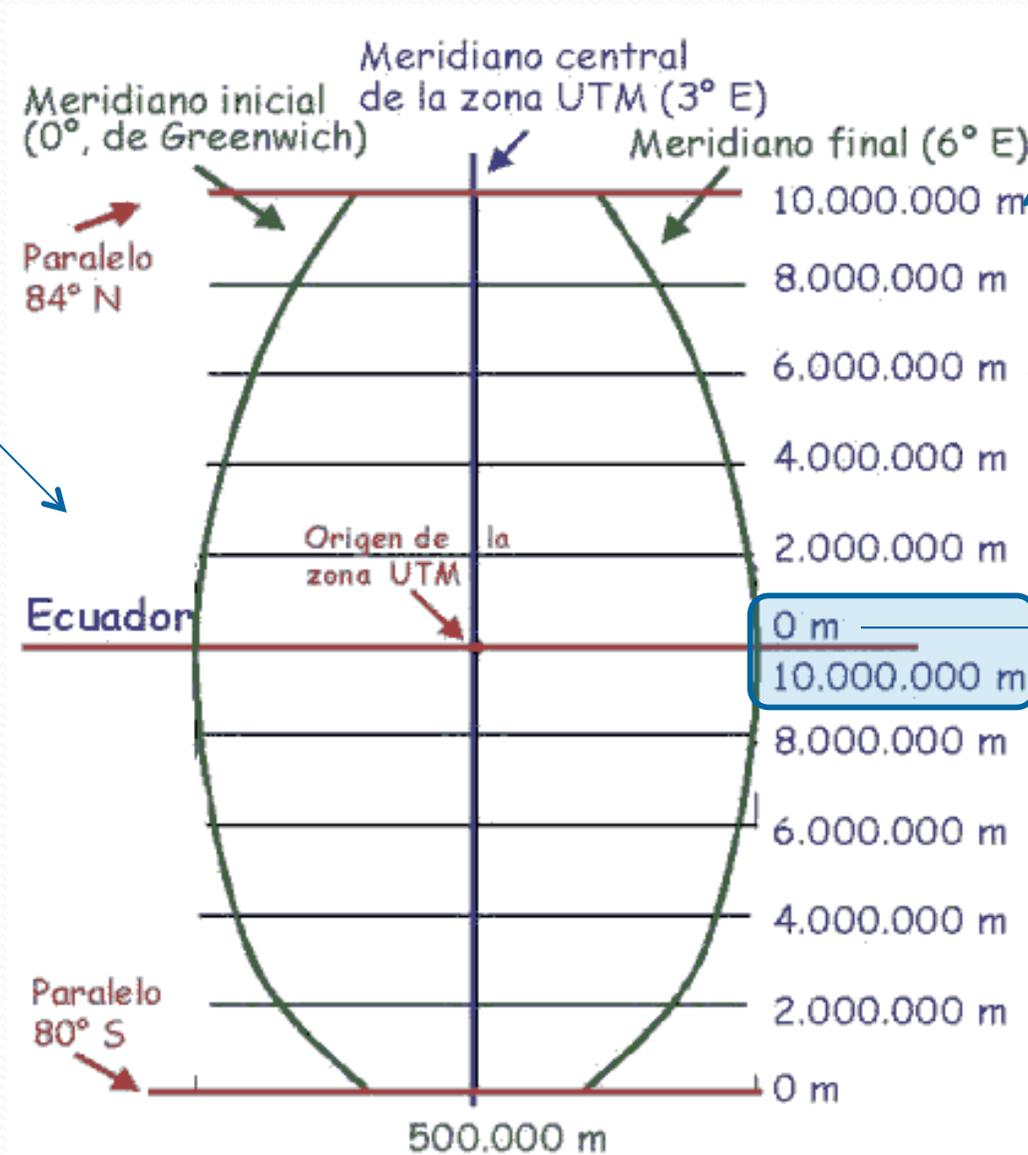
a) Para el hemisferio norte: Falso norte es de cero y el Falso este de 500,000 metros.

b) Para el hemisferio sur: Falso norte de 10,000,000 metros y Falso este de 500, 000 metros.

Muy importante: las coordenadas UTM no representan puntos sino cuadrados.

Sección de una Zona UTM

UTM 31



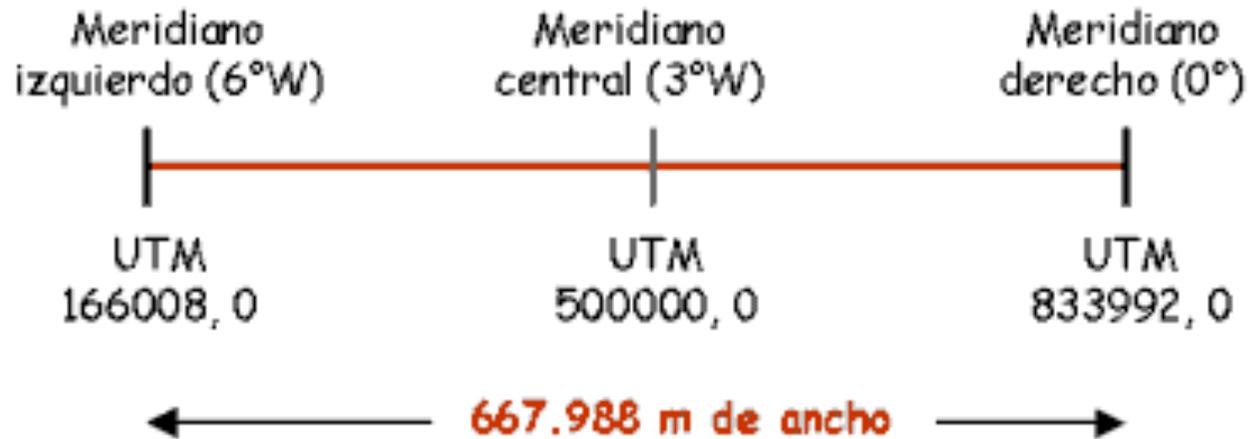
0 km Norte: Falso norte hemisferio norte

10,000 km Norte: Falso norte hemisferio sur

Falso este para ambos hemisferios

Falso este y falso norte

Detalles de la zona UTM 30 en el ecuador

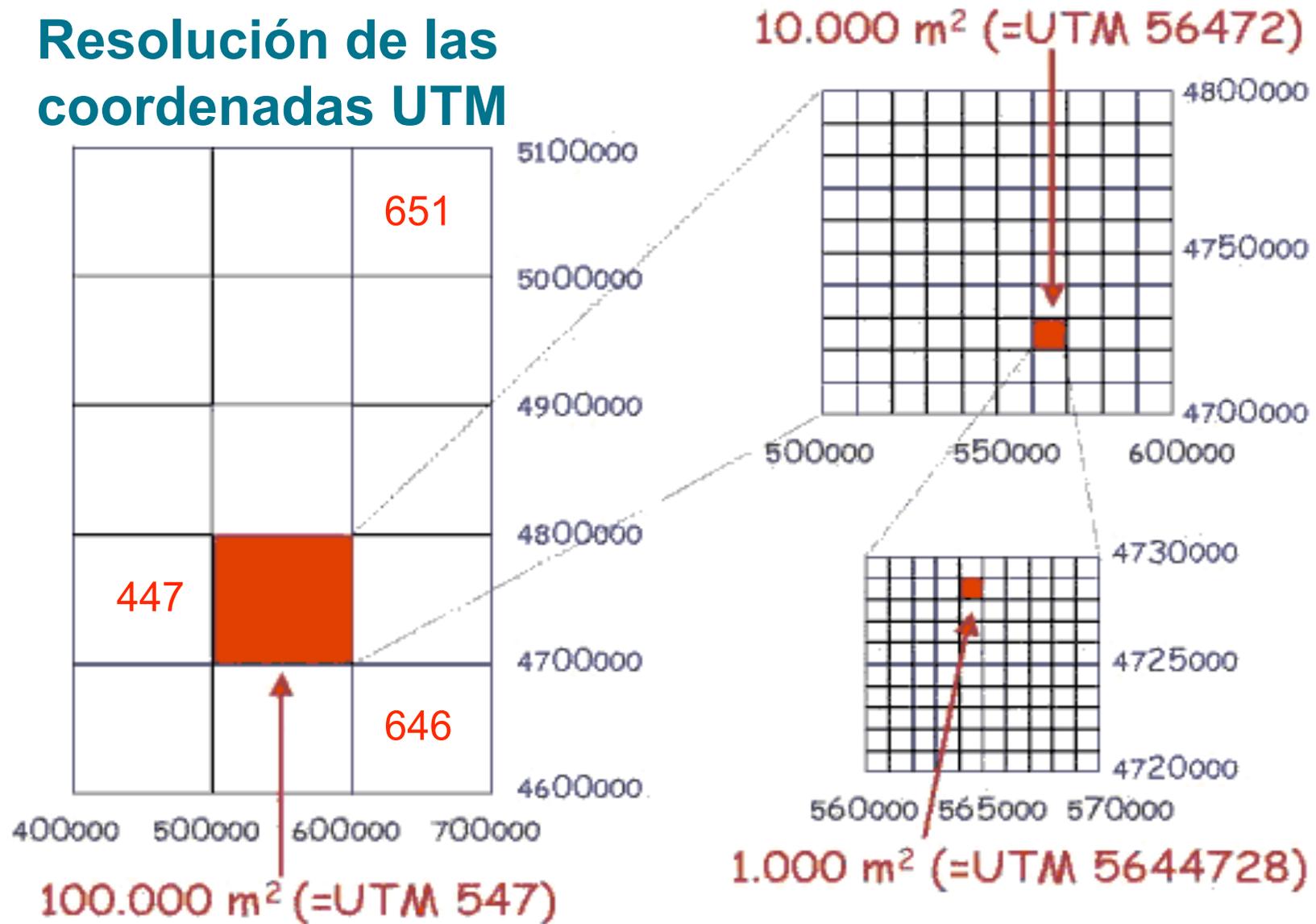


La "anchura" máxima de una zona UTM tiene lugar en el ecuador y corresponde aproximadamente a 668 km. Siempre inferior a 1,000,000 mts., y por eso se usan números **no mayores a 6 dígitos para expresar una distancia al este.**

Para el caso vertical (Northing) la anchura es menor a 10,000,000 mts. Por eso se usan número de **no más de 7 dígitos para expresar distancias norte.**

(se usa siempre un dígito más para expresar la distancia al norte)

Resolución de las coordenadas UTM

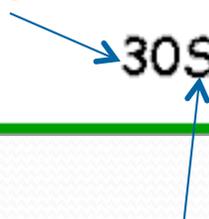


Leer de izquierda a derecha y de arriba para abajo

Forma en que se componen las coordenadas UTM (la resolución se indica por el número de dígitos)

Coordenadas UTM	Zona y banda	Metros al Este	Metros al Norte	Resolución
30S 3546784891567	30 S	354678	4891567	1 metro
30S 35467489156	30 S	354670	4891560	10 m
30S 354648915	30 S	354600	4891500	100 m
30S 3544891	30 S	354000	4891000	1000 m
30S 35489	30 S	350000	4890000	10.000 m
30S 348	30 S	300000	4800000	100.000 m

No. de zona UTM



Letra de la banda de Latitud

- Para México, las zonas UTM van de la 11 (Península de Baja California) a la 16 (Península de Yucatán), y las bandas P (una sección muy pequeña del sur de México), Q y R:

Ejemplo de datos que presenta una carta geográfica de CONABIO o INEGI:

Datum Horizontal	WGS84
Zona UTM	14
Proyección	U.T.M
Esferoide	WGS84
Meridiano central	-99
Latitud de referencia	0
Falso Este.....	500000
Falso Norte.....	0

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

- “Un SIG es un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para auxiliar en la captura, administración, manipulación, análisis, y presentación de datos u objetos referenciados espacialmente llamados comúnmente datos espaciales u objetos espaciales” ([Harmon y Anderson, 2003](#)).

Tipos de datos:

- Se manejan datos vectoriales y raster.

Datos Vectoriales (formato vectorial)

- Usa pares de coordenadas para cada objeto (vértices).
- Representa objetos mediante puntos, líneas y polígonos.
- Algunos formatos vectoriales :
DXF (autocad), CDR (corell draw) o SHP (Shape file para ArcView).
- Un archivo Shape file tiene tres archivos:
 - *.shp : Almacena los objetos vectoriales
 - *.shx : Almacena la indexación del objeto vectorial
 - *.dbf : Almacena los atributos del objeto vectorial(Puede contener otros archivos como *.prj usado por ArcGis y que guarda la proyección cartográfica)

Ventajas de los modelos vectoriales:

- Buena presentación y resolución.
- Menor tamaño y mayor velocidad en el procesamiento.
- Buen manejo de variables categóricas.

Desventajas de los modelos vectoriales:

- Estructura de datos y programas de tratamiento complejos.
- No es bueno para el manejo de variables continuas.
- Inexacto en el manejo de objetos bien definidos (problemas con curvas de nivel, isoterma, etc.).

Datos raster (formato raster)

- Representan a los objetos mediante la estructuración del espacio en una rejilla compuesta de celdas cuadradas llamadas píxeles.
- Cada píxel tiene un valor (nunca hay píxeles vacíos, pueden ser transparentes o de valor cero).

Formatos raster:

1. Formatos de imagen (Imagen Data y Image Analyst Data) que son multibanda (se guardan en una matriz de valores) como *.png, *.jpg (por ejemplo tiene tres bandas: rojo, verde y azul), *.tif o *.gif.
2. Grids (*grids data*) como los que se utilizan en GARP tienen una sola capa (banda).

Formatos de grids:

1. Formato **Arc/Info Binary Grids**: De ESRI con extensión ***.ADF** consiste en **grids binarios** que se guardan en varios archivos:

- a) **dblbnd.adf** : Contiene información de los límites de las porciones utilizadas del grid.
- b) **hdr.adf**: Contiene el encabezado e información del tamaño y número de los “mosaicos” utilizados.
- c) **sta.adf** : Tiene información estadística del raster.
- d) **vat.adf** : Tiene datos del valor de atributos en tablas.
- e) **prj.adf** : Tiene la proyección y su parámetros.
- f) **tic.adf** : Con coordenadas.
- g) **w001001.adf** : Tiene los datos actuales del raster.
- h) **w001001x.adf** :Contiene un índice de los puntos de cada mosaico contenido en el archivo w001001.adf.

- 
2. **Ascii raster grid** o simplemente **Ascii (ESRI ASCII Raster Format)**: Un formato para el almacenamiento e intercambio de la información entre distintos sistemas que utilizan rasters y su extensión es ***.asc**.

(Extensiones como ***.grd** o ***.gri** son propias de otros programas de SIG y modelado como el DivaGis).

Ventajas de los modelos raster:

- Procesos rápidos, fáciles de programar por su simplicidad lógica.
- Captura rápida de la información.
- Facilidad de análisis y simulación espacial.
- Representan bien a variables continuas y categóricas.
- Tecnología barata y es la que usan las imágenes satelitales y modelos de elevación.

Desventajas de los modelos raster:

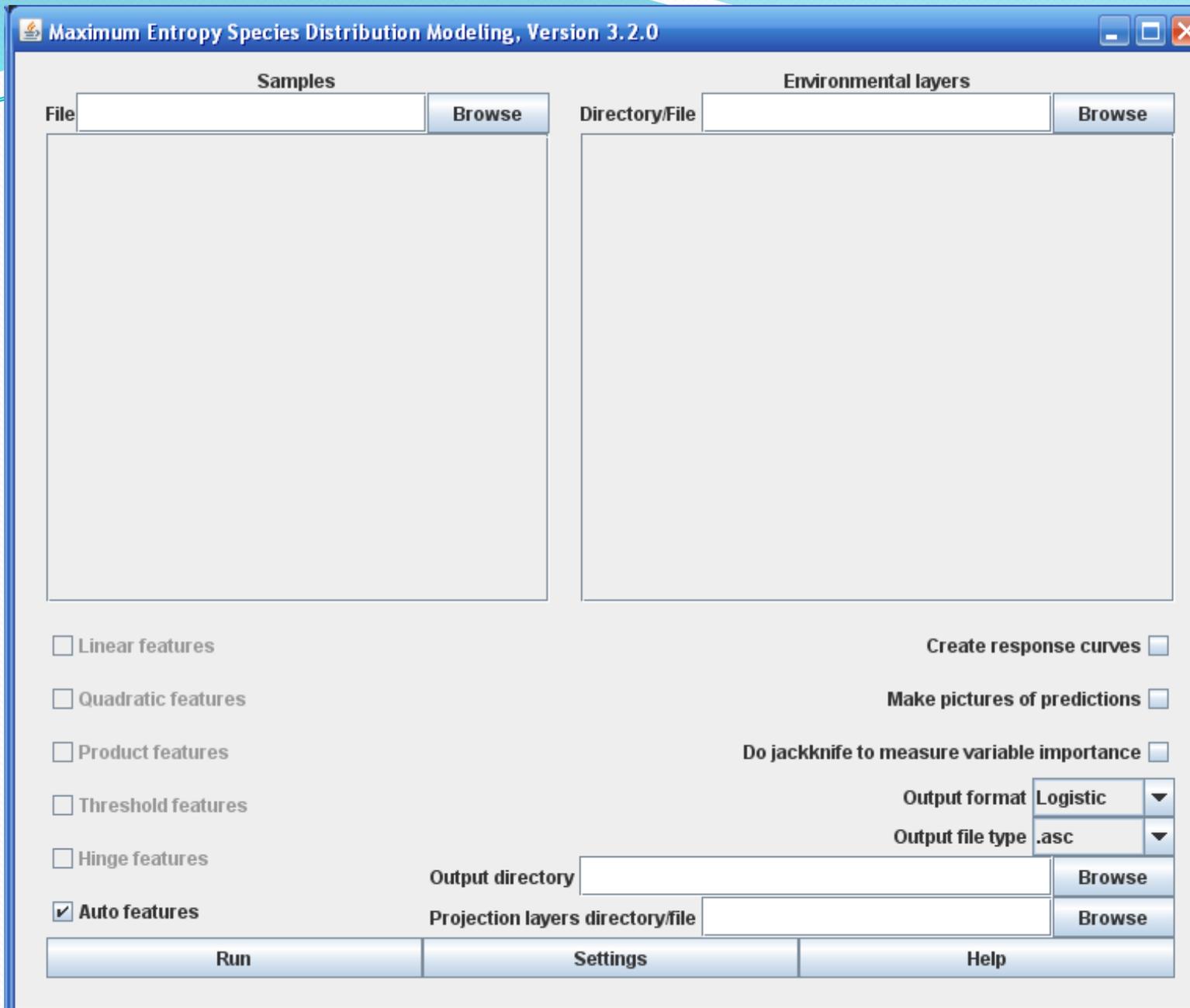
- Volumen muy grande de datos, por lo que necesitan gran cantidad de RAM y espacio en disco duro.
- Menor resolución o inexactitud derivada del tamaño del pixel.

MAXENT

- La idea general de Maxent **es estimar una probabilidad de distribución** destino (objetivo, blanco) por medio de **encontrar la distribución de probabilidad de máxima entropía** (es decir, que es el más extendida, o más cercana a ser uniforme), sujeta a una serie de restricciones que representan nuestra información incompleta acerca de la distribución objetivo.

- 
- Es un programa que modela la distribución geográfica de las especies, utilizando como datos **sólo los sitios de presencia** y las **variables bioclimáticas** asociadas a cada uno de esos puntos de presencia. Para modelar las distribuciones **se basa en el principio de Máxima entropía**.

- 
- Usa variables o capas bioclimáticas en formato ASCII (Que se pueden bajar de la página de WorldClim o ser generadas por el usuario).
 - Usa datos de presencia con nombre de la especie y coordenadas decimales guardados en archivos de formato CSV (disponible en Excel).
 - Se pueden mantener los valores default como iteraciones de 500.
 - El resultado son mapas de probabilidad de distribución en Ascii y una hoja de resultados en Html y una serie de estadísticos de validación.



Pantalla de la interface de Maxent

¿Pero qué es la máxima entropía?

- Es un concepto derivado de la teoría de la información y que nos dice que tan aleatorio es algo.
- Es algo **un poco anti-intuitivo** pero cuando todos los elementos de un conjunto son equiprobables, su entropía es máxima, o sea la entropía máxima es igual al evento más probable.

Ejemplo:

- Según la ecuación de entropía de Shanon (1948):

$$S = \sum_j n_j \ln(n_j)$$

Las primeras opciones son las que tienen una distribución más cercana a la uniforme y las más probables bajo estas condiciones, las de máxima entropía.

Caja 1	Caja 2	Caja 3	Entropía
3	3	3	-9.9
1	5	3	-11.3
0	1	8	-16.6

Caja 1	Caja 2	Caja 3	Entropía
2	5	2	-10.8
1	5	3	-11.3
4	5	0	-13.6

Restricción:

Que en el segundo ejemplo, el valor en alguna caja sea igual al total menos 1, o sea 5.

¿Cuál es la conformación con mayor entropía?

Imaginemos ahora:

- En lugar de cajas, tenemos pixeles
- En lugar de manzanas presencia de spp.
- La distribución de los valores bioclimáticos asociados con la presencia (record o punto de muestreo) de especies (en un pixel) son llamadas “**características**”
- **Las restricciones son:** El valor esperado para cada característica debe coincidir con su valor empírico promedio (dado el valor promedio del conjunto de puntos de muestreo tomado de la distribución objetivo).

Explicado de otra forma:

- Maxent entonces trata de encontrar la distribución de probabilidad de máxima entropía (cercana a la uniforme) sujeta a las limitaciones impuestas por la información disponible sobre la distribución observada de las especies y las condiciones ambientales en el área de estudio.
- (Estima distribuciones que deben de estar de acuerdo con todo lo que se conoce (aunque sea de manera incompleta) de la información inferida de las condiciones ambientales de las localidades de ocurrencia).

Pero eso no es todo

¿Cómo encuentra esas distribuciones?

Por medio de otro algoritmo

Sequential update algorithm (Dudik *et al.*, 2004).

- A) Este usa iteraciones en donde va dando distintos pesos a las variables utilizadas y va ajustándolas.
- B) Es un algoritmo determinístico que garantiza que convergerá en la distribución de probabilidades Maxent.

- 
- Al terminar la iteración Maxent asigna una probabilidad negativa a cada pixel del área total de estudio, al final deben sumar 1
 - Se aplica un valor de corrección para hacerlos positivos y que sumen entre todos 100%.
 - Cada pixel presenta valores muy pequeños y Maxent los presenta con un valor que es el resultado de la suma del valor de ese pixel y de todos los demás pixeles con un valor de probabilidad igual.
 - Ese valor va de 0 a 100 e indican probabilidad de ocurrencia de la especie.

Umbral de decisión

- Para la validación de un modelo se distingue entre áreas adecuadas (para la especie) de las inadecuadas, con un umbral de decisión (por arriba = presencia).
- Para modelos de sólo presencia (Maxent y GARP) el umbral se establece de dos maneras:
 1. Se escoge el valor de predicción más bajo asociado con algún record de presencia o umbral de presencia más bajo (LPT, por sus siglas en inglés). (umbral conservativo).
 2. Aproximación liberal: Un umbral fijo que refute sólo el 10% más bajo de los posibles valores predichos.
Maxent usa un umbral de 10 (T10).
GARP un umbral de 1 (T1).

¿Cómo se validan los modelos?

- **Jackknife (Jackknife model testing)**
- **Curvas de omisión (Omission)**
- **Curvas ROC (Receiver operating characteristic analysis)**

Curvas de Omisión

Matriz de Confusión

Matriz de confusión	Presente	Ausente
Predicho como presente	a	b
Predicho como ausente	c	d

b = Es un falso positivo o una **sobrepredicción**. Llamado error de comisión (commission error).

c = Es un falso negativo o **subpredicción**. Llamado error de omisión (ommission error).

Un error de **omisión** es considerado un **error duro (la especie si está pero se predice ausente)**, y puede ocurrir por :

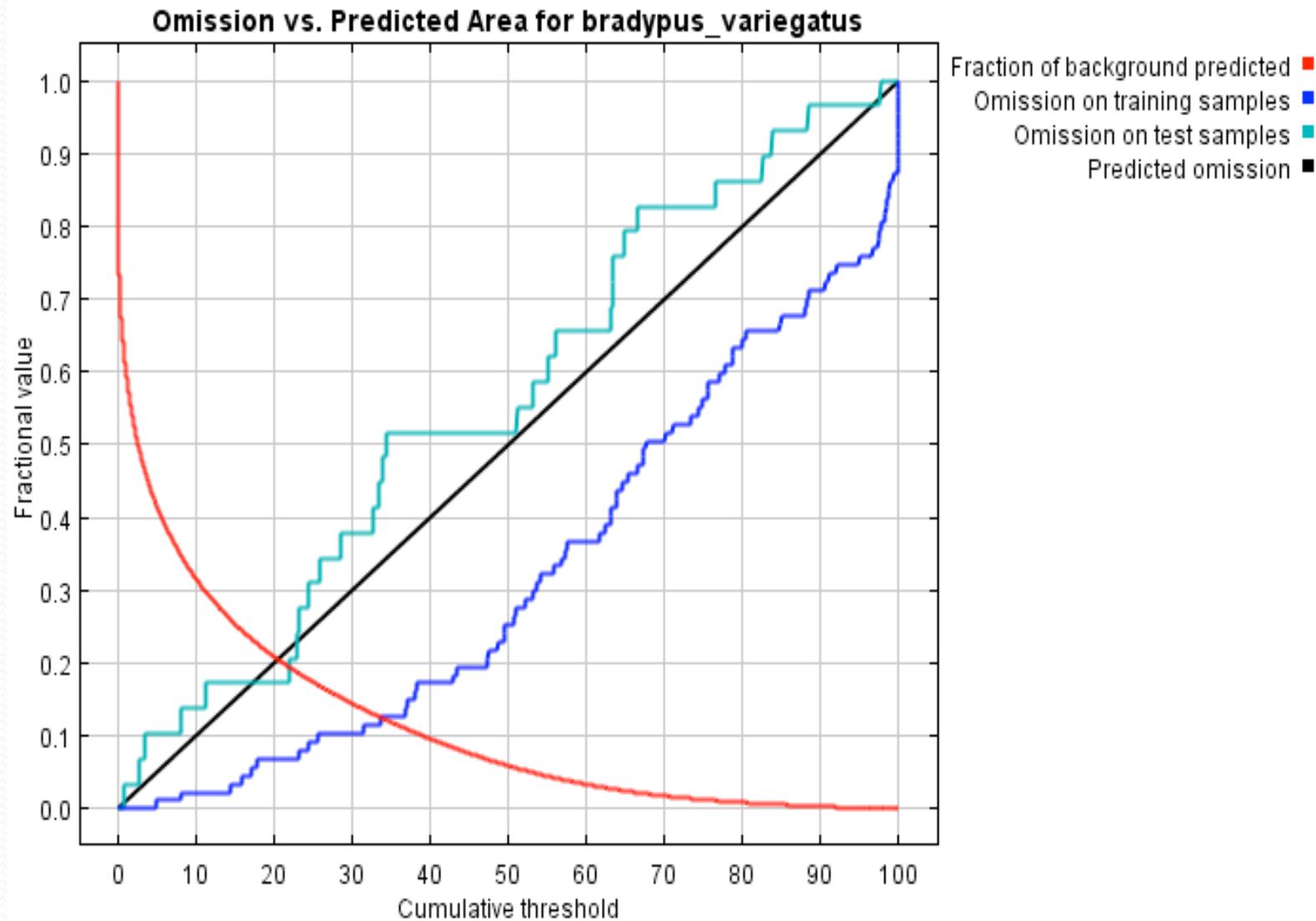
- a) Mala identificación de la especie
- b) Mala georreferenciación
- c) Especies en transito, fuera de su nicho.

Un error de **comisión** (sobre predicción) es considerado un error **“blando” (no hard error)**:

- a) Las especies pueden estar ahí pero falta esfuerzo de muestreo, pero el área es adecuada.
- b) El área es adecuada pero la especie no está ahí por algún evento histórico.
- c) El área no es adecuada = verdadero error de comisión

- 
- Maxent presenta una curva de **omisión de datos de prueba** (un 25% de puntos aleatorios) contra **omisión de datos de entrenamiento**. En estas gráficas se observa cómo el área predicha varía con la elección de un umbral acumulativo. **Se busca que la omisión de prueba se ajuste a la omisión de entrenamiento.**

Gráfica de omisión

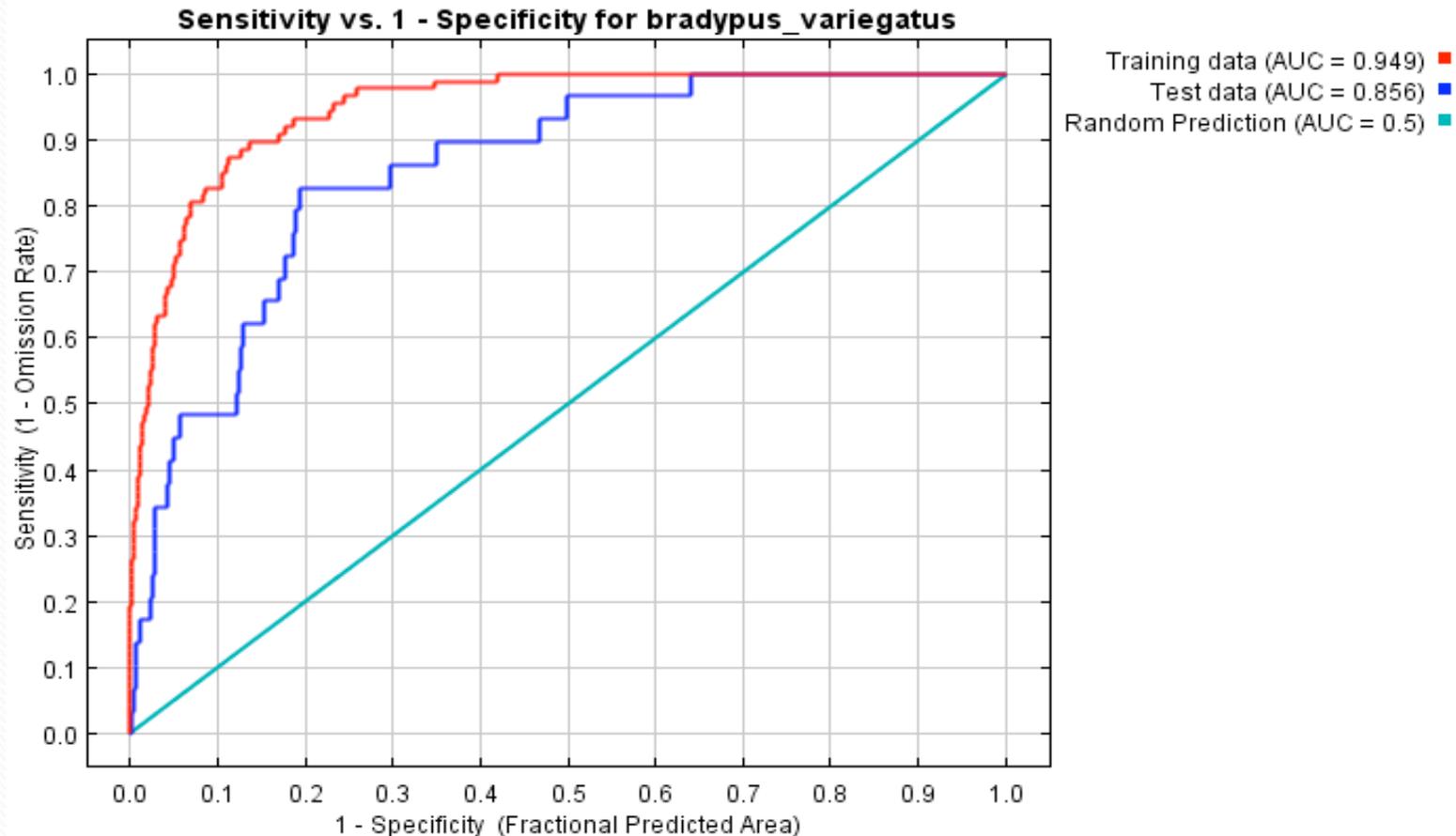


Curvas ROC (Receiver operating characteristic analysis)

- Caracteriza el rendimiento de un modelo con el área bajo la curva o (AUC).
- Su utilización primaria fue la de encontrar el punto de corte óptimo y son curvas en las que se presenta **la sensibilidad (omisión cero = 100% de sensibilidad)** en función de los falsos positivos (error de comisión) para distintos puntos de corte (umbrales).
- La curva que toma valores entre 1 (prueba perfecta) y 0.5 (prueba inútil).
- Esta área puede interpretarse como la probabilidad de que ante un par de puntos, uno con presencia y otro sin presencia (de la especie), la prueba los califique correctamente.

- En la curva ROC vemos graficados los puntos de prueba y los de entrenamiento.
- Si los datos de entrenamiento ajustan bien al modelo ($p > 0.9$), se estará indicando la capacidad del modelo para predecir.
- Si los datos de prueba son menores ($p \leq 0.5$) y están debajo de la línea diagonal, se indica que **el modelo es peor que un modelo aleatorio (no es mejor que el azar)**.

Curva ROC



Idealmente se busca que las curvas estén en el extremo superior izquierdo lo que indica que no hay ningún error de omisión o 100% de sensibilidad y ningún error de comisión o 100% de especificidad.

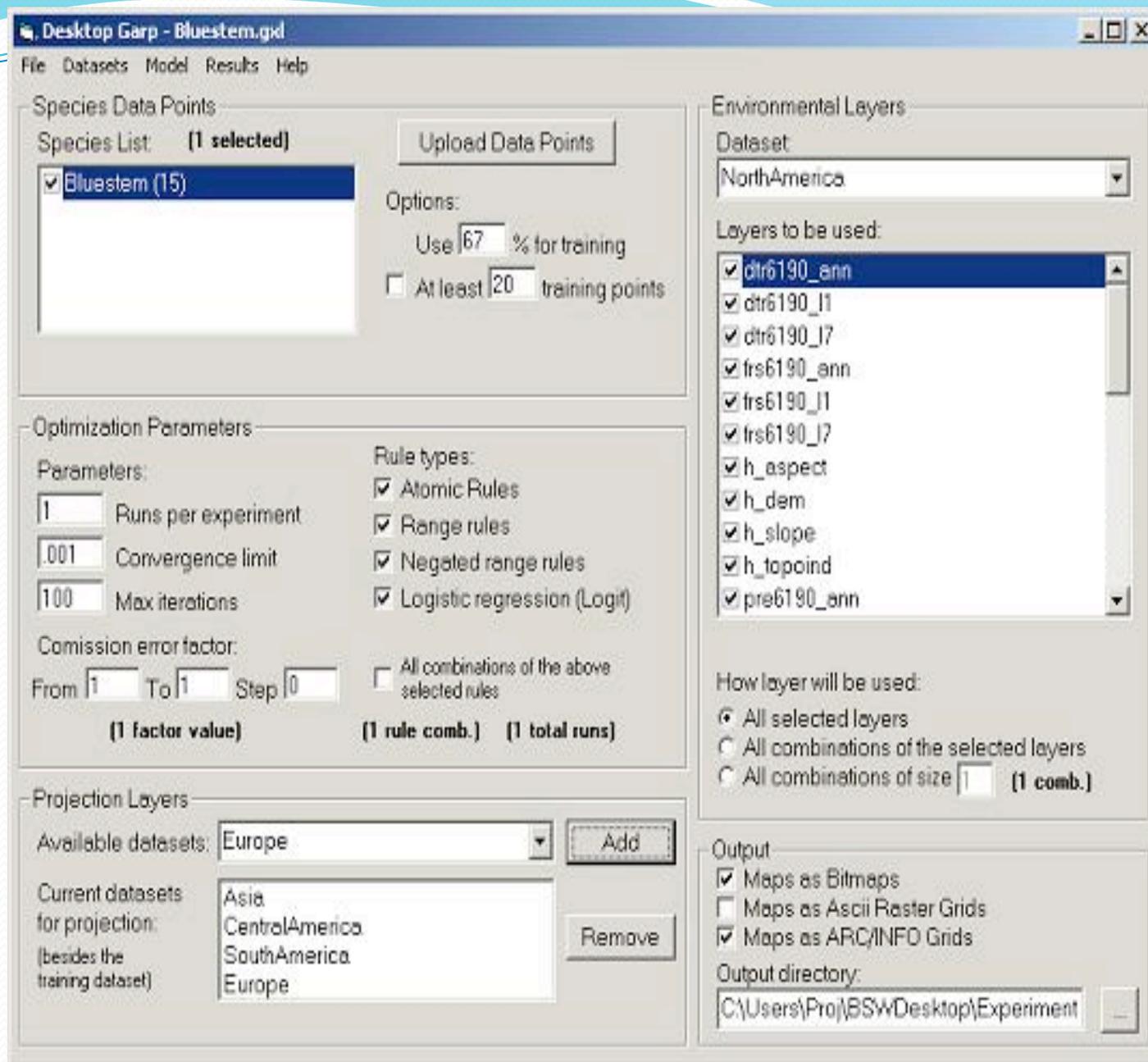
Algunas ventajas de Maxent:

- Sólo requiere datos de presencia
- Puede utilizar datos continuos y categóricos
- Algoritmos (deterministas) eficientes que garantizan que se converja en la distribución de probabilidades propia (máxima entropía).
- El sobre ajuste se evita.
- El resultado es continuo, permitiendo distinguir sutiles cambios en la adecuación (suitability) modelada (para cada especie) en diferentes áreas.

Desktop GARP (Genetic Algorithm for Rule-set Production)

- Usa un algoritmo genético que crea un modelo de nicho ecológico para una especie.
- Utiliza como entrada un conjunto de localidades en archivos con coordenadas decimales en formato delimitado por comas (*Comma delimited*), en hoja de cálculo de Excel (*Spreadsheets*) o SHP (*Shapefiles*) de ArcView .

- 
- Usa también capas de WorldClim que se transforman en formato RAW por medio de la extensión Garp Dataset cargada previamente en ArcView.
 - Devuelve archivos de predicciones de tipo binario (adecuado-no adecuado) en mapas con formato en grids más una hoja de resultados en *xls.



Interface gráfica de GARP

- 
- Desktop GARP como Maxent es una aproximación **de aprendizaje de máquina.**
 - Desarrolla una serie de **reglas condicionales** para relacionar las ocurrencias observadas con las variables ambientales.
 - De forma interactiva, encuentra las correlaciones entre las presencias y ausencias de la especie con los parámetros ambientales, utilizando una serie de reglas diferentes.

Las reglas en GARP

Cada tipo de regla implementa un método diferente para construir los modelos de predicción de la especie, son 4:

1. Envoltura bioclimática (envelope). Límites superiores o inferiores para cada variable ambiental.
2. Negación de la envoltura bioclimática.
3. Atómica. Valores específicos o categorías para cada variable.
4. Regresión logística (logit).

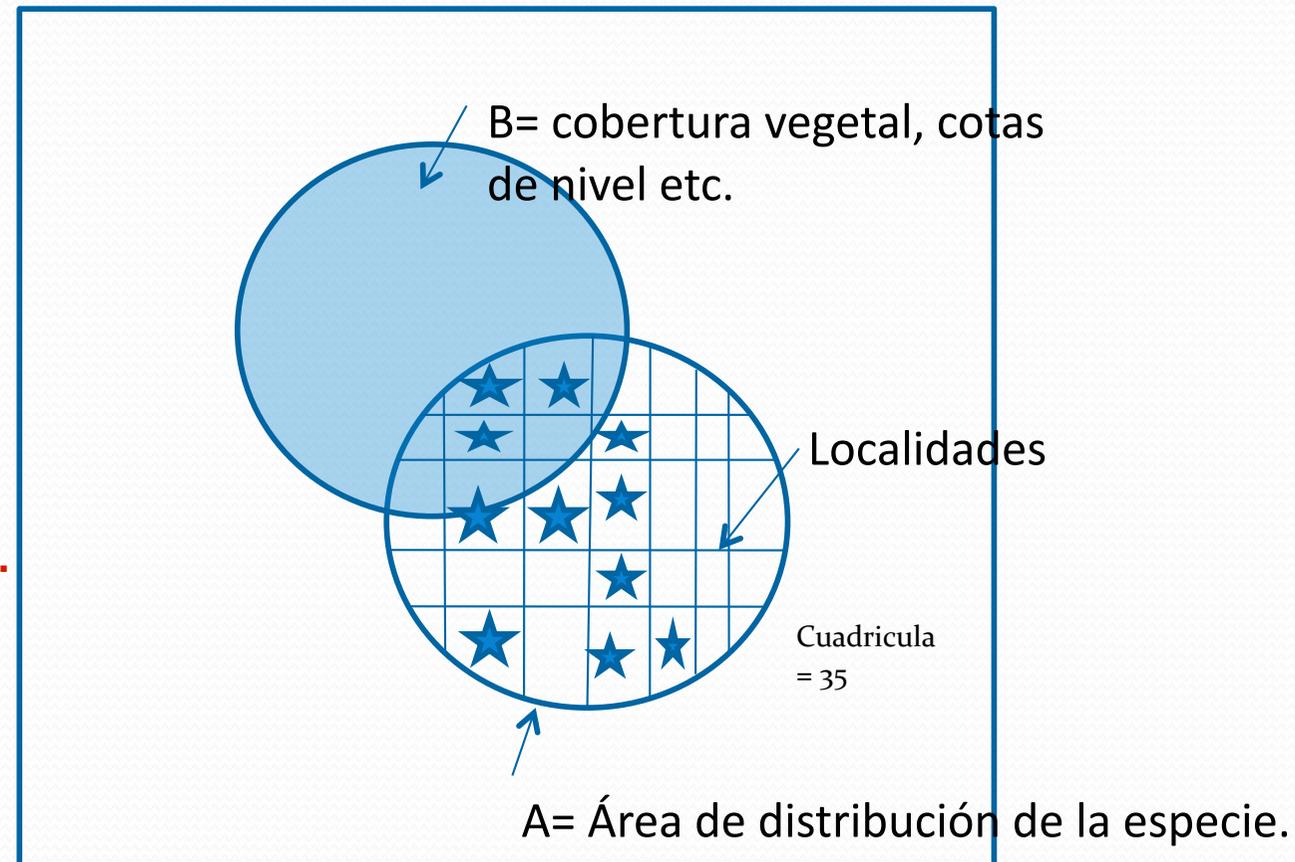
- 
- Las reglas son desarrolladas usando un **algoritmo genético**, el cual refina la solución en una manera “evolutiva” **probando y seleccionando reglas** en subconjuntos aleatorios de los datos disponibles.
 - Es implementada para manejar datos de sólo presencia, seleccionando localidades de pseudoausencias de manera aleatoria del área de estudio. Además utiliza localidades de entrenamiento.

- Antes de utilizar el algoritmo genético, GARP necesita recabar información sobre los sitios de presencia y su condiciones bioclimáticas. Y unirlos y ligarlos por medio de lógica y probabilidad.
- Considérese la siguiente figura:

P (A|B)

Entonces

$P(A|B) = P(AB)/P(B).$



↗
S= Área de estudio, donde se dan todas las posibles eventos

- La probabilidad de B se calcula de una manera similar a la de A (por sus valores en los pixeles)
- $P(AB)$ es la intersección de los eventos A y B, o sea la probabilidad de que los dos eventos ocurran.
- La predicción se hace de la siguiente manera: dado que si A entonces B, y A es verdad entonces predice B (área de distribución predicha). *Manera muy general de calcular las probabilidades*

$P(A|B)$

Entonces

$$P(A|B) = P(AB)/P(B).$$

Ejemplos de las reglas

- Una regla atómica, es una es una conjunción de categorías o de valores simples de algunas variables. En un lenguaje más coloquial tenemos:

Si la categoría geología tiene un valor 128 y la elevación (TMNEL) es 300 m.s.n.m. entonces la predicción dice que la especie es ausente (ejemplo).

```
IF GEO=128c AND TMNEL=300masl  
THEN SP=ABSENT
```

Otro ejemplo:

**IF TANN=(23,29]degC AND RANN=(609,1420]mm
AND GEO=(6,244]c THEN SP=PRESENT**

- En otras palabras esta regla dice que si la temperatura anual (TANN) cae entre 23 a 29° C, y la precipitación anual (RANN) cae entre 609 y 1420 mm, y el valor de categoría geológica (GEO) cae entre los límites de 6 a 244, entonces se predice que la especie está presente.

- 
- Las reglas son desarrolladas por un proceso de refinamiento que se incrementa gradualmente por el algoritmo genético (**mete la variación**).
 - Cada iteración se conoce como una generación, en el cual el conjunto de reglas son probadas, reproducidas y mutadas.

La manera en que se hace tiene los siguientes pasos:

1. Inicializa poblaciones de estructuras.
2. Selección de subgrupos aleatorios de datos.
3. Evaluación de una población (la población actual).

Continuación...

4. Salva las mejores reglas en un archivo.
5. Termina la salida o resultado del archivo de reglas, o continua...
6. Selecciona nuevas poblaciones, usando el archivo de reglas y generaciones aleatorias.
7. Aplica operadores heurísticos a la población (para elegir el mejor grupo).
8. Regresa a 2.

Introducción de la variación:

Se introduce en las reglas de cada nueva población por medio de operadores genéticos recombinatorios (operadores heurísticos), que son:

- 1) Unión.
- 2) Mutación: a) **Mutación aleatoria**. El límite del nuevo valor está entre un límite de valores; b) **Mutación incrementada**. El nuevo valor se obtiene al sumarle uno al viejo valor.
- 3) *Crossover*. Es el más importante operador recombinatorio.

Ejemplo de crossover:

Regla 1:

- IF TANN=(23,29]degC AND RANN=(10,16]degC
THEN SP=PRESENT

Regla 2:

- IF TANN=(35,38]degC AND TMNEL=(19,27]degC
THEN SP=PRESENT

Dado las dos reglas de arriba, suponga que el punto de *crossover* ha sido escogido entre las variables. La estructura resultante es:

Regla 3:

- IF TANN=(23,29]degC AND TMNEL=(19,27]degC
THEN SP=PRESENT

Regla 4:

- IF TANN=(35,38]degC AND RANN=(10,16]degC
THEN SP=PRESENT

- 
- El algoritmo genético termina cuando un número fijado de generaciones se alcanza o cuando la modificación o descubrimiento de nuevas reglas es más baja (o muy baja) que una tasa fijada.

Cómo lo hace:

1. Probabilidad posterior. Escoge las reglas con mayor precisión.
2. Fuerza de selección. Se refiere a las reglas que aplican para muchos puntos.
3. Significancia. De las reglas que expresan patrones persistentes en los datos.
4. Espacios ecológicos. Reglas que incluyen un volumen grande de variables.
5. Inverso de la longitud de la regla. La cual regresa las reglas más cortas.

Importante

- La probabilidad posterior (probabilidad de ocurrencia después de que una regla se aplica) se comporta como una variable con **distribución normal**.
- Por tanto se pueden calcular valores de la distribución Z (Z-scores) para realizar **una prueba de significancia**.
- Valores altos de puntuación (score) indican que es altamente improbable que el resultado, o sea la regla (probabilidad posterior) se **producto del azar**.

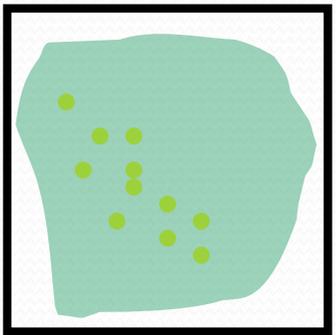
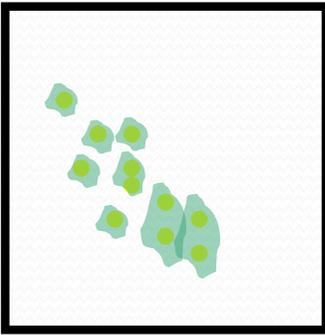
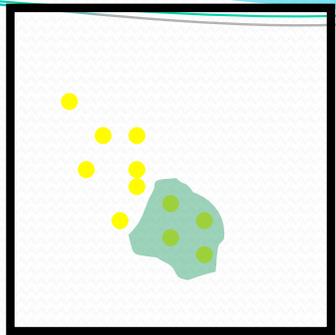
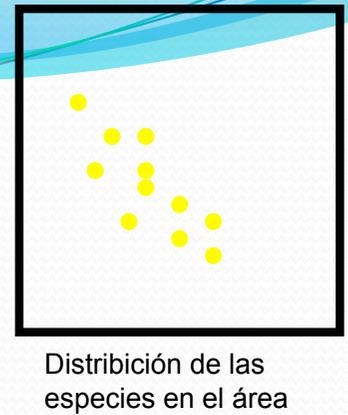
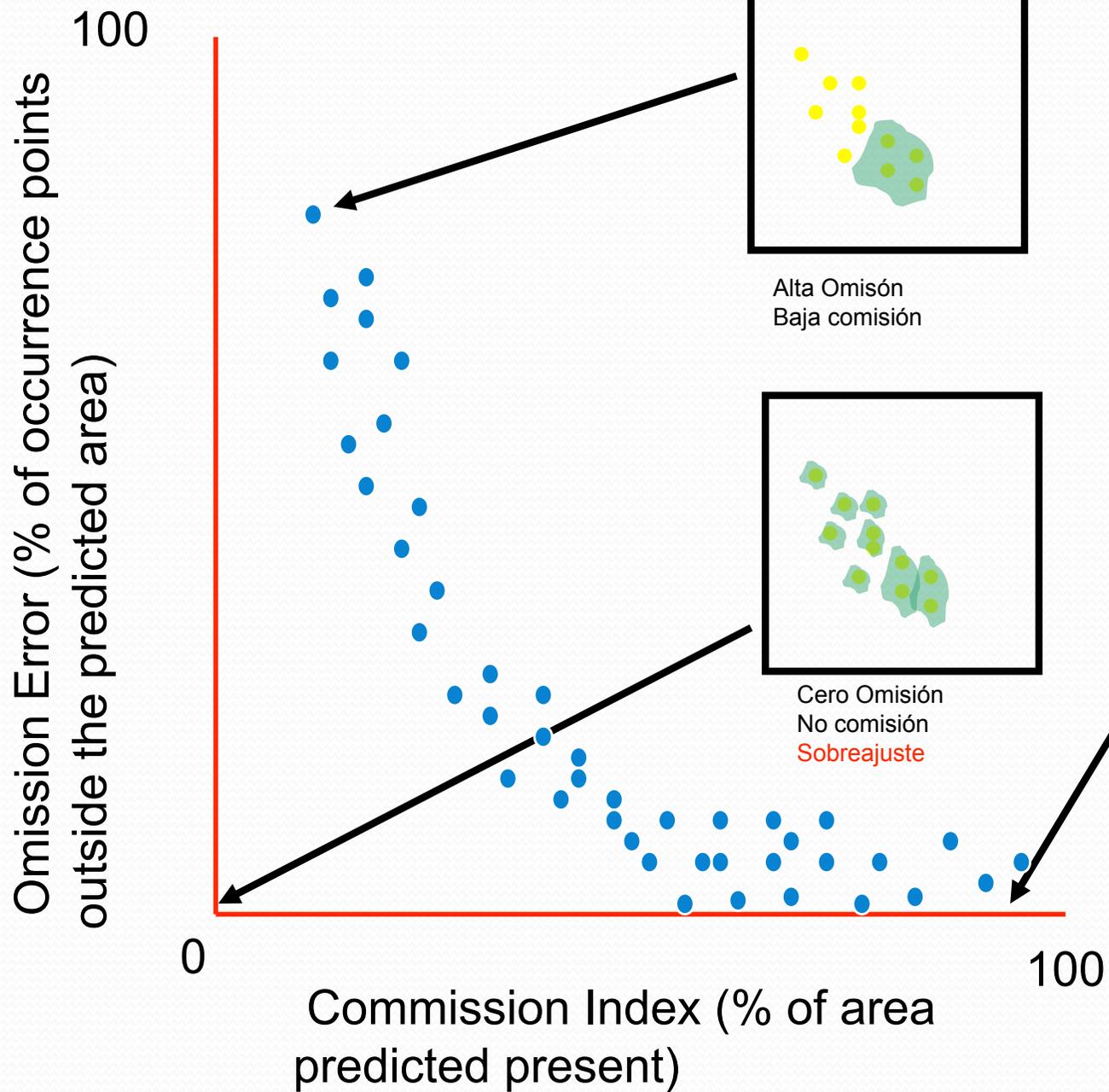
Cómo se evalúan los modelos:

- Volvemos con nuestra matriz de confusión:

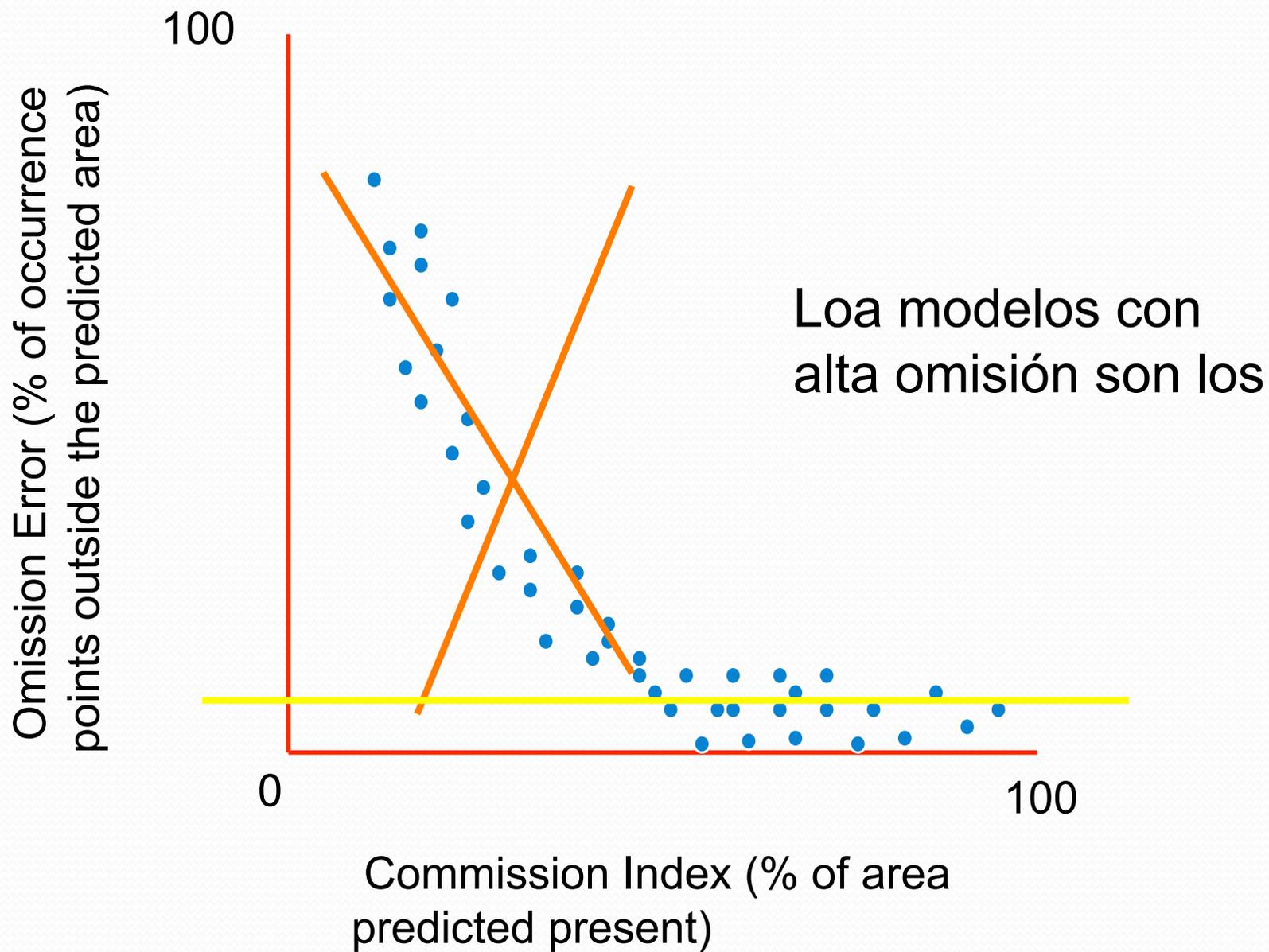
Matriz de Confusión

Matriz de confusión	Presente	Ausente
Predicho como presente	a	b
Predicho como ausente	c	d

Curva de Omisión

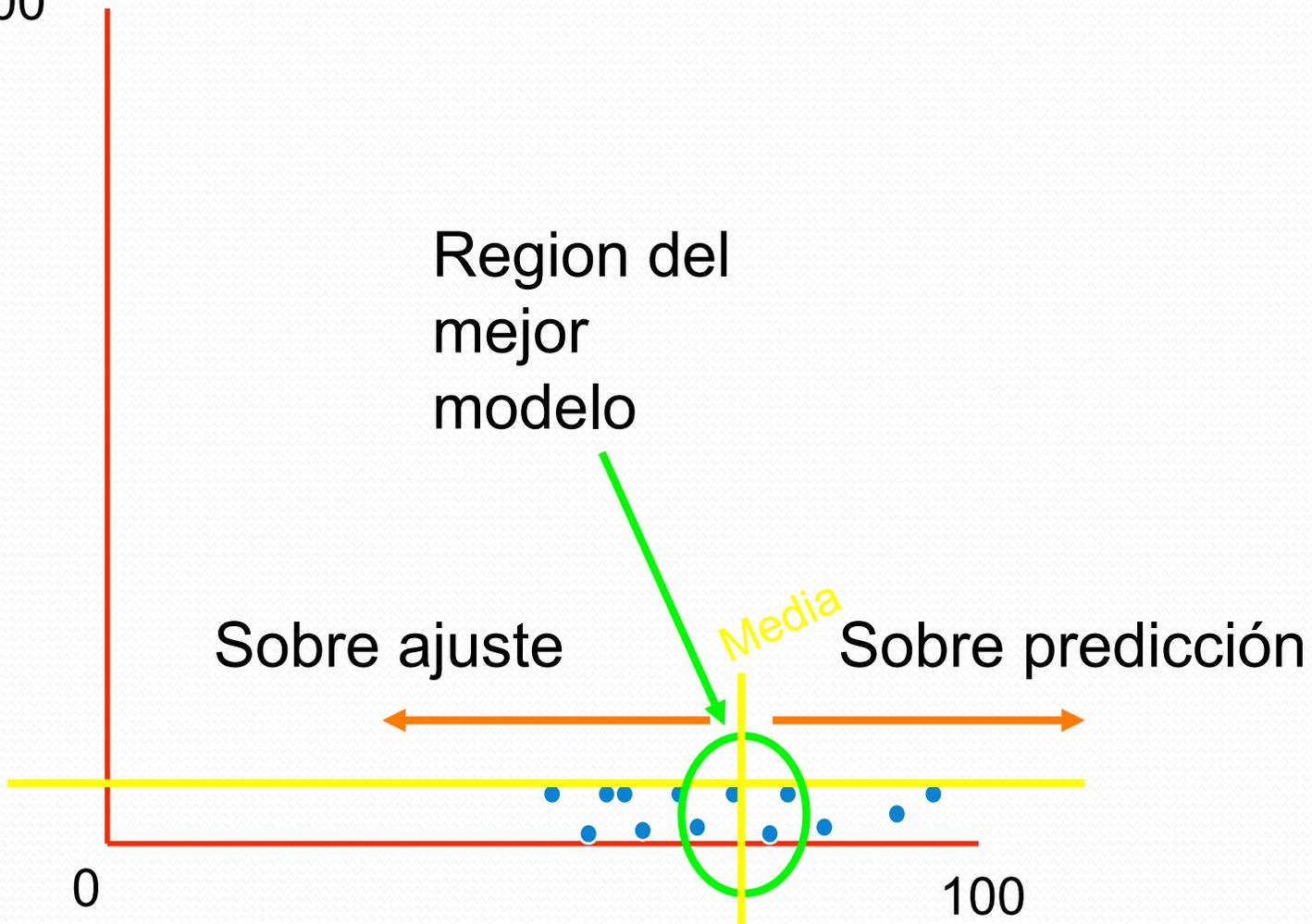


¿Cuál es el peor modelo?



Omission Error (% of occurrence points outside the predicted area)

100



Commission Index (% of area predicted present)

Si se tienen suficientes datos de ocurrencia , se pueden dividir en datos de entrenamiento y datos de prueba.

Si se puese, es mejor seleccionar la opción *Extrinsic* en la opción *Omission Measure*

Si no es posible seleccionar *100%* en *training*, y seleccionar *Intrinsic*

The screenshot shows the Desktop Garp software interface. The title bar reads "Desktop Garp - Untitled". The menu bar includes "File", "Datasets", "Model", "Results", and "Help".

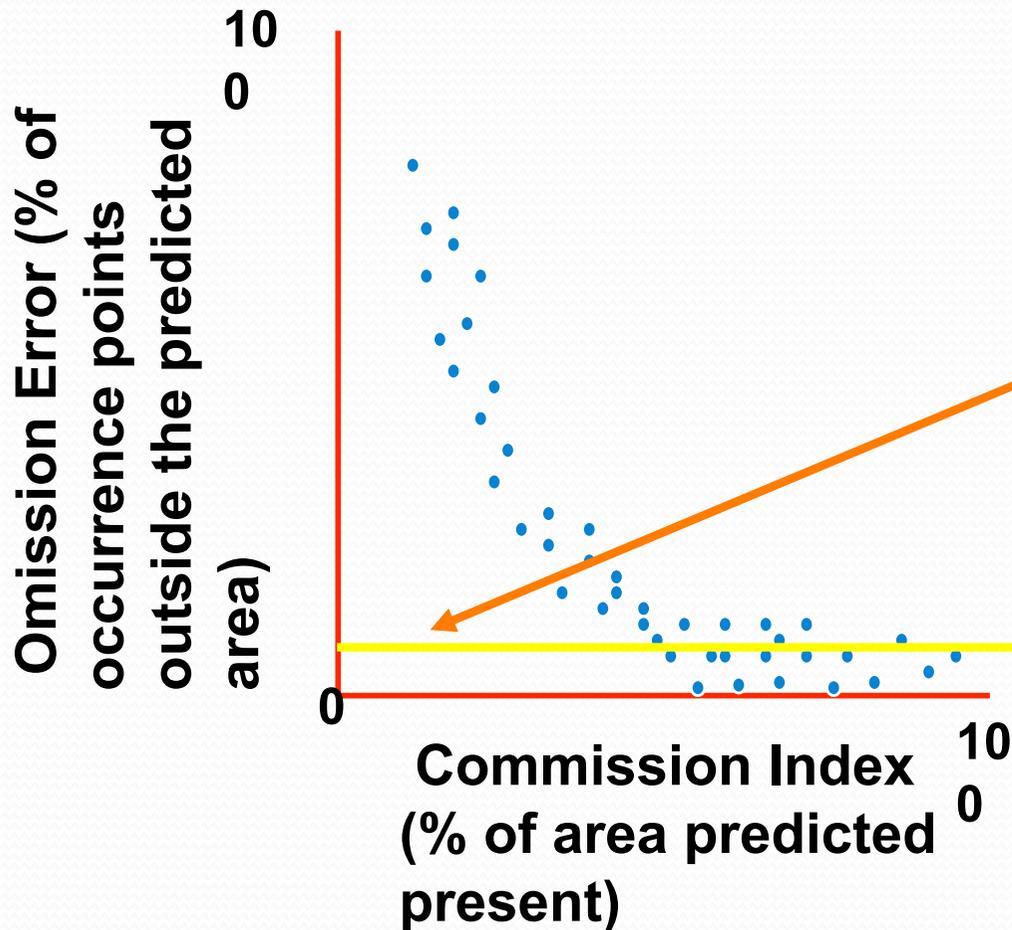
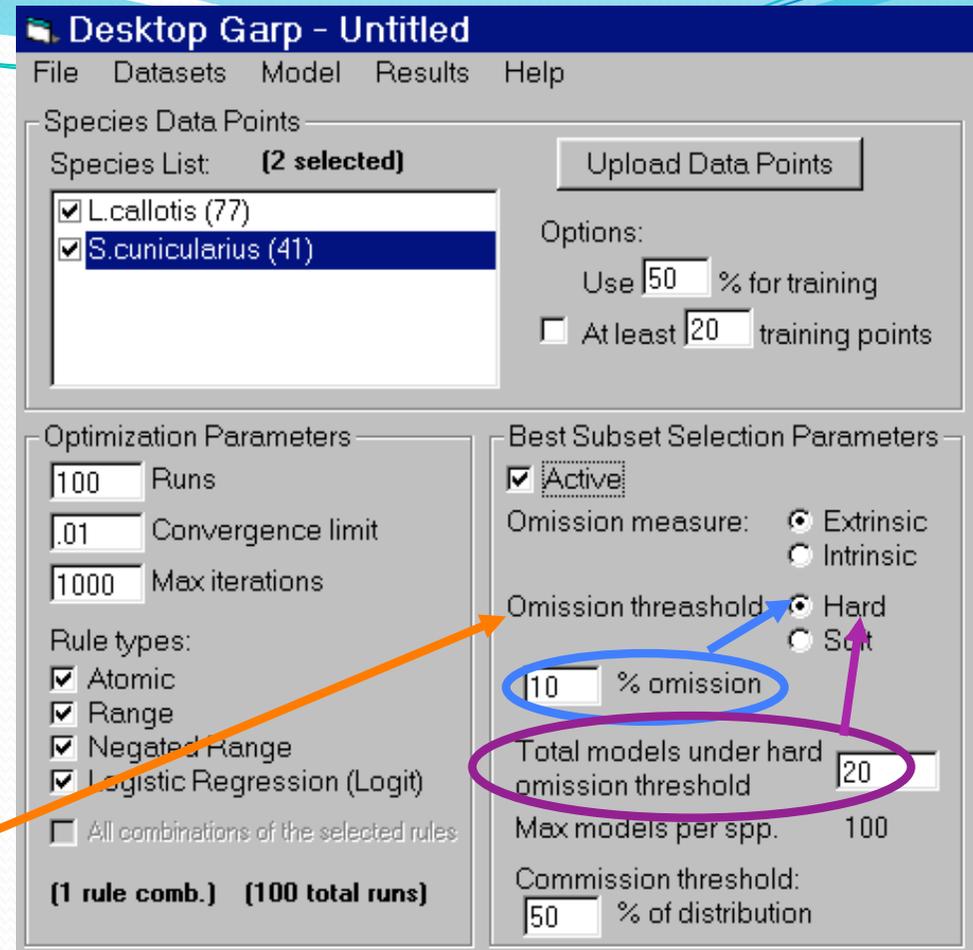
The "Species Data Points" section shows a "Species List" with "[2 selected]". The list contains two entries: "L.callotis (77)" and "S.cunicularius (41)", both with checked checkboxes. An "Upload Data Points" button is located to the right. Below the list, the "Options:" section includes a checkbox for "Use 50 % for training" and another checkbox for "At least 20 training points".

The "Optimization Parameters" section includes input fields for "Runs" (100), "Convergence limit" (.01), and "Max iterations" (1000). Under "Rule types:", there are checkboxes for "Atomic", "Range", "Negated Range", and "Logistic Regression (Logit)", all of which are checked. There is also an unchecked checkbox for "All combinations of the selected rules". At the bottom of this section, it displays "[1 rule comb.] (100 total runs)".

The "Best Subset Selection Parameters" section includes a checked checkbox for "Active". The "Omission measure:" section has radio buttons for "Extrinsic" (selected) and "Intrinsic". The "Omission threshold:" section has radio buttons for "Hard" (selected) and "Soft". Below this, there is an input field for "% omission" set to 10. The "Total models under hard omission threshold" is set to 20. The "Max models per spp." is set to 100. The "Commission threshold:" section has an input field for "% of distribution" set to 50.

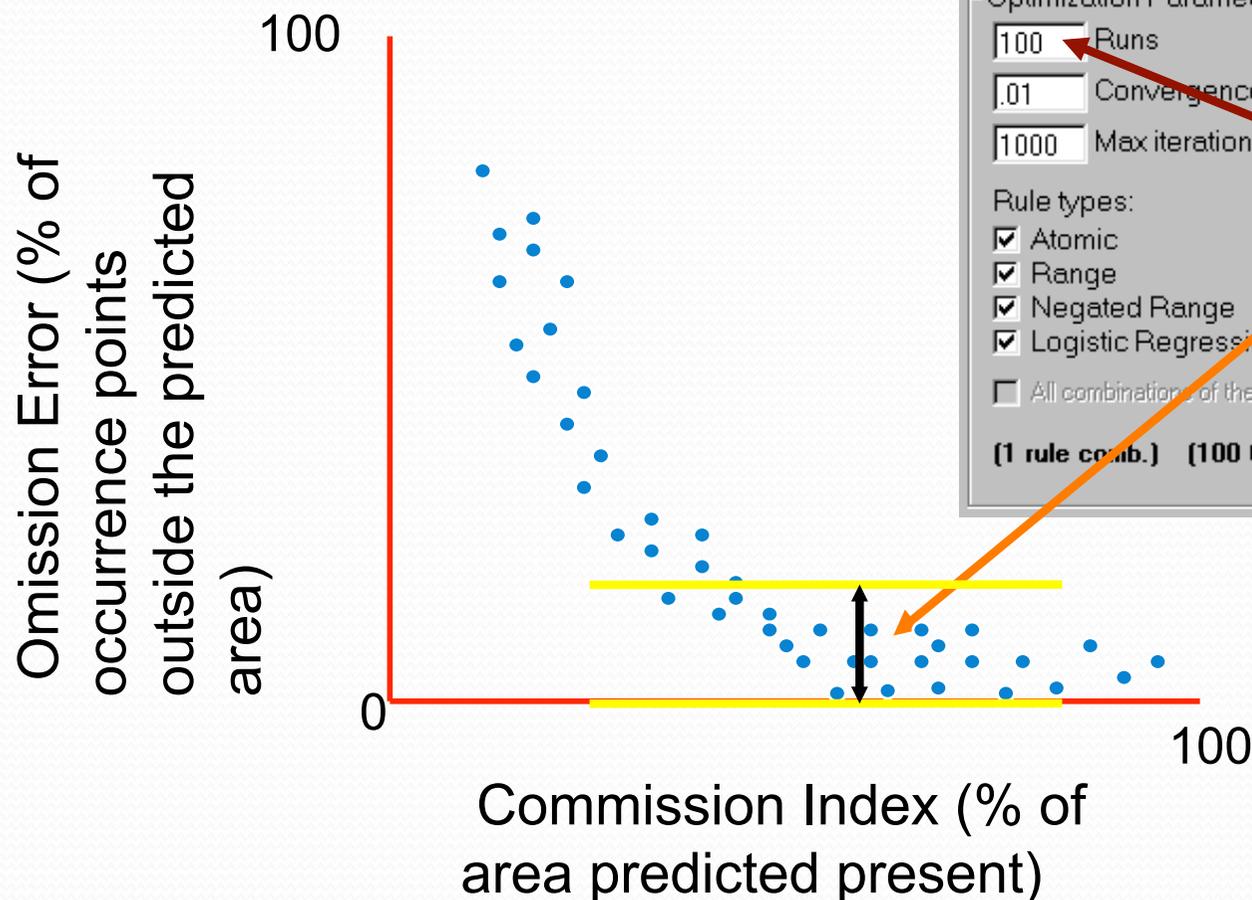
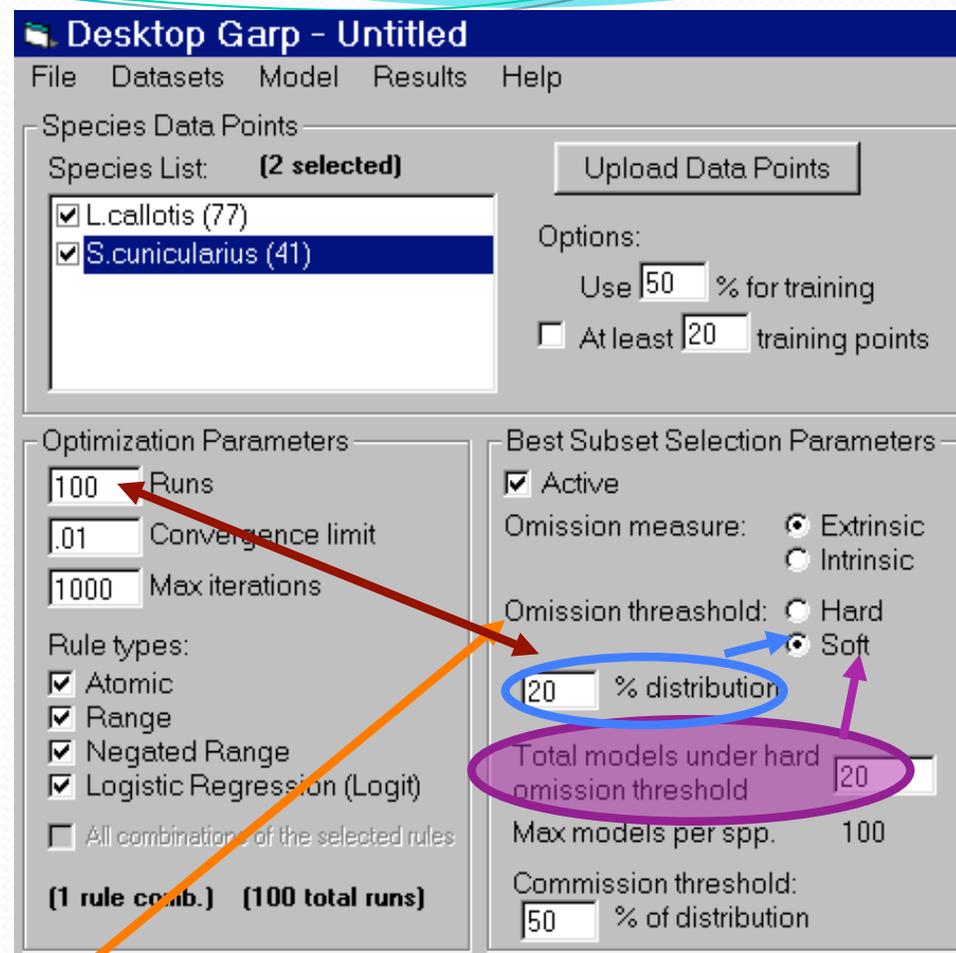
An orange arrow points from the "50" in the "Use 50 % for training" field to the "Extrinsic" radio button in the "Omission measure:" section.

En la opción *Omission threshold*, si selecciona *Hard* significa que se utilizará un valor absoluto en el eje omission del gráfico (de omisión). Ese valor se pone en la caja *% omission*



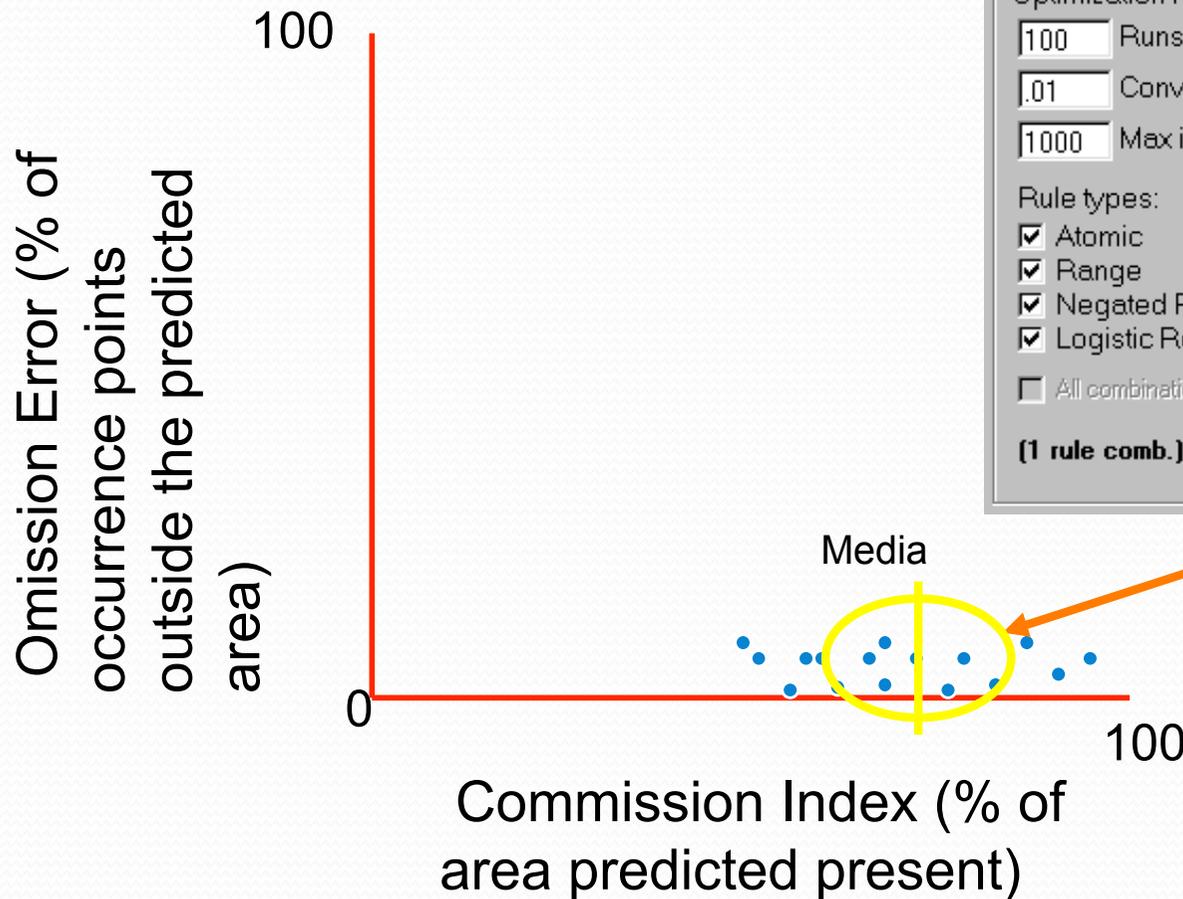
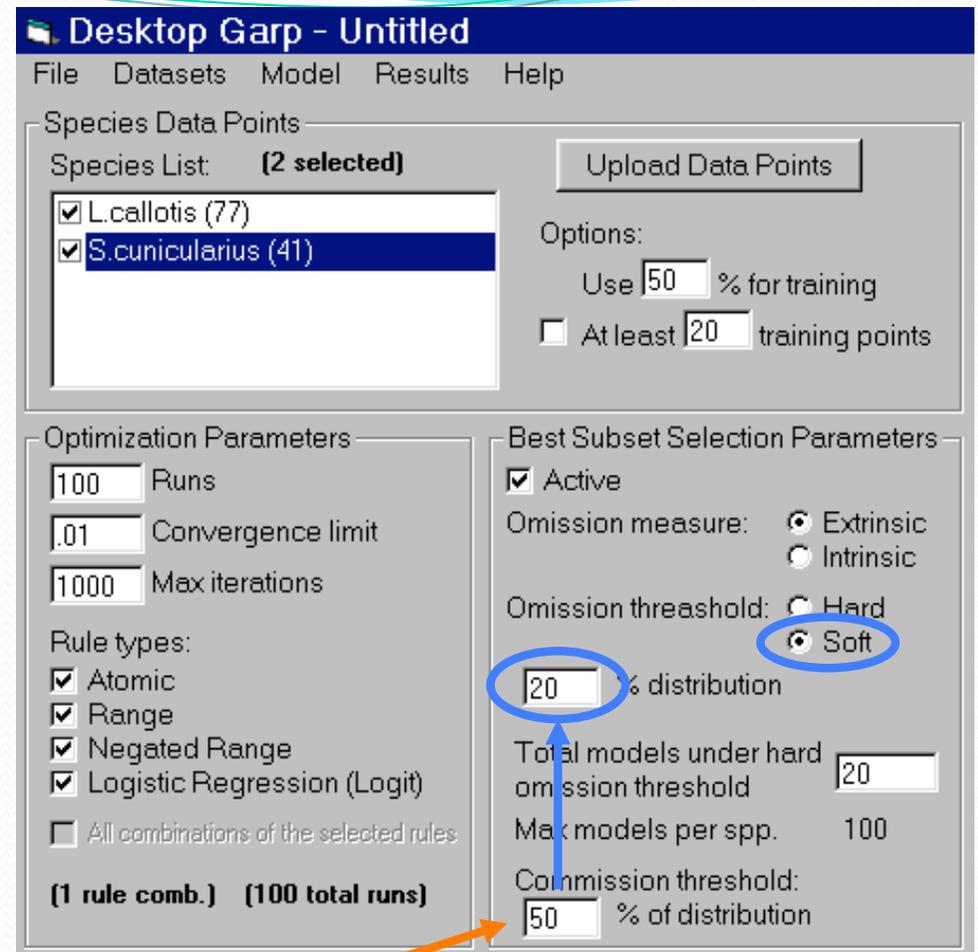
Y se selecciona el número de modelos bajo el umbral duro "hard"

Cuando se selecciona *Soft* significa que se seleccionaran un x porcentaje de modelos indicados en la caja % *distribution*. Opción útil cuando se modela más de una especie



En este caso la opción *Total models under hard omission threshold* no aplica

En la opción *Commission threshold* se indica el porcentaje de modelos cercanos a la media del índice de comisión, que se seleccionan de los modelos restantes que quedan después de ser filtrados con el criterio de omisión.



Cuando la opción *Omission threshold* está en *Soft*, el valor de *Commission threshold* es relativo al valor del % de distribución(% *distribution* value)

Desktop Garp - Untitled

File Datasets Model Results Help

Species Data Points

Species List: **(2 selected)**

- L.callotis (77)
- S.cunicularius (41)

Upload Data Points

Options:

Use % for training

At least training points

Optimization Parameters

Runs

Convergence limit

Max iterations

Rule types:

- Atomic
- Range
- Negated Range
- Logistic Regression (Logit)
- All combinations of the selected rules

(1 rule comb.) (100 total runs)

Best Subset Selection Parameters

Active

Omission measure: Extrinsic Intrinsic

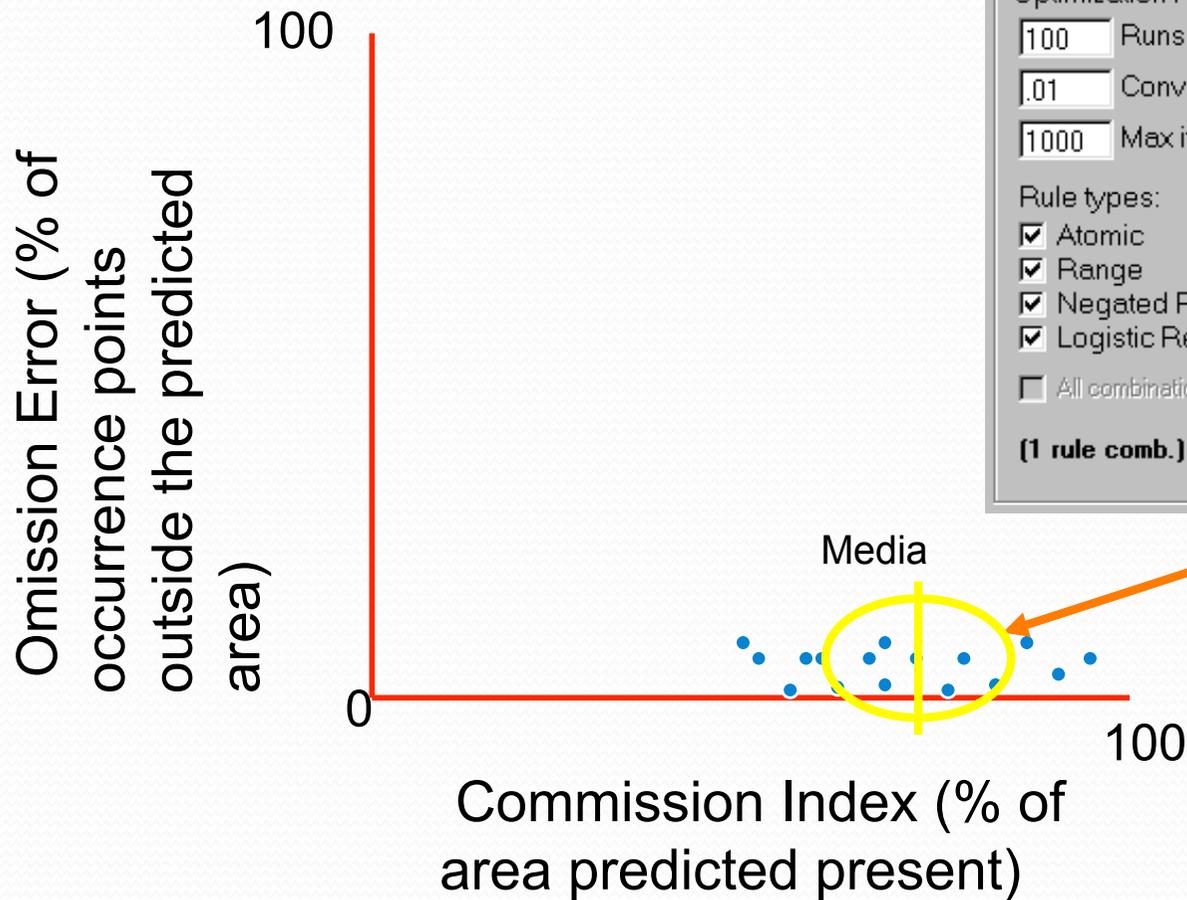
Omission threshold: Hard Soft

% omission

Total models under hard omission threshold:

Max models per spp. 100

Commission threshold: % of distribution



Cuando *Omission threshold* está en *Hard*, el valor del *Commission threshold* es relativo al total de modelos bajo el *hard omission threshold* value

Pruebas de solapamiento de nicho

- ¿Las especies filogenéticamente cercanas son ecológicamente similares? Lo que se le conoce como Conservadurismo Filogenético del Nicho (CFN).
- Para Peterson *et al* (1999) la especiación se da en un contexto geográfico y no en uno ecológico, y el cambio y las diferencias ecológicas evolucionaran posteriormente.
- Graham *et al.* (2004) con datos de dendrobátidos sugieren que el medioambiente tiene una gran importancia en la divergencia de las especies.



- Losos (2008) concluye que para muchos clados algunos caracteres ecológicos no presentan un CFN.

- Distingue la señal filogenética del CFN:

A. La señal Filogenética se refiere a que las diferencias o similitudes en el nicho ecológico entre especies hermanas son un efecto sólo de sus relaciones filogenéticas.

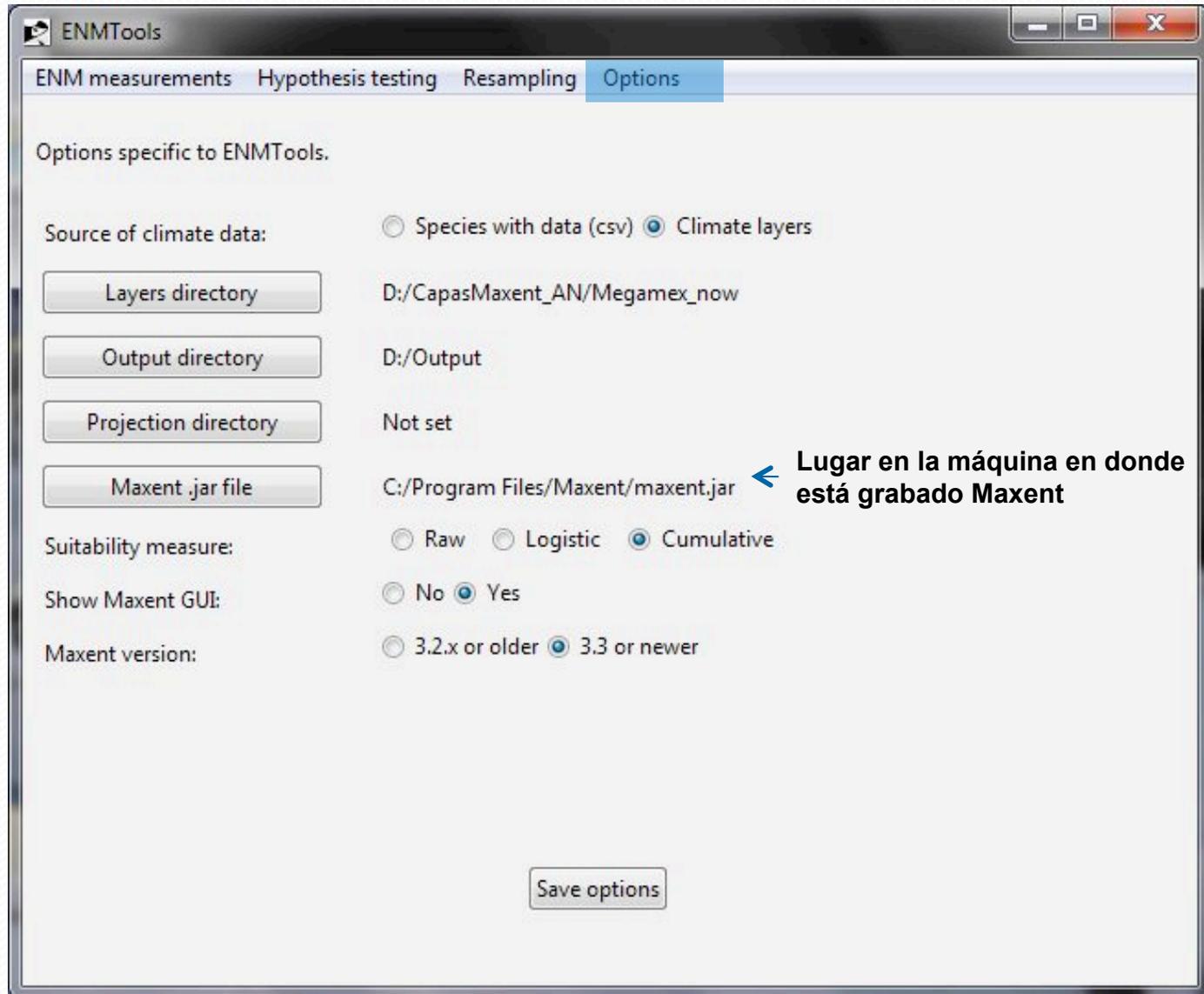
B. En el caso de CFN las especies pueden tener mayores similitudes ecológicas que las esperadas sólo por sus relaciones filogenéticas.

- Algunos autores han tratado de desarrollar métodos para medir que tan parecidos son los nichos entre especies y tratar de probar hipótesis acerca del CFN, por ejemplo :
- Peterson *et al.* (1999) que desarrollan una prueba de similitud de nicho.
- Warren *et al.* (2008) desarrolló una serie de pruebas para cuantificar la similitud del nicho ecológico y comparar la equivalencia contra el conservadurismo del nicho.
- Implementó el programa ENMtools (Warren *et al.*, 2009) que se puede bajar junto con el manual de instalación y operación en:

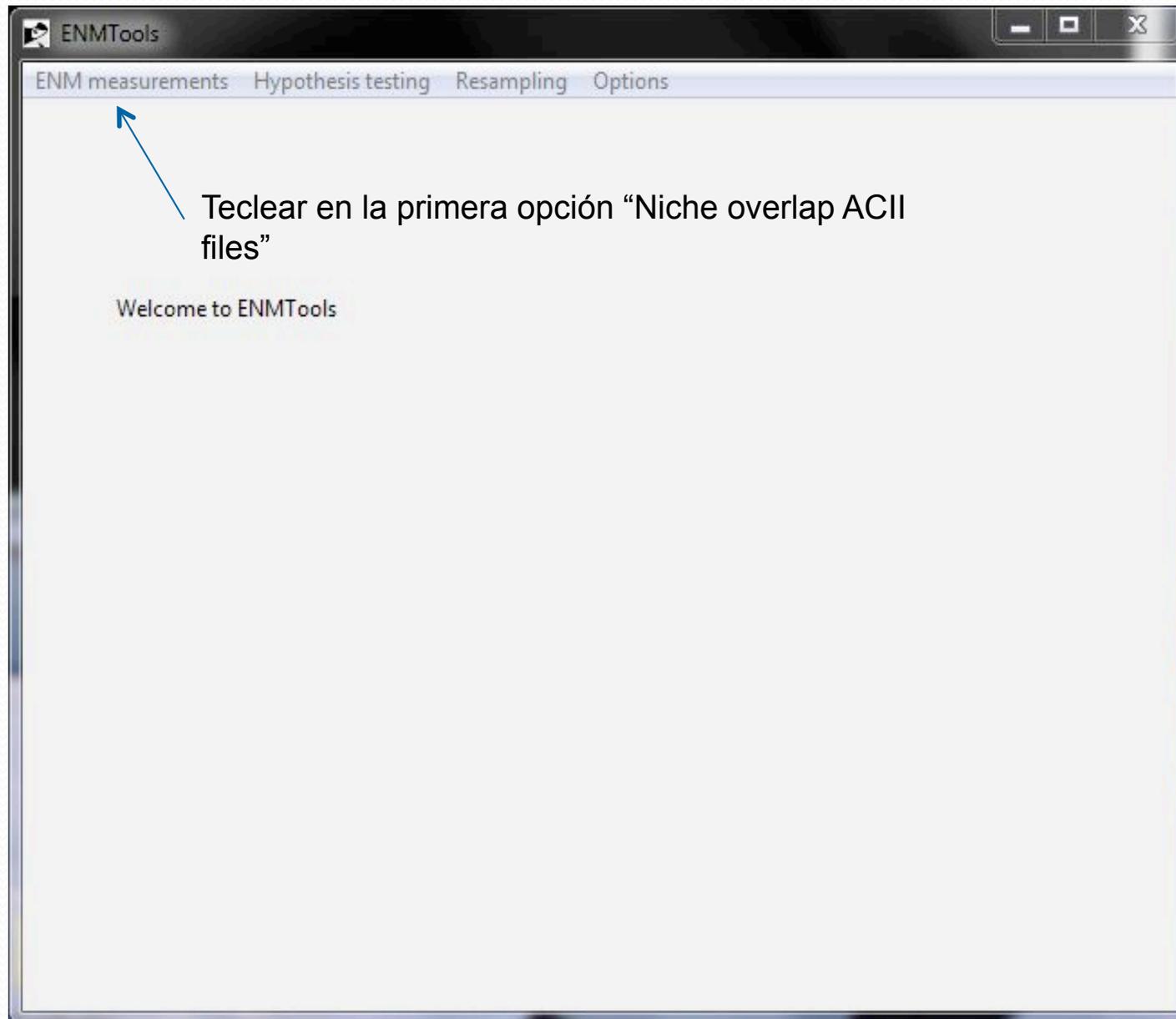
<http://enmtools.blogspot.com/>

Pruebas de equivalencia y similitud

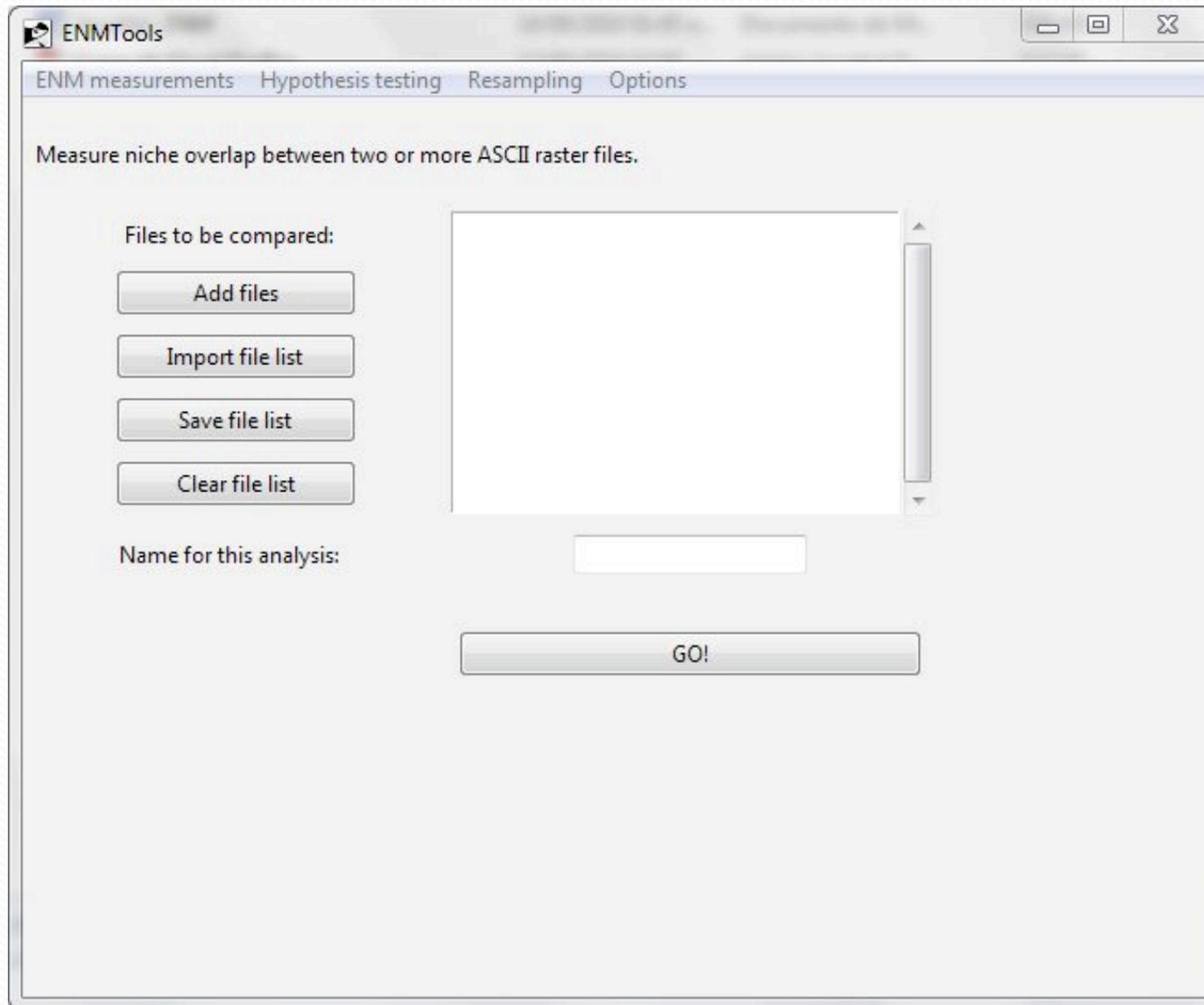
Primero ajustar los datos de salida y otras opciones



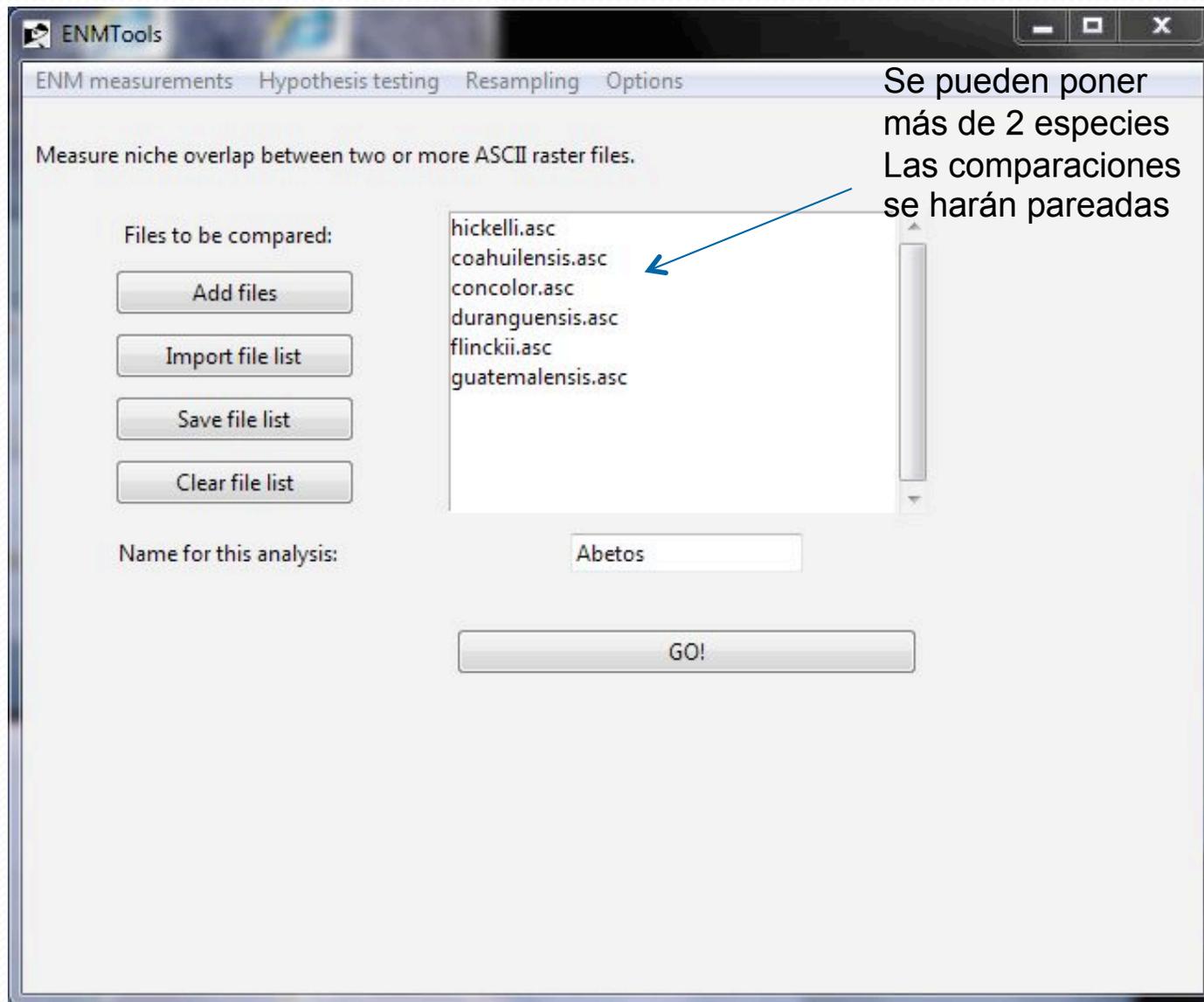
Comenzar con la prueba “*Niche overlap*” para encontrar los valores de I y D observados



Pantalla para cargar la opción “Niche overlap”



Se cargan los datos de presencia en formato Ascii



Se pueden poner más de 2 especies
Las comparaciones se harán pareadas

Datos de Salida de los índices I y D observados

Datos de salida (sólo se muestra D). “Observados”

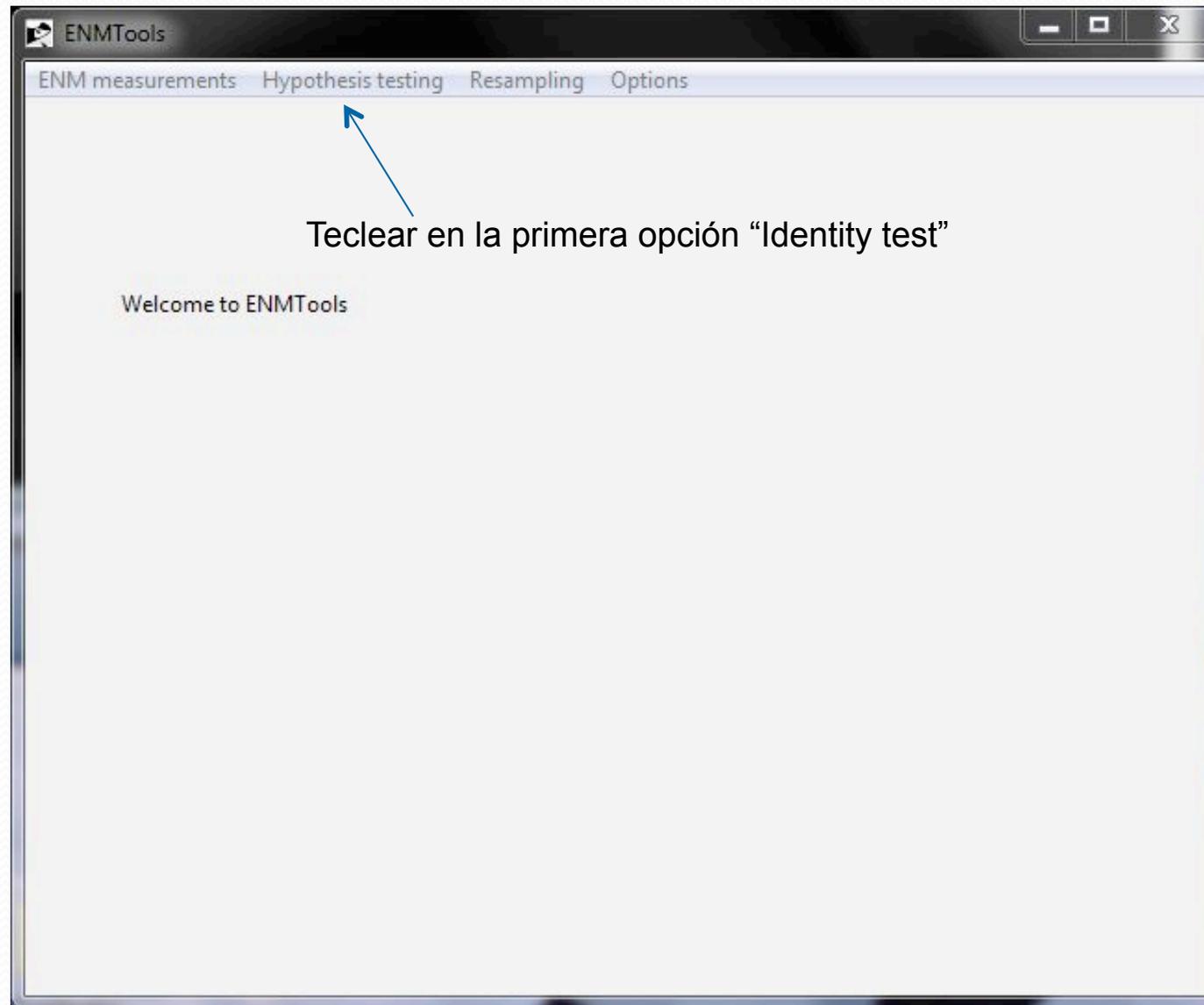
overlap_D_output - Microsoft Excel

Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Revisar Vista

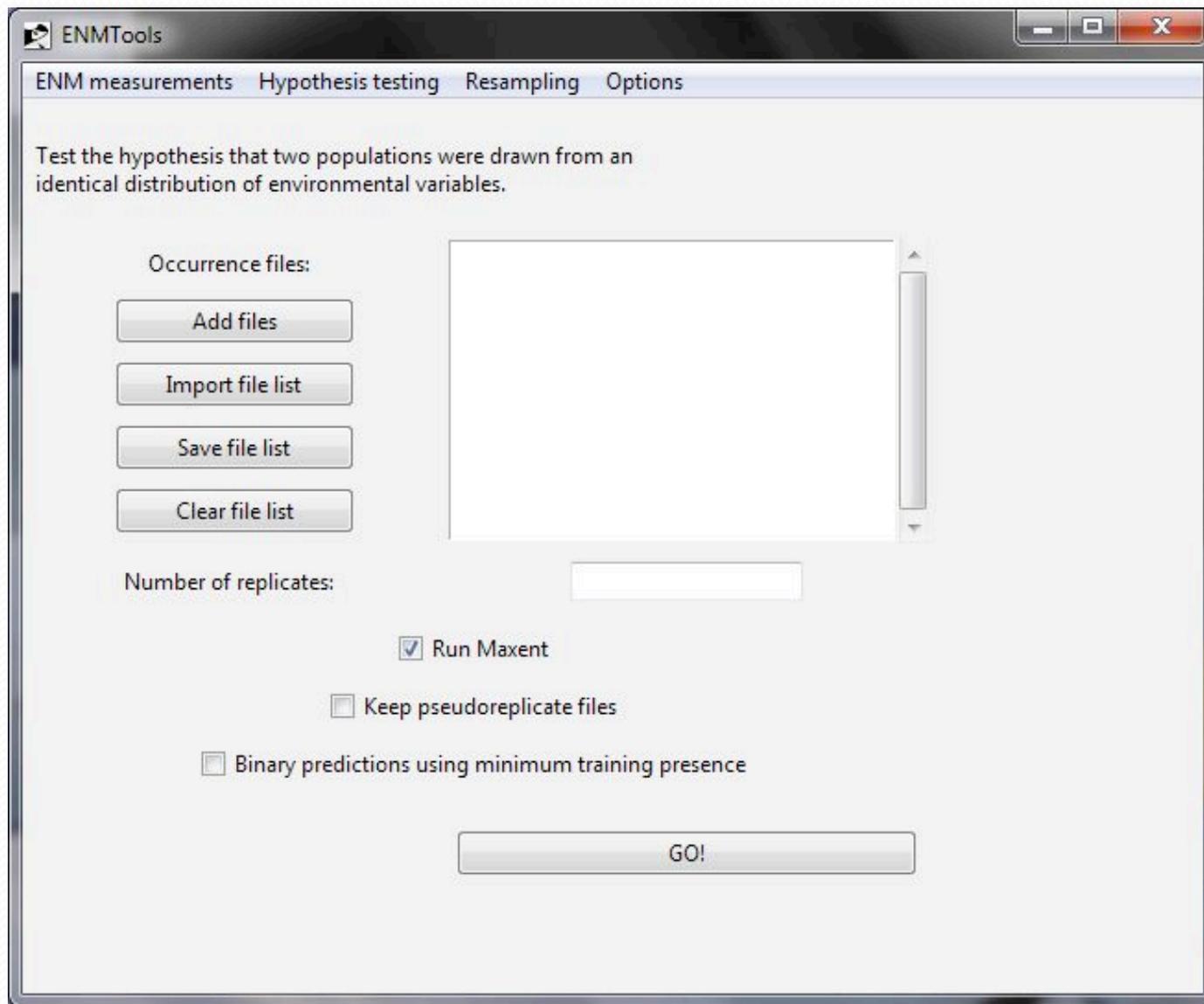
A1 f_x SPECIES

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	SPECIES	vejari.asc	concolor.asc	duranguensi	duranguensi	flinckii.asc	guatemalens	hickelli.asc	mexicana.as	religiosa.asc
2	vejari.asc	0	0.20669186	0.25259542	0.50497286	0.1538366	0.3071321	0.17319232	0.32167396	0.13392611
3	concolor.asc	0.20669186	0	0.09449744	0.28849097	0.00836471	0.03048611	0.00675385	0.14321552	0.01145762
4	duranguensi	0.25259542	0.09449744	0	0.14350844	0.126093	0.24784362	0.13592399	0.13611641	0.13768458
5	duranguensi	0.50497286	0.28849097	0.14350844	0	0.08847282	0.22356468	0.10188396	0.52697744	0.09274249
6	flinckii.asc	0.1538366	0.00836471	0.126093	0.08847282	0	0.39866464	0.57863462	0.1725398	0.60406058
7	guatemalens	0.3071321	0.03048611	0.24784362	0.22356468	0.39866464	0	0.5221242	0.34456188	0.39502596
8	hickelli.asc	0.17319232	0.00675385	0.13592399	0.10188396	0.57863462	0.5221242	0	0.23809557	0.60656833
9	mexicana.as	0.32167396	0.14321552	0.13611641	0.52697744	0.1725398	0.34456188	0.23809557	0	0.23553354
10	religiosa.asc	0.13392611	0.01145762	0.13768458	0.09274249	0.60406058	0.39502596	0.60656833	0.23553354	0

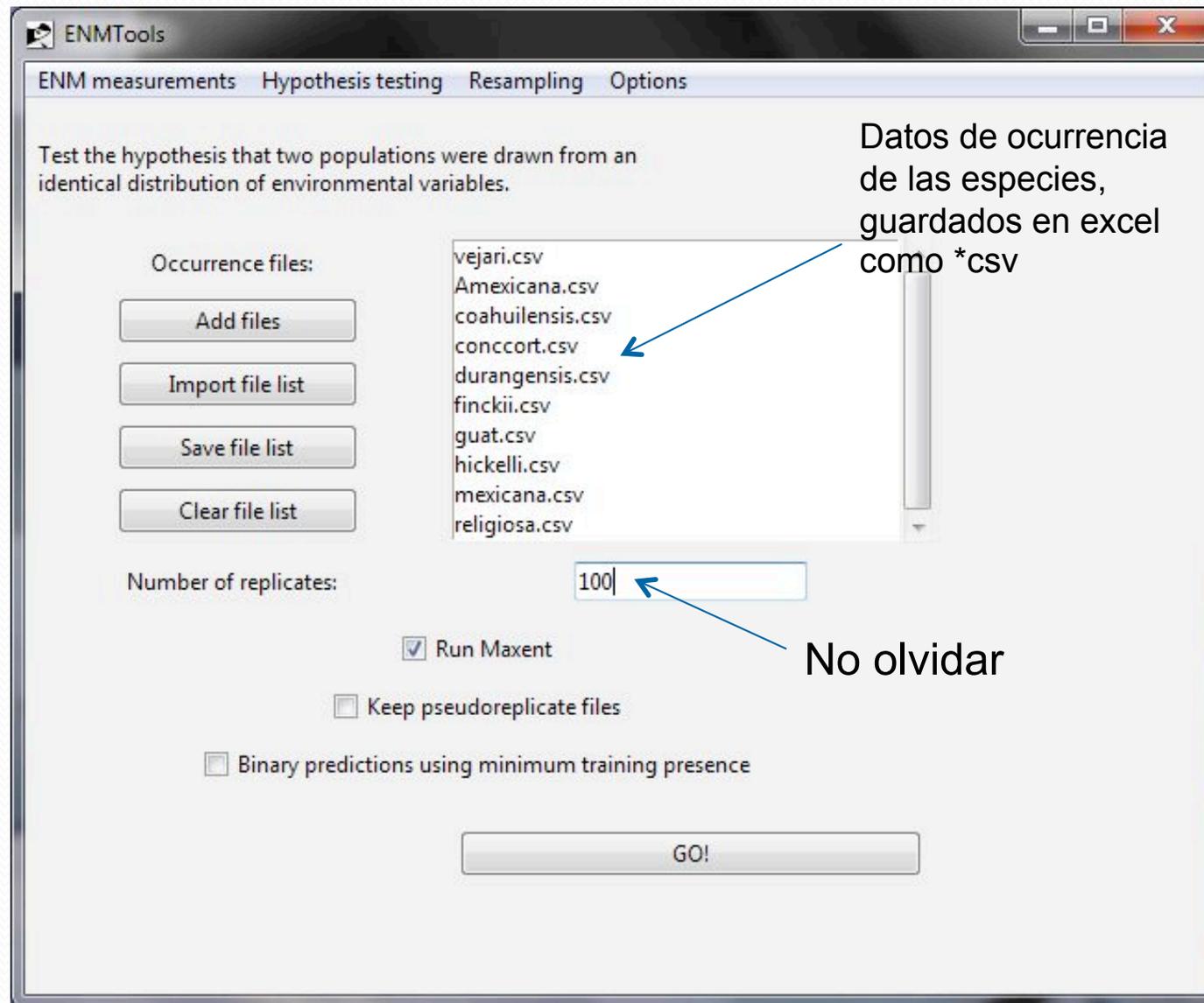
Comenzar con el análisis de identidad o “Equivalencia”



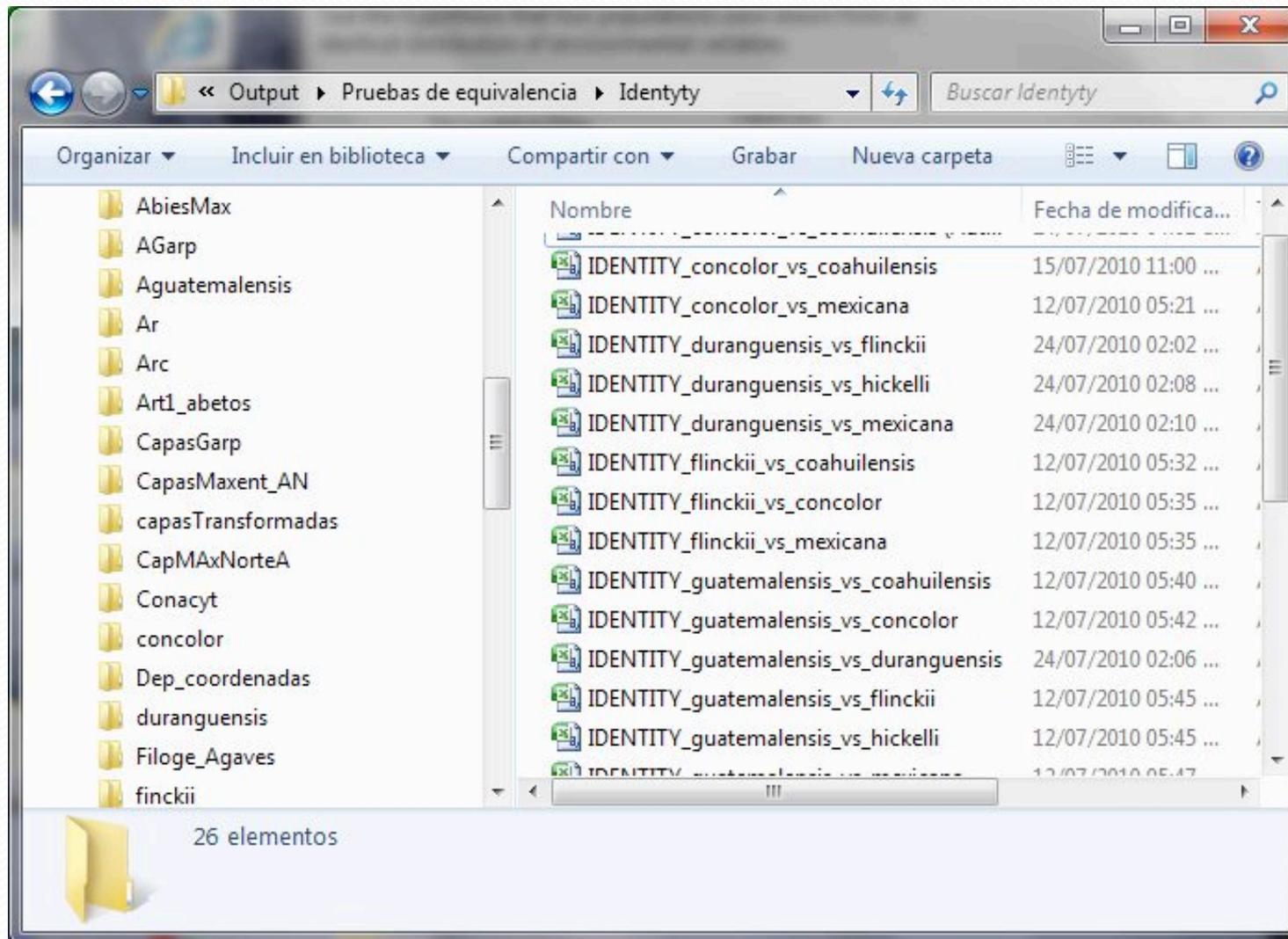
Pantalla de entrada del análisis de equivalencia



Se cargan los datos en formato CSV



Salida del análisis de equivalencia (identidad)



Procesamiento de los datos de equivalencia (identidad)

Equivalente al nivel de significancia al 0.05 y 0.01

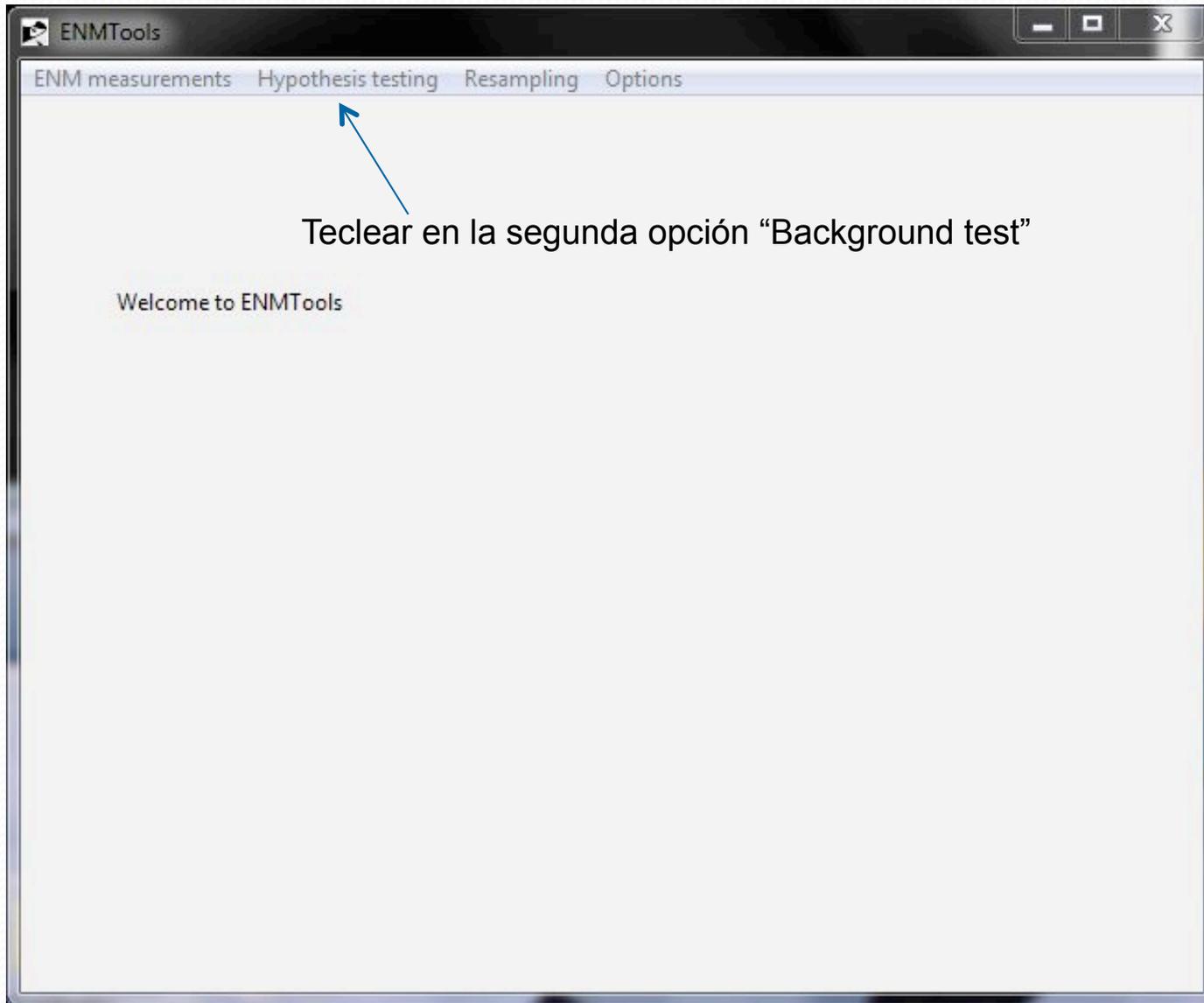
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L																																																																																																														
1	I	D	Distribución de los solapamientos de las pseudoreplicas						Percentiles 1% a 100% (D obs) Valor																																																																																																																	
2	0.57756316	0.38736995		<table border="1"> <tr> <td>D (observada)</td> <td>0.177061717</td> <td>0.01</td> <td>0.454681275</td> <td>0.45468127</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.05</td> <td>0.49829819</td> <td>0.49829819</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.1</td> <td>0.552360055</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.15</td> <td>0.575506807</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.2</td> <td>0.590692064</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.25</td> <td>0.599949331</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.3</td> <td>0.60720054</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.35</td> <td>0.613998983</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.4</td> <td>0.621859776</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.45</td> <td>0.628210841</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.5</td> <td>0.637481062</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.55</td> <td>0.651142562</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.6</td> <td>0.657443378</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.65</td> <td>0.663634875</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.7</td> <td>0.679915583</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.75</td> <td>0.692979365</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.8</td> <td>0.704762964</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.85</td> <td>0.711796707</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.9</td> <td>0.717662109</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.95</td> <td>0.735301932</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.99</td> <td>0.749761747</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1</td> <td>0.768694809</td> <td></td> </tr> </table>									D (observada)	0.177061717	0.01	0.454681275	0.45468127			0.05	0.49829819	0.49829819			0.1	0.552360055				0.15	0.575506807				0.2	0.590692064				0.25	0.599949331				0.3	0.60720054				0.35	0.613998983				0.4	0.621859776				0.45	0.628210841				0.5	0.637481062				0.55	0.651142562				0.6	0.657443378				0.65	0.663634875				0.7	0.679915583				0.75	0.692979365				0.8	0.704762964				0.85	0.711796707				0.9	0.717662109				0.95	0.735301932				0.99	0.749761747				1	0.768694809	
D (observada)	0.177061717	0.01											0.454681275	0.45468127																																																																																																												
		0.05											0.49829819	0.49829819																																																																																																												
		0.1											0.552360055																																																																																																													
		0.15											0.575506807																																																																																																													
		0.2											0.590692064																																																																																																													
		0.25											0.599949331																																																																																																													
		0.3											0.60720054																																																																																																													
		0.35	0.613998983																																																																																																																							
		0.4	0.621859776																																																																																																																							
		0.45	0.628210841																																																																																																																							
		0.5	0.637481062																																																																																																																							
		0.55	0.651142562																																																																																																																							
		0.6	0.657443378																																																																																																																							
		0.65	0.663634875																																																																																																																							
		0.7	0.679915583																																																																																																																							
		0.75	0.692979365																																																																																																																							
		0.8	0.704762964																																																																																																																							
		0.85	0.711796707																																																																																																																							
		0.9	0.717662109																																																																																																																							
		0.95	0.735301932																																																																																																																							
		0.99	0.749761747																																																																																																																							
		1	0.768694809																																																																																																																							
3	0.61796464	0.45536119		<table border="1"> <tr> <td>I (observada)</td> <td>0.45623362</td> <td>0.95</td> <td>0.735301932</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0.99</td> <td>0.749761747</td> <td></td> </tr> </table>									I (observada)	0.45623362	0.95	0.735301932				0.99	0.749761747																																																																																																					
I (observada)	0.45623362	0.95											0.735301932																																																																																																													
		0.99											0.749761747																																																																																																													
4	0.62660162	0.48561827																																																																																																																								
5	0.6426275	0.49031268																																																																																																																								
6	0.64934221	0.49353921																																																																																																																								
7	0.65064863	0.49854866																																																																																																																								
8	0.65508294	0.50165486																																																																																																																								
9	0.67323051	0.50360721																																																																																																																								
10	0.67599063	0.54050852																																																																																																																								
11	0.6780872	0.54330864																																																																																																																								
12	0.67911887	0.55336577																																																																																																																								
13	0.68078578	0.55481498																																																																																																																								
14	0.68632991	0.5552636																																																																																																																								
15	0.69070494	0.56586744																																																																																																																								
16	0.69863593	0.574825																																																																																																																								
17	0.69965893	0.57562713																																																																																																																								
18	0.69981113	0.57710736																																																																																																																								
19	0.70258503	0.58210493																																																																																																																								
20	0.70487693	0.5834988																																																																																																																								
21	0.70523427	0.58778149																																																																																																																								
22	0.7081442	0.59141971																																																																																																																								
23	0.70843518	0.59301644																																																																																																																								
24	0.70898157	0.59489423																																																																																																																								
25	0.71265405	0.59548047																																																																																																																								
26	0.7126775	0.59700112																																																																																																																								
27	0.71278185	0.60003207																																																																																																																								

Resultado que da el programa. Dist. nula (hasta cien)

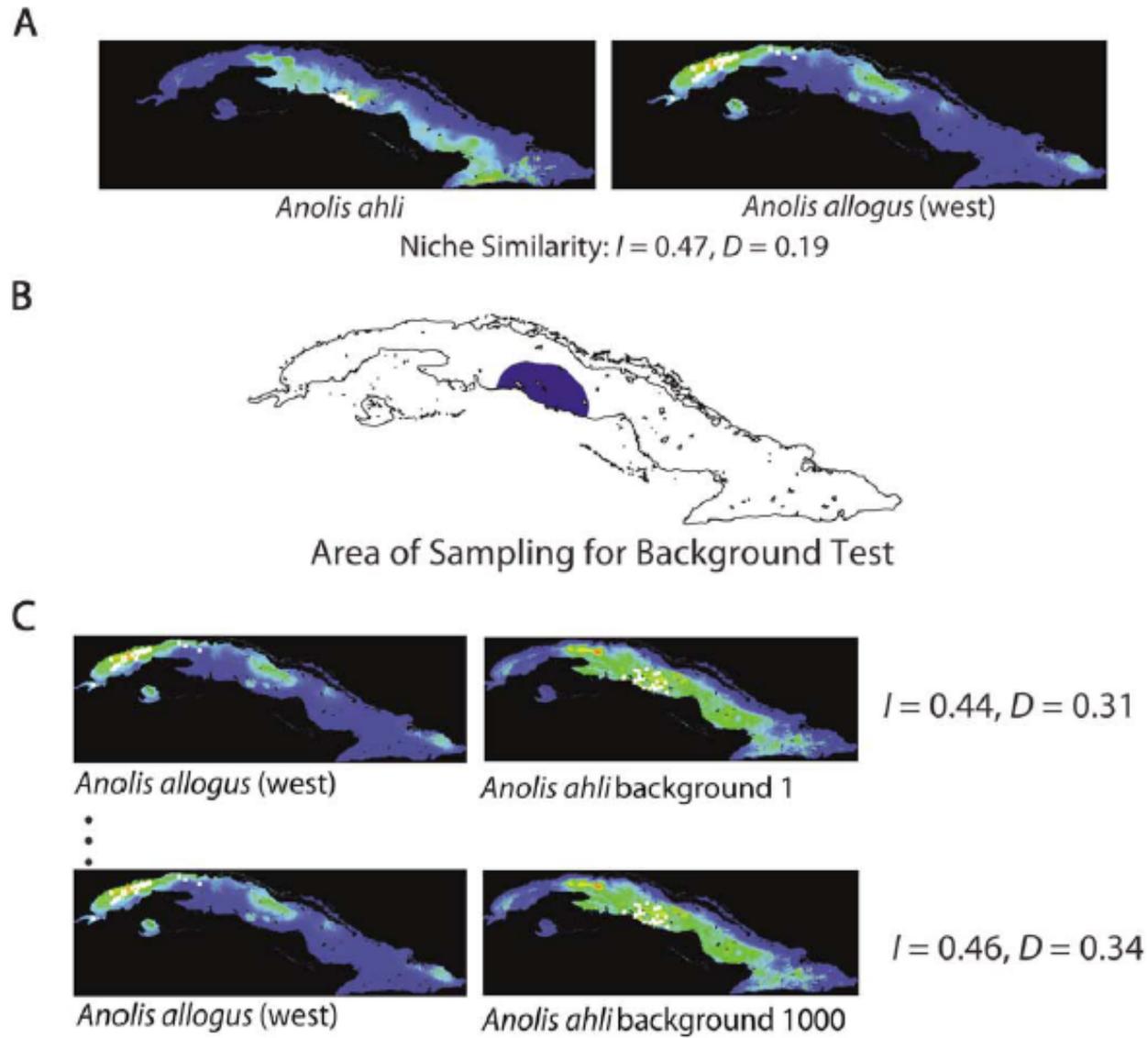
Gráficas de ejemplo, no es necesario hacerlas para cada comparación

Con los índices I y D de las pseudoréplicas y con ayuda de Excel se calculan los percentiles

Principiar el análisis de Similitud



Ejemplo de cómo se escoge el área “background”



D

Ejemplo de carga de los datos de Similitud

ENMTools

ENM measurements Hypothesis testing Resampling Options

Test the hypothesis that two species are more or less similar than expected based on some estimate of the environmental background from which they are drawn.

Focal species occurrence: D:/Output/Sitios/finckii.csv ← Archivo con sitios

Background samples: D:/Mascaras/hickmask.asc ← Es un archivo que tiene una mascara para poder elegir puntos donde no se distribuye esta especie

Number of replicates: 100

Number of background samples: 17 ← Un número que es igual al número de datos de la primer especie (en este caso fincklii)

Scheduled analyses:

- Comparing samples from finckii.csv to 17 points from hickmask.asc

Run Maxent

Keep pseudoreplicate files

Binary predictions using minimum training presence

Se carga el primer análisis

Se cargan los datos también en sentido contrario

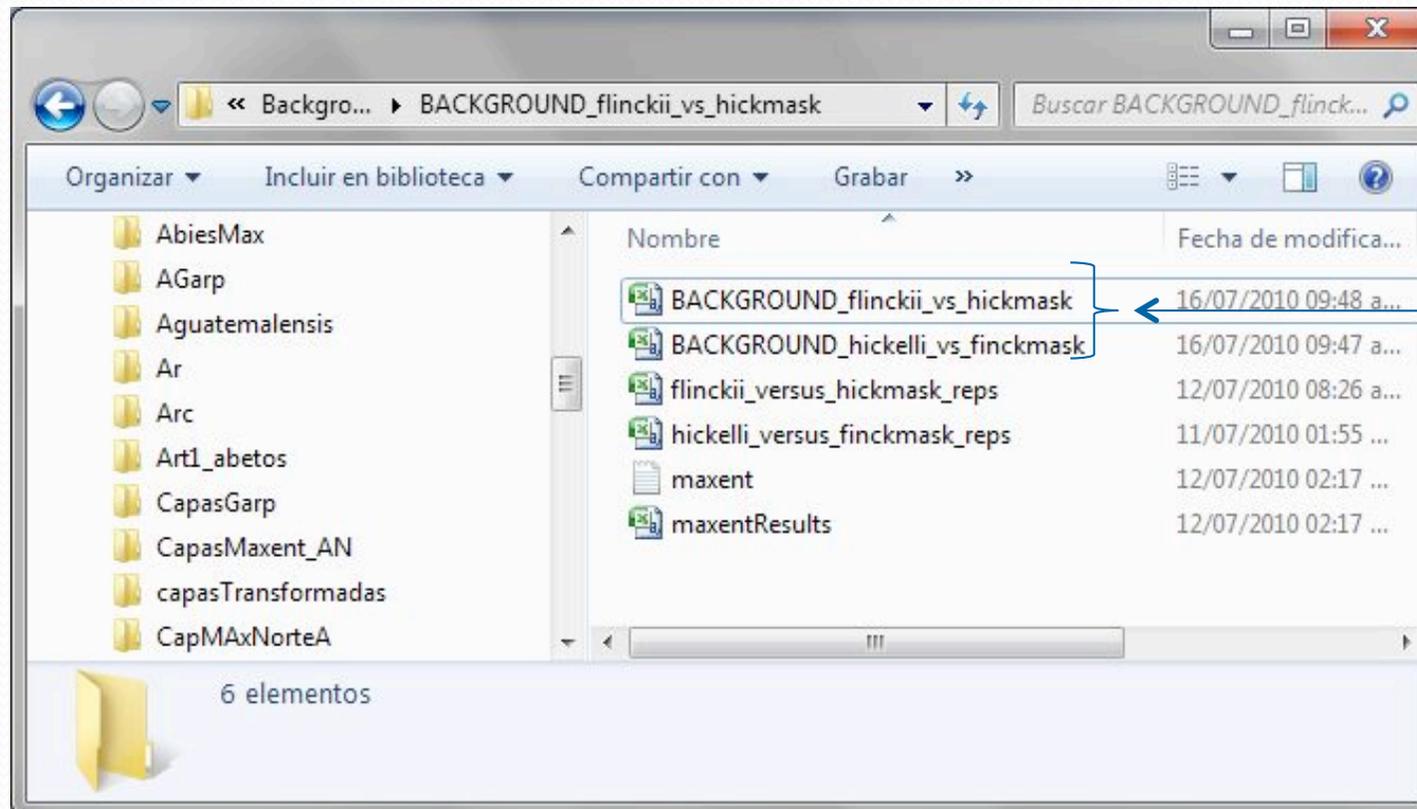
The screenshot shows the ENMTools application window with the following elements:

- Menu bar: ENM measurements, Hypothesis testing, Resampling, Options
- Text: "Test the hypothesis that two species are more or less similar than expected based on some estimate of the environmental background from which they are drawn."
- Input fields:
 - Focal species occurrence: D:/Output/Sitios/hickelli.csv
 - Background samples: D:/Mascaras/finckmask.asc
 - Number of replicates: 100
 - Number of background samples: 16
- Scheduled analyses list:
 - Adding: "Comparing samples from finckii.csv to 17 points from hickelli.csv"
 - Existing: "Comparing samples from hickelli.csv to 16 points from finckii.csv"
- Buttons: "Add this analysis", "Clear list", "GO!"
- Checkboxes:
 - Run Maxent
 - Keep pseudoreplicate files
 - Binary predictions using minimum training presence

Se hace lo mismo pero en sentido contrario, al "revés" (referring to the two analysis entries in the list)

Se carga el segundo análisis y ya se puede correr (referring to the "Add this analysis" button and the "GO!" button)

Salida del análisis de similitud



**Resultados
en ambos
sentidos**

Tratamiento de los datos de Similitud

Se calculan los percentiles en la misma hoja de Excel si se quiere. Lo mismo se hace para el otro archivo resultante hickelli vs flinckii.

Hasta 100

	A	B	C	E	F	G	H	I
1	I	D		Percentiles (I)	Valor	Percentiles (D)	Valor	
2	0.45738289	0.18035215		0.01	0.45787984	0.01	0.18374828	
3	0.45788486	0.18378258		0.05	0.46813197	0.05	0.19522671	
4	0.45916606	0.18434187						
5	0.46352895	0.18587961						
6	0.46777801	0.18793744						
7	0.4681506	0.19561035						
8	0.4734255	0.20633577						
9	0.47754008	0.21058222						
10	0.47837029	0.2111049						
11	0.48003301	0.21214874						
12	0.48023723	0.21287682						
13	0.48146215	0.21554459						
14	0.48151296	0.21732649						
15	0.4856319	0.22382885						

- Para el análisis de Equivalencia :

La hipótesis nula es que los nichos de dos especie no son estadísticamente diferentes

(Si el valor observado es menor que el valor de los percentiles 0.01 y 0.05 decidimos que los valores son estadísticamente diferentes y se refuta la hipótesis nula y no existe equivalencia ecológica).

- Para el análisis de Similitud:

La distribución de una especie no aporta ningún dato para predecir la distribución de otra.

(Es decir, si la prueba es significativa no indica diferencias significativas entre especies, sino que estas son similares ecológicamente, y **una prueba no significativa indica que las especies no son similares**).

Aunque no necesariamente si dos especies no son similares indica que son equivalentes o hay conservadurismo del nicho, ya que sólo pueda ser un artefacto por números de muestra muy bajos (por ejemplo <5))