

Proyecto Final.

César Hernández Hernández

Especie de estudio: *Melipona beecheii*



Introducción

Melipona beecheii, conocida por ser una especie nativa de la península de Yucatán y otras zonas de centroamérica, caracterizada por no tener aguijón a diferencia de *Apis mellifera*, abeja de origen asiático-europeo, y cuyo uso en apicultura se ha extendido a todos los continentes.

La miel de *Melipona beecheii* ha tenido un amplio uso para consumo y en medicina (Cauich et al, 2015), sin embargo, su producción se limita a sólo litro y medio de miel al año por colmena, a diferencia de los cerca de 30 litros producidos por *Apis mellifera*, por lo que su decreciente distribución se vuelve un tema de importancia para su conservación (Villanueva-Gutiérrez et al 2005).

Objetivo

Realizar un modelo de distribución de *Melipona beecheii*, a partir de diversos factores ambientales scenopoéticos.

Método

Se comenzó por delimitar el área de interés del proyecto, correspondiente al área de presencia de la especie *Melipona beecheii*, que tiene datos de registro de presencia en México, El Salvador, Guatemala, Belice, Honduras, Nicaragua, Cuba y Costa rica. Para crear esta capa se utilizó el paquete de R llamado “geoboundaries”.

Para el análisis se utilizaron 19 variables bioclimáticas descargadas de la página de Worldclim, a resolución de 10 minutos, que después se adjuntaron a la capa del área geográfica.

Los datos de presencia de *Melipona beecheii* se obtuvieron del sitio de GBIF, mediante el paquete de ntbox. Luego se realizó una limpieza de estos datos, retirando registros duplicados y con un tiempo de registro anterior al año 1970, así como aquellos mal referenciados o con un registro no confiable. Luego de extraer la información ambiental de los datos de presencia, se eliminaron los datos con registros a corta distancia, así como NA's.

Para realizar el modelo, se separaron los datos en un grupo de datos de entrenamiento (70% de los datos totales) y otro de validación (30% de los datos totales), mientras que para optimizar el entrenamiento del modelo, y delimitar el área de accesibilidad de la especie, se creó un Buffer de 300 Km alrededor de los puntos de presencia, así como capas de calibración en esta zona para cada variable.

A través de Maxent, se generaron diversos modelos con diferentes combinaciones de features y (lineal-cuadrática y lineal-cuadrática-producto) y valores de regularización, así como un mapa del modelo binomial.

El siguiente paso fue generar un modelo de elipsoides. Para esto, fue necesario descartar un par de variables que pudieran estar correlacionadas, mediante el método de Spearman. En este caso se descartaron aquellas variables que sostuvieron una correlación mayor a 0.8.

Con las variables que se mantuvieron, se realizó una selección de modelos para determinar los subconjuntos de datos ambientales que entran dentro del rango tolerado por la especie, mediante un modelo de elipsoide. Para esto se probaron un total de 430 modelos. Los parámetros para ejecutar los modelos fueron los siguientes:

```
nvarstestbEE <- c(3,4,5,6,8,9)
```

```
level <- 0.975
```

```
omr_criterio <- 0.05
```

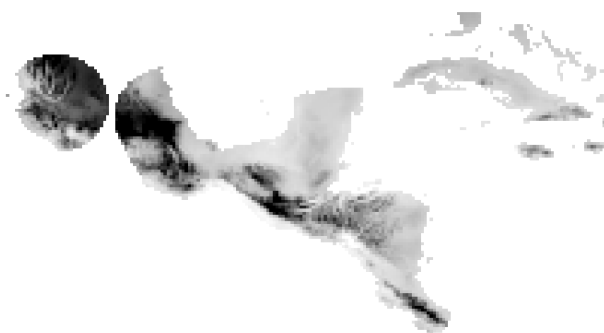
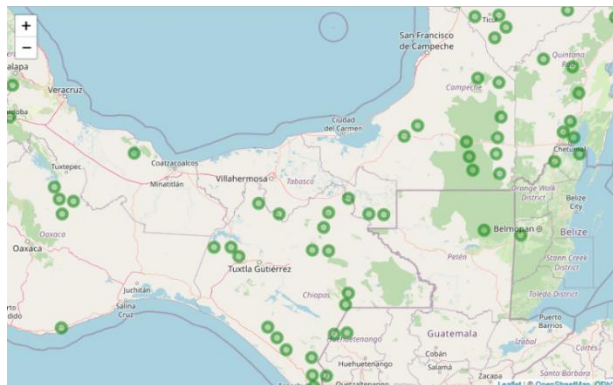
```
parallel1 <- TRUE
```

```
comp_each <- 100
```

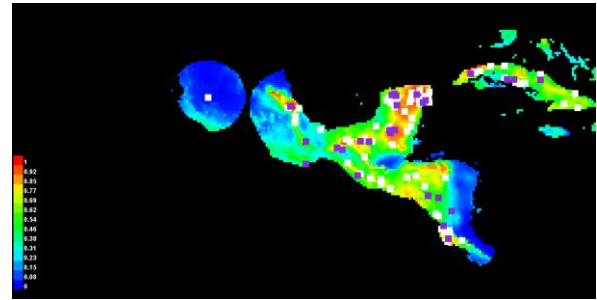
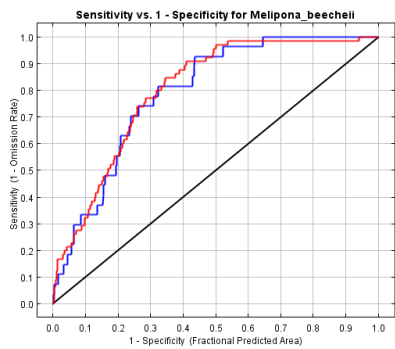
De los modelos creados, y que tuvieran una tasa de omisión menor a 5% tanto para los datos de calibración como para los de validación, se seleccionaron los 5 mejores modelos de acuerdo con el valor de área bajo la curva (AUC ratio). Finalmente, se binarizaron los modelos seleccionados, para obtener finalmente los modelos consenso de suma e intersección.

Resultados y discusión

Se obtuvieron un total de 2250 registros de presencia de *Melipona beecheii*, de los cuales se mantuvieron finalmente 122 tras el proceso de limpieza de datos. Los análisis posteriores se realizaron con respecto al buffer creado.



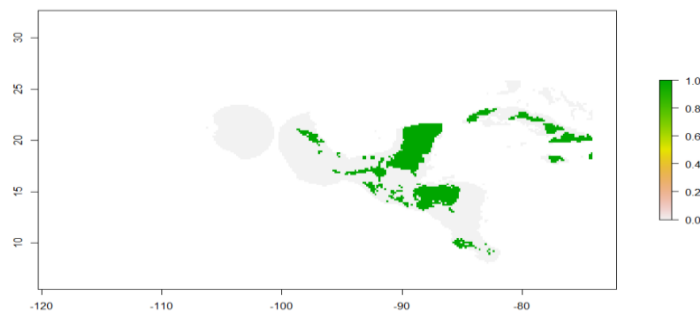
Se generaron 9 modelos en Maxent, con salidas: lineal, lineal + cuadrática, lineal + cuadrática + producto, y con multiplicador de regularización de 0.5, 1 y 5. El modelo seleccionado fue el Linear + Cuadrática y multiplicador de regularización de 0.5, ya que fue el que tuvo un valor mayor de AUC (0.801) en la curva ROC.



En la tabla de umbrales del modelo se eligió el método de “Maximum test sensitivity plus specificity” para generar el mapa binomial, ya que este método minimiza el área predicha (0.435), mientras que mantiene un error de omisión de 0.092 y 0.074, valores aceptables dada la naturaleza de los datos (la mayoría son registros de naturalista). Los valores en rojo sobrepasan el error de omisión de 0.1.

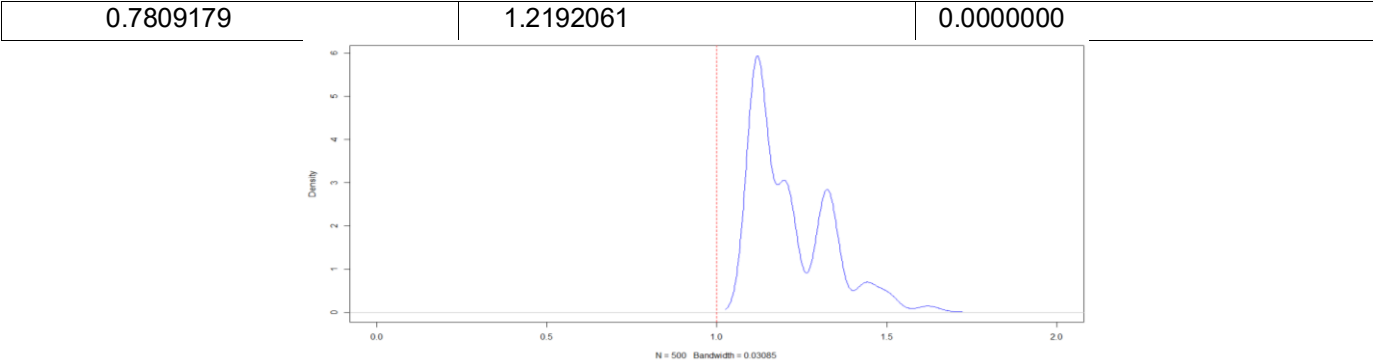
Linear + Quadr 0.5

Cumulative threshold	Cloglog threshold	Description	Fractional predicted area	Training omission rate	Test omission rate	P-value
1.000	0.086	Fixed cumulative value 1	0.812	0.015	0.000	6.261E-3
5.000	0.232	Fixed cumulative value 5	0.662	0.015	0.000	1.012E-4
10.000	0.318	Fixed cumulative value 10	0.561	0.015	0.037	1.283E-5
0.068	0.014	Minimum training presence	0.940	0.000	0.000	9.493E-2
21.878	0.482	10 percentile training presence	0.410	0.092	0.185	9.708E-6
40.290	0.609	Equal training sensitivity and specificity	0.262	0.262	0.296	8.574E-8
29.330	0.547	Maximum training sensitivity plus specificity	0.344	0.154	0.185	1.299E-7
39.961	0.607	Equal test sensitivity and specificity	0.264	0.262	0.259	9.169E-9
19.450	0.456	Maximum test sensitivity plus specificity	0.435	0.092	0.074	1.358E-7
4.884	0.228	Balance training omission, predicted area and threshold value	0.665	0.015	0.000	1.113E-4
5.561	0.243	Equate entropy of <u>thresholded</u> and original distributions	0.648	0.015	0.000	6.451E-5



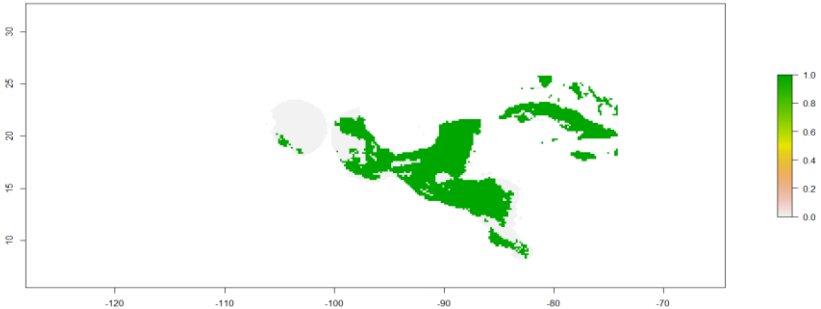
Al realizar la prueba ROC parcial con los datos de entrenamiento, se obtuvieron valores de AUC mayores a 1, por lo que el modelo es mejor que el generado por el azar, esto se corrobora con el gráfico de densidad.

	auc_model	auc_pmodel	auc_prand	auc_ratio
1	0.8245348	0.3392007	0.2816721	1.204239
2	0.7910762	0.2124663	0.1898954	1.118860
3	0.7599843	0.3392007	0.2816721	1.204239
4	0.8697601	0.6071650	0.4228403	1.435920
5	0.7779265	0.2124663	0.1898954	1.118860
6	0.8330548	0.6572789	0.4412711	1.489513
Mean_AUC	Mean_pAUC_ratio_at_5%		P_value	



La prueba binomial aplicada al área de calibración arrojó resultados satisfactorios, con un p-value menor a 0.05, por lo que el mapa binomial es convincente.

npixels_in_pred	npixels_pp	rop_area_pp	n_success	n_fails	p_value
4829	3189	0.6603852	26	1	1.363099e-05



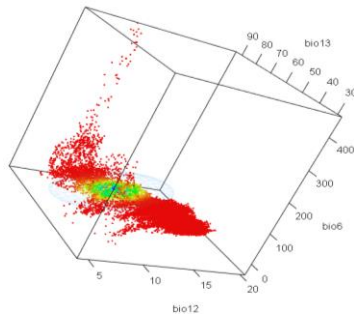
Mediante el análisis de correlación se descartaron 10 variables altamente correlacionadas, conservando así las variables "bio1", "bio4", "bio6", "bio10", "bio11", "bio12", "bio13", "bio15" y "bio16".

Para los modelos de elipsoides se generaron 430 modelos, de los cuales 125 tuvieron una omisión menor al 5%, para puntos de calibración, 181 para los de validación (test) y 68 para ambos.

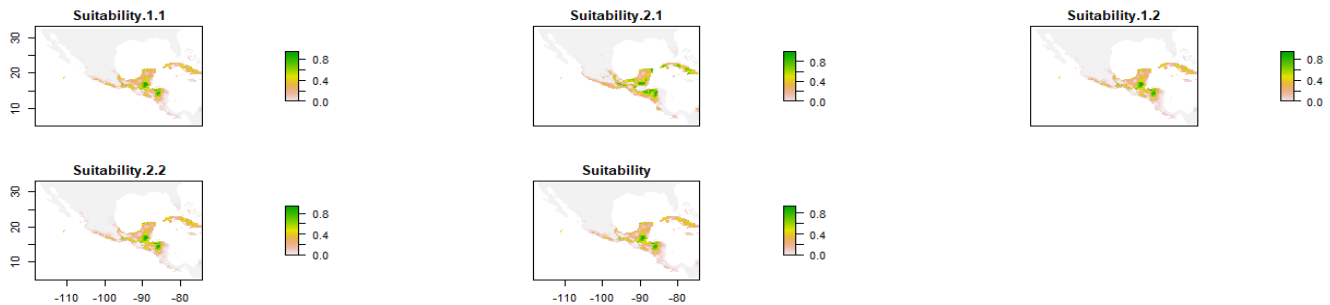
Al realizar la prueba de selección se seleccionaron 5 modelos. Las características de estos modelos se muestran a continuación.

```
> head(e_select_omrBee)
      fitted_vars nvars om_rate_train non_pred_train_ids om_rate_test non_pred_test_ids bg_prevalence  pval_bin pval_pro
1 bio1,bio12,bio13,bio16      4      0.04615385          4,16,52      0.00000000          0.7298547 0.000000e+00
0
2      bio6,bio12,bio13      3      0.04615385          4,18,21      0.03703704          0.6472919 7.937896e-06
0
3 bio1,bio13,bio15,bio16      4      0.04615385          4,16,52      0.00000000          0.7556143 0.000000e+00
0
4 bio1,bio12,bio13,bio15      4      0.04615385          4,16,52      0.00000000          0.7635403 0.000000e+00
0
5 bio1,bio12,bio15,bio16      4      0.04615385          4,16,52      0.00000000          0.7536328 0.000000e+00
0
```

El elipsoide generado es el siguiente. El centro del elipsoide representa el ambiente típico de la especie. Los puntos rojos representan los ambientes en el área, mientras que la elipse azul es el modelo de nicho. Los colores más al centro del elipsoide son ambientes más cercanos al nicho de la especie. El elipsoide es más alargado en el eje de la variable Bio12, lo cual indica que la *Melipona beecheii* tolera rangos más altos de precipitación.



Al seleccionar los modelos más apropiados de este análisis se obtuvieron 5 modelos binarizados, que representan las áreas que cada modelo predice como apropiada para *la Melipona beecheii*.



Finalmente, los mapas de consenso de suma e intersección generados muestran en color verde los pixeles como idóneos. Por su parte, el mapa de intersección sólo muestra los pixeles donde todos los modelos concordaron que el ambiente es idóneo para *Melipona beecheii*. En estos modelos se puede observar que la zona sureste del país se considera como apropiada para la especie, lo que abre muchas posibilidades con respecto a acciones para su conservación.



Conclusiones

Los modelos generados muestran un nicho ecológico relativamente amplio para *Melipona beecheii* con respecto a los datos de registro de presencia, lo que se puede explicar por algunas de las siguientes opciones: a) la especie tiene una alta distribución pero se carece de registros de presencia adecuados, b) la especie podría llegar al área invasible, pero existe algún factor externo que le impide su expansión, como competencia con alguna especie o la presencia de algún depredador, c) existen condiciones micro ambientales no consideradas, que podrían influir en que la especie se sienta “cómoda”, probablemente debido a la resolución de las capas ambientales utilizadas.

Actualmente, el uso de *Melipona beecheii* como especie productora de miel ha disminuido debido a la mayor efectividad productiva de la abeja europea (*apis mellifera*), sin embargo, si se desea priorizar la conservación y distribución de la abeja *Melipona beecheii* por su importancia histórica y cultural, es posible adaptar varias zonas de conservación y cultivo, gracias a su buena capacidad de adaptación a un rango relativamente grande de condiciones ambientales.

Bibliografía

Martell-Tamanis, Anett Yeli, Lobato-Rosales, Fabiola Guadalupe, Landa-Zárate, Margarito, Luna-Chontal, Giovanni, García-Santamaría, Luis Enrique, & Fernández-Lambert, Gregorio. (2019). Variables de influencia para la producción de miel utilizando abejas *Apis mellifera* en la región de Misantla. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(6), 1353-1365.

Villanueva-Gutiérrez, Rogel, Roubik, David Ward, and Colli Ucan, Wilberto. 2005. "Extinction of *Melipona beecheii* and Traditional Beekeeping in the Yucatán Peninsula." Bee World, (2) 35–41.

Cauich Kumul, Roger, Ruiz Ruiz, Jorge Carlos, Ortiz Vázquez, Elizabeth, & Segura Campos, Maira Rubi. (2015). Potencial antioxidante de la miel de *Melipona beecheii* y su relación con la salud: una revisión. Nutrición Hospitalaria, 32(4), 1432-1442.

Hernández Martínez, Fernando Ramón, Paneque Torres, Iván, Toledo Peña, Luisa Elena, Gutiérrez Hernández, Hilda, Ravelo Pimentel, Katiuska. (2014). Relación de la población natural de abejas de la tierra (*Melipona beecheii*) con la flora en el valle San Andrés. Revista Cubana de Ciencias Forestales Vol. 2 (1).

Quiero aprovechar la oportunidad para agradecer a ambos profesores por compartir sus conocimientos de manera tan clara en este curso. Ojalá en el futuro pueda asistir de nuevo.

Gracias por todo.