

Curso de Doctorado: “MODELADO DE NICHOS Y DE DISTRIBUCIÓN, CON ÉNFASIS EN EL USO DE MAXENT”

Unidad Académica organizadora:

- Doctorado en Cs. Biológicas UNC

Responsable Académico:

- Dr. Ricardo Marcelo Torres, Instituto de Diversidad y Ecología Animal (IDEA-CONICET), y Museo de Zoología, FCEfyN, UNC

Temario a Desarrollar (resumen)

Los modelos predictivos de nicho o de distribución son herramientas que en los últimos 20 años han experimentado un uso creciente por parte de los ecólogos. Basados en la teoría del nicho ecológico, su versatilidad permite su aplicación en diversos campos tales como la elaboración de mapas de distribución, puesta a prueba de hipótesis biogeográficas, estimación de cambios en las distribuciones como consecuencia de cambios climáticos y de cobertura del suelo, predicción de áreas susceptibles de ser invadidas por especies exóticas, delimitación de hot spots de riqueza, etc. De este modo, en los últimos años han sido desarrollados una infinidad de algoritmos que poseen distinto funcionamiento y supuestos. La complejidad de los procesos de modelado y la ignorancia de los supuestos mencionados son causa frecuente de frustración entre los jóvenes investigadores. Este curso nace como una necesidad planteada a nivel nacional, en cuanto a demanda por parte de investigadores que recién abordan el uso de esta herramienta.

Objetivos del curso

- 1) Conocer el trasfondo ecológico inherente a los modelos de nicho y distribución
- 2) Comprender los supuestos relacionados
- 3) Conocer las diferentes etapas del modelado y sus implicancias
- 4) Desarrollar modelos con Maxent

Contenidos mínimos

Día 1: Conceptos básicos y trasfondo ecológico. Nicho fundamental y nicho real; el diagrama BAM; el rol de los factores históricos sobre el área accesible; el papel de las interacciones (Soberón & Peterson 2005; Soberón 2007; Barve et al. 2011; Peterson & Soberón 2012). Modelos de envoltura climática, de nicho, de aptitud del hábitat, y de distribución (Araújo & Peterson 2012). Variables de nicho: bioclimáticas, topográficas, de suelo, de vegetación, antrópicas. Algoritmos: modelos de presencias vs ausencias, de presencias vs pseudoausencias, de presencias vs background, y de solo presencias (Elith et al.

2006; Barbet-Massin et al. 2012). MaxEnt: Modelado con el software Maxent (Phillips et al. 2006; Phillips & Dudík 2008; Elith et al. 2011). Interpretación de las salidas de Maxent, y su nueva implementación (Merow et al. 2013, Phillips et al. 2017). Práctico: Propuestas de trabajo individuales.

Día 2: Etapas del modelado. I. Búsqueda de ocurrencias, entrenamiento, evaluación, extrapolación. Fuentes de localidades de ocurrencia. Sesgo espacial y autocorrelación (Segurado et al. 2006; Veloz 2009; Boria et al. 2014). Selección de variables (Austin & Van Niel 2011). Unas palabras acerca de la detección imperfecta (Guillera-Aroita 2017). MaxEnt: Selección del área de background (VanDerWal et al. 2009). Sesgo espacial (Kramer-Schadt et al. 2013). Complejidad del modelo y sobre-ajuste (Warren & Seifert 2011; Shcheglovitova & Anderson 2013; Radosavljevic & Anderson 2014). Práctico: Examen de la distribución de ocurrencias. Selección de variables ambientales mediante PCA. Confección de archivo de sesgo. Features. Selección de la regularización óptima mediante ENMTools. Introducción al paquete Wallace en R.

Día 3: Etapas del modelado. II. Evaluación: errores de omisión y comisión; índice Kappa (Allouche et al. 2006); TSS; AUC; ventajas y desventajas (Lobo et al. 2008; Peterson et al. 2008). Índice de Boyce (Hirzel et al. 2006). Validación cruzada. Modelos nulos (Raes & ter Steege 2007). Combinando validación cruzada con modelos nulos (Bohl et al. 2019, Kass et al. 2020). Efecto del tamaño de la muestra (Wisz et al. 2008). Modelado de especies raras (Pearson et al. 2007; Breiner et al. 2015). Modelado a distintas escalas y modelado jerárquico (Pearson et al. 2004; Anadón et al. 2007). MaxEnt: Evaluación: validación cruzada; AUC sin datos de ausencia (Yackulic et al. 2013). Modelos nulos con Maxent. Modelado de especies raras con Maxent (Pearson et al. 2007). Modelado jerárquico con Maxent (Torres et al. 2014). Práctico: Evaluación de modelos, uso de Wallace.

Día 4: Extrapolación en el tiempo y en el espacio. Preservación de nichos (Nakazawa et al. 2004; Wiens et al. 2010; Peterson 2011). Aplicaciones de modelado considerando el Cambio Climático (Araújo et al. 2006; Austin and Van Niel 2011). Tratando con la variabilidad entre Modelos de Circulación Atmosférica (Araújo & New 2007; Marmion et al. 2009; Torres et al. 2013). Evaluación de modelos a futuro (Araújo et al. 2005; Torres et al. 2013). Modelado considerando cambios en el uso del suelo (Ficetola et al. 2010). Modelado a futuro considerando el Cambio Climático y cambios en el uso del suelo en conjunto (Pompe et al. 2008). Modelos calibrados en el tiempo (Nogués-Bravo 2009, Kuemmerle et al. 2012). Modelos calibrados en el tiempo para evaluar amenazas: cambio en el uso del suelo, Cambio Climático, presión de caza (Romero-Muñoz et al. 2020, Torres et al. 2023). Incorporación de métricas de paisaje (Hopkins 2009). Modelado de especies invasoras y supuesto de equilibrio (Gallien et al. 2012; Zhu et al. 2014). MaxEnt: Extrapolación y ambiente novedoso: “clamping” y “MESS maps”. Práctico: Extrapolación (si es requerido). Preparación de presentaciones.

Día 5: Mapas de distribución y de riqueza. Selección de umbrales de corte (Liu et al. 2013). Confección de mapas de riqueza (Graham & Hijmans 2006; Calabrese et al. 2014). Evaluación de mapas de riqueza y comunidades (Pineda & Lobo 2009; Torres et al. 2014). Práctico: Presentación de trabajos.

Nombre de el/los disertante/s (se adjuntan CVs reducidos)

- Dr. Ricardo Marcelo Torres

Destinatarios de la actividad

Estudiantes de Doctorado en Ciencias Biológicas. Geógrafos. Carreras afines.

Fecha de realización

- 6 al 10 de noviembre de 2023

Duración y programa de actividad diaria

- Duración: 40 hs.

Metodología a utilizar en el dictado

Exposición dialogada, construcción de modelos aplicando los conocimientos adquiridos durante el curso

Bibliografía y material didáctico que se proveerá a los asistentes

- Allouche, O., A. Tsoar & R. Kadmon. 2006. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (TSS). *Journal of Applied Ecology* 43: 1223–1232.
- Anadón, J. D., A. Giménez, M. Martínez, J. A. Palazón & M. A. Esteve. 2007. Assessing changes in habitat quality due to land use changes in the spur-thighed tortoise *Testudo graeca* using hierarchical predictive habitat models. *Diversity and Distributions* 13: 324–331.
- Araújo, M. B. & M. New. 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 42–47.
- Araújo, M. B., W. Thuiller & R. G. Pearson. 2006. Climate warming and the decline of amphibians and reptiles in Europe. *Journal of Biogeography* 33: 1712–1728.
- Araújo, M. B., R. G. Pearson, W. Thuiller & M. Erhard. 2005. Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology* 11: 1–10.
- Austin, M. P & K. P. Van Niel. 2011. Improving species distribution models for climate change studies: variable selection and scale. *Journal of Biogeography* 38: 1–8.
- Barbet-Massin, M, F. Jiguet, C. H. Albert & W. Thuiller. Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many? *Methods in Ecology and Evolution* 3: 327–338.

- Barve, N., V. Barve, A. Jiménez-Valverde, A. Lira-Noriega, S. P. Maher, A. T. Peterson, J. Soberón & F. Villalobos. 2011. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling* 222: 1810–1819.
- Bohl, C. L., Kass, J. M., & Anderson, R. P. 2019. A new null model approach to quantify performance and significance for ecological niche models of species distributions. *Journal of Biogeography*, 46: 1101–1111. <https://doi.org/10.1111/jbi.13573>
- Boria, R. A., L. E. Olson, S. M. Goodman & R. P. Anderson. 2014. Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models. *Ecological Modelling* 275: 73–77.
- Breiner, F. T., A. Guisan, A. Bergamini & M. P. Nobis. 2015. Overcoming limitations of modelling rare species by using ensembles of small models. *Methods in Ecology and Evolution* 6: 1210–1218.
- Calabrese, J. M., G. Certain, C. Kraan & C. F. Dormann. 2014. Stacking species distribution models and adjusting bias by linking them to macroecological models. *Global Ecology and Biogeography* 23: 99–112.
- Elith, J. et al. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography* 29: 129–151.
- Elith, J., S. J. Phillips, T. Hastie, M. Dudík, Y. E. Chee & C. J. Yates. 2011. A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions* 17: 43–57.
- Ficetola, G. F., L. Maiorano, A. Falcucci, N. Dendoncker, L. Boitani, E. Padoa-Schioppa, C. Miaud & W. Thuiller. 2010. Knowing the past to predict the future: land-use change and the distribution of invasive bullfrogs. *Global Change Biology* 16: 528–537.
- Gallien, L., R. Douzet, S. Pratte, N. E. Zimmermann & W. Thuiller. 2012. Invasive species distribution models – how violating the equilibrium assumption can create new insights. *Global Ecology and Biogeography* 21: 1126–1136.
- Graham, C. H. & R. J. Hijmans. 2006. A comparison of methods for mapping species ranges and species richness. *Global Ecology and Biogeography* 15: 578–587.
- Guillera-Arroita, G. 2017. Modelling of species distributions, range dynamics and communities under imperfect detection: advances, challenges and opportunities. *Ecography* 40: 281–295.
- Hirzel, A. H., G. Le Lay, V. Helfer, C. Randin & A. Guisan. 2006. Evaluating the ability of habitat suitability models to predict species presences. *Ecological Modelling* 199: 142–152.
- Hopkins, R. L. 2009. Use of landscape pattern metrics and multiscale data in aquatic species distribution models: a case study of a freshwater mussel. *Landscape Ecology* 24: 943–955.
- Kass, J. M., Anderson, R. P., Espinosa-Lucas, A., Juárez-Jaimes, V., Martínez-Salas, E., Botello, F., ... Sánchez-Cordero, V. 2020. Biotic predictors with phenological information improve range estimates for migrating monarch butterflies in Mexico. *Ecography*, 43: 341–352. <https://doi.org/10.1111/ecog.04886>
- Kramer-Schadt, S. et al. 2013. The importance of correcting for sampling bias in MaxEnt species distribution models. *Diversity and Distributions* 19: 1366–1379.
- Kuemmerle, T., Hickler, T., Olofsson, J., Schurgers, G., & Radeloff, V. C. 2012. Reconstructing range dynamics and range fragmentation of European bison for the last 8000 years. *Diversity and Distributions*, 18(1), 47–59. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2011.00849.x>
- Liu, C., M. White & G. Newell. 2013. Selecting thresholds for the prediction of species occurrence with presence-only data. *Journal of Biogeography* 40: 778–789.
- Lobo, J.M., Jimenez-Valverde, A. & Real, R. 2008. AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17: 145–151.

- Marmion, M., M. Parviainen, M. Luoto R. K. Heikkinen & W. Thuiller. 2009. Evaluation of consensus methods in predictive species distribution modelling. *Diversity and Distributions* 15: 59–69.
- Merow, C., M. J. Smith & J. A. Silander. 2013. A practical guide to MaxEnt for modeling species' distributions: what it does, and why inputs and settings matter. *Ecography* 36: 1058–1069.
- Nakazawa, Y., A. T. Peterson, E. Martínez-Meyer & A. G. Navarro–Sigüenza. 2004. Seasonal niches of Nearctic–Neotropical migratory birds: implications for the evolution of migration. *Auk* 121: 610–618.
- Nogués-Bravo, D. 2009. Predicting the past distribution of species climatic niches. *Global Ecology and Biogeography*, 18(5), 521–531. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2009.00476.x>
- Pearson, R. G., T. P. Dawson & C. Liu. 2004. Modeling species distribution in Britain: a hierarchical integration of climate and land-cover data. *Ecography* 27: 285–289.
- Pearson, R. G., C. J. Raxworthy, M. Nakamura & A. T. Peterson. 2007. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. *Journal of Biogeography* 34: 102–117.
- Peterson, A. T. 2011. Ecological niche conservatism: a time-structured review of evidence. *Journal of Biogeography* 38: 817–827.
- Peterson, A. T. & J. Soberón. 2012. Species distribution modeling and ecological niche modeling: Getting the concepts right. *Natureza & Conservação* 10: 1–6.
- Peterson, A. T., M. Papeş & J. Soberón. 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modeling. *Ecological Modelling* 213: 63–72.
- Phillips, S.J. & M. Dudík. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161–175.
- Phillips, S.J., R. P. Anderson & R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231–259.
- Phillips, S.J., R. P. Anderson, M. Dudík, R. E. Schapire & M. E. Blair. 2017. Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography* DOI: 10.1111/ecog.03049.
- Pineda, E. & J. M. Lobo. 2009. Assessing the accuracy of species distribution models to predict amphibian species richness patterns. *Journal of Animal Ecology* 78: 182–190.
- Pompe, S., J. Hanspach, F. Badeck, S. Klotz, W. Thuiller & I. Kühn. 2008. Climate and land use change impacts on plant distributions in Germany. *Biology Letters* 4: 564–567.
- Radosavljevic, A. & R. P. Anderson. 2014. Making better MAXENT models of species distributions: complexity, overfitting and evaluation. *Journal of Biogeography* 41: 629–643.
- Romero-Muñoz, A., Benítez-López, A., Zurell, D., Baumann, M., Camino, M., Decarre, J., ... Kuemmerle, T. 2020. Increasing synergistic effects of habitat destruction and hunting on mammals over three decades in the Gran Chaco. *Ecography*, 43: 954–966. <https://doi.org/10.1111/ecog.05053>
- Shcheglovitova, M. & R. P. Anderson. 2013. Estimating optimal complexity for ecological niche models: A jackknife approach for species with small sample sizes. *Ecological Modelling* 269: 9–17.
- Segurado, P., M. B. Araújo & W. E. Kunin. Consequences of spatial autocorrelation for niche-based models. *Journal of Applied Ecology* 43: 433–444.
- Soberón, J. 2007. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. *Ecology Letters* 10: 1115–1123.
- Soberón, J. & A. T. Peterson. 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics* 2: 1–10.
- Torres, R., J. P. Jayat & S. Pacheco. 2013. Modelling potential impacts of Climate Change on the bioclimatic envelope and conservation of the Maned Wolf (*Chrysocyon brachyurus*). *Mammalian Biology* 78: 41–49.

- Torres, R., N. I. Gasparri, P. G. Blendinger & H. R. Grau. 2014. Land use and land cover effects on regional biodiversity distribution in a subtropical dry forest: a hierarchical integrative multi-taxa study. *Regional Environmental Change* 14: 1549–1561.
- Torres, R., Kuemmerle, T., Baumann, M., Romero-Muñoz, A., Altrichter, M., Boaglio, G.I., ... Yanosky, A. 2023. Partitioning the effects of habitat loss, hunting and climate change on the endangered Chacoan peccary. *Diversity and Distributions*, DOI: 10.1111/ddi.13701
- VanDerWal, J., L. P. Shoo, C. Graham & S. E. Williams. 2009. Selecting pseudo-absence data for presence-only distribution modeling: How far should you stray from what you know? *Ecological Modelling* 220: 589–594.
- Veloz, S. D. 2009. Spatially autocorrelated sampling falsely inflates measures of accuracy for presence-only niche models. *Journal of Biogeography* 36: 2290–2299.
- Wiens, J. J. et al. 2010. Niche conservatism as an emerging principle in ecology and conservation biology. *Ecology Letters* 13: 1310–1324.
- Wisz, M. S., R. J. Hijmans, J. Li, A. T. Peterson, C. H. Graham, A. Guisan and NCEAS Predicting Species Distributions Working Group. 2008. Effects of sample size on the performance of species distribution models. *Diversity and Distributions* 14: 763–773.
- Yackulic, C. B., R. Chandler, E. F. Zipkin, J. A. Royle, J. D. Nichols, E. H. C. Grant & S. Veran. 2013. Presence-only modelling using MAXENT: when can we trust the inferences? *Methods in Ecology and Evolution* 4: 236–243.
- Zhu, G. P., D. Rédei, P. Kment & W. J. Bu. 2014. Effect of geographic background and equilibrium state on niche model transferability: predicting areas of invasion of *Leptoglossus occidentalis*. *Biological Invasions* 16: 1069–1081.

Evaluación final, metodología y profesores propuestos para realizarla

- **Evaluación:** SI
- **Tribunal:**
 1. Dr. Ricardo Torres
 2. Dra. Gabriela Cardozo
 3. Dr. Javier Nori
- **Aranceles:** \$ 13000 estudiantes externos / \$10.000 estudiantes de las Carreras de Doctorado en Ciencias Biológicas de la FCEFyN, UNC.
- **Cupo:** 12 alumnos mínimo; 25 máximo.

Presupuesto estimativo y prioridades para la asignación de recursos

- **Honorarios:** a convenir con el Doctorado.

Entidad que operará como unidad ejecutora de recursos

- Doctorado en Ciencias Biológicas