

Introducción

Algunos de los principales problemas que enfrenta la biodiversidad en México, es la pérdida de hábitat, problemas de contaminación del suelo, aire, agua, lumínica o sonora, el aceleramiento en el cambio climático global, el tráfico ilegal de especies, la extracción desmedida de los recursos naturales y la introducción de especies exóticas o invasoras (CONABIO, 2020a; Carpio-Domínguez, 2021) .

Afortunadamente, una de las estrategias para la conservación de la biodiversidad es la construcción de un sistema de áreas naturales protegidas (ANP) (CONABIO, 2000). Las cuáles no sólo pretenden la conservación de las especies y sus ecosistemas, sino también mantener la diversidad genética, conservar especies que tienen algún estatus de conservación de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-2010 (DOF, 2010), apoyar el aprovechamiento sustentable, impulsar la investigación científica, conservar los procesos vinculados a los ciclos biogeoquímicos, y proteger el entorno natural con un valor social y cultural (Dávalos et al., 2014).

Sin embargo, a pesar de los esfuerzos por proteger la biodiversidad, las ANP's se ven en riesgo por diferentes situaciones, por ejemplo, las actividades humanas realizadas con fines de aprovechamiento ilegal, el cambio en el uso de suelo, incendios (accidentales y provocados), el sobrepastoreo, exceso de contaminantes, extracción excesiva de los recursos, aumento y colindancia con suelos agrícolas, fragmentación, introducción y extracción ilegal de especies, cacería, deforestación, entre otros (Padilla et al., 2014).

Específicamente hablando de México, existen 232 ANP's categorizadas en: Reservas de la Biósfera (RB), Parques Nacionales (PN), Monumentos Naturales (MN), Áreas de Protección de Recursos Naturales (APRN), Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF), y Santuarios (SANT) (Dávalos et al., 2014). Estas ANP's pretenden cubrir la mayor cantidad de áreas biológicamente importantes e incorporar la heterogeneidad del paisaje (Ocampo et al., 2014) en especial si consideramos que se reconocen dos regiones en el país 1) La región Neártica que incluye las provincias de: California, Baja California, Sonora, el Desierto de Chihuahua y Tamaulipas y 2) La región Neotropical que incluye las provincias de: las Tierras Bajas del Pacífico, la Cuenca del Balsas, Veracruz y la Península de Yucatán. Cabe remarcar que estas ecorregiones han sido reconocidas para el país, porque combinan criterios climáticos, geológicos y bióticos (Morrone et al., 2017).

Justificación

Como sabemos, los planes de manejo y las estrategias de conservación dentro del país no consideran todas las necesidades ecológicas de las especies (Padilla et al., 2014). La creación de Áreas Naturales Protegidas (ANP's) ha permitido, en medida de lo posible, preservar algunas especies y sus áreas de distribución, sin embargo, las áreas aledañas a las ANP's son susceptibles a eventos de deforestación, fragmentación, cambio en el uso de suelo, entre otros. Estos eventos podrían limitar los esfuerzos en la preservación del paisaje a través de la designación de un área protegida (Carpio-Domínguez, 2021). En

este sentido, es importante evaluar si las ANP's que existen son suficientes y permiten la conectividad ecológica del paisaje a lo largo del territorio, para deducir el éxito que tendrían las especies al moverse a través del paisaje, o deducir si existe una posible restricción al movimiento de las especies.

Preguntas de investigación

¿Las ANP's que existen en México permitirían la conectividad entre las distintas provincias biogeográficas?

¿Y las ANP's dentro de las provincias permiten la conectividad ecológica dentro de la misma provincia?

Hipótesis

Las ANP's destinadas en el país no serán suficientes para permitir la conectividad del paisaje nacional. Además, dentro de cada provincia biogeográfica las ANP's presentes no serán suficientes para permitir la conectividad ecológica entre una zona con características ambientales similares.

Metodología

México es uno de los países más megadiversos, tiene una temperatura promedio de aproximadamente 16°C y una precipitación anual promedio de unos 1058 mm. Es un país eminentemente montañoso lo que le confiere diversidad de ambientes, de suelos y de climas. Además está rodeado de mares (CONABIO,sf).

Los datos utilizados en este proyecto fueron: el polígono (.shp) de las provincias de México propuesto por Morrone y colaboradores (2017), así como el polígono (.shp) de las Áreas Naturales Protegidas (CONABIO, 2020b).

El índice de conectividad que se utilizó en este proyecto fue: Protected Connected indicator (ProtConn) y la Función MK_ProtConn() porque se quería evaluar el grado de conectividad entre al menos una de las provincias con más ANP's dentro de ella, así como evaluar el grado de conectividad entre las provincias dada la presencia de las ANP's determinadas en todo el país.

Resultados

Una vez que se diseñó el script y se cargaron los insumos y paquetes requeridos, se realizaron algunas gráficas y tablas con intención de explicar que se observa al analizar la conectividad ecológica. En la figura 1 podemos observar las diferentes provincias biogeográficas para México propuestas por Morrone y colaboradores (2017), así como la ubicación y tamaño de cada Área Natural Protegida (ANP) en México. Cabe resaltar que se muestra en diferentes colores las distintas categorías de las ANP's. A grandes rasgos parece ser que las ANP's se encuentran distribuidas a lo largo del territorio nacional, con la intención de capturar la mayor cantidad de heterogeneidad del paisaje, es importante

mencionar que la mayoría de estás corresponde a la categoría de Reserva de la Biosfera (RB).

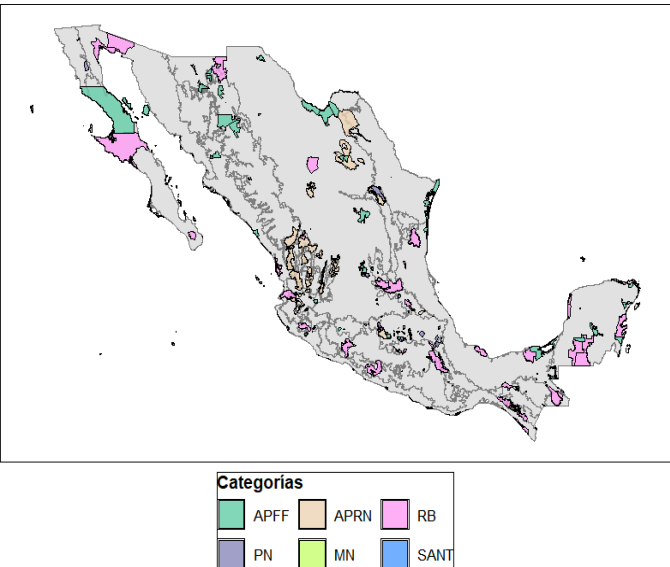
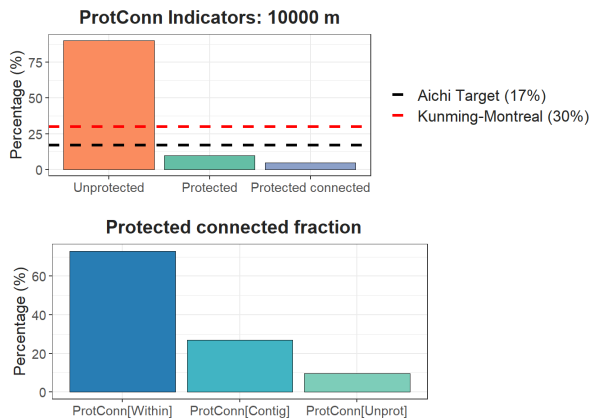


Figura 1.- Mapa de las provincias biogeográficas en México en color gris, propuestas por Morrone y colaboradores (2017). Áreas Naturales Protegidas de México y su categoría, en color rosa las Reservas de la Biósfera (RB), en morado los Parques Nacionales (PN), en verde los Monumentos Naturales (MN), en naranja las Áreas de Protección de Recursos Naturales (APRN), en turquesa las Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF), y en azul los Santuarios (SANT).



Posteriormente se evaluó la conectividad de las ANP's dentro de la provincia Veracruzana, se registró la presencia de 30 ANP's dentro de está provincia, encontré que el 90.2138 % del territorio se encuentra sin protección, mientras que el 9.7862 % de la provincia se encuentra cubierta por un área protegida. En la figura 2 se presentan los barplots donde se observa el área protegida y sin proteger de la Provincia Veracruzana. En la tabla 1 se observa la tabla de las métricas básicas de conectividad del paisaje.

Figura 2.- Barplots del porcentaje de área protegida y no protegida dentro de la Provincia Veracruzana.

Tabla 1.- Métricas de conectividad de las 30 ANP's ubicadas dentro de la Provincia Veracruzana.

Index	Value	ProtConn indicator	Percentage
EC(PC)	881091.16	Prot	9.7862
PC	2.1000e-03	Unprotected	90.2138
Maximum landscape attribute	19277091.88	ProtConn	4.5707
Protected surface	1886497.36	ProtUnconn	5.2155
		RelConn	46.7051
		ProtConn_Prot	90.2511
		ProtConn_Trans	0.0000
		ProtConn_Unprot	9.7489
		ProtConn_Within	73.0499
		ProtConn_Contig	26.9501
		ProtConn_Within_land	3.3389
		ProtConn_Contig_land	1.2318
		ProtConn_Unprot_land	0.4456
		ProtConn_Trans_land	0.0000

Otro de los resultados obtenidos para esta provincia es encontrar cuál es la ANP que más importancia tienen para mantener la conectividad, encontramos que las ANP con mayor importancia son: la APFF Laguna de Términos con un valor de ProtConn de 28.61, la RB Pantanos de Centla (ProtConn = 24.11), la RB Montes Azules (ProtConn = 10.76), la RB Sierra de Tamaulipas (ProtConn = 5.317), la RB Los Tuxtlas (ProtConn = 1.65), la RB Selva el Ocote (ProtConn = 1.07), la RB Lacan-Tun (ProtConn = 3.26). En la figura 3 observamos en rojo y naranja aquellas zonas en las que el valor de delta prot es mayor, es decir, aquellas con mayor importancia para mantener la conectividad.

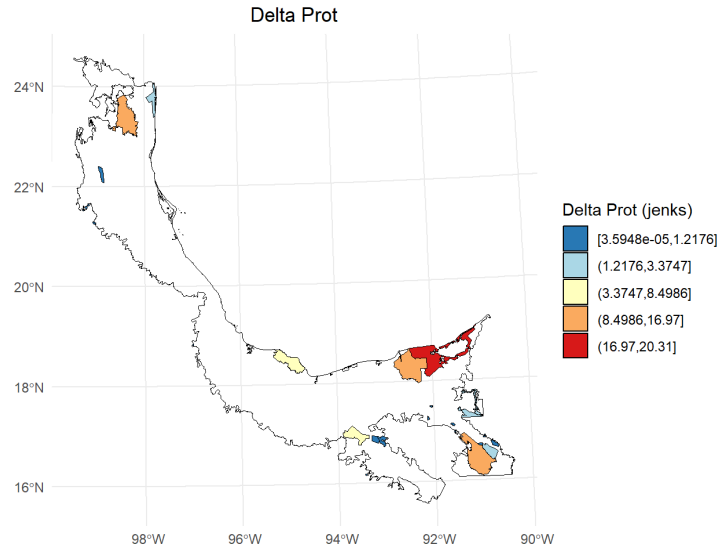


Figura 3.- Mapa de la Provincia Veracruzana con las ANP's presentes dentro de está, en los colores rojo y naranja observamos aquellas con un valor más alto de delta prot, lo que indica que son áreas con mayor importancia para permitir la conectividad de la provincia.

Posteriormente aplicamos la función `MK_ProtConnMult()` para evaluar la conectividad de todas las ANP's presentes en las provincias, lo que también nos indicaría la conectividad entre las provincias en función a la presencia de ANP's. Encontré que menos del 17% del área en el territorio se encuentra protegida, y aún peor, es menor el porcentaje de conectividad de las áreas protegidas (figura 4).

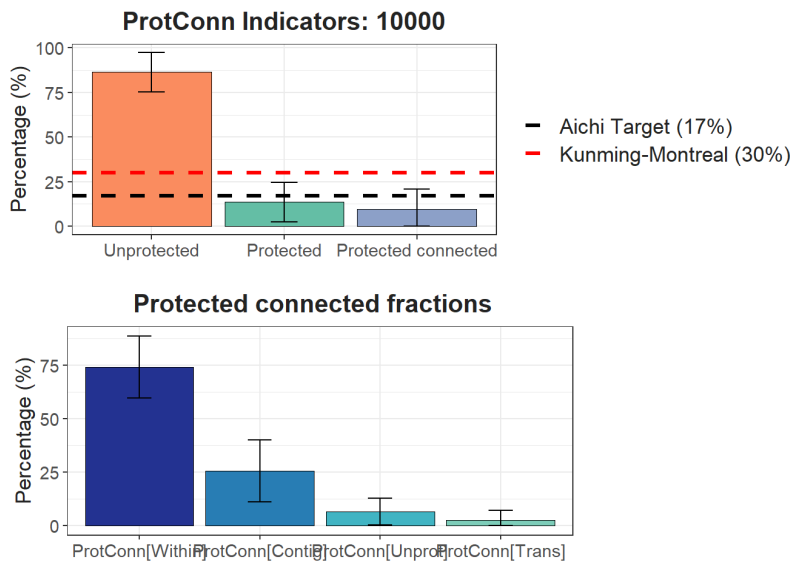


Figura 4.- Barplots con los porcentajes de áreas protegidas y áreas protegidas - conectadas dentro de las provincias de México.

También se evaluó el porcentaje de área protegida de las provincias, resultando que la Provincia de Baja California es aquella con mayor porcentaje de área protegida con un

valor de 48.90% de Prott, seguida de la Provincia Sierra Madre Oriental con 21.49 % y finalmente la Provincia de la Península de Yucatán con 17.49%. Por último, evaluamos el porcentaje de conectividad entre provincias en función a las ANP's resultando que las que permitieron más la conectividad fueron: la Provincia de Baja California (46.21%), la Provincia de la Sierra Madre Oriental (13.68) y por último, la Provincia la Península de Yucatán (12.11%).

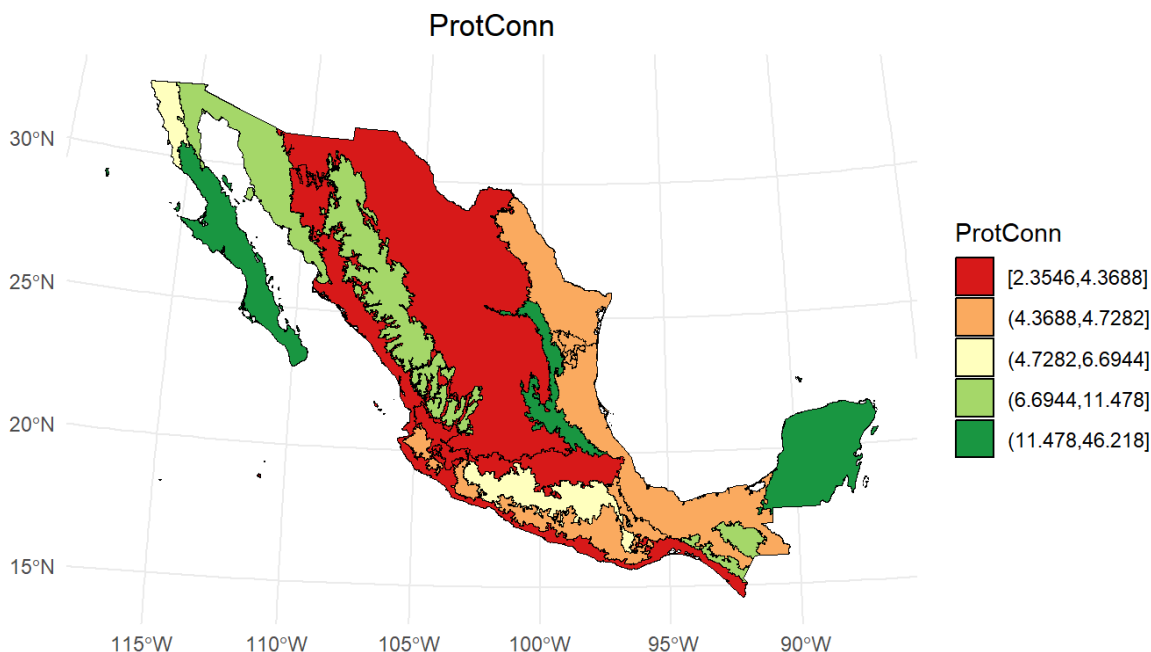


Figura 5.- Mapa de la conectividad de las provincias en México, en verde las provincias más conectadas y en rojo aquellas menos conectadas.

En la figura 5, observamos que las zonas de las costas y las sierras del norte son aquellas con mayor importancia para mantener la conectividad entre provincias, mientras que la zona centro del país parece tener una menor relevancia para mantener la conectividad.

Discusión

Como se pudo observar con los resultados, encontramos que la conectividad y la cantidad de áreas protegidas que tiene el país no es muy amplia, lo que resulta preocupante considerando que además de ser insuficientes las ANP's, éstas no están permitiendo la conservación de la conectividad, y por lo tanto, de forma indirecta, el movimiento de las especies.

Otra cosa que me gustaría resaltar es que además uno de los grandes problemas dentro de las ANP's es la presencia de grupos delictivos (narcotraficantes) que operan dentro de las ANP's en México usando estos sitios para la siembra y cosecha de marihuana o amapola principalmente. Así mismo, los ocupan como sitios de refugio lejos del alcance gubernamental. Finalmente, se ha demostrado que la cantidad de personas encargadas

de la supervisión y monitoreo de las ANP's no son suficientes para cumplir con las exigencias que se demandan (Carpio-Domínguez, 2021).

Tristemente, no sólo dependemos de efectos ambientales, detrás de las ANP's existe una lucha social y gubernamental con las propuestas de sitios nuevos de protección que a veces no son posibles por las situaciones políticas en el país (Salazar & García, 2020).

Conclusión

Las costas pueden ser aquellas que permitan mejor la conectividad del país, sin embargo, también son aquellas en las que encontramos mayor cantidad de ANP's, finalmente, creo que el tamaño del área de cada provincia pudo influir en el porcentaje de conectividad que registro.

Cabe remarcar que los esfuerzos por proteger la biodiversidad en México son cada vez más complicados en base a las condiciones políticas del país, pero recomiendo ampliamente hacer este tipo de estudios que ayuden a la observación de datos o información disponible para la toma de decisiones en el país.

Referencias

Carpio-Domínguez, J. L. (2021). Crimen organizado (narcotráfico) y conservación ambiental: el tema pendiente de la seguridad pública en México. CS, (33), 237–274. <https://doi.org/10.18046/recs.i33.4324>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (s. f.). ¿Qué es la biodiversidad? Biodiversidad Mexicana. Recuperado 31 de agosto de 2025, de <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/quees>

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (2020a). Áreas Naturales Protegidas. Gobierno de México. Recuperado de <https://www.gob.mx/conanp>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2020b). Áreas Naturales Protegidas Estatales, Municipales, Ejidales, Comunitarias y Privadas de México 2020 (Ed. 1) [Conjunto de datos]. Ciudad de México, México. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx/>

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2000). Estrategia nacional sobre biodiversidad de México. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/ena.html>

Dávalos, L. I. Í., Sierra, C. L. J., Ramírez, J. S., & Ortega-Rubio, A. (2014). Categorías de las áreas naturales protegidas en México y una propuesta para la evaluación de su efectividad. Investigación y ciencia, *22*(60), 65–70.

Diario Oficial de la Federación. (2018, 28 de junio). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_280618.pdf

Morrone, J. J., Escalante, T., & Rodríguez-Tapia, G. (2017). Mexican biogeographic provinces: Map and shapefiles. *Zootaxa*, *4277*(2), 277–279. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4277.2.8>

Ocampo, H. A. G., Calva, P. C., Dávalos, L. I. Í., & Rubio, A. O. (2014). Las áreas naturales protegidas de México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, (60), 7–15.

Padilla, V. J. A., Martínez, E. E., Ortega-Rubio, A., Miranda, R. P., & Hernández, A. R. G. (2014). Deterioro en áreas naturales protegidas del centro de México y del Eje Neovolcánico Transversal. *Investigación y Ciencia*, *22*(60), 37–49.

Salazar, J. I. C., & García, M. O. C. (2020). La protección de Áreas Naturales Protegidas federales en México: relación entre los “burócratas de a pie” y la superficie territorial de las ANP. *Sociedad y Ambiente*, (22), 22-47.