

Carnívoros de un ecosistema urbano

Tadeo Hernandez Marin^{1*}, Taisha Gabriela Reyes Rocha²

Resumen

En la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria existe una amplia variedad de especies animales protegidas, sin embargo la constante actividad humana a los alrededores afecta de manera directa a la interacción entre estas y su forma de vida, como puede ser su alimentación. Dos de las especies en las que se basa este proyecto son el cacomixtle (*Bassariscus atatus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*), los cuales han sido de los más afectados por la pérdida de hábitad. Por otro lado existen modelos matemáticos que se encargan de estudiar la relación entre presa y depredador para tratar de hacer predicciones numéricas de la población en un área fija, describiendo como es que se afecta el número de poblaciones con respecto al comportamiento de la otra.

Palabras clave

Alimentación, Ecosistema urbano y Adaptación .

¹ Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

² Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM

*GitHub: TadeoHM

Índice

Introducción	1
1 Metodología	1
1.1 Materiales y procedimiento	1
1.2 Procedimiento experimental	2
2 Consideraciones del modelo Lotka-Volterra	2
3 Resultados	2
4 Discusión de resultados	3
5 Conclusiones	4
Acknowledgments	5

Introducción

De manera matemática se han desarrollado modelos que nos dejan predecir el desarrollo de un sistema, ya que nos permiten pronosticar cómo será el comportamiento de las especies que habitan un área determinada. En la naturaleza debe de haber un armonía entre las especies de cazadores y presas, para que dicho medio pueda mantenerse estable y sin afecciones.

Un modelo que nos resulta de utilidad es el Modelo Depredador Presa de Lotka-Volterra, el cual toma en cuenta la relación e interacción entre especies de depredadores y presas en un área específica. Este modelo fue desarrollado por primera vez en el año 1925 por Alfred James Lotka. Después de un año, de manera independiente, Vito Volterra también propuso este modelo.

La Ciudad de México es una de las ciudades más grandes a nivel mundial, sin embargo algunas especies animales de

mamíferos nativos han logrado subsistir en algunos lugares de los suburbios como los son jardines, parques o algunos lugares poco concurridos. Con el fin de resolver esta situación, al sur de la Ciudad se encuentra la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), la cual es un ecosistema natural que está custodiado, vigilado y manejado por la Universidad Nacional Autónoma de México. La zona está conformada por 237 hectáreas y se trata de un matorral xerófilo de palo loco, siendo clasificada así debido a que en el área crecen en su mayoría plantas de baja altura, siendo arbustos y hierbas la vegetación predominante.

Con el fin de proteger la zona y su diversidad se tomaron algunas medidas como el incremento del área, rezonificarla y definir nuevos límites. Además de que se emplearon medidas para vigilar y proteger la zona, con el fin de conservar la interacción entre especies y preservar la biodiversidad biológica. Sin embargo la actividad humana sigue afectando la zona, ya que se introducen especies ajenas al ecosistema que pueden afectar la interacción y alimentación de los habitantes de la zona. Otro aspecto negativo es que pesar de ser una zona estudiada, no se tienen inventarios completos al público sobre las especies del área, haciendo la información escasa, poco disponible e incompleta.

1. Metodología

1.1 Materiales y procedimiento

El modelo presa-depredador que utilizamos para hacer las gráficas y llegar a los resultados de cálculos aproximados

consta de dos ecuaciones, las cuales fueron las siguientes:

$$\frac{dN(t)}{dt} = rN(t) \left(1 - \frac{N(t)}{K(t)} \right) - aN(t)P(t) \quad (1)$$

$$\frac{dP(t)}{dt} = bN(t)P(t) - cP(t) \quad (2)$$

En la ecuación (1) se trata el modelo de la presa, donde la N representa la densidad de la población, el valor de r se obtiene del incremento per capita, la a se obtiene del decrecimiento. Mientras que K representa la capacidad de carga del ecosistema.

Por otro lado la ecuación (2) es el modelo del depredador, en donde la P es la densidad de la población en cuestión, la b es el incremento de la especie y finalmente c corresponde a la tasa de muerte.

Todos los parámetros fueron tomados de fuentes bibliográficas de la REPSA, la cual cuenta con una biblioteca. Para elaborar los gráficos y resolver el sistema se utilizó Python, integrando la función `odeint` proveniente de `scipy.integrate`, para finalmente representar los resultados con `matplotlib`.

1.2 Procedimiento experimental

La información se tomó de fuentes bibliográficas, sin embargo esta no contaba con todos los datos necesarios para plantear el modelo matemático, por lo cual algunos datos son aproximados. A pesar de esta escasez de datos, lo obtenido será utilizado para la elaboración de este proyecto.

2. Consideraciones del modelo Lotka-Volterra

El modelo cuenta con una serie de hipótesis que predicen como será la dinámica de comportamiento e interacción entre las poblaciones de presa y depredador, por lo que cuenta con ciertas limitaciones:

- El ecosistema se encuentra en aislamiento.
- Al haber ausencia de depredadores, el número de presas aumenta exponencialmente.
- En ausencia de presas el número de depredadores crece exponencialmente.
- La población de depredadores afecta a las presas, decreciendo de forma proporcional al número de presas y depredadores.
- La población de presas afecta proporcionalmente a los depredadores de acuerdo a los encuentros, aunque su constante de proporcionalidad es diferente.

3. Resultados

Los datos de natalidad y esperanza de vida para todas las especies se obtuvieron comparando, en diversas fuentes para sacar un promedio de los valores que serían utilizados para la elaboración de las gráficas.

En la primera gráfica vimos la relación del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y el grillo arborícola (*Oecanthus niveus*) (Figura 1), los cuales presentaron una mayor densidad respecto a las otras dos especies a comparar.

Por parte del cacomixtle encontramos una densidad de 22.95 cacomixtles/km² (Catellanos Morales, García Peña y Rurik, 2009), se tiene un aproximado de que tienen de 2 a 4 crías, con una esperanza de vida aproximada de siete años.

Mientras que del grillo se encontró que su densidad es de hasta 663 ind/ha (Rueda-Salazar y Cano-Santana, 2007). Se registró que los grillos tienen una esperanza de vida de 60 a 148 días, mientras que tienen una gran cantidad de huevecillos, dando un alrededor de 300 huevecillos. Un aspecto importante que mencionar es que el *O. niveus* se registra de forma exclusiva en 18 especies de plantas, entre las que se encuentran: *Passiflora subpeltata*, *Montanoa tomentosa* y *Plumbago pulchella* (Rueda-Salazar y Cano-Santana, 2007).

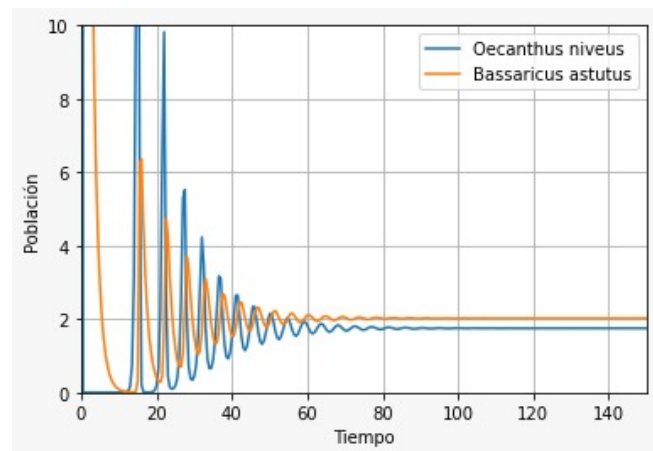


Figura 1. Modelo presa depredador del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y el grillo (*Oecanthus niveus*).

Por parte de la zorra gris y el grillo *Oecanthus californicus*, ambos se encuentran menos presentes en la zona dando los siguientes resultados (Figura 2).

La zorra se encontró con una densidad de 8 zorras/km² (Catellanos Morales, García Peña y Rurik, 2009), teniendo de 3 a 5 cachorros, con una esperanza de vida de 8 años.

Mientras que el grillo *Oecanthus californicus* tuvo una densidad de 333 ind/ha (Rueda-Salazar y Cano-Santana, 2007), con una esperanza de vida y natalidad similares a la del *Oecanthus californicus*. Cabe mencionar que al igual que el grillo *O. niveus*, el grillo *O. californicus* también habita de manera exclusiva sobre tres plantas: *Muhlenbergia robusta*, *Leonotis nepetifolia* (L.) R.Br. (Lamiaceae), y *Pyracantha coccinea*.

(Rueda-Salazar y Cano-Santana, 2007).

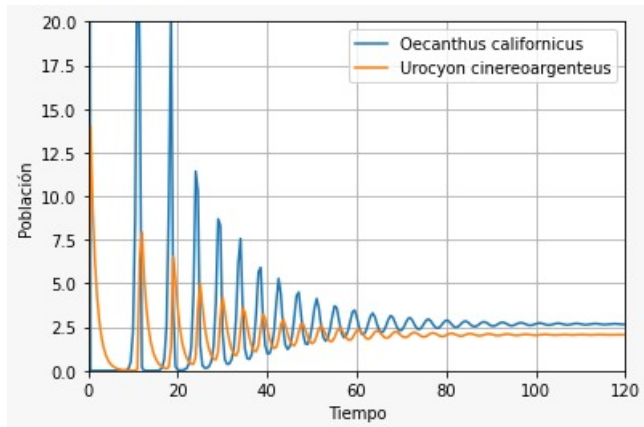


Figura 2. Modelo presa depredador de la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*) y el grillo (*Oecanthus californicus*).



Figura 3. Cacomixtle (Carrera, S. (s. f.)). [Fotografía]. Shutterstock.<https://www.shutterstock.com/image-photo/cacomixtle-animal-rodent-1236851152>)

Lo que ambos gráficos nos dicen es la relación que tiene

Figura 4. Zorra gris (Zorro gris. (s. f.)). [Fotografía]. Zoológico y Safari Guadalajara. <https://www.zooguadalajara.com.mx/animales/detalle/206>)

el cacomixtle y la zorra gris (depredadores) con los grillos *Oecanthus niveus* y *O. californicus* (presas), respectivamente. Estos crecen y aumentan con el tiempo, cuando la población del depredador aumenta la de la presa disminuye y viceversa, hasta que alcanzan un punto de equilibrio, el cual es cuando desaparece el ondeado e inicia la línea recta.

4. Discusión de resultados

Como mencionamos al inicio el modelo Lotka-Volterra solo da predicciones futuras, debido a que no toma en cuenta todos los factores que alteran al ecosistema, sin embargo estas son bastante útiles para entender lo que está pasando en la actualidad y lo que puede llegar a pasar.

En nuestro caso sabemos que los carnívoros, y principalmente los de gran tamaño suelen estar dentro de las primeras especies en desaparecer ante los disturbios (Beissinger y Osborne, 1982; Friesen et al. 1995; Woodroffe y Ginsberg, 1998; Crooks, 2002). La fauna silvestre de la REPSA ha sido reducida, pues ya ha perdido cuatro especies de carnívoros históricamente reportadas: el coyote (*Canis latrans*), el puma (*Puma concolor*), el mapache (*Procyon lotor*) y el coatí (*Nasua*

nasua)(Harrison, 1997). Dando así origen a un fenómeno conocido como meso-depredadores, a partir de la reducción de las especies de carívoros medianos, como zorras y cacomixtles (Crooks y Soulé, 1999). Debido a estos cambios podríamos dar por entendido que tanto el cacomixtle como la zorra gris son los nuevos indicadores de la salud del ecosistema junto con las aves.

Pero ¿Qué es lo que está ocurriendo?

Las áreas de actividad tanto para zorra gris como para el cacomixtle fueron muy reducidas, de hecho para la zorra gris se trata del área de actividad reportada más pequeña en un ambiente residencial suburbano al compararla con el área de actividad de 384 que ha sido reportada por Harrison (1997). El área de actividad promedio calculada con Kernel para las hembras de zorra gris fue de 25.8 ha, mientras que para los machos fue de 34.4 ha. El área de actividad promedio calculada con PMC fue de 37 ha para las hembras y 55.6 ha para los machos (Castellanos et al., 2008). La suma de las áreas de actividad de todos los individuos ocupaban 66.6 ha de la REPSA. (Catellanos Morales, García Peña y Rurik, 2009). Mientras que para el cacomixtle tenemos que el área de actividad fue de 30.5 ha, siendo este el primer estudio realizado con telemetría para un ambiente urbano (Catellanos Morales, García Peña y Rurik, 2009).

Como vimos en las graficas y las densidades de población, la zorra se encuentra en mucho menor cantidad que el cacomixtle, lo cual puede ser alarmante ya que puede representar una extinción en la zona no muy lejana.

Por otro lado el cacomixtle al mostrar una densidad bastante grande para un espacio pequeño, esto lo vimos en la gráfica y en la actualidad, podemos notar que es un poco extraño que cuando se alcanza la estabilidad en la gráfica la población de cacomixtles queda por encima de la de los grillos, lo cual suena ilógico al inicio pero consultando otra fuentes nos podemos dar cuenta que varios cacomixtles han tenido desplazamientos fuera de la repsa y esto se ha debido a su capacidad de adaptarse y movilidad que tiene a comparación con la zorra y el grillo, los cuales están más limitados, en el caso del grillo necesita de plantas específicas para sobrevivir, mientras que la zorra tiene menos movilidad.

Sí se ha observado que el crecimiento de la población de cacomixtles de la Ciudad de México se ha concentrado en el sur de la urbe(Figura 5); lo ha visto gente que los confunde con gatos o mapaches, o también científicos, sabiendo perfectamente lo que son.(Cordoba-2020). Pero este desplazo lleva sucediendo ya hace cuatro años aproximadamente (Figura 6), aunque no se sabe exactamente el porque de estos movimientos, sin embargo se cree que es gracias a la cantidad de recursos y falta de deepredadores que se a presentado.

5. Conclusiones

De acuerdo a la investigación y a los resultados obtenidos, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- Los modelos matemáticos nos son de ayuda para pre-

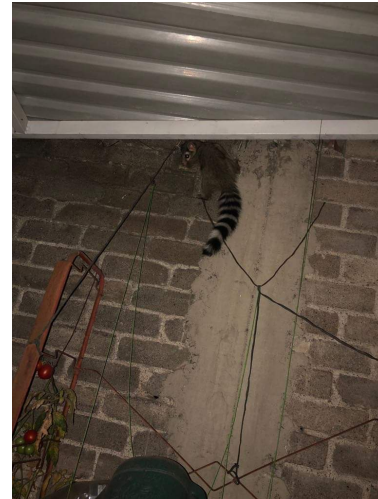


Figura 5. Cacomixtle en la colonia del Pedregal de San Nicolas Primera seccion, en una azotea, Foto tomada el 26 de septiembre de 2016

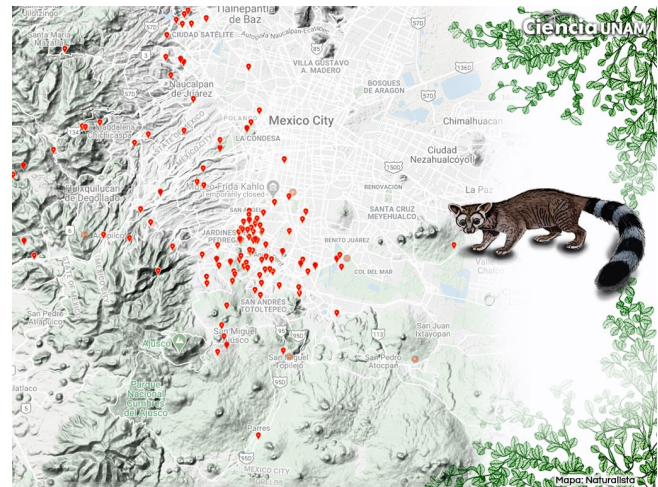


Figura 6. avistamientos de cacomixtles registrados con naturalista de Conabio (La reconquista del cacomixtle)

decir el comportamnieto de las especies de un área determinada, relacionando también como es que se afecta el tamaño de una población con respecto a la abundancia o carencia de otra. Sin embargo, presentan ciertas limitaciones y factores que no son tomados en cuenta.

- A pesar de que la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel de Ciudad Universitaria una zona estudiada y protegida, desafortunadamente no tiene una base de datos bien definida sobre las especies que habitan en ella. Además de que la actividad humana sigue afectando la zona.
- Cada una de las especies tiene una dieta y depredadores diferentes, siendo eso la causa de que el crecimiento o desarrollo de cada población varíe. Esto lo podemos ver en el cacomixtle, que en comparación de la zorra tiene

un crecimiento mucho mayor, debido a que no tiene un depredador que limite su crecimiento de población y expansión de territorio.

- El aumento del cacomixtle también se debe a su mejor adaptación, ya que al tener una mayor agilidad es capaz de moverse a otros entornos y reproducirse.
- Muchas especies de ecosistemas urbanos, se ven afectadas en los próximos años por el aumento de las urbes, desapareciendo a los que no se puedan adaptar y aumentando los invasores urbanos”.

Agradecimientos

A todas las personas que nos apoyan, creen en nuestros estudios y lo que podemos llegar a hacer [?, ?].

Referencias

- Al-Moqbali, M. K., Al-Salti, N. S., Elmojtaba, I. M. (2018). Prey-predator models with variable carrying capacity. *Mathematics*, 6(6), 102.
- BEISSINGER, S.R. Y D.R. OSBORNE. 1982. Effects of urbanization on avian community organization. *Condor*, 84: 75-83.
- CASTELLANOS, G Y R. LIST. 2005. Área de actividad y uso de hábitat del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) en “El Pedregal de San Ángel”. *Revista Mexicana de Mastozoología*, 9: 113-122.
- CORDOVA, D. E. G. N. F. (2020, 2 mayo). La Reconquista del Cacomixtle. *Ciencia UNAM*. <http://ciencia.unam.mx/leer/991/la-reconquista-del-cacomixtle>
- CROOKS, K. R. 2002. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Conservation Biology*, 16: 488-502.
- CROOKS, K. Y M. SOULÉ. 1999. Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system. *Nature*, 400: 563-566.
- MORALES, G. C., PEÑA, N. G., List, R. Ecología del cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y la zorra gris (*Urocyon cinereoargenteus*). 371- 381
- PEREZ-ESCOBEDO, H. M., CANO-SANTANA, Z. (2007). Historia natural de los grillos arborícolas *Oecanthus niveus* y *O.*
- WOODROFFE, R. Y J.R. GINSBERG. 1998. Edge effects and the extinction of populations inside protected areas. *Science*, 280: 2126-2128.