LAS DINÁMICAS POBLACIONALES DE UNA RANA IMAGINARIA ILUSTRADAS EN NETLOGO

Jorge Isaac Chiu Valderrama

Resumen

En base a los modelos matriciales utilizados para dinámica poblacional se construyó un modelo en NETlogo con el fin de ilustrar el cambio de una población a través del tiempo bajo condiciones distintas, tomando en cuenta un enfoque de cambio global que ha sido un problema que ha ido en aumento en los últimos años. El modelo se construyo con el fin de ser interactivo y con la capacidad de cambiar los parámetros de las tasas vitales para experimentar con la dinámica de una población. Los resultados muestran que el modelo funciona de manera correcta y podría ser utilizado para describir las consecuencias impredecibles del cambio climático siempre y cuando se tengan en cuenta las consideraciones y limitaciones de los modelos matriciales.

Introducción

Los modelos matriciales para describir dinámicas poblacionales son ampliamente usados en el campo de la ecología y existe una gran variedad de métodos para utilizarlos (Caswell, 2001). Para su construcción se requiere que el ciclo de vida de un organismo sea dividido en estadios lo cual es sencillo cuando se trabaja con especies que sufren metamorfosis, sin embargo cuando no lo es comúnmente se utilizan mediciones de biomasa o talla (Easterling et al., 2000), como lo puede ser la longitud hocico-cloaca de un reptil. En cada estadio se tiene cierta probabilidad de crecer, es decir pasar al siguiente estadio, de morir o que tan probable es que los individuos de ese estadio en particular no sobrevivan y la fecundidad que son los nuevos individuos que puede dejar un estadio de un tiempo al siguiente, todas estas son las tasas vitales y describen la dinámica poblacional de una población de un tiempo a otro y se pueden utilizar para proyectar una población a futuro (Caswell, 2001).

El calentamiento global en las últimas décadas ha representado un grave problema pues la dinámica poblacional en especies es alterada y es posible que haya cambios en su crecimiento, fecundidad o supervivencia (Pol et al., 2010). Cabe destacar que la IPCC en el 2014 estimo que para el año 2036 la temperatura podría incrementar de un .3° a .5° C por lo que es importante modelar especies cuyo ciclo de vida se vea especialmente afectado por la temperatura. Tal es el caso de organismos ectotermos, es decir especies cuya temperatura corporal es regulada tan solo por el ambiente exterior, como anfibios y reptiles que necesitan termoregular y el cambio en época de lluvias o del tiempo de radiación solar afecta sus hábitos y por lo tanto influye en sus tasas vitales (Sinervo et al. 2010)

No existen muchos estudios que integren las variables climáticas con los modelos matriciales, aunque si existen métodos (Merow et al., 2014) por lo que el objetivo de este trabajo es crear una representación gráfica de lo que ocurre en un modelo matricial a una población de ranas cuyas tasas vitales se ven afectadas por la temperatura en cierta medida.

Métodos

Modelo

Se utilizo el programa de NETlogo (Wilkensy, 1999) para construir un modelo que representara a 5 poblaciones de ranas divididas en 5 regiones en las que las condiciones climáticas variaban de modo que a la primer población no le afectaba la temperatura mientras que a la segunda y tercera población la temperatura les afectaba positivamente un 25% y 50% respectivamente; a la cuarta y quinta población se mantuvo esta proporción pero alteraba sus tasas vitales de manera negativa. Además se incorporo a la interfaz del modelo “switches” para que el usuario decidiera a que tasas vitales de un estadio en particular le afectarían los cambios determinados por cada región. Por este motivo es importante tomar a consideración que si el usuario decidiese apagar todos los “switches” no se presentaría diferencia alguna entre ninguna de las poblaciones del modelo.

Es importante mencionar que el script utilizado para modelar las distintas regiones y lograr que los individuos se quedasen dentro de su región fue originalmente escrito por Payette y consultado en el 2019 para su implementación dentro de este modelo.

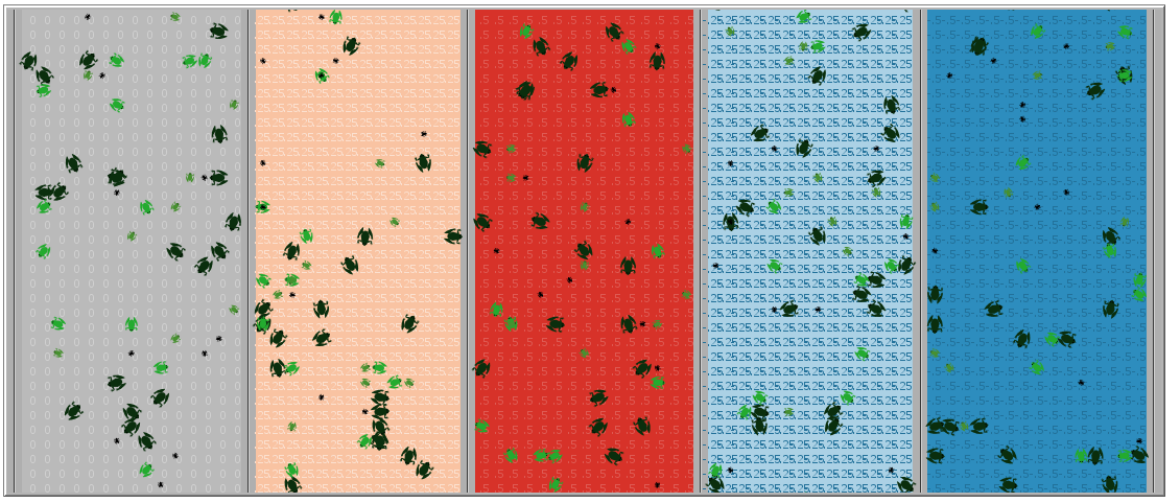

Figura 1. Representación de las poblaciones dentro de 5 regiones con diferentes condiciones.

Se considero que la especie estaba dividida en 4 estadios los cuales se programaron con su color y tamaño específicos del estadio para hacer más fácil su identificación. Cada estadio tiene designado un "slider" para determinar el número de individuos en el primer tiempo, su crecimiento, supervivencia y reproducción. En el caso del crecimiento no se aplicó para el último estadio ya que estos no pueden crecer a ningún otro estadio y en la reproducción solo se aplico para el estadio 3 y 4 tomando en cuenta un contexto biológico donde solo después de que la especie alcanza cierta talla o edad puede dejar descendencia, además se tomo en cuenta que los individuos más grandes dejan un mayor número de descendientes así que se programo de modo que el estadio 3 solo pudiera producir 2 individuos nuevos mientras que el estadio 4 puede producir 3. También se incluyeron gráficas para ilustrar el cambio de individuos de cada estadio dentro de cada población así como un monitor para mostrar el número total de individuos.

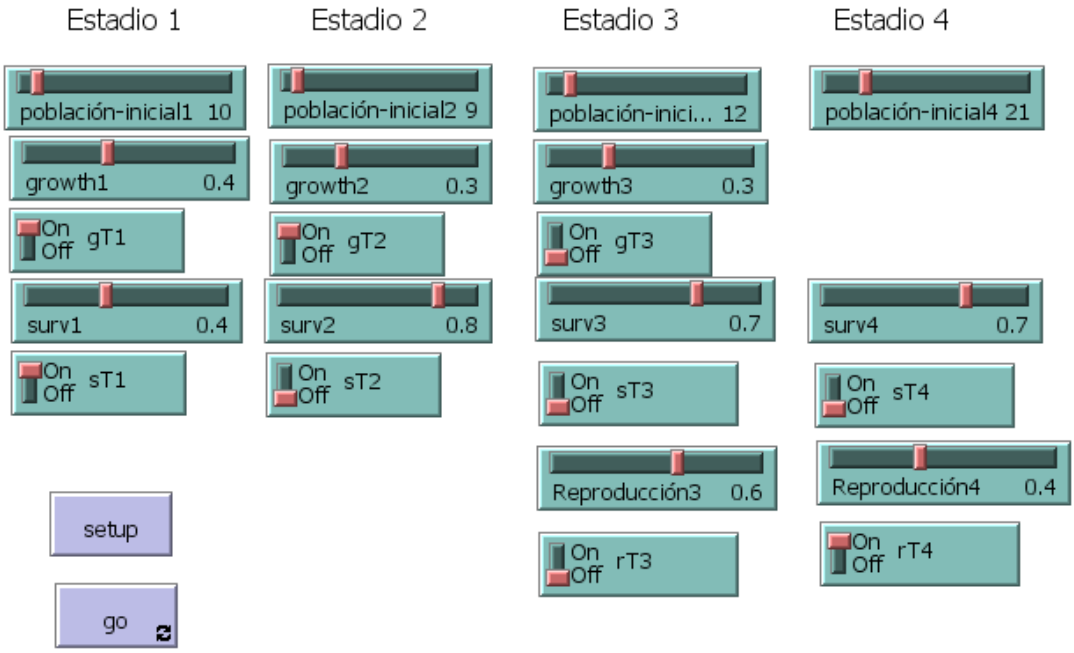

Figura 2. Sliders y switches que se incluyeron en la interfaz del modelo con sus respectivos parámetros para las tasas vitales.

Finalmente se corrió el programa por 40 iteraciones o "ticks" con los parámetros mostrados en la Figura 2 de una población imaginaria de una rana inexistente con el fin de probar que tan efectivo es el modelo.

Resultados

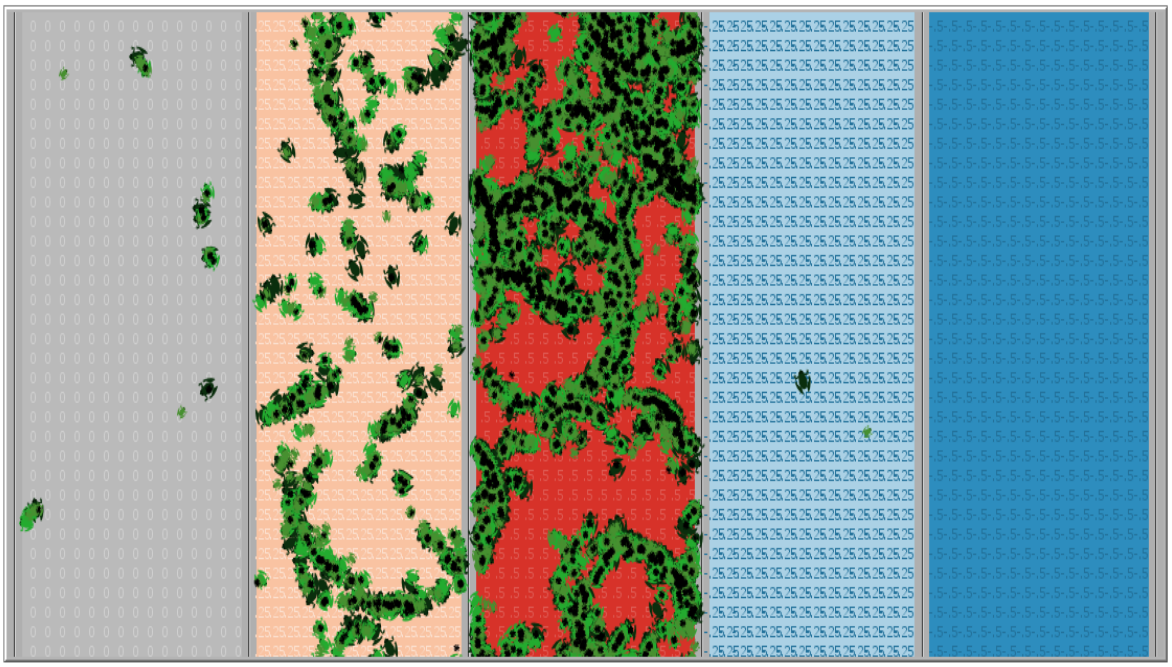

Figura 3. Representación gráfica del número de ranas en las regiones después de 40 iteraciones.

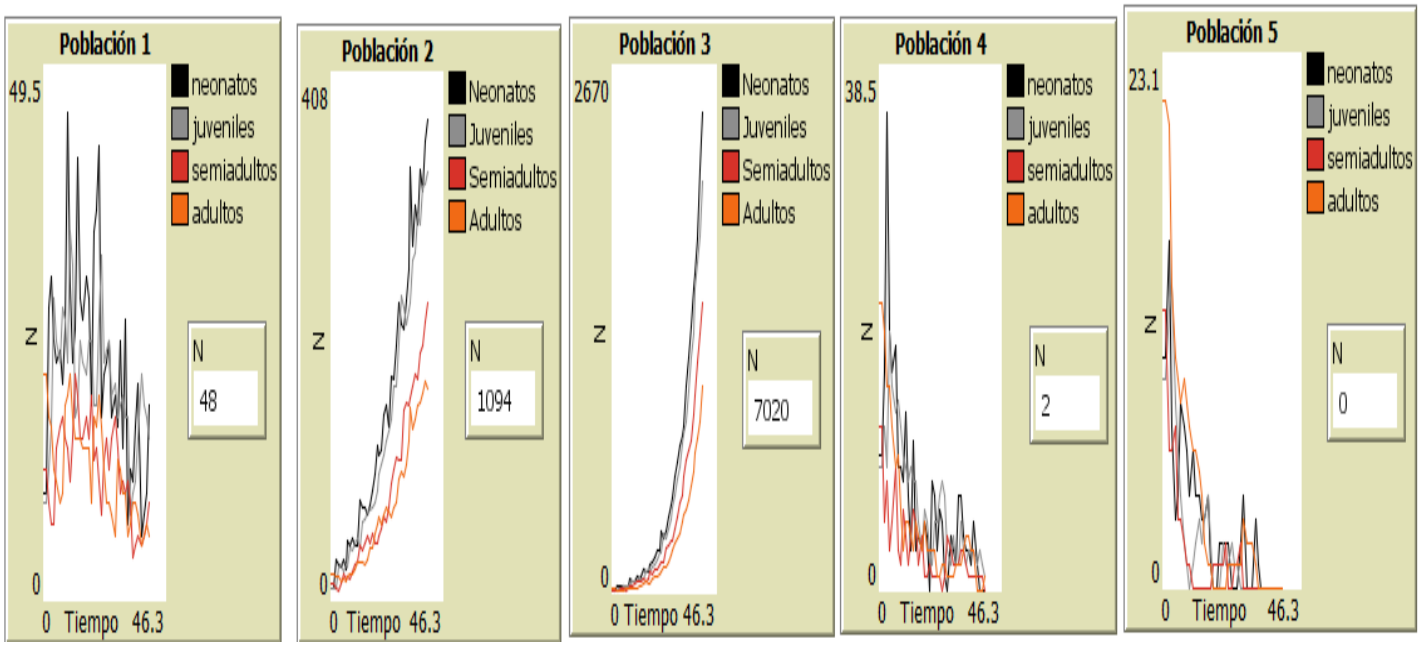

Figura 4. Representación gráfica de los individuos durante las 40 iteraciones

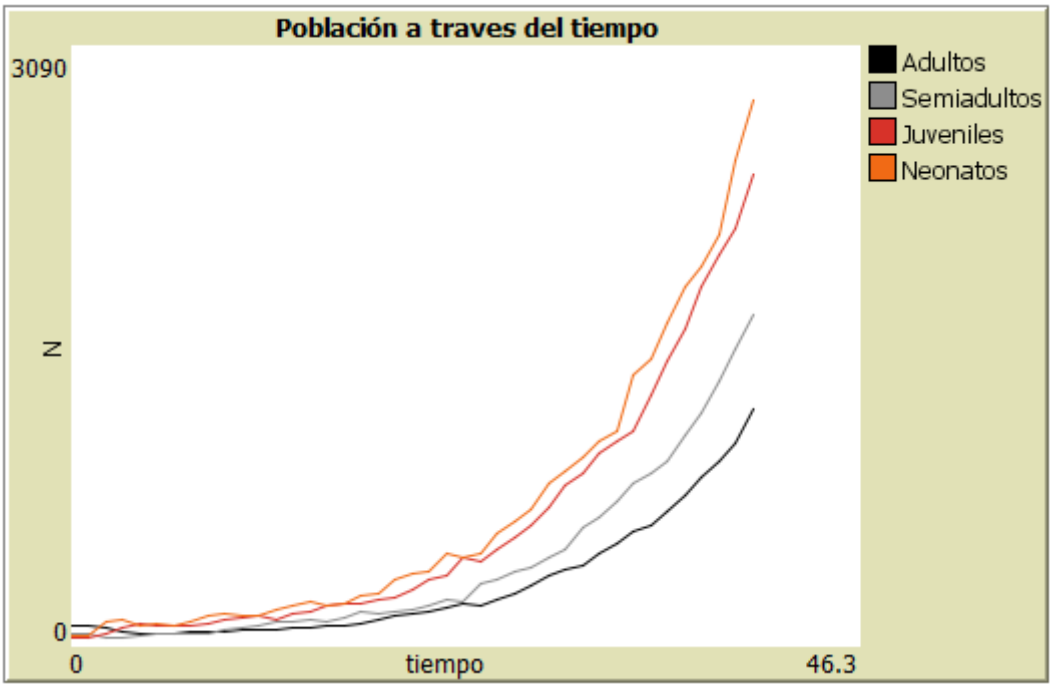

Figura 5. Gráfica del número de individuos por estadio

Se puede ver tanto en la figura 3 y 4 que el modelo funciona como era de esperarse. La región 4 y 5 tienen un número menor de individuos y la extinción en la última ocurre más rápido que en la 4 que tan solo cuenta con 2 individuos para el final del experimento.

En cuanto a la región 1, 2 y 3 se puede apreciar que en la tercera la población alcanza un crecimiento estable cerca de la iteración 25 mientras que en el caso de la población 2 aún no alcanza un crecimiento estable pero se puede notar que se aproxima mientras que en la población 1 aún no se llega y podría ser que la población se extinga en el futuro.

En cuanto a los estadios los neonatos fueron los individuos en mayor número lo cual se puede explicar por la alta tasa de reproducción que se le asigno al estadio 3 y la del estadio 4 provocada por el efecto de la temperatura sobre la reproducción lo cual además pudo haber sido la causa del declive de las otras poblaciones. Sin embargo los neonatos también tienen picos de mortalidad más pronunciados como se ve en la Figura 4 posiblemente a causa de la baja supervivencia de neonatos.

Discusión

El cambio climático tiene interacciones complejas en los ecosistemas (Groffman et al., 2012) y por lo tanto afirmar que consecuencias puede tener sobre una especie en particular es difícil ya que algunas podrían hasta verse beneficiadas por estos cambios

(Laurance et al., 2001). La propuesta presentada en este trabajo considera ambas opciones y tiene cierta capacidad para mostrar algunas de las posibilidades así como muchas otras por su naturaleza interactiva. Sin embargo, no hay que olvidar los supuestos de este modelo y de algún modo también los modelos matriciales. Primeramente la población que se muestra aquí se encuentra en un ambiente con recursos infinitos y condiciones constantes donde después de cierto tiempo, en el caso de la tercera población 30 años (Figura 4), se llega a una tasa de crecimiento constante o λ la cual es la medida que normalmente se utiliza para describir el crecimiento poblacional de una población en constante cambio. También puede ser limitante el uso de estadios pues llega a ocurrir que se pierde información separando el ciclo de vida en categorías de especies en las que es difícil discernir entre edades, aunque existen métodos que eliminan este problema (Rees et al., 2014).

Por otra parte vale la pena destacar que los parámetros aquí utilizados no están basados en ninguna población real, de hecho yo considero que esta población no representa adecuadamente alguna población de ranas ya que su fecundidad es mucho mayor así como su número de estadios entre otras cosas, pero si haría buen uso de los análisis de sensibilidad y elasticidad desarrollados para modelos matriciales (Caswell 2001) ya que estos indican que tasa vital de que estadio es la que afecta en mayor medida el valor de λ y sería interesante ver si este modelo reacciona adecuadamente a los cambios que suscitaran.

Por último alguna de las sugerencias que yo haría para mejorar este modelo es que el modelo carece la capacidad de combinar efectos positivos con negativos y ya que la temperatura puede no afectar de la misma manera a todas las tasas vitales sería útil para mostrar una imagen más realista de lo que sucedería con el cambio climático. Otro elemento que pienso sería interesante incorporar sería el de matar a los adultos después de ciertos iteraciones, sin embargo el modelo matricial no suele considerar esto y su uso sería meramente gráfico. Por último el número de crías suele ser variable y el modelo haría bien en representarlo.

Referencias

- Caswell, H. (2001) Matrix Population Models, 2nd edn. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Easterling, M.R., Ellner, S.P., Dixon, P.M. (2000). Size-specific sensitivity: applying a new structured population model. Ecology, 81, 694–708.
- Groffman, P. M., Rustad, L. E., Templer, P. H., Campbell, J. L., Christenson, L. M., Lany, N. K., . . . Rodenhouse, N. L. (2012). Long-Term Integrated Studies Show Complex and Surprising Effects of Climate Change in the Northern Hardwood Forest. BioScience, 62(12), 1056-1066.

- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Laurance, W. F., & Williamson, G. B. (2001). Positive Feedbacks among Forest Fragmentation, Drought, and Climate Change in the Amazon. Conservation Biology, 15(6), 1529-1535.
- Merow, C., Latimer, A. M., Wilson, A. M., Mcmahon, S. M., Rebelo, A. G., & Silander, J. A. (2014). On using integral projection models to generate demographically driven predictions of species distributions: Development and validation using sparse data. Ecography, 37(12), 1167-1183.
- Rees, M., D. Z. Childs, S. P. Ellner. (2014). Building integral projection models: a user's guide. Journal of Animal Ecology, 83, 528–545.
- Payette, N. (2019). Many Regions Example. NetLogo. http://ccl.northwestern.edu/netlogo/. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.
- Pol, M. V., Vindenes, Y., Sæther, B., Engen, S., Ens, B. J., Oosterbeek, K., & Tinbergen, J. M. (2010). Effects of climate change and variability on population dynamics in a long-lived shorebird. Ecology, 91(4), 1192-1204.
- Sinervo, B., Mendez-De-La-Cruz, F., Miles, D. B., Heulin, B., Bastiaans, E., Cruz, M. V., … Sites, J. W. (2010). Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. Science,328(5980), 894-899.
- Wilensky, U. (1999). NetLogo. http://ccl.northwestern.edu/netlogo/. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.