

EL CALENTAMIENTO MUNDIAL Y LAS GALAPAGOS

Por: Peter R. Grant y Rosemary Grant

La idea de que los organismos evolucionan se transformó durante el pasado siglo de conjetura a realidad. Como el presente siglo llega a su fin, estamos experimentando otra transformación. La conjetura que la temperatura del mundo está ascendiendo gradualmente es ampliamente aceptada como un hecho demostrado. Una tendencia de calentamiento tuvo lugar desde 1880 a 1940. Siguió una ligera inversión, pero desde 1975 en adelante el calentamiento fue reasumido, y los años de 1980 fueron indudablemente la década más caliente del siglo (Fig. 1).

Mucho se ha discutido sobre el papel exacto de la actividad humana en la producción de este efecto, mediante, por ejemplo, los cultivos a gran

escala de arroz y la domesticación del ganado y ovejas, la combustión de combustibles fósiles, la destrucción de bosques, la alteración de los gases de la atmósfera tales como dióxido de carbono y metano, y con todo esto la creación de un efecto de invernadero. Todavía es demasiado temprano para asegurar si la actividad humana es sustancial y ascendente, en cuyo caso el calentamiento mundial continuará hasta bien adentrado del siglo próximo; o si es mínima una vez más puede invertirse esta tendencia. Los efectos del calentamiento mundial probablemente son más severos en partes de la zona templada que en las tropicales Galápagos. No obstante, podemos ir pensando sobre las implicaciones del calentamiento mundial para las islas.

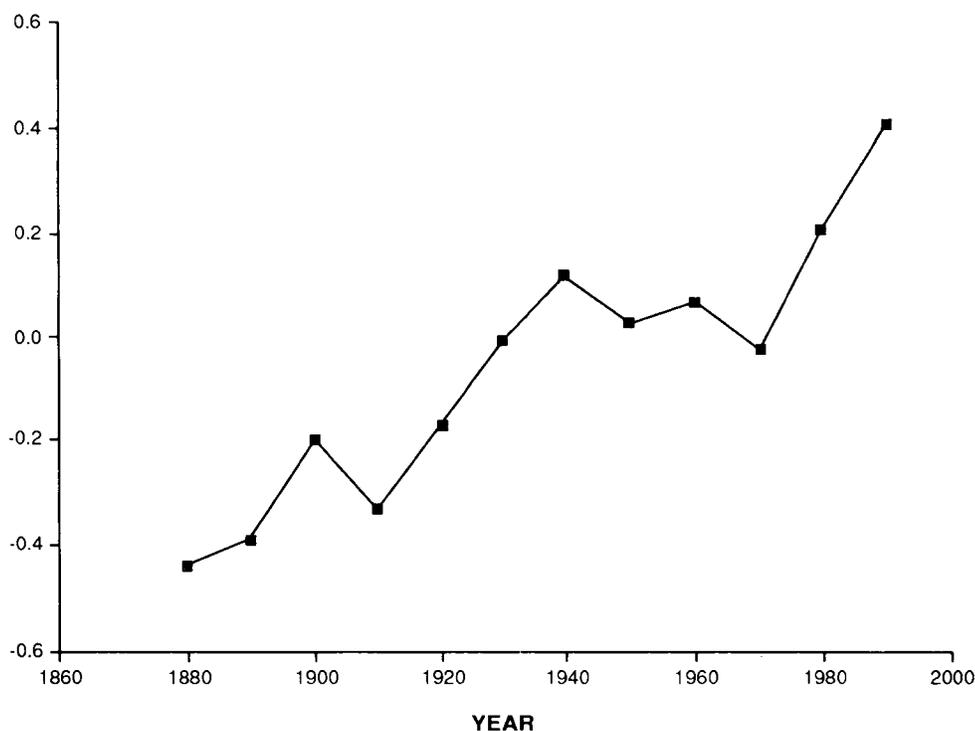


Figura 1. Calentamiento mundial a lo largo de los últimos 100 años. Adaptado de la publicación *Mosaic* del National Science Foundation (USA) (1989, Volumen 20, número 4).

No debemos esperar hasta que podamos estar seguros de que Galápagos está afectado. El cambio está ya en camino. Un aumento mundial en el nivel del mar a lo largo de los últimos 100 años debido al derretimiento del hielo polar se ha estimado en 10-30 cm. Un estimado del 6% de decrecimiento en la extensión del hielo polar ocurrió a lo largo del comparativamente corto período de 15 años, de 1973 a 1988. Proyectar esta tendencia hacia el futuro por supuesto es peligroso, pero se calcula que para el año 2050 ocurrirá un calentamiento mundial de 4°C a 5°C, y como resultado se habrá derretido mucho más hielo polar. Como se reportó en el ejemplar de *Ecology* (72:373-412) de abril de 1991, se predijo que las temperaturas para el próximo siglo serán más altas que cualquiera experimentada por la biota terrestre durante los varios últimos millones de años, y las tasas de cambio proyectadas pueden ser mayores que una orden de magnitud más rápida que cualquier cambio mundial en los pasados 2 millones de años!

El extraordinario evento El Niño de 1982-83 (Robinson y del Pino, 1985; Glynn, 1988) nos da alguna base para estimar los efectos de un calentamiento general en la vida en Galápagos. Glynn (1990) ha especulado que los efectos de El Niño pueden imitar en una escala de tiempo muy corta lo que podría ocurrir a lo largo de un período de tiempo mayor a través del calentamiento mundial. Dada la extensa muerte de corales durante 1982-83, Glynn sugirió que están en peligro de ser eliminados.

Si las temperaturas del mar se incrementan notablemente a lo largo de un siglo, se duda que la selección natural pueda actuar lo suficientemente rápido para moldear efectivamente una respuesta adaptiva en especies de larga vida como estas a las agitadas condiciones termales. Un aumento en el nivel del mar como resultado del derretimiento del hielo polar, la disminuida salinidad e incrementada turbiedad puede agravar la presión. La combinación de todos estos factores y otros cambios físicoquímicos matarían los corales y causarían su extinción, como sucedió en la costa del Pacífico de Panamá durante el evento El Niño de 1982-83 (Glynn y de Weerd, 1991). Como consecuencia, las proporciones y cantidades de organismos asociados con ellos, como el pez loro y los erizos marinos, cambiarían, tal vez de modo drástico.

Una posible clave para predecir el futuro está en la zona interfacial del océano y la atmósfera, ya que

es aquí donde las interacciones determinan la ocurrencia de los eventos de Oscilación Sur El Niño, su severidad, duración y frecuencia (Philander, 1990). La atmósfera es termalmente más inestable que los océanos, en consecuencia el clima sufrirá cambios más rápidamente que el mar.

En Galápagos, el efecto más probable del calentamiento mundial es el promedio de temperaturas más altas, tal vez con mayores contrastes entre los calientes y húmedos años El Niño y los fríos y secos años intermedios. Después del evento El Niño de 1982-83, algunas poblaciones de animales con base en tierra total o en parte, sufrieron descensos. Estas incluyeron varias especies de aves marinas (Rosenberg, et.al., 1990), iguanas marinas y terrestres (Laurie, 1990), y lobos marinos y focas (Limberger, 1990). La mayoría se recuperó bastante rápido, posiblemente más rápido que mucha de la vegetación (Grant y Grant, 1990). Su recuperación fue ayudada por los efectos más moderados del siguiente evento en 1987. No obstante, no es difícil contemplar efectos mayores y más duraderos de eventos severos como el de 1982-83 si se repitieran cada 4 años. En Galápagos las poblaciones de plantas y animales tendrían distribuciones alteradas. Algunas se extinguirían por una combinación de los efectos directos e indirectos: por los efectos directos de las elevadas temperaturas, fuertes lluvias y alta variación anual en ambos, y los impredecibles efectos indirectos surgidos de depredadores, parásitos, competidores y las varias interacciones en la comunidad de la cadena alimenticia.

Sin embargo, la predicción de elevadas temperaturas y lluvias no es cierta. Esta está acentuada por el hecho que el calentamiento mundial por el efecto invernadero puede intensificar la presión de los vientos a lo largo de la costa en la superficie este del Océano Pacífico, llevando a mayores afloramientos costeros (Bakun, 1990). Esto, a su vez, causaría un enfriamiento de la superficie del océano y un mejoramiento del diario calentamiento a corta distancia de la costa, con el posible resultado de una reducción del enfriamiento convertido y de la precipitación en Galápagos. Sin embargo, a lo largo de la costa la presión de los vientos ha venido aumentando durante los últimos 40 años, y así existen los vientos alisios (Bakun, 1990), sin una notable baja en la precipitación reciente.

En el ejemplar de *Ecología* referido arriba, un comité de la Sociedad Ecológica de América enfrentó

la tarea de una planificación mundial para un futuro incierto. Se prepararon algunos puntos claves sobre los posibles efectos del calentamiento mundial que son tan relevantes en Galápagos como en otras partes.

Por ejemplo, se recalcó que un reto para los ecologistas es entender el proceso que vincula a especies y ecosistemas con el clima y predecir respuestas ecológicas bajo *climas que no existen en la actualidad*. También son importantes las respuestas evolutivas (Grant, 1991). Se conoce que la selección natural favorece la tolerancia al calor o que la deshidratación puede llevar a una rápida evolución de los genotipos generales tolerantes a la presión, que son resistentes a una variedad de opresores medio ambientales y que tienen una historia de vida con características alteradas como crecimientos y tasas reproductivas.

La planificación para un futuro climático incierto en las Galápagos debe comenzar ahora. Los pocos estudios a largo plazo que se desarrollan en la actualidad necesitan multiplicarse para proveer la base de datos necesarios para valorar los efectos de un medio ambiente gradualmente alterado. Se debe enfocar la atención en el diseño de un monitoreo medio ambiental y de la biota y al análisis de datos que servirá a las necesidades de los años del 2040 al igual que a los de 1990. Una conferencia de expertos sería beneficiosa.

El artículo de *Ecology* concluyó elevando muchos interrogantes de investigación que no pueden contestarse (totalmente) en la actualidad, los cuales deberían guiar las futuras actividades de investigación. Estos incluyen:

1) ¿Cómo afectan los cambios climáticos la dispersión de plantas y animales y su habilidad para colonizar?

2) ¿Cuáles son las especies claves cuya presencia o ausencia pueden alterar peligrosamente la composición de comunidades locales?

3) ¿Cómo afectan a la estructura genética las respuestas evolutivas a largo plazo de poblaciones que están volviéndose raras y en peligro de extinción?

4) ¿Cómo son afectados los parámetros demográficos de las especies y las interacciones intraespecíficas por los cambios evolutivos en su tolerancia fisiológica?

5) ¿Cuán rápidamente aumenta la probabilidad de extinción con un cambio de clima? ¿Cuán

rápidamente pueden responder las especies evolucionistamente a un cambio en el clima?

Los estudios en Galápagos pueden contribuir más que la mayoría de estudios para contestar estas y el sinnúmero de preguntas relacionadas debido a que los estudios a largo plazo ya han sido realizados por muchos años y tienen monitoreo ambiental. Mucho más importante, varias comunidades en Galápagos están en estado natural sin haber sido afectadas por la actividad humana; y la interpretación de cualquier cambio documentado puede ser ambigua, siempre que aquellas comunidades sean preservadas en su estado natural, inalteradas.

Los cambios climáticos pueden ser anticipados, medidos y entendidos, ya que interfieren claramente en los planes a largo plazo para la conservación biológica en Galápagos.

LITERATURA CITADA

- Bakun, A. 1990. Cambios climáticos mundiales e intensificación de afloramientos costeros en el océano. *Sciences* 247: 198-201.
- Glynn, P. W. 1988. La Oscilación Sur El Niño de 1982-1983: respuestas de la población cercana a la costa, comunidad y ecosistemas. *Annual Review de Ecology and Systematics* 19: 309-345.
- Glynn, P. W. 1990. Mortalidad de corales y disturbios a arrecifes de coral al este del Pacífico tropical. *En* P. W. Glynn (ed.) *Consecuencias ecológicas mundiales de la Oscilación Sur El Niño 1982-83*. Elsevier, Amsterdam.
- Glynn, P. W. y W. H. de Weerd. 1991. Eliminación de dos arrecifes hidrocoralinos luego del evento de calentamiento El Niño 1982-83. *Science* 253: 69-70.
- Grant, P. R. 1991. La selección natural y los Pinzones de Darwin. *Scientific American* 265: 81-87.
- Grant, P. R. y B. R. Grant. 1990. La lenta recuperación de *Opuntia megasperma* en Española. *Noticias de Galápagos* No. 48: 13-15.
- Laurie, W. A. 1990. Efectos del evento de Oscilación Sur El Niño 1982-83 en las poblaciones de iguanas marinas (*Amblyrhynchus cristatus* Bell, 1825) en Galápagos. Pp. 361-380 *en* P.W. Glynn (ed.) *Consecuencias ecológicas mundiales de la*

- Oscilación Sur El Niño 1982-83. Elsevier, Amsterdam.
- Limberger, D. 1990. Efectos de El Niño en especies de pinípedos de Sudamérica. Pp. 417-432 *en* P.W. Glynn (ed.) Consecuencias Ecológicas Mundiales de la Oscilación Sur El Niño 1982-83. Elsevier, Amsterdam.
- Philander, S.G.H. 1990. El Niño y La Niña. *American Scientist* 77: 451-459.
- Robinson, G., y E. del Pino, eds. 1985. El Niño en las Islas Galápagos: el evento de 1982-1983. ISALPRO, Quito.
- Rosenberg, D.K., C.A. Valle, M.C. Coulter y S.A. Harcourt. 1990. Censo de pingüinos y cormoranes no voladores en las Islas Galápagos. *Wilson Bulletin* 102: 525-532.
- Peter R. Grant y B. Rosemary Grant, Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton, New Jersey 08544-1003, EE.UU. Miembro de la FCD.**

