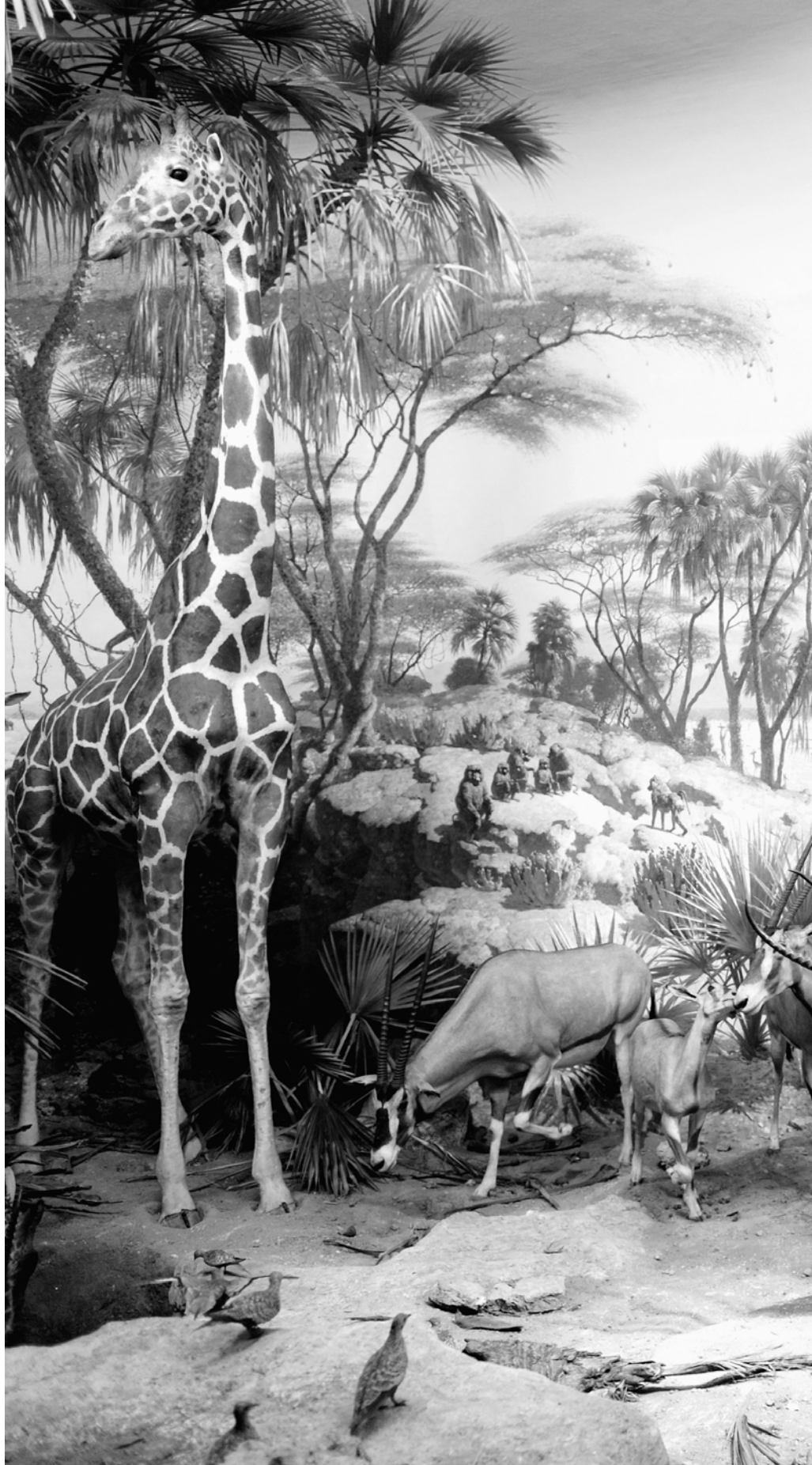


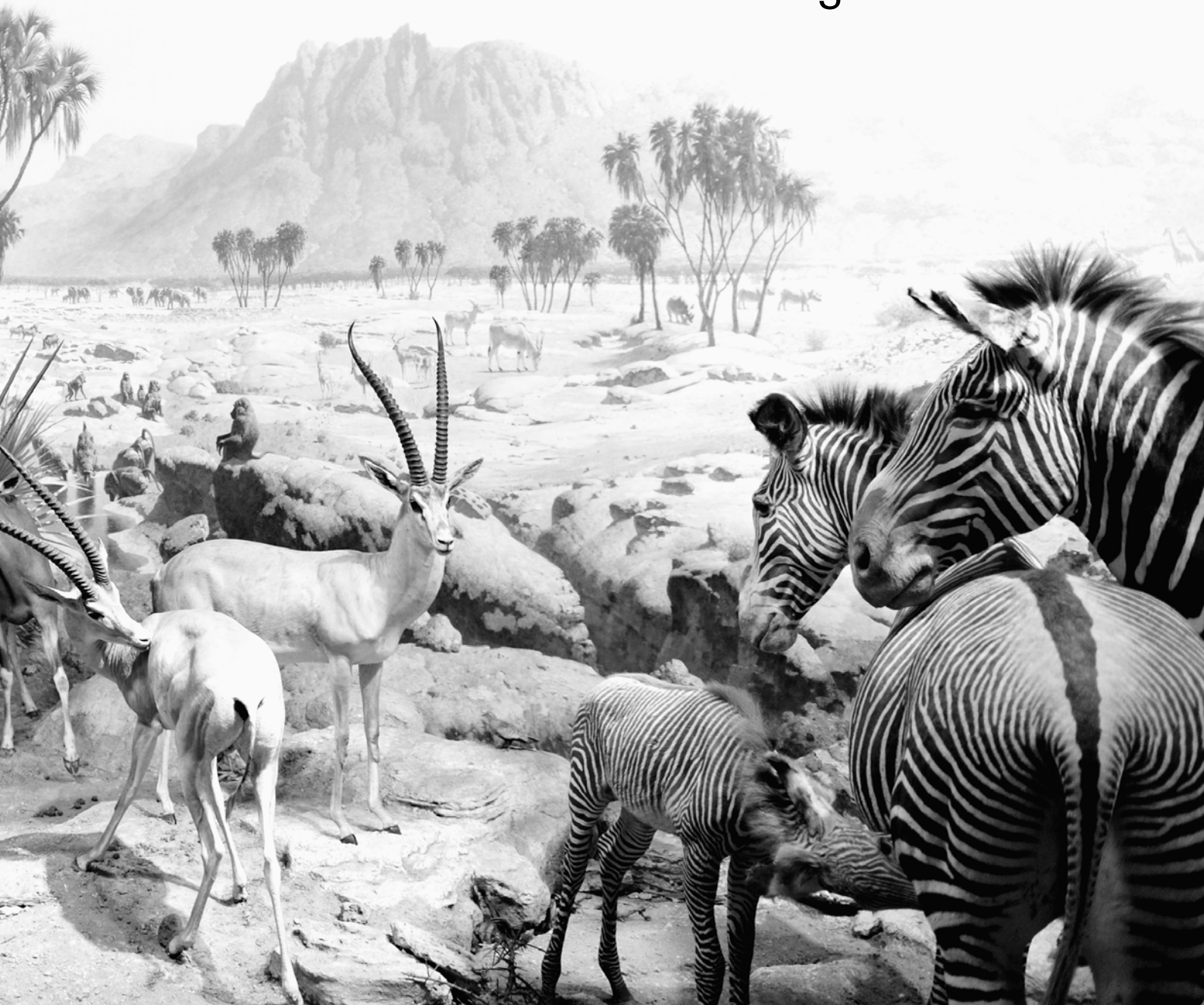
Una de las controversias más importantes y descarnadas en la teoría de la evolución es la que ha confrontado, en su intento por explicar la diversidad biológica, a la selección natural (un proceso determinístico) y la deriva génica (un proceso aleatorio contingente a la historia). En particular, dos han sido los campos de batalla de este debate. El primero, el más sangriento en biología, ocurrió —y en menor medida se mantiene— en el ámbito de la evolución molecular, cuando Motoo Kimura y Richard Lewontin protagonizaron, en los años sesentas y setentas del siglo pasado, la primera gran confrontación. Más recientemente, Matthew Hahn reivindicó una visión predominantemente “seleccionista”, en la cual propone que el *hitch-hicking* (genes neutros que “viajan de aventón”, ya que cambian de frecuencia por la selección de genes cercanos a ellos en el cromosoma) y la falta de recombinación en algunas de las regiones del genoma producen una “firma” (señal), que se estima posee una variación genética menor a la que se esperaría bajo un modelo estrictamente neutro.

En el segundo campo de batalla —menos intenso al interior de la biología pero ampliamente difundido en ciertos medios—, sus protagonistas fueron, por un lado, Niles Eldredge y Stephen Jay Gould con la llamada “teoría de los equilibrios puntuados”, y por el otro los defensores de la tradicional “síntesis moderna”. Dos son los aspectos



# Deriva génica, selección natural,

coalescencia y restricciones evolutivas  
en el Instituto de Ecología



Daniel Piñero y José Sarukhán



tos que provocaron revuelo entre la comunidad: uno se refiere a lo súbito del proceso de “especiación” (la formación de nuevas especies), que bajo un modelo darwinista ocurriría en forma más lenta; el otro es la “estasis”, cuya evidencia es el pequeño cambio morfológico que presentan los linajes en el registro fósil. Ciertamente, hay dos procesos que pueden acelerar la evolución: la incompatibilidad cromosómica, que produce nuevas especies por hibridación poliploide y especiación recombinatoria —tanto en plantas como en animales; y la deriva génica, que generaría aislamiento reproductivo en un paisaje neutral o cambiaría el pico adaptativo de una especie al moverla a otro pico, cruzando un valle no adaptativo por la fuerza de un pequeño tamaño poblacional.

La controversia entre la selección natural (la importancia de lo que se “necesita hacer”) y la deriva génica (la relevancia del azar) es una buena metáfora de lo que ocurre frecuentemente en el quehacer de la ciencia. Esto es, por un lado hay investigaciones que se inician por selección natural, lo que

ahora se llama “investigación por demanda” de un sector, realizadas bajo criterios que aparecen en las convocatorias y que son definidos por el sector que utilizará la información. A nivel internacional estos programas de investigación son del tipo del que llevó a la generación de la bomba atómica o las agendas ambientales que se acuerdan en reuniones de organizaciones internacionales como la ONU y la OCDE.

Por otro lado, hay investigación que se desarrolla en forma más o menos azarosa, un tanto aislada de la sociedad, ya que busca explicaciones a procesos de poca demanda en sectores sociales, por lo que allí ocurre algo similar al proceso de “deriva génica”: se genera investigación original que a veces llega a tener un enorme impacto social, aun cuando no fue desarrollada para ello —como ocurrió con los experimentos de Mendel y, más recientemente, con algunos algoritmos que se usan en los buscadores de internet o aspectos del equilibrio de la teoría de juegos no cooperativa y su impacto en la economía,

que le merecieron el premio Nobel a John F. Nash.

Así, los sistemas de investigación deben tener un aspecto asociado a su aplicación y otro a la creatividad de los grupos. Esta dualidad, que difícilmente se llega a consolidar, es un anhelo de todos los centros de investigación. Mantener el equilibrio entre ellos es entonces un reto no fácil de lograr. Muchas veces vemos que hay instituciones en donde predomina la investigación por demanda y la creatividad no tiene casi cabida. El caso contrario también es frecuente, particularmente en las universidades, donde la creatividad predomina pero es criticada por la falta de vinculación con la sociedad que la mantiene generosamente.

#### La deriva génica y el efecto fundador

La historia de la ecología mexicana se puede iniciar en 1945, con los esfuerzos que desde la Sociedad Botánica de México hicieron Efraim Hernández Xolocotzi, Maximino Martínez, Jerzy Rze-



dowski y Faustino Miranda. La influencia de estos pioneros de la biología, la agronomía y la ecología misma en el origen del Instituto de Ecología de la UNAM es evidente. La trayectoria de ellos ha sido estudiada y queda claro que en ellas hay componentes históricos asociados con aspectos sociales y personales que los llevaron a concebir la importancia de estudiar los fenómenos de los ecosistemas.

La combinación inicial, cuando era Centro de Ecología, incluyó varias subdisciplinas: la ecofisiología, la ecología de poblaciones, la biología de la conservación, la ecología teórica, la genética y la estadística. Este énfasis en mantener un rigor en cuanto a los aspectos internos de la labor científica se puede apreciar en una alocución pronunciada por Faustino Miranda el 10 de abril de 1958, cuando fue nombrado miembro honorario de la Sociedad Botánica de México: “en primer lugar, debe saberse que el trabajo científico es arduo; precisa de mucha constancia y dedicación [...] La constancia en el trabajo y dedicación paciente del científico necesitan ejercerse en varios sentidos. Uno muy importante es el conocimiento previo, lo más profundo posible de las bases y técnica que son el fundamento mismo de la ciencia en que está trabajando, al lado del de la rama o ramas en que se haya especializado. Sin conocimientos previos suficientes, su trabajo puede resultar estéril [...] Otro aspecto del trabajo científico consiste en seguir una conducta científica, la cual tiene dos fundamentales características: sinceridad y precisión. En el trabajo científico no caben engaño ni simulación; más pronto o más tarde éstos quedarán al descubierto, pues el científico, más que ninguna otra persona, es reconocido por su obra y los datos científicos publicados son comparables en todo momen-



to. Es también mala norma científica la precipitación, ya que sólo la meditación cuidadosa da al trabajo científico la precisión necesaria, permitiendo eliminar juicios erróneos en que es fácil incurrir cuando nos enfrentamos por primera vez con determinado problema [...] En este punto podremos hacer intervenir otro instrumento científico que debe-



mos saber manejar: se trata de la experimentación. Ésta sólo podrá emplearse cuando los términos de un problema son fenómenos que pueden ser reproducidos y manejados por nosotros en conveniente dirección [...] Es en efecto, base de toda la filosofía científica que los fenómenos espaciales evolucionan en el tiempo de tal manera que todas las veces que se presente una misma combinación de los mismos fenómenos las resultantes en un tiempo dado serán también las mismas. Debe tenerse en cuenta que no existe jamás en la naturaleza igualdad absoluta entre fenómenos separados en espacio o tiempo, pero sí hay aproximaciones a la igualdad que son manejadas por los científicos en forma de abstracciones. En consecuencia, aunque los fenómenos no son nunca idénticos, las abstracciones de fenómenos semejantes sí lo son, y pueden por ello ser sometidas a un análisis lógico. Este método ha sido usado con éxito por los científicos y seguirá



siéndolo. De él deriva la posibilidad de comprobación y previsión sin las cuales la ciencia no tendría sentido”.

#### La selección natural

El esfuerzo que hicieron los pioneros de la Sociedad Botánica de México tenía como propósito el describir la enorme diversidad que hay en México, tanto de ecosistemas —tipos de vegetación, les llamaban ellos—, como de especies. Faustino Miranda, maestro de Arturo Gómez Pompa, fue el pionero en la investigación ecológica en el país. La docencia, no obstante, inició en la década de los cincuentas en la Facultad de Ciencias de la UNAM cuando, en una de las pocas ocasiones en que se ha modificado el plan de estudios de la carrera de Biología, Enrique Rioja LoBianco, especialista en invertebrados, comenzó a impartir la materia de ecología —Carlos Vázquez Yanes describió su visión de ello en una nota publicada en esta

misma revista, y menciona que Arturo Gómez Pompa fue de los primeros estudiantes de esa materia y quien la impartió más frecuentemente en los años posteriores, lo que hace de él un pionero tanto en la docencia como en la investigación en ecología en la UNAM.

La figura de Faustino Miranda se puede considerar así como fundamental en el desarrollo de una escuela de ecología tropical en México, medio académico en donde la selección natural ya jugó un papel fundamental, no solamente porque se han llevado a cabo numerosos programas de investigación,



sino porque se ha transmitido a distintas generaciones una pasión particular por los ecosistemas tropicales mexicanos, en especial por las selvas altas perennifolias. Esta vocación de formación de nuevos investigadores era parte medular de las preocupaciones de Faustino Miranda, como se aprecia en el discurso que pronunció el 10 de abril de 1958, cuando recibió el nombramiento de socio honorario de la Sociedad Botánica de México: “cada vez se necesitan en México más personas que trabajan en el campo científico. La ciencia es universal pero todo progreso nacional, de la actual organización de la humanidad, es resultado y es concomitante con el progreso científico nacional. No es posible obtener en esto más que ayuda limitada del exterior. Como cada individuo, cada nación tiene que entender a sus propias necesidades [...] Todavía se hace mayor la urgencia de la formación de más científicos en México por la siguiente razón. Con el progreso

de muy eficientes armas de destrucción, el mundo se encuentra en una situación difícil. La posibilidad de que nuestros hermanos mayores en el progreso científico se anulen a sí mismos está presente. Los tesoros de los conocimientos acumulados por la humanidad y la responsabilidad por su uso pueden quedar en manos de los hermanos menores, de los pueblos marginales de la actual civilización. Estos pueblos deben estar preparados para esta emergencia”.

La selección natural pasa entonces por la formación de profesionistas, pero también por las directrices nacionales de investigación. Sobre ello abunda Faustino Miranda al referirse, en ocasión de la entrega del Premio Chiapas el 1 de diciembre de 1953, a la conservación de la biodiversidad de ese estado: “es dicho problema, el de la conservación de los ricos recursos de toda índole con que cuenta Chiapas. Conservación de sus monumentos arqueológicos, de sus variadas tradiciones indígenas, de sus espléndidos paisajes, de sus ubérrimas selvas, de sus notables y vistosos animales salvajes. Especialmente urge la conservación de selvas y bosques, de cerros y serranías, pues ellos representan el agua para los luga-

res bajos; agua para el hombre, agua para el ganado y agua para los cultivos. Si no hay selvas ni bosques en los lugares altos, en los bajos sobraré agua durante las lluvias, produciéndose desastrosas inundaciones, y faltará completamente durante las secas; y sin agua no es posible la vida. Además, las selvas y los bosques son esencial elemento del paisaje [...] Conservemos, pues, estos ricos dones de la naturaleza mientras todavía es tiempo. Que todo chiapaneco sea un ardiente propagandista en la cruzada por la conservación de los recursos naturales de Chiapas, especialmente de sus selvas y sus bosques”.

#### La coalescencia

Las subdisciplinas científicas se desarrollan en un ambiente aislado, normalmente sin interacción de unas con otras, siguiendo una tradición. El avance al interior de cada una de ellas (lo que podríamos llamar “anagénesis”) es muy importante. No obstante, hay avances cualitativamente diferentes que se llevan a cabo por medio de la hibridación o coalescencia de linajes y tradiciones científicas. De la misma manera, la tarea de institucionalizar un grupo de investigación requiere el esfuerzo de un conjunto de linajes; la labor individual no es suficiente, aunque sí fundamental para que esto se pueda llevar a cabo. Debe entonces ocurrir un proceso de coalescencia de las diferentes tradiciones científicas que conforman el grupo.

Esta parte del fenómeno produce una anastomosis de ellas en la que se pierde su identidad —la aparición de la genética a partir de las tradiciones de los “hibridólogos” y de los mejoradores de plantas y animales es un ejemplo de ello. La coalescencia es sin duda el proceso más complicado, ya que se debe incorporar los lineamientos sociales de



la investigación a las diferentes tradiciones científicas, normalmente generadas por un efecto fundador y de deriva génica.

En el momento de su conversión a Instituto, hacia finales de 1996, el personal académico del Centro de Ecología constaba de 64 miembros (19 técnicos y 45 investigadores). Su conversión a Instituto fue un proceso sencillo, con pocas observaciones, y rápido en su paso por las diferentes instancias de evaluación académica, tanto por el Consejo Técnico de la Investigación Científica como por el Consejo Universitario. Ha sido una de las transiciones de Centro a Instituto de más corta duración en la





UNAM, de alrededor de ocho años. Un par de razones influyeron en que el periodo de existencia del Centro fuese relativamente corto: por un lado, el crecimiento cualitativo y cuantitativo de su planta académica y, por el otro, su productividad en términos de publicaciones originales en revistas de buen nivel y en cuanto al ritmo de formación de alumnos de posgrado.

### Las restricciones del proceso evolutivo

Podemos usar las “redes genéticas” para entender dicho aspecto del desarrollo del Instituto de Ecología. Si tenemos una red en donde los nodos son genes y

sabemos que las interacciones que ocurren en ella pueden ser de encendido o apagado, una primera conclusión sería que deben existir los llamados “sumideros”, que predicen la situación del sistema (como el número de pétalos en una flor) a partir de las relaciones regulatorias existentes entre los genes en una red. Esto es fundamental, debido a que el universo de posibles variantes en un espacio morfométrico está limitado por la naturaleza de las interacciones genéticas —aunque hay propuestas de estudiosos de la morfología que no usan redes genéticas en donde no todo el espacio morfológico se puede explorar, y otras formuladas desde una visión del desarrollo y la mutación, en las cuales no todas las formas posibles se llegan a generar en la naturaleza, como es el caso del número de dedos en los vertebrados.

Esta metáfora se puede usar para entender la forma en que se desarrollan los grupos de investigación, como es el caso de la creación del Instituto de Ecología de la UNAM, donde un proceso de esta naturaleza ocurrió. Sin duda, es-

tos procesos pueden compararse en su aspecto externo con uno de autoorganización —en el que la selección natural y la deriva génica no tendrían ninguna importancia, ya que estarían limitados en sus posibilidades de acción. Supongamos que tenemos la combinación correcta del “efecto fundador” (Faustino Miranda) y que la selección natural está representada por el fortalecimiento de la ecología en la mente de varios de los agentes que la favorecen. Este proceso no existiría obviamente si tuviéramos un ambiente restringido, que no permitiera su desarrollo. Por ejemplo, si en la institución donde apareciera el efecto fundador y existiera la selección natural no ocurrieran las interacciones con personas sensibles a la iniciativa, el proyecto no prosperaría. Podemos pensar que, en ese sentido, estaría constreñido a ocurrir sólo en ciertas condiciones, de la misma manera en que lo está el número de dedos en los vertebrados.

Así, algunas de las preguntas relacionadas con el proceso de generación de un grupo de investigación tienen respuestas asociadas a tales restricciones, las cuales están determinadas por




las interacciones de los agentes participantes en el proceso, tal y como sucede con los genes en una red de regulación genética. Por ejemplo, ¿cuál es el tiempo necesario para institucionalizar una disciplina en una universidad o en un país? Es un tiempo largo. Las universidades son instituciones tradicionales, en el espíritu de los académicos se encuentra un aspecto tradicional y conservador que tiene que ver con los fundamentos de sus campos del conocimiento. Lo nuevo se ve con duda y resquemor.

Es por ello que la institucionalización pasa por la aprobación de los pares al interior del campo de conocimiento, pero también por la aceptación de académicos de otras áreas. La UNAM tiene procedimientos para generar nuevos

campos del conocimiento en distintos niveles, ya sea por medio de la impartición de nuevas asignaturas, la generación de nuevos programas de posgrado, la creación de departamentos, centros e institutos académicos. Esta dinámica favorece la sinergia en la aparición de proyectos y áreas nuevas, pero al mismo tiempo incorpora restricciones que continuamente se presentan en las iniciativas que los académicos plantean para desarrollar e institucionalizar diferentes campos del conocimiento.



## ¿El futuro es como el pasado?

De la misma manera en que hemos visto el desarrollo del Instituto de Ecología podríamos ver su futuro. Se requiere que el efecto fundador continúe, que los investigadores sigan generando ideas originales, que formen nuevos programas académicos. Asimismo, es necesario que siga existiendo la selección natural en la forma de proyectos o planes de desarrollo hacia el futuro y que incluyan en forma importante la relevancia social y la vinculación con el resto de la sociedad. Esto último se encuentra permanentemente constreñido por la autoorganización de la red de interacciones de los agentes que participan en el proceso de cambio, ya sean internos o externos al grupo. 

**Daniel Piñero**  
**José Sarukhán**

Instituto de Ecología,  
Universidad Nacional Autónoma de México.

Dawkins, R. 1996. *The blind watchmaker: Why the evidence of evolution reveals a universe without design?* W. W. Norton & Company, Nueva York.

Hahn, M. 2008. "Towards a selection theory of molecular evolution", en *Evolution*, núm. 62, pp. 255-265.

Lynch, M. 2008. *The origins of genome architecture*. Sinauer Publishers Inc., Sunderland.

Miranda, F. 1958. "Expresión femenina" (discurso pronunciado el 10 de abril de 1958), en *Mujeres* (Suplemento Cultural), núm. 317, 31 de mayo de 1977, pp. 28-29 (disponible en: [http://dieumsnh.qfb.umich.mx/discurso\\_2.htm](http://dieumsnh.qfb.umich.mx/discurso_2.htm)).

\_\_\_\_\_. 1953. Discurso pronunciado en la entrega del premio Chiapas el 1° de diciembre de 1953 (en: [http://dieumsnh.qfb.umich.mx/discurso\\_1.htm](http://dieumsnh.qfb.umich.mx/discurso_1.htm)).

Vázquez-Yanes, C. 2000. "La primera cátedra de ecología", en *Ciencias*, núm. 57, pp. 4-6.

### IMÁGENES

Pp. 66-67, 68, 71 y 72: American Museum of Natural History, Nueva York. P. 68: Pete Smith, curador del Museo Blackburn, 1965. P. 69, 70 y 73: Museo de Historia Natural de Cleveland. P. 70: Rebeca Burgess, pingüinos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Coyne, J. A. y H. A. Orr. 2004. *Speciation*. Sinauer Publishers Inc., Sunderland.

GENETIC DRIFT, NATURAL SELECTION, COALESCENCE, AND EVOLUTIONARY RESTRICTIONS IN THE INSTITUTE OF ECOLOGY

**Palabras clave:** ecología, efecto fundador, Faustino Miranda, historia de la ciencia, redes genéticas, Sociedad Botánica de México, UNAM.

**Key words:** Ecology, Founder Effect, Faustino Miranda, History of Science, Genetic Networks, Mexican Botanical Society, UNAM.

**Resumen:** Se analiza el desarrollo de la ecología en México y del Instituto de Ecología de la UNAM. Se discute con especial cuidado el papel de aspecto de la investigación asociada a la aplicación de la investigación y del asociado a la creatividad de los grupos de investigación.

**Abstract:** We analyze the growth of ecology in Mexico and the UNAM Institute of Ecology, with special focus on the role of research associated with the application of research and that associated with the creativity of research groups.

Daniel Piñero es Biólogo y Maestro en Ecología por la Facultad de Ciencias de la UNAM, y Doctor en Genética por la Universidad de California, Davis. Trabaja en Genética de poblaciones. Fue director del Centro (y luego Instituto) de Ecología de 1988 a 2001.

José Sarukhán Kermez es Biólogo por la UNAM, Maestro en Ciencias Agrícolas por el Colegio de Postgraduados, y Doctor en Ecología por la Universidad de Gales. Especialista en ecología vegetal de poblaciones y sistemas, y biodiversidad; actualmente coordinador de la CONABIO.

Recibido el 19 de mayo de 2011, aceptado 25 de mayo de 2011.