

Adaptació i desenvolupament

Pretus, Joan

Departament de Biologia Evolutiva, Ecologia i Ciències Ambientals,
Universitat de Barcelona

Quin és el paper del desenvolupament ontogenètic en el procés d'adaptació a un canvi ambiental? La interpretació clàssica del neodarwinisme ha mantingut al desenvolupament apartat del procés evolutiu, interpretant-lo com un simple intermediari de la causa pròxima dels trets, tot separant-lo de la causació última d'aquests. Ara bé, durant el desenvolupament es manifesten oportunitats de generació d'innovació fenotípica induïda ambientalment, que regulen l'evolucionabilitat de la forma, desvetllen l'existència de variació genètica críptica, i preparen les condicions selectives per a les futures noves combinacions de seqüència. L'estudi fenomenològic d'aquest procés té una llarga història, però la dificultat de relacionar els fenòmens descrits amb l'expressió de mecanismes regulatoris moleculars n'ha retardat la incorporació al corrent principal de pensament evolutiu.

Els agents de modificació del fenotip que actuen durant el desenvolupament es projecten a totes les escales evolutives. A escala curta permeten començar a entendre el procés ultra-ràpid i ultra-local d'adaptació, superant amb escreix les projeccions imaginables des d'una òptica neodarwinista. A escala filogenètica i macroevolutiva, permeten entendre les direccions privilegiades d'ocupació del filomorfoespai de trets, redefinint l'evolucionabilitat en termes d'accessibilitat o proclivitat al canvi dels fenotips (*developmental bias*), més enllà de les limitacions o *constraints* degudes a la covariància del component heretable dels fenotips. Aquestes interpretacions alternatives permeten entendre millor els productes de les radiacions adaptatives (*flexible stem hypothesis*) i la seva replicabilitat en forma d'insòlites convergències, socorrent la visió clàssica emparada en el nínxol ecològic, i amb la que no s'acabava d'aclarir de manera prou convincent el sofisticat grau de fidelitat assolit. Donada la versatilitat del desenvolupament com a sistema complex d'interaccions, on l'organisme es va construint amb la participació dels inductors ambientals, l'herència dels efectes maternals, de les pressions de selecció i dels simbiotes del desenvolupament, s'albira una renovació profunda en la concepció de com es generen els fenotips, on es combini en una perspectiva única el com s'assoleix l'estabilitat del tipus d'una espècie alhora que es preserva la seva versatilitat potencial i així una ràpida resposta adaptativa davant d'un futur gir ambiental.

La pregunta que es planteja als estudiants és la següent:

Argumenteu la rellevància evolutiva de la canalització.

1. Adaptació i desenvolupament

Carbonell, Mar; Cardoso, Sara; García-Berro, Ignacio; Martínez, Arnau

Biologia

A la natura ens podem trobar amb diferents ambients que afecten a les espècies que els habiten i al seu fenotip donant lloc a les diferents morfologies i estratègies per tal d'obtenir una màxima fitness.

En els ambients inestables, al ser més estocàstics, els individus que els habiten presenten major plasticitat en front als canvis ambientals. En canvi, en els ambients estables es pot arribar a donar el procés de canalització, entesa com a la disminució de la resposta o de la sensibilització a un factor ambiental. Sota aquestes condicions, la variabilitat fenotípica s'emmagatzema en forma de variabilitat genètica críptica disminuint d'aquesta manera la plasticitat fenotípica. Aquest procés tampoc permet que les petites mutacions al llarg del temps es vegin reflexades en les propietats físiques de l'organisme tot i que es poden anar acumulant en el seu genoma.

Aquest mecanisme és de rellevància des d'un punt de vista evolutiu, en primer lloc, perquè l'individu, al no necessitar d'aquesta plasticitat en un ambient no canviant, canalitza el seu desenvolupament cap a aquell fenotip que presenta una màxima fitness.

En segon lloc, en cas que l'ambient canviés després d'un període prolongat de constància ambiental i estratègies de canalització, la variació genètica críptica canalitzada proporcionarà un potencial preadaptat a aquest nou ambient observable en una descanalització i en canvis fenotípics. Això acabarà esdevenint en respostes adaptatives de variabilitat fenotípica ràpides i locals. La canalització, per tant, pot predir i mostrar-nos cap a on canviarà la morfologia dels individus sota variacions ambientals produïdes amb anterioritat.

Per acabar, destacar que sota condicions ambientals similars trobem espècies que genèticament són diferents però acaben convergent en un fenotip semblant. Per tant, la canalització és de rellevància en aquest sentit per entendre els processos de convergència evolutiva, i és l'explicació de per què individus filogenèticament molt llunyans acaben convergent.

2. Rellevància evolutiva de la canalització

Caño Prades, Omar; Sayol Altarriba, Anna; Vidal i Herrera, Ariadna.

Biologia

El desenvolupament és sensible a l'ambient, que té un paper molt important en l'adaptació, permetent que a partir d'un mateix genotip es pugui obtenir una resposta plàstica en el fenotip. Considerem que la plasticitat adaptativa en el desenvolupament és irreversible, condicionada per les característiques de l'hàbitat.

La plasticitat fenotípica gradual es defineix com a norma de reacció. En aquest procés hi intervé la selecció natural i es passa per tres estats diferents. En primer lloc, es dona l'acomodació fenotípica, en la qual hi ha una expressió de diferents variants genotípiques en un nou ambient. Això dona lloc a una selecció natural adaptativa, anomenada acomodació genètica, i finalment es dona una pèrdua de la plasticitat per assimilació genètica, conduint a la canalització. És a dir, el fenotip s'acomoda a un determinat ambient i es perd plasticitat a través del fenomen de canalització. Aquest procés es pot entendre per canvis reversibles en l'epigenètica, que produeixen una disminució de la plasticitat, però permeten augmentar-la de nou si l'ambient ho requereix.

La canalització serveix per reduir la variació fenotípica, fet que serà interessant per minimitzar la plasticitat, que resulta costosa de mantenir. La canalització del fenotip no suposarà però, una pèrdua de la variabilitat genètica, que quedarà encriptada per quan es produeixin canvis ambientals futurs. Aquesta variabilitat genètica encriptada suposarà una pre-adaptació al nou ambient. L'ambient canviant alliberarà la variància genètica encriptada i es produirà de nou la canalització en aquestes noves condicions.

La resposta plàstica té la seva pròpia fitness, de manera que es seleccionen els organismes més adaptats, que tenen el fitness màxim. En aquest procés hi ha una acomodació genètica dels més plàstics a través de la sensibilitat dels seus gens reguladors. Finalment, s'arriba a l'assimilació genètica fent que s'acabin seleccionant els organismes menys plàstics i amb màxim fitness per mitjà de la selecció dels gens reguladors insensibles a l'ambient.

És lògic pensar doncs, que les espècies ancestrals presenten més plasticitat, a partir dels quals es poden donar fenòmens de radiació adaptativa. Si les derivades encara mantinguessin la plasticitat, hi hauria un major rang de variabilitat i les espècies no serien eficients a llarg termini, hi hauria masses oscil·lacions i això no permetria l'obtenció de poblacions viables. De manera que la selecció natural acaba fixant els individus per canalització reduint costos perquè siguin més eficients a llarg termini.

3. Rellevància evolutiva de la canalització

Francès Abellán, Anna ; Pizarro del Pilar, Yaiza

Biologia.

Durant el seu desenvolupament, els organismes es troben sotmesos a diferents factors ambientals als quals poden adaptar-se gràcies a la plasticitat. Un cop estable l'ambient, el fenomen de canalització fixa fenotípicament els trets que li proporcionen major fitness mantenint de forma críptica la variabilitat genètica.

Aquest procés de canalització permet una especialització fenotípica de l'organisme a aquest ambient. Tanmateix, en el moment en el que les condicions en aquest ambient estable variïn, el fet d'estar especialitzat pot perjudicar a l'organisme perquè els paràmetres als que s'havia adaptat eren diferents. És en aquest moment quan entra en joc el reservori genètic amb el que compten els organismes que han patit una assimilació genètica. D'aquesta manera, si aquests canvis no són molt bruscos l'organisme que abans havia estat especialitzat pot tornar a adaptar-se a la nova situació. Posteriorment, tornarà a patir un nou procés de canalització per les condicions que li proporcionin major fitness.

En aquest marc, la canalització és un procés evolutiu important en quant permet tenir una fitness alta en ambients extrems i estables però mantenint la possibilitat de canvi quan la situació ho requereix.

Degut al canvi climàtic, molts ambients abans estables i amb unes característiques específiques estan canviant. Aquelles poblacions que presenten una major plasticitat seran capaces d'adaptar-se més ràpidament a la nova situació i aquelles que estan especialitzades es veuran molt perjudicades i pot ser que la situació porti a la seva extinció.

Tot i així, gràcies a la variabilitat genètica que encara posseeixen, podria ser que al final poguessin arribar a adaptar-se a la nova situació més espècies especialitzades de les que en un principi es podria arribar a pensar. Malgrat aquesta plasticitat encriptada, donat que el canvi climàtic que vivim actualment es caracteritza per ser un procés especialment ràpid, la capacitat de tornar a adaptar-se de les espècies que han patit un procés de canalització, queda en entre dit. D'aquesta manera, el sentit evolutiu que tenia la canalització a l'augmentar la fitness de les poblacions especialitzades es perd quan la situació requereix d'un canvi. Es pot concloure doncs que qualsevol procés que ajudi, tant a canviar com a mantenir-se estable, només té sentit si les condicions a les que estan sotmeses acompanyen, i és potser per això que tot i passar per un procés de canalització, sempre es manté una variabilitat genètica críptica que permet recuperar la plasticitat. D'aquesta manera, s'aconsegueix el màxim benefici de les dues capacitats.

4. Adaptació i desenvolupament

Ibáñez, Pol

Biologia

L'ambient actua sobre el desenvolupament d'un genotip promovent una resposta plàstica. Així, segons l'ambient un mateix genotip pot donar fenotips diferents, sovint irreversibles ja que alguns queden determinats des del desenvolupament i, a més, aquesta plasticitat fenotípica pot ser adaptativa.

Després d'un canvi ambiental s'observa com s'expressen variants genotípiques donant diversos fenotips, dels quals queden seleccionats aquells que són més avantatjosos. Si l'ambient es manté relativament constant, la plasticitat es veuria reduïda quedant assimilats aquells genotips que presenten fenotips que s'han adaptat millor al canvi. Això es coneix com a canalització. Aquells trets que han quedat canalitzats són menys sensibles a alteracions de l'ambient, mantenint així fenotips estàndards en un ambient constant. Tot i així, la canalització fenotípica no esgota tota la variabilitat genètica, sinó que aquesta queda emmagatzemada de forma críptica per poder respondre a futurs canvis ambientals.

Aquest mecanisme hipotètic s'observa en les radiacions evolutives, on es produeixen morfotips repetits o convergències evolutives i on les espècies derivades perden la plasticitat fenotípica a causa de l'especialització. Però, en els casos de radiacions sense especiació, es preserva la plasticitat de forma potencial, ocultada per canalització, al seleccionar-se per selecció natural els gens reguladors d'aquesta.

Per tant, evolutivament, la canalització permet a les espècies dotar-se d'un potencial preadaptatiu a nous ambients al regenerar la variabilitat fenotípica quan l'ambient deixa d'induir l'expressió de gens que la regulen. Aquest model evolutiu permet l'adaptació ràpida al canvi ambiental sense necessitat de noves mutacions gèniques.

5. Adaptació i desenvolupament

Del Teso, Oriol; Espígol, Joan; Miquel, Judit; Vez, Marc

Biologia

Entenem canalització com l'estasi del fenotip degut a la insensibilitat del desenvolupament en front un canvi ambiental. Cal remarcar, però, que la variància genètica no s'elimina, sinó que queda emmascarada darrere d'aquest fenotip canalitzat, permetent-ne una ràpida adaptació a canvis ambientals sense la necessitat de mutacions pre-adaptatives. Això rep el nom de variació genètica críptica canalitzada.

Aquest fenomen ha pogut tenir un paper molt important en l'evolució, doncs permet als organismes especialitzar-se en un nínxol concret i augmentar la seva fitness sense perdre el potencial evolutiu. Davant d'un canvi ambiental sever el fenotip canalitzat pateix una acomodació i mostra un ventall de fenotips més ampli. Això permet que sota un procés de selecció direccional es doni una recanalització cap al fenotip que s'adapti millor al nou ambient.

Durant l'evolució això ha permès l'adaptació i posterior especiació d'organismes a noves condicions ecològiques de manera ràpida i eficaç. Sovint les respostes que observem són fruit de la història dels llinatges, que permeten una predisposició adaptativa cap a uns fenotips determinats. Les diferents adaptacions no s'exploren a l'atzar, sinó que s'escullen aquelles que ja van donar bons resultats en el passat i van ésser seleccionades, però que ara es mantenen críptiques al genotip.

Per tant, veiem que gran part de la diversitat fenotípica actual és fruit de la canalització de certes formes explorades ja en el passat. És per això que si ens enfrontéssim a canvis ambientals similars als ocorreguts en temps pretèrits, una recanalització seria possible. Ara bé, si es produïssin canvis ambientals totalment desconeguts per l'evolució, com respondrien els organismes? Les respostes pre-adaptatives, a priori, ja no servien, i noves formes s'haurien d'explorar mitjançant mutacions o canvis epigenètics.