
Kritiese evaluering van die onderrig van evolusie as evolusionisme vanuit die *KABV vir Lewenswetenskappe*

*Mev. Rihana Botha**

rihana.botha@aros.ac.za

Akademie Reformatoriese Opleiding en Studies

Dr. Morné Diedericks

morne.diedericks@aros.ac.za

Akademie Reformatoriese Opleiding en Studies

*Aan wie korrespondensie gerig moet word

Abstract

This research examines the increasing emphasis on teaching evolution, particularly macroevolution, in traditional Protestant universities and the South African school curriculum. The study highlights that evolution, as outlined in the Curriculum and Assessment Policy Statement (CAPS): Life Sciences, is often presented uncritically as a worldview, effectively promoting evolutionism. This approach conflicts with the Christian worldview, creating challenges for Christian educators who wish to teach this subject.

The researchers employed qualitative reflexive thematic analysis to evaluate how evolution is taught. Findings indicate that the CAPS: Life Sciences curriculum does not clearly differentiate between the scientific theory of microevolution and the more speculative aspects of macroevolution. For instance, examples such as antibiotic resistance

in bacteria and variations in the beak size of Galápagos finches, which illustrate microevolution, are frequently used to support the broader concept of evolution, often presented as evolutionism.

The study also reveals that tree thinking, a fundamental concept for understanding macroevolution, is inadequately addressed in the current curriculum, further contributing to misconceptions. Additionally, human evolution, a core topic in the CAPS: Life Sciences, is presented based on questionable evidence, exacerbating concerns about the uncritical teaching of evolutionism.

The uncritical portrayal of evolutionism as factual truth, particularly in teaching human evolution, fosters religious tension among Christian teachers and learners. The study underscores the need to clearly distinguish between the scientific theory of evolution and the philosophical or religious perspective of evolutionism. A critical, balanced approach to teaching evolution is recommended, one that incorporates both scientific evidence and consideration of religious beliefs. Such an approach would uphold academic integrity while fostering a more inclusive and harmonious educational environment.

Opsomming

Die navorsing het gefokus op die toename van die onderrig van evolusie, spesifiek makro-evolusie, binne tradisioneel-Protestantse universiteite en die Suid-Afrikaanse skoolkurrikulum. Die studie bevind dat evolusie, soos dit in die Kurrikulum- en assesseringsbeleidsverklaring (KABV): Lewenswetenskappe voorgeskryf word, dikwels onkrities as 'n lewensvisie aangebied word, wat evolusionisme bevorder. Hierdie benadering bots met die Christelike lewensvisie en skep spanning vir Christen-onderwysers wat hierdie vak wil aanbied.

Die navorsers het die metodologie van kwalitatiewe refleksiewe tematiese analise gebruik om die wyse te evalueer waarop evolusie onderrig word. Die bevindinge het aan die lig gebring dat die KABV: Lewenswetenskappe nie duidelik tussen die wetenskaplike teorie van mikro-evolusie en die meer spekulatiewe aard van makro-evolusie onderskei nie. Voorbeelde soos antibiotikum-weerstand in bakterieë en

snawelgrootte van Galápagos-vinke, wat mikro-evolusie illustreer, word dikwels gebruik om die breër konsep van evolusie te ondersteun. Dit word dan as evolusionisme aangebied.

Die studie toon ook dat boomdenke, wat noodsaaklik vir die begrip van makro-evolusie is, nie voldoende binne die huidige kurrikulum aangebied word nie, wat verdere verwarring skep. Menslike evolusie, 'n kernonderwerp in die KABV: Lewenswetenskappe, word aan die hand van onbetroubare bewyse aangebied, wat die problematiek van die onderrig van evolusionisme versterk.

Die onkritiese aanbieding van evolusionisme as feitelike waarheid tydens die onderrig van menslike evolusie in die KABV: Lewenswetenskappe kan moontlike geloofspanning skep by Christen-onderwysers en -leerders. Dit is noodsaaklik dat daar 'n duidelike onderskeid tussen die wetenskaplike teorie van evolusie en die geloofsoortuigings van evolusionisme getref word. 'n Kritiese ingesteldheid tydens die onderrig van evolusie word voorgestel om 'n gebalanseerde benadering te volg wat beide wetenskaplike feite en geloofsoortuigings in ag neem. Hierdie benadering sal akademiese integriteit bevorder en 'n meer inklusiewe en harmonieuse onderrigomgewing skep.

Kernwoorde

Evolusie; evolusionisme; makro-evolusie; mikro-evolusie; Lewenswetenskappe; onderwysstudente; Reformatoriese perspektief

Probleemstelling en navorsingsvraag

In die laaste helfte van die 20ste eeu het die onderrig van evolusie en daarmee saam veral die onderrig van makro-evolusie (dat die mens byvoorbeeld vanuit 'n aapsesie ontwikkel het) binne tradisioneel-Protestantse universiteite toegeneem. "Of the several factors influencing the transformation in the intellectual orientation of Protestant higher education from religious to secular, none caused greater controversy nor effected more sweeping change than did the gradual acceptance of Darwinian biology" (Ringenberg, 2006:194). Die waarskuwing wat Ringenberg aan Protestantse universiteite rig, is dat hulle veral deeglik oor die wyse moet besin waarop evolusieteorieë en evolusionisme binne die verskillende universiteitskurrikula onderrig word.

Uit die wyses waarop die kurrikulum saamgestel word, het die wyse waarop evolusieteorieë en evolusionisme binne die verskillende universiteitskurrikula onderrig word ook na skole oorgespoel. In die onderrig van Lewenswetenskappe op skoolvlak neem die onderrig van evolusie en evolusionisme 'n prominente plek in. Die onderrig van mikro- en makro-evolusie op skoolvlak as 'n teorie is nie 'n nuwe saak nie. Die probleem is egter dat makro-evolusie as 'n historiese teorie onkrities vanuit die Suid-Afrikaanse kurrikulum, getiteld die kurrikulum- en assesseringsbeleidsverklaring (KABV), as 'n lewensvisie aangebied word. Evolusionisme as 'n lewensvisie word dan ook as feitelike waarhede voorgedou waarteen geen kritiek geopper kan word nie. Die gevolg is dat evolusionisme se uitsprake oor lewe, dood en die wyse waarop die mens en dier bestaan direk met die Christelike lewensvisie in stryd is.

Die onkritiese aanbieding van evolusie en evolusionisme vanuit die *KABV: Lewenswetenskappe* bring dus 'n geloofspanning by Christen-onderwysers wat vanuit 'n Christelike lewensvisie Lewenswetenskappe vanuit die genoemde dokument wil aanbied. Die probleem is verder dat daar nie altyd duidelikheid is oor presies waar die grens tussen die onderrig van evolusie en evolusionisme volgens die *KABV: Lewenswetenskappe* is nie. Die navorsingsvraag in hierdie artikel is dus: Weerspieël die inhoud van die *KABV: Lewenswetenskappe* 'n wetenskaplike benadering tot evolusie, of neig dit na evolusionisme?

Metodologie

Om die navorsingsvraag te beantwoord, is 'n kwalitatiewe navorsingsontwerp gevolg, wat spesifiek refleksiewe tematiese analise gebruik het om die onderrig van evolusie binne die Suid-Afrikaanse Lewenswetenskappe-kurrikulum krities te evalueer. Die doel was om vas te stel of die kurrikulum evolusionisme as 'n wetenskaplike benadering tot evolusie bevorder.

Dokumente is op grond van die volgende sleutelwoorde gekies: “mikro-evolusie”, “makro-evolusie”, “wetenskapsgeletterdheid”, “onderrig van menslike evolusie”, “persepsie van evolusie”, “evolusie en godsdiens”, “filogenie”, “Darwin se evolusieteorie”, “natuurlike seleksie”, “klassifikasietelsels”, “boomdenke” en “bewyse vir menslike evolusie”. Die geselekteerde dokumente sluit eweknie-geëvalueerde joernaalartikels, die elektroniese weergawe van die Suid-Afrikaanse *KABV: Lewenswetenskappe* asook enkele webjoernale in. Die betroubaarheid van die webjoernale

wat gebruik is, is op grond van die status van die outeur en die webblad geëvalueer.

Die dokumentanalise is gedoen soos deur Maree (2022:136-140) voorgestel, en refleksiwede tematische analise is gebruik aan die hand van Braun en Clarke (2021:328-352) se uiteensetting. Alle geselekteerde dokumente is verskeie kere gelees om 'n grondige begrip van die inhoud te verseker. Relevante afdelings van die dokumente is gekodeer op grond van hul inhoud wat met die onderrig van evolusie verband hou. Kodes is induktief gegeneer om die nuanses en variasies binne die tekste vas te vang. Kodes is toe gegroepeer in potensiele temas wat patrone oor die dokumente weerspieël. Hierdie stap het behels dat kodes wat op die navorsingsvraag gefokus het in breër kategorieë georganiseer is. Die geïdentifiseerde temas is hersien en verfyn om te verseker dat dit die data akkuraat verteenwoordig. Hierdie stap het behels dat die samehang van elke tema en die relevansie daarvan tot die navorsingsdoelwit gekontroleer is. Elke tema is duidelik gedefinieer en benoem, wat die essensie van die gekodeerde data vasgelê het en 'n omvattende oorsig van die bevindinge verskaf het. Laastens is die temas opgeskryf, wat deur relevante uittreksels uit die dokumente ondersteun is, om 'n ryk en gedetailleerde weergawe van die analise te verskaf.

'n Essensiële aspek van hierdie studie was die refleksiwiteit van die navorsers. Die outeurs se Christelike lewens- en wêreldbeskouing het die ontleding en interpretasie van die tekste beïnvloed. Refleksiwede praktyk behels voortdurende besinning oor hoe persoonlike oortuigings en aannames die koderingsproses, tema-ontwikkeling en algehele interpretasie van die data kan vorm. Hierdie refleksie is deur die navorsingsproses in 'n refleksiwede joernaal gedokumenteer, wat deursigtigheid en selfbewustheid in die analise verseker het.

Die studie het voldoen aan etiese riglyne vir dokumentontleding. Aangesien die data uit dokumente bestaan het wat vir die publiek beskikbaar is, was daar geen vertroulikheidskwessies nie. Die ontleding is egter met respek en integriteit uitgevoer om te verseker dat die bevindinge akkuraat en regverdig aangebied is.

1. Inleiding

In hierdie artikel word onderskei tussen evolusie en evolusionisme. Die begrip "evolusie" word verdeel in twee groot kategorieë, naamlik mikro- en makro-evolusie. "Mikro-evolusie" verwys na die kleinskaalse veranderinge

in die genetiese samestelling van 'n bevolking wat oor 'n relatief kort tydperk plaasvind. Dit is belangrik om daarop te let dat mikro-evolusionêre prosesse onbetwisbaar is, voortdurend plaasvind en binne relatief kort tydperke waargeneem kan word (Bock, 2007:92; Freeman & Herron, 2007:10; Marais, 2013:29). Die definisie vir evolusie wat in die Lewenswetenskappe-kurrikulum vir graad 12-leerders aangebied word, is die volgende: “Die ruimste definisie van evolusie lui dat dit die proses is waardeur nuwe soorte organismes uit ... ontwikkel. Amfibieë het byvoorbeeld uit visse ontwikkel; reptiele het uit amfibieë ontwikkel; en voëls en soogdiere het afsonderlik uit reptiele ontwikkel. As gevolg van evolusie is daar vandag baie organismes rondom ons wat baie verskil van die wat in die verlede bestaan het.” (Naidoo, 2023:263) Hierdie definisie is eintlik 'n definisie vir makro-evolusie en nie mikro-evolusie nie. Die onderrig van hierdie definisie van evolusie as 'n noodgedwonge feit word in hierdie artikel beskou as die onderrig van evolusionisme.

“Evolusionisme gebou op die teorie van evolusie, is nie 'n wetenskap nie, maar 'n geloof direk in stryd met die Christelike geloof” (Van Genderen & Velema, 1992:274). Little (1997:436) toon aan dat die onderrig van evolusie duidelik in onder andere die Amerikaanse skoolstelsel 'n anti-Christelike inslag begin inneem het wat die idee dryf dat 'n persoon slegs wetenskaplik kan wees as hulle evolusionisme aanvaar. Vanuit 'n opvoedkundige oogpunt toon Knight (2006:219) aan hoe wetenskaplikes in die onderrig van evolusie maklik van die onderrig van feite na die metafisiese ruimte oorbeweeg. Sodoende word daar begin om evolusionisme as 'n lewensvisie te onderrig. Volgens Knight (2006:219) gaan opvoedkundiges maklik verby eksperimentele feite, waarna hulle dan na die onderrig van 'n lewensvisie oorbeweeg. Knight (2006:219) maak dit duidelik dat dit nie 'n probleem is dat 'n persoon 'n lewensvisie onderrig nie. Die probleem is egter wanneer die student in die duister gehou word en die lewensvisie as feite onderrig word. Knight (2006:219) doen 'n beroep op kurrikulumsamestellers om nie die feite van studente te weerhou nie, maar om ook nie bloot evolusie as ware feite aan te bied en so in die onderrig van evolusionisme te verval nie. Dit is juis vanuit hierdie benadering van Knight dat die feite aangaande evolusie in die Suid-Afrikaanse *KABV: Lewenswetenskappe* krities ondersoek word.

2. Begrip van evolusie en boomdenke

Die begrip van evolusie en die konsep van boomdenke is kritieke komponente in die omvattende onderrig van evolusie. Boomdenke, wat 'n

visuele voorstelling van evolusionêre verwantskappe en afstammingslyne tussen spesies insluit, bied 'n raamwerk vir die verstaan van makro-evolusie. Sonder hierdie perspektief is dit nie moontlik om die komplekse verhoudings tussen lewensvorme te begryp nie, wat vanuit 'n makro-evolusionêre perspektief as historiese ontwikkelingslyne van lewe op aarde beskou word. Die implementering daarvan bly egter problematies. Verskeie studies wys op die uitdagings wat onderwysers en leerders in die onderrig en leer van evolusie en veral menslike evolusie ervaar, insluitend kognitiewe, emosionele, eksistensiële en godsdiensstige struikelblokke.

Alhoewel studente se wanopvattinge rakende mikro-evolusie omvattend bestudeer en gedokumenteer is, het studente se begrip van makro-evolusie minder aandag geniet. Dit is waargeneem ten spyte daarvan dat makro-evolusie 'n beduidende belangstellingsveld in die media en in openbare gesprekke oor evolusie is (Meir, Perry, Herron & Kingsolver, 2007:71). Novick, Schreiber en Catley (2014:760) is van mening dat die onderrig van mikro-evolusie nie 'n begrip in filogenie en boomdenke genereer nie. Filogenetiese bome is makro-evolusionêre diagramme en bied 'n oorsig van huidige evolusieteorieë wat wetenskaplikes oor evolusionêre verhoudingspatrone handhaaf (Novick *et al.*, 2014:761). Boomdenke verwys na die vermoë om hierdie diagramme te verstaan en daaroor te redeneer, met die erkenning van hoe hulle evolusionêre verhoudings en die konsep van gemeenskaplike afkoms uitbeeld. Hierdie vaardigheid is noodsaaklik vir Lewenswetenskappe-studente en -navorsers om filogenetiese inligting wat in kladogramme uitgebeeld word akkuraat te interpreteer (Davenport, Milks & Van Tassell, 2015:198-204; Phillips, Novick, Catley & Funk, 2012:595). Boomdenke behoort dus tot die kategorie van makro-evolusie.

Novick *et al.* (2014:762) het gevind dat daar in die Amerikaanse skoolstelsel 'n gebrek aan dekking oor makro-evolusionêre onderwerpe, soos boomdenke, is. In Amerikaanse klaskamers word mikro-evolusionêre konsepte, soos natuurlike seleksie, gewoonlik as plaasvervanger vir makro-evolusie onderrig (Nadelson & Sutherland, 2010:155; Novick *et al.*, 2014:762). Die onderrig van natuurlike seleksie – wat mutasies, genetiese drywing, aanpassing en spesiasie insluit – bevorder slegs 'n begrip van mikro-evolusie (Nadelson & Sutherland, 2010:159; Novick *et al.*, 2014:760).

Selfs voorgraadse Lewenswetenskappe-studente het gewoonlik slegs 'n basiese begrip van die molekulêre en genetiese prosesse wat onderliggend aan oorerflike kwalitatiewe en kwantitatiewe variasies in geenfrekwensies is. Verder heers daar by hierdie studente ook baie wanopvattinge oor die meganismes wat op die vlak van makro-evolusie en bo die bevolkingsvlak

funksioneer (Meir *et al.*, 2007:76; Novick *et al.*, 2014:762). Volgens Meir *et al.* (2007:76) dien hierdie wanopvattinge as fundamentele struikelblokke om te verstaan hoe makro-evolusie funksioneer en die wanopvatting kan slegs oorkom word deur verbeterde opvoedkundige gereedskap en metodes om boombdenke effektief te onderrig.

3. Aanvaarding van evolusie

Die betekenis en vermoë van evolusie, en veral makro-evolusie, om die wetenskappe en veral biologie te verenig, word wyd deur wetenskaplikes en onderwysinstansies aanvaar. Evolusie en spesifiek menslike evolusie word egter nie so vryelik deur die algemene publiek aanvaar nie. Die langste gereelde opname van Amerikaners se aanvaarding van menslike evolusie of hul houding hierteenoor is in 1982 deur George Gallup begin (Pobiner, 2016:232). Die uitslag van hierdie peilings het deur die jare verstommend konsekwent gebly: Tussen 31% en 40% van die respondente glo dat mense oor miljoene jare uit minder gevorderde lewensvorme ontwikkel het, maar dat God hierdie proses gelei het. Tussen 9% en 19% van die respondente glo dat mense oor miljoene jare uit minder gevorderde lewensvorme ontwikkel het, maar dat God geen deel in hierdie proses gehad het nie. Tussen 40% en 47% van die respondente glo dat God mense in hul huidige vorm op een slag binne die afgelope 10 000 jaar of so geskape het (Pobiner, 2016:232).

Pobiner (2016:232) bespreek verskeie redes vir hierdie negatiwiteit om die evolusie van die mens te aanvaar. Dit sluit die volgende in: algemene skeptisisme jeens wetenskaplike bevindinge, 'n swak begrip van evolusionêre prosesse en wanopvattinge hieroor, godsdienstige oortuigings wat met die beginsels van evolusie bots, kulturele faktore wat individuele aanvaarding beïnvloed – met sommige gemeenskappe wat meer weerstand teen evolusionêre konsepte bied – en omstredenheid rakende die onderrig van evolusie op skool (Pobiner, 2016:232, 265).

Die onderrig van evolusie het ook nie die algemene publiek in Suid-Afrika se interpretasie van lewe deurdring nie, ten spyte van die nuwe Lewenswetenskappe-kurrikulum wat in 2005 in Suid-Afrika geïmplementeer is en wat evolusie ingesluit het (Dempster & Hugo, 2006:107). In 'n ondersoek wat onder hoërskoolleerders in die Limpopo-provinsie in Suid Afrika gedoen is, is die volgende bevind: 'n Beduidende meerderheid van die leerders wat hulself as Christene geklassifiseer het, het kreasionistiese oortuigings gehuldig (Mpeta, De Villiers & Fraser, 2015:15). Ten spyte hiervan het die ontleding aan die lig gebring dat ongeveer 69,75% van die leerders

die evolusieteorie matig aanvaar het. Daarbenewens het byna die helfte van die respondente (46.91%) evolusie as geldig beskou. Diegene met diepgewortelde geloofsoortuigings het dit egter dikwels uitdagend gevind om evolusie te aanvaar, en soms het hulle dit as gevolg van 'n waargenome gebrek aan bewyse verwerp of dit as 'n "raaiskoot" of "mite" beskou (Mpeta *et al.*, 2015:16).

In 'n studie oor die meting van wetenskapsgeletterdheid in Amerika is gevind dat sekere items van die meetskaal wat met evolusie en die oerknal verband hou eintlik godsdienstige oortuigings eerder as wetenskaplike kennis meet (Roos, 2012:801). Die meting van studente se geloof in evolusie verskaf hoofsaaklik insig oor hul aanvaarding van die evolusieteorie eerder as hul werklike begrip van evolusionêre sleutelkonsepte soos natuurlike seleksie, ewekansige mutasie en genetiese variansie (Kahan, 2015:3). Bloot die meet van geloof in evolusie weerspieël nie die kwaliteit van onderrig oor die wetenskap of studente se vermoë om krities met wetenskaplike inligting om te gaan nie. In plaas daarvan dui dit daarop dat geloof in evolusie dikwels as 'n aanduiding van kulturele identiteit eerder as 'n ware maatstaf van wetenskaplike begrip dien (Kahan, 2015:7).

Marais (2013:34) is van mening dat die aanvaarding van die evolusieteorie, net soos die aanvaarding van goddelike skepping, 'n saak van geloof is. Sy argumenteer dat beide perspektiewe 'n mate van geloof vereis. 'n Rede hiervoor is dat die skepping van die eerste lewe en die ontstaan van spesies deur makro-evolusie beide historiese gebeurtenisse was wat menslike getuies nie waargeneem het nie en wat nie met absolute sekerheid bewys kan word nie (Marais, 2013:34). Bock (2007:101) merk op dat baie anti-evolusioniste gemaklik met die idee van evolusionêre verandering binne spesiegrense is, maar beswaar teen die konsep van evolusie buite spesies maak. Dit dui daarop dat persoonlike oortuigings eerder as wetenskaplike bewyse hul aanvaarding van evolusie kan beïnvloed.

Glaze en Goldston (2015:507) het bevind dat houdings en persepsies jeens evolusie beide onderrigpraktyke en leerders se leeruitkomste aansienlik beïnvloed. Baie onderwysers is negatief teenoor evolusie ingestel of het bedenkinge daaroor, wat uit persoonlike oortuigings, insluitend godsdienstige sienings, kan voortspruit (Glaze & Goldston, 2015:507). Dit lei dikwels tot 'n gebrek aan ondersteuning vir die onderrig van evolusie in die klaskamer. Selfs met opvoedkundige intervensies wat daarop gemik is om leerders se begrip te verbeter, is hulle bestaande oortuigings en wanopvattinge oor evolusie geneig om voort te duur (Glaze & Goldston, 2015:507). Dit dui daarop dat leerders dikwels na hul oorspronklike persepsies ten spyte van

verhoogde kennis terugkeer.

4. Kritiese evaluering van die onderrig van evolusie en evolusionisme vanuit die *KABV: Lewenswetenskappe*

Ná 1994 het die Suid-Afrikaanse skoolkurrikulum aansienlike hervormings ondergaan wat daarop gemik was om gelyke geleenthede vir gehalteleer aan alle Suid-Afrikanners te bied (Dempster & Hugo, 2006:106).

Die bekendstelling van 'n meer moderne kurrikulum het gepoog om Darwinistiese evolusie as 'n fundamentele konsep in Lewenswetenskappe-onderwys in te sluit, wat voorheen as gevolg van konflikte met die godsdienstige oortuigings van die regering verwaarloos is (Dempster & Hugo, 2006:106). Die ontleding van die mees onlangse *KABV vir Natuurwetenskappe en Tegnologie: Graad 4-6* (Departement van Basiese Onderwys (DBO), 2011a:1-74), die *KABV vir Natuurwetenskappe: Graad 7-9* (DBO, 2011b:1-99) en die *KABV: Lewenswetenskappe: Graad 10-12* (DBO, 2011c:1-80) het die volgende aan die lig gebring: Hoewel grondbegrippe met betrekking tot evolusie ontwikkel word, is die term "evolusie" in die vroeëre grade afwesig. Dit word eers in graad 12 vir die eerste keer gebruik.

4.1 Darwin se teorie van evolusie deur natuurlike seleksie

Evolusie, soos wat dit in die Suid-Afrikaanse *KABV: Lewenswetenskappe* aangebied word, verwys pertinent na Darwin se teorie van evolusie deur natuurlike seleksie (DBO, 2011c:61). Volgens hierdie teorie sal individue met eienskappe wat hulle in staat stel om beter by hul omgewing aan te pas hulle help om te oorleef en meer nageslagte te hê wat daardie eienskappe sal erf. Individue met minder aanpasbare eienskappe sal moeiliker oorleef en voortplant. Met verloop van tyd sal die eienskappe wat spesies in staat stel om te oorleef en voort te plant meer volop in die bevolking word, en die bevolking sal verander of ontwikkel (Gregory, 2009:157). Charles Darwin (1809-1882) het voorgestel dat geneties-diverse spesies deur natuurlike seleksie uit 'n gemeenskaplike voorouer kan ontstaan.

Volgens Bock (2007:99) kan Darwin se evolusieteorie in effek as vyf verskillende teorieë beskryf word, waarvan die eerste vier nomologiese teorieë is: 1.) Evolusie as sodanig is die teorie wat stel dat alle bevolkings van organismes oor tyd verander, met die minimum tydperk van een generasie. 2.) Evolusionêre verandering is gradualisme deurdat dit in stappe plaasvind waarvan die omvang tussen ouers en nageslag gesien word en nooit in groot skielike spronge plaasvind nie. 3.) Evolusionêre verandering sluit

twee prosesse in, naamlik filetiese evolusie of transformasie en spesiasie. Vermenigvuldiging van spesies vind plaas deur 'n splitsing van filogenetiese afstammeling sowel as filetiese verandering binne ten minste een van die twee geslagte. 4.) Evolusionêre verandering vind as gevolg van 'n klein aantal oorsake plaas. Die belangrikste oorsaak is die ontstaan van geneties gebaseerde fenotipes variërende individue in die bevolking en die aksie van selektiewe druk uit die eksterne omgewing op hierdie individue. "Natuurlike seleksie" was Darwin se term vir die algehele meganisme van filetiese transformasie. Die enigste een van Darwin se evolusieteorieë wat histories van aard is, is die vyfde teorie, naamlik die teorie van algemene herkoms. Volgens hierdie teorie stam alle spesies of bevolkings van organismes met wysiging van gemeenskaplike voorouers af (Bock, 2007:100).

Bock (2007:89) en Meir *et al.* (2007:71) onderskei tussen makro- en mikro-evolusie hoofsaaklik in terme van skaal en die aard van evolusionêre veranderinge. Horn (2003:172) beskou mikro-evolusie as 'n wettige en waarneembare verskynsel wat evolusionêre variasies binne 'n spesielyn behels. Dit word beskryf as die resultaat van meganismes soos aanpassing, natuurlike seleksie, mutasies, genetiese drywing en die inherente genetiese variasie binne lewende organismes. Mikro-evolusie kan beide in die natuur en in laboratoriumomgewings gedemonstreer word, soos deur die teel van nuwe plant- of dierspesies (Horn, 2003:172). In teenstelling met makro-evolusie, wat as 'n teorie van oorsprong voorgelê word wat nooit direk waargeneem is nie, word mikro-evolusie as 'n goed ondersteunde wetenskaplike konsep voorgestel.

Nomologiese evolusieteorieë val binne die skaal van mikro-evolusie aangesien dit klein veranderinge binne spesiegrense omskryf. Darwin se historiese evolusieteorie wat veranderinge buite spesiegrense beskryf, val binne die skaal van makro-evolusie. Die verskil tussen nomologiese en historiese evolusieteorieë is soos die verskil tussen mikro- en makro-evolusie hoofsaaklik op hul aard en fokus gebaseer (Bock, 2007:101). Nomologiese teorieë is wetlik van aard en beskryf algemene beginsels of meganismes wat wyd oor verskillende kontekste in biologie van toepassing is. Hierteenoor is historiese teorieë nie wetlik nie, maar eerder narratief van aard. Dit is ook spesifiek op bepaalde gebeurtenisse of afstammeling in die geskiedenis van die lewe van toepassing. Waar nomologiese teorieë op prosesse en patrone van evolusie fokus wat waargeneem en voorspel kan word – soos natuurlike seleksie, gradualisme en die meganismes van spesiasie – fokus historiese teorieë op die historiese konteks van evolusie. Hierby is die algemene afkoms van spesies en die spesifieke evolusionêre geskiedenis van bepaalde groepe organismes onder andere ingesluit.

’n Ander groot verskil tussen nomologiese en historiese evolusieteorieë, en dus ook tussen mikro- en makro-evolusie, is in die metode waarop hulle getoets word (Bock, 2007:101). Nomologiese teorieë word getoets aan die hand van objektiewe empiriese waarnemings en word dikwels op ’n manier geformuleer wat vir voorspellings oor evolusionêre prosesse oor verskeie spesies heen voorsiening maak. Historiese teorieë is meer uitdagend om te toets omdat hulle staatmaak op die rekonstruering van vorige gebeure en verwantskappe, dikwels deur die gebruik van fossielrekords en filogenetiese ontledings. Hierdie verklarings vereis geloof en geniet ’n veel laer mate van vertrouwe as wat die meeste bioloë besef (Bock, 2007:101).

Mikro-evolusie is ’n belangrike biologiese proses wat onder andere organismes in staat stel om in nuwe omgewings te oorleef en te gedy. ’n Voorbeeld is die vinnig aanpasbare evolusie van die mariene manteldier (*Ciona robusta*) tydens die uitbreiding van hierdie organisme se verspreidingsgebied na die Rooisee. Chen, Shenkar, Ni, Lin, Li en Zhan (2018:1) het die genetiese handtekening van vinnige mikro-evolusie by *C. robusta* geïdentifiseer, wat gedemonstreer het hoe omgewingsfaktore soos temperatuur en soutgehalte seleksie by spesifiek aanpasbare lokusse dryf. Hierdie bevindinge beklemtoon die rol van mikro-evolusie in die fasilitering van die spesie om nuwe omgewings binne te dring, wat beduidende differensiasie van ander wêreldbevolkings toon. Voorts dien dit ook as bewyse van omgewingsgedrewe seleksie in net ’n paar generasies.

Sleutelbegrippe wat volgens die *KABV: Lewenswetenskappe* met Darwinistiese evolusie verband hou, sluit kunsmatige seleksie, natuurlike seleksie, spesiasie en meganismes vir reprodktiewe isolasie in (DBO, 2011c:61-62). In die *KABV: Lewenswetenskappe* word daar nie ’n onderskeid tussen makro- en mikro-evolusie getref nie. Dit is belangrik dat onderwysers aan leerders uitwys dat Darwin se teorie van evolusie deur natuurlike seleksie mikro-evolusie beskryf, wat die verandering in geenfrekwensie binne ’n bevolking van dieselfde spesie is. Die mikro-evolusie wat in graad 12 tydens Darwin se teorie van evolusie deur natuurlike seleksie behandel word, het slegs betrekking op Darwin se nomologiese teorieë wat deur objektiewe empiriese waarnemings getoets kan word; dus word ’n wetenskaplike benadering tot evolusie hier gevolg.

4.2 Evolusie in die huidige tyd

Bewyse van evolusie in die huidige tyd word in die *KABV: Lewenswetenskappe* by wyse van voorbeelde van natuurlike seleksie en evolusie, onder andere as weerstand teen antibiotika in verskeie bakterieë, voorgehou (DBO,

2011c:62). Wanneer 'n bevolking van organismes nie meer natuurlike seleksie vir antibiotikum-weerstandbiedendheid ervaar nie, kan die eienskappe wat ontstaan het om daardie druk te hanteer funksionele verval ervaar. Doktor Fazale Rana, wat 'n PhD in biochemie het, skryf hierdie funksionele verval toe aan mutasies en genetiese drywing. Hierdie proses word ontspanne seleksie (*relaxed selection*) genoem (Rana, 2019). In 'n studie op *Escherichia coli*-stamme van die langtermynevolusie-eksperiment (LTEE) het Card, LaBar, Gomez en Lenski (2019:1) bevind dat ontspanne seleksie nie slegs bevolkings tot verhoogde antibiotikum-vatbaarheid dryf nie; dit kan ook die daaropvolgende evolusie van antibiotikum-weerstandbiedendheid op 'n onvoorspelbare wyse beïnvloed. Rana (2019) is van mening dat antibiotikum-weerstandbiedendheid in die bevolking sal afneem wanneer 'n antibiotikum uit die omgewing van 'n bakteriebevolking verwyder word. 'n Rede hiervoor is omdat antibiotikum-weerstandbiedendheid met 'n fiksheidskoste gepaard gaan. Wanneer bakteriële stamme met ander woorde weerstand teen antibiotikum verkry, maak dit hulle minder fiks in omgewings sonder antibiotikum (Rana, 2019).

Nog 'n bewys van evolusie in die huidige tyd is die snawel- en liggaamsgrootte van die Galápagos-vinke (Darwin se vinke) (DBO, 2011c:62). Darwin se vinke op die Galápagos-eilande is veral geskik vir die bestudering van evolusie, aanpassing en spesiasie. Al 14 spesies is nou verwant, hulle leef in die omgewing waar hulle ontstaan het en nie een het uitgesterf weens menslike aktiwiteit nie (Grant & Grant, 2003:965). Langtermynstudies, veral op die eiland Daphne Major, het aan die lig gebring dat evolusie van Galápagos-vinke deur natuurlike seleksie plaasvind, veral tydens omgewingsveranderinge soos droogtes. Dit maak dit moontlik om die meganismes van aanpassing en spesiasie in die huidige tyd waar te neem en te dokumenteer (Grant & Grant, 2003:966). Darwin se vinke het op verskeie maniere 'n aansienlike bydrae tot die begrip van mikro-evolusionêre biologie gelewer. Hulle dien as 'n klassieke voorbeeld van aanpasbare bestraling. Hierdie bestraling illustreer hoe 'n enkele voorouerspesie in veelvuldige spesies kan diversifiseer, met verskillende aanpassings om verskeie ekologiese nisse te ontgin (Abzhanov, 2010:1002). Hierdie verskynsel beklemtoon die rol van natuurlike seleksie in die ontstaan van biodiversiteit. Die vinke vertoon 'n wye reeks snawelvorms en -groottes, wat aanpassings by verskillende voedselbronne is (Abzhanov, 2010:1006). Hierdie variasie bied 'n duidelike demonstrasie van hoe natuurlike seleksie tot morfologiese veranderinge in reaksie op omgewingsdruk kan lei. Moderne genetiese ontledings van Darwin se vinke, insluitend studies van antieke DNS, het die mens se begrip van genetiese diversiteit en evolusionêre geskiedenis verbeter. Hierdie verhoogde begrip het navorsers

in staat gestel om te ondersoek hoe bevolkings oor tyd verander het (Abzhanov, 2010:1003).

Die voorbeelde wat in graad 12 onder die onderwerp “Evolusie in die huidige tyd” behandel word, soos die verskil in snawelgrootte van Galápagos-vinke en weerstand teen antibiotika in bakterieë, het op verandering in geenfrekwensie van spesies binne bevolkings betrekking. Dit dien dus alles as voorbeelde van mikro-evolusie. Dit verskaf ook modelstelsels vir die bestudering van evolusie deur natuurlike seleksie as ’n wetenskaplik-toetsbare verskynsel wat in die huidige tyd voorkom. Die vermoë om hierdie prosesse direk oor verskeie generasies waar te neem, bied sterk bewyse vir mikro-evolusie.

4.3 Ontwikkeling van boomdenke

Boomdenke word volgens die *KABV: Lewenswetenskappe* nie eksplisiet in graad 12 behandel nie. In graad 11 word daar in die onderwerp klassifikasie en biodiversiteit van plante en diere van leerders verwag om ’n algemene begrip van filogenetiese stambome en kladogramme te hê. Leerders moet ook in staat wees om filogenetiese stambome en kladogramme te gebruik en te interpreteer (DBO, 2011c:40-41).

Die klassifikasiestelsel waaraan leerders in graad 10 bekendgestel word, is die verouderde vyfkoninkrykstelsel (DBO, 2011c:35). Die vyfkoninkrykstelsel van Robert Whittaker (1920-1980), ’n plantekoloog, is grotendeels op ekologiese beginsels van trofiese vlakke gebaseer (Hagen, 2012:71). Hier is dit nodig om in ag te neem dat die vyfkoninkryk-klassifikasiestelsel ’n suiwer filogenetiese basis vir klassifikasie weerstaan het op grond daarvan dat Whittaker dit as hoogs spekulatief beskou het (Hagen, 2012:70). Die vyfkoninkrykstelsel is dus nie die ideale raamwerk vir die onderrig van filogenetiese stambome nie. Carl Woese (1928-2012) se meer resente driedomeine-klassifikasiestelsel is op die basisvolgorde van rRNS-molekules gebaseer, met die doel om gemeenskaplike afkoms af te lei (Noller, 2013:610). Die drie-domeinstelsel wat deur Carl Woese voorgestel is, bied ’n robuuste filogenetiese raamwerk vir die klassifikasie van sellulêre lewe en sou ’n beter stelsel vir die onderrig van filogenetiese stambome wees. Die *KABV: Lewenswetenskappe* stel leerders egter nie aan die driedomeine-klassifikasiestelsel van Woese bekend nie.

Morrison (2013:635) is van mening dat boomdenke nie intuïtief is nie en in stryd met algemene persepsies van evolusie as ’n lineêre proses met ’n begin en einde is. Volgens Morrison (2013:635) sukkel baie studente en selfs professionele bioloë om filogenetiese bome korrek te interpreteer. Moontlike

boomdenke wat die *KABV: Lewenswetenskappe* by graad 11-leerders wil vestig, en wat op die vyfkoninkrykstelsel gebaseer is, is waarskynlik nie geslaagd nie. Daar kan dus nie van graad 12-leerders verwag word om menslike filogenetiese stambome en makro-evolusie te begryp nie.

4.4 *Evolusie van die mens*

In graad 12 word die evolusie van die mens behandel. Hier word die fossielrekord (tweevoetigheid, breingrootte, tande, prognatisme en die vorm van die verhemelte, kraniale en wenkbrouboë), kulturele getuies en mitochondriale DNS as bewyse van gemeenskaplike voorouers vir lewende hominiede, insluitend die mens, aangevoer (DBO, 2011c:63). Verskeie studies het egter aan die lig gebring dat sekere bewyse vir menslike evolusie wat in die *KABV: Lewenswetenskappe* aangevoer word onbetroubaar is.

Evolusiebioloë poog om die evolusionêre geskiedenis van uitgestorwe menslike taksa te rekonstrueer deur filogenetiese inligting uit morfologiese veranderlikheidspatrone te verkry. Verwarrende en teenstrydige resultate is egter verkry uit pogings om evolusionêre verbande uit kraniodentale data in moderne primate te rekonstrueer. Verskillende studies beklemtoon die uitdagings en beperkings om uitsluitlik op kraniodentale data vir die rekonstruering van filogenetiese verwantskappe in hominiede staat te maak (Collard & Wood, 2000:5003; Rathmann, Perretti, Porcu, Hanihara, Scott, Irish, Reyes-Centeno, Ghirrotto & Harvati, 2023:1; Von Cramon-Taubadel, 2014:323). Collard en Wood (2000:5003-5006) het die betroubaarheid van filogenetiese hipoteses, gebaseer op kraniodentale data, in vergelyking met molekulêre filogenie ondersoek. Hulle het bevind dat daar 'n beduidende teenstrydigheid is tussen filogenetiese bome wat kraniodentaal gebaseer is en dié wat van genetiese data afgelei is. Dit dui daarop dat kraniodentale eienskappe onbetroubare aanwysers van evolusionêre verwantskappe tussen hominiede is. Daar is navorsing uitgevoer waar die oogmerk was om 'n kritiese evaluering te bied van die mate waarin menslike skedeldiversiteit die historiese bevolkingsgeskiedenis van die mens weerspieël. Hier het Von Cramon-Taubadel (2014:323) gevind dat pogings om filogenetiese verwantskappe uit kraniodentale data in bestaande primate te rekonstrueer inkonsekwente en onoortuigende resultate opgelewer het. Rathmann *et al.* (2023:1) het die nut van verskeie kraniodentale datatipes om neutrale genomiese variasie vas te lê sistematies ontleed. Hoewel kraniodentale aanwysers wyd gebruik word, het hul navorsing daarop gewys dat kraniodentale aanwysers se vermoë om genetiese verwantskappe te weerspieël beperk is, soos uit die lae korrelasie tussen fenotipiese en genetiese afstande blyk.

Mitochondriale DNS (mtDNS) word slegs van die moeder geërf. Elke paar generasies sluip 'n lukrake mutasie in hierdie familiële handtekening in. 'n Vergelyking van twee monsters van mtDNS behoort grade van verwantskap en voorouerlike oorsprong te toon. Om hierdie verwantskappe te ondersoek en interpreteer is kompleks; dus word daar slegs oppervlakkig na mtDNS in die onderwerp genetica en oorerflikheid in die *KABV: Lewenswetenskappe* gekyk (DBO, 2011c:57). mtDNS kan as 'n merker van keuse vir die rekonstruering van historiese patrone van bevolkingsdemografie, -vermenging, biogeografie en spesiasie gebruik word. Wetenskaplikes het egter gevind dat die deurdringende aard van direkte en indirekte seleksie op mtDNS enige gevolgtrekking wat daaruit afgelei word dubbelsinnig maak (Balloux, 2010:419; Galtier, Nabholz, Glémin & Hurst, 2009:4546; Hurst & Jiggins, 2005:1525; Pakendorf & Stoneking, 2005:165). Hurst en Jiggins (2005:1525) het 19 studies ondersoek, waarvan slegs twee mtDNS diversiteitspatrone getoon het wat met neutrale verwagtinge vir 'n onbesmette bevolking versoenbaar was. Die oorblywende 17 studies het gevalle getoon waar simbiose die mtDNS-diversiteit beïnvloed het, wat tot nie-neutrale patrone gelei het. Hurst en Jiggins (2005:1525) is van mening dat die deurdringende invloed van oorgeërfde simbiose op mtDNS-evolusie die gebruik daarvan as 'n betroubare merker in filogenetiese studies bemoeilik. In 'n oorsig van onlangse literatuur oor die gebruik van mtDNS as 'n aanwyser van molekulêre diversiteit het Galtier *et al.* (2009:4547) die volgende gevind: Hoewel mtDNS voorheen wyd in evolusionêre studies gebruik is, word die tradisionele aannames en eienskappe daarvan uitgedaag. Dit lei tot 'n herevaluering van die betroubaarheid en geskiktheid daarvan as 'n merker vir bevolkingsgenetica en filogenetica. Balloux (2010:420) wys daarop dat mtDNS waardevol vir forensiese ondersoeke en die rekonstruering van stambome is. 'n Enkele lokus wat waarskynlik onder seleksie is, is egter onvanpas vir bevolkingsafleidings op groot geografiese skale of oor lang tydperke in die konteks van historiese DNS-analises (Balloux, 2010:420).

Menslike evolusie is 'n voorbeeld van makro-evolusionêre prosesse wat op Darwin se historiese evolusieteorie gebaseer is en nie aan die hand van objektiewe empiriese waarnemings getoets kan word nie. Dit behels die geleidelike verandering van aapagtige voorouers na moderne mense (*Homo sapiens*) oor ongeveer ses miljoen jaar. Volgens Horn (2003:175) is die wydverspreide aanvaarding van Darwin se historiese evolusieteorie grootliks te danke aan die nie-teïstiese verduideliking van filiese variasie. Die algemene teorie van makro-evolusie bly egter spekulatief en het nie direkte eksperimentele ondersteuning nie. Die analise van sekere bewyse

van gemeenskaplike voorouers vir lewende hominiede wat die *KABV: Lewenswetenskappe* voorskryf, het aan die lig gebring dat die bewyse nie geldig vir die opstel van filogenetiese stambome is nie. 'n Rede hiervoor is omdat hierdie bewyse nie die evolusionêre geskiedenis van die spesie as geheel akkuraat weerspieël nie. Die inhoud wat onder die tema “Die evolusie van die mens” onderrig word, volg dus nie 'n wetenskaplike benadering tot evolusie nie, maar wel 'n evolusionistiese benadering.

5. Gevolgtrekking

Die onderrig van evolusie en evolusionisme binne die Suid-Afrikaanse Lewenswetenskappe-kurrikulum het beduidende implikasies vir die Christelike lewensvisie. Die studie het aan die lig gebring dat daar 'n duidelike onderskeid tussen die wetenskaplike teorie van evolusie en die geloofsoortuigings van evolusionisme gemaak moet word. Terwyl mikro-evolusie as 'n toetsbare en waarneembare verskynsel algemeen aanvaar word, is die onkritiese aanbieding van makro-evolusie as 'n historiese feit problematies vanuit 'n Christelike perspektief.

Dit is noodsaaklik dat onderwysers en kurrikulumontwikkelaars die grens tussen wetenskap en lewensvisie erken en respekteer. Deur evolusionisme as 'n feitelike waarheid voor te hou, kan 'n spanning by Christen-onderwysers skep wat probeer om Lewenswetenskappe vanuit 'n Christelike wêreldbeskouing te onderrig. Dit is noodsaaklik om studente nie in die duister oor die spekulatiewe aard van sekere aspekte van evolusie te hou nie. Voorts is dit ook nodig dat 'n meer gebalanseerde benadering gevolg word wat beide wetenskaplike feite en geloofsoortuigings in ag neem.

In die lig van hierdie bevindings word 'n heroorweging aanbeveel van hoe evolusie in die kurrikulum aangebied word. Hier is dit nodig om 'n doelbewuste poging aan te wend om die wetenskaplike aspekte daarvan duidelik van die filosofiese en geloofsoortuigings van evolusionisme te onderskei. Hierdie benadering sal nie net akademiese integriteit bevorder nie, maar ook die geloofspanning verminder en 'n meer inklusiewe en gebalanseerde onderrigomgewing vir alle leerders skep. Deur die erkenning van beide die wetenskaplike en Christelike perspektiewe kan 'n harmonieuse samelewing bevorder word waar wetenskap en geloof in samehang bestaan.

Bibliografie

- ABZHANOV, A. 2010. Darwin's Galápagos finches in modern biology. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365:1001-1007.
- BALLOUX, F. 2010. The worm in the fruit of the mitochondrial DNA tree. *Heredity*, 104:419-420.
- BOCK, W.J. 2007. Explanations in evolutionary theory. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 45(2):89-103.
- BRAUN, V. & CLARKE, V. 2021. One size fits all? What counts as quality practice in (reflexive) thematic analysis? *Qualitative Research in Psychology*, 18(3):328-352.
- CARD, K.J., LABAR, T., GOMEZ, J.B. & LENSKI, R.E. 2019. Historical contingency in the evolution of antibiotic resistance after decades of relaxed selection. *PLOS Biology*, 17(10):1-18.
- CHEN, Y., SHENKAR, N., NI, P., LIN, Y., LI, S. & ZHAN, A. 2018. Rapid microevolution during recent range expansion to harsh environments. *BMC Evolutionary Biology*, 18. <https://doi.org/10.1186/s12862-018-1311-1>
- COLLARD, M. & WOOD, B. 2000. How reliable are human phylogenetic hypotheses? *The Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 97(9):5003-5006.
- DAVENPORT, K.D., MILKS, K.J. & VAN TASSELL, R. 2015. Investigating tree thinking & ancestry with cladograms. *The American Biology Teacher*, 77(3):198-204.
- DEMPSTER, E.R. & HUGO, W. 2006. Introducing the concept of evolution into South African schools. *South African Journal of Science*, 102:106-112.
- DEPARTEMENT VAN BASIESE ONDERWYS (DBO). 2011a. *Kurrikulum-en assesseringsbeleidsverklaring (KABV): Natuurwetenskappe en Tegnologie; Graad 4-6*. <https://www.education.gov.za/Portals/0/CD/National%20Curriculum%20Statements%20and%20Vocational/CAPS%20IP%20%20AFR%20%20NATUURWETENSKAPPE%20EN%20TEGNOLOGIE%20GR%204-6%20%20WEB.pdf?ver=2015-01-27-161530-290> Datum van toegang: 1 Augustus 2024.
- DEPARTEMENT VAN BASIESE ONDERWYS (DBO). 2011b. *Kurrikulum-en assesseringsbeleidsverklaring (KABV): Natuurwetenskappe; Graad 7-9*. <https://www.education.gov.za/Portals/0/CD/National%20Curriculum%20Statements%20and%20Vocational/CAPS%20SP%20%20AFR%20%20NATURAL%20SCIENCE%20WEB.pdf?ver=2015-01-27-160305-580> Datum van toegang: 1 Augustus 2024.

DEPARTEMENT VAN BASIESE ONDERWYS (DBO). 2011c. *Kurrikulum-en assesseringsbeleidsverklaring (KABV): Lewenswetenskappe; Graad 10-12*. <https://www.education.gov.za/Portals/0/CD/National%20Curriculum%20Statements%20and%20Vocational/CAPS%20FET%20LIFE%20SCIENCES%20%20web.pdf?ver=2015-01-27-154840-313> Datum van toegang: 1 Augustus 2024.

FREEMAN, S. & HERRON, J.C. 2007. *Evolutionary analysis* (Vol. 834). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

GALTIER, N., NABHOLZ, B., GLÉMIN, S. & HURST, G.D.D. 2009. Mitochondrial DNA as a marker of molecular diversity: A reappraisal. *Molecular Ecology*, 18:4541-4550.

GLAZE, A.L. & GOLDSTON, J. 2015. U.S. science teaching and learning of evolution: A critical review of the literature 2000–2014. *Science Education*, 99(3):500-518.

GRANT, B.R. & GRANT, P.R. 2003. What Darwin's finches can teach us about the evolutionary origin and regulation of biodiversity. *BioScience*, 53(10):965-975.

GREGORY, T.R. 2009. Understanding natural selection: Essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and outreach*, 2:156-175.

HAGEN, J. 2012. Five kingdoms, more or less: Robert Whittaker and the broad classification of organisms. *BioScience*, 62(1):67-74.

HORN, I.H. 2003. Reflecting on the philosophical implications of evolution. *Koers*, 68(2&3):171-189.

HURST, G.D.D. & JIGGINS, F.M. 2005. Problems with mitochondrial DNA as a marker in population, phylogeographic and phylogenetic studies: The effects of inherited symbionts. *Proceedings of the Royal Society B*, 272:1525-1534

KAHAN, D.M. 2015. Climate-science communication and the measurement problem. *Advances in political psychology*, 36(1). 10.1111/pops.12244

KNIGHT, D.M. 2000. Taxonomy: Part VIII; Section 83. In: Ferngren, G.B., Larson, E.J., Amundsen, D.W. & Nakhla, A.E. (Reds.). *The history of science and religion in the Western tradition: An encyclopedia*. New York, NY: Garland Publishing Inc. pp. 511-516.

KNIGHT, G.R. 2006. *Philosophy & education. An introduction in Christian perspective*. Berrien Springs, MI: Andrews University Press.

LITTLE, B.A. 1997. Christian education, worldviews, and postmodernity's challenge. *Journal of the Evangelical Theological Society*, 40(3):433-444.

- MARAIS, P. 2013. Reflections on the nature and social implications of the theory of evolution. *Tydskrif vir Christelike Wetenskap*, 49(4):27-46.
- MAREE, K. 2022. *First steps in research 3*. 3rd ed. Pretoria: Van Schaik.
- MEIR, E., PERRY, J., HERRON, J.C. & KINGSOLVER, J. 2007. College students' misconceptions about evolutionary trees. *The American Biology Teacher*, 69(7):71-76.
- MORRISON, D.A. 2013. Tree thinking: An introduction to phylogenetic biology – David A. Baum and Stacey D. Smith. *Systematic Biology*, 62(4):634-637.
- MPETA, M., DE VILLIERS, J.J.R. & FRASER, W.J. 2015. Secondary school learners' response to the teaching of evolution in Limpopo province, South Africa. *Journal of Biological Education*, 49(2):150-164.
- NADELSON, L.S. & SOUTHERLAND, S.A. 2010. Development and preliminary evaluation of the measure of understanding of macroevolution: Introducing the MUM. *The Journal of Experimental Education*, 78:151-190.
- NAIDOO, K. 2023. *Lewenswetenskappe: Graad 12-handboek*. Pretoria: Departement van Basiese Onderwys.
- NOLLER, H. 2013. Carl Woese (1928-2012): Discoverer of life's third domain, the Archaea. *Nature*, 493:610.
- NOVICK, L.R., SCHREIBER, E.G. & CATLEY, K.M. 2014. Deconstructing evolution education: The relationship between micro- and macroevolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(6):759-788.
- PAKENDORF, B. & STONEKING, M. 2005. Mitochondrial DNA and human evolution. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 6:165-183.
- PHILLIPS, B.C., NOVICK, L.R., CATLEY, K.M. & FUNK, D.J. 2012. Teaching tree thinking to college students: It's not as easy as you think. *Evolution: Education and Outreach*, 5(4):595-602.
- POBINER, B. 2016. Accepting, understanding, teaching, and learning (human) evolution: Obstacles and opportunities. *Yearbook of Physical Anthropology*, 157:232-274.
- RANA, F. 2019. *Evolution of antibiotic resistance makes the case for a creator*. <https://reasons.org/explore/blogs/the-cells-design/evolution-of-antibiotic-resistance-makes-the-case-for-a-creator> Date of access: 1 August 2024.

- RATHMANN, H., PERRETTI, S., PORCU, V., HANIHARA, T., SCOTT, G.R., IRISH, J.D., REYES-CENTENO, H., GHIROTTI, S. & HARVATI, K. 2023. Inferring human neutral genetic variation from craniodental phenotypes. *PNAS Nexus*, 2(7). <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad217>
- RINGENBERG, W.C. 2006. *The Christian college: A history of Protestant higher education in America*. 2nd ed. Grand Rapids, MI. Baker Academic.
- ROOS, J.M. 2012. Measuring science or religion? A measurement analysis of the National Science Foundation sponsored science literacy scale 2006-2010. *Public Understanding of Science*, 23:797-813.
- VAN GENDEREN, J. & VELEMA, W.H. 1992. *Beknopte Gereformeerde dogmatiek*. Kampen: J.H. Kok.
- VON CRAMON-TAUBADEL, N. 2014. The microevolution of modern human cranial variation: Implications for hominin and primate evolution. *Annals of Human Biology*, 41(4):323-335.