UPPSALA
UNIVERSITET

En myra som inte finns?

Problem med de biologiska begreppen *liv*, *art* och *kön*.

Emil Andersson

Independent Project in Biology
Självständigt arbete i biologi, 15 hp, vårterminen 2017
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

En myra som inte finns? Problem med de biologiska begreppen *liv*, *art* och *kön*.

Emil Andersson

Självständigt arbete i biologi 2017

Sammandrag

Trots att begreppen *liv, art* och *kön* är grundläggande inom biologin saknar de enhetliga definitioner. En strikt tillämpning av de varierande definitioner som finns får i många fall till effekt att exempel vi instinktivt skulle klassificera som levande/döda, en specifik art, och honor/hanar, istället hamnar i andra kategorier. I denna artikel görs en genomgång av ett antal sådana exempel med ett särskilt fokus på myrors reproduktionssystem. Vidare ges exempel på vetenskapliga problem relaterade till avsaknaden av enhetliga definitioner. Ett antal föreslagna lösningar på problemen presenteras och utifrån dessa argumenterar jag för att *liv, art* och *kön* inte kan betraktas som vetenskapliga begrepp utan istället är *folkliga koncept*. Inom forskningen bör man därför skapa nya begrepp som tydligt beskriver faktiskt existerande fenomen i naturen utan att göra anspråk på att täcka in hela bredden i de folkliga koncepten.

Inledning

Tydligt definierade begrepp är en förutsättning för en funktionell kommunikation, ändå verkar många grundläggande biologiska begrepp sakna enhetlig definition. Det kan i sig själv anses märkligt och dessutom borde det förorsaka en del problem för biologin som vetenskap. Föreställ dig att du under en vistelse på iberiska halvön fångat insekten som avbildas i figur 1. Enligt bestämningslitteraturen är det en myrhane av arten *Cataglyphis hispanica* (Emery 1906). En djupare undersökning av dessa myrors speciella populationsstruktur ger dock anledning att ifrågasätta slutsatsen. I *hispanica*-samhällen sker nämligen reproduktionen av nya drottningar helt klonalt, drottningen i stacken skapar nya drottningar i form av genetiska kopior. Hanarna parar sig med drottningar, men äggen som befruktas utvecklas bara till sterila arbetare. Det finns dessutom två genetiskt skilda grupper inom *Cataglyphis hispanica* och drottningarna parar sig bara med hanarna från den motsatta gruppen. De sterila arbetarna som produceras är alltså en slags hybrider mellan de två grupperna (Schwander & Keller 2012, Leniaud *et al.* 2012). Enligt De Queiroz (2007) definition är *arter* utvecklingslinjer av självständigt evolverande metapopulationer, vilket borde betyda att eftersom de två olika genetiska grupperna inom *C. hispanica* aldrig blandar sina utvecklingslinjer är de två olika arter. Man skulle till och med kunna hävda att varje enskild klonalt reproducerande drottning är en egen art. Vi kan inte längre säga vilken art den infångade myran tillhör. Om vi vidare utgår från den definition av *kön* som Parker (2004) presenterar, vilken handlar om de gamettyper som måste sammansmälta för att skapa fertila individer, så skapar förvisso vår myra spermier som sammansmälter med ägg, men det blir inga fertila avkommor. Vi kan nu inte heller säga att myran har det kön vi först trodde. Enligt en definition som Joyce (1995) presenterar är *liv* ett självuppehållande kemiskt system som kan genomgå darwinistisk evolution, och då är vår myra inte ens ett exempel på liv. Den har inget sätt att föra sina gener vidare bortom de sterila hybridarbetarna och

Figur 1. Montage föreställande infångad hane av *Cataglyphis hispanica*.

därmed genomgå evolution (Leniaud *et al.* 2012). Det här exemplet påvisar vilka märkliga utfall ett strikt tillämpande av vissa definitioner kan få, men i denna översiktsartikel kommer jag även undersöka om definitionerna skapar problem för biologin annat än som kuriös semantik. Ernst Mayrs (1981, i Mix 2015) beskrivning, att ett av biologins största problem är den förvirring som uppstår när forskare i kommunikation med varandra använder samma ord på olika sätt, ger mig anledning att tro att sådana problem finns. Av olika tänkbara begrepp har jag valt att avgränsa mig till *liv*, *art* och *kön*, då jag ser tydliga kopplingar mellan dessa tre: biologin försöker dela in alla *levande* organismer i olika *arter* och artgränserna definieras utifrån olika reproduktionssystem där *kön* har en viktig funktion (Samadi & Barberousse 2006). Mina frågeställningar är därför: Varför saknar begreppen *liv*, *art* och *kön* enhetliga definitioner? Vilka problem orsakar detta och vilka lösningar har föreslagits?

Problem och lösningar

Vi inleder med en kort introduktion av olika definitioner för begreppen *art*, *kön* och *liv*, följt av exempel på olika fenomen som utmanar dessa definitioner. Därefter följer några exempel på hur forskningen drabbas av olika problem på grund av definitionerna. Slutligen presenteras några olika analyser och lösningar som framförts för att komma till rätta med problematiken. Ett särskilt fokus riktas mot myror då deras varierande reproduktionssystem belyser de tre begreppen på ett intressant sätt.

Begreppen *liv*, *art* och *kön*

För vart och ett av de tre utvalda begreppen *liv*, *art* och *kön* har en mängd olika definitioner presenterats. Exempelvis gör Mayden (1997) en genomgång av 24 olika artbegrepp och Bains (2014) räknar upp 28 kriterier som använts i olika definitioner av liv. Ett urval finns presenterade i tabell 1. Vissa gemensamma drag kan urskiljas för de olika begreppen. Definitioner av *liv* kretsar kring att en organism ombesörjer upprätthållandet av sin egen struktur. Antingen genom metabolism då organismen konsumerar energi för att undvika entropi, eller också genom reproduktion, då informationen som ligger till grund för organismens struktur kopieras och förs vidare. Definitioner av *art* kan ofta kopplas till hur reproduktiv isolation påverkar evolutionen. Dels kan det vara utgångspunkten för definitionen då man menar att individer identifieras som tillhörande samma art om de kan föröka sig tillsammans. Dels kan definitionen relatera till effekterna av isolationen, då individerna i en grupp som evolverar avskilt blir mer genetiskt och morfologiskt lika varandra än individer utanför gruppen. Definitioner av *kön* utgår ofta från storleksskillnader mellan könsceller (gameter). Att producera två olika storlekar av gameter kallas *anisogami* och är det vanliga systemet bland flercelliga organismer. Gameterna kan bara sammansmälta med en gamet av motsatt storlek. Stora könsceller benämns ägg och individer som producerar dem är *honor*, medan små könsceller benämns spermier och individer som producerar dem är *hanar* (tabell 1).

Fenomen som utmanar begreppen

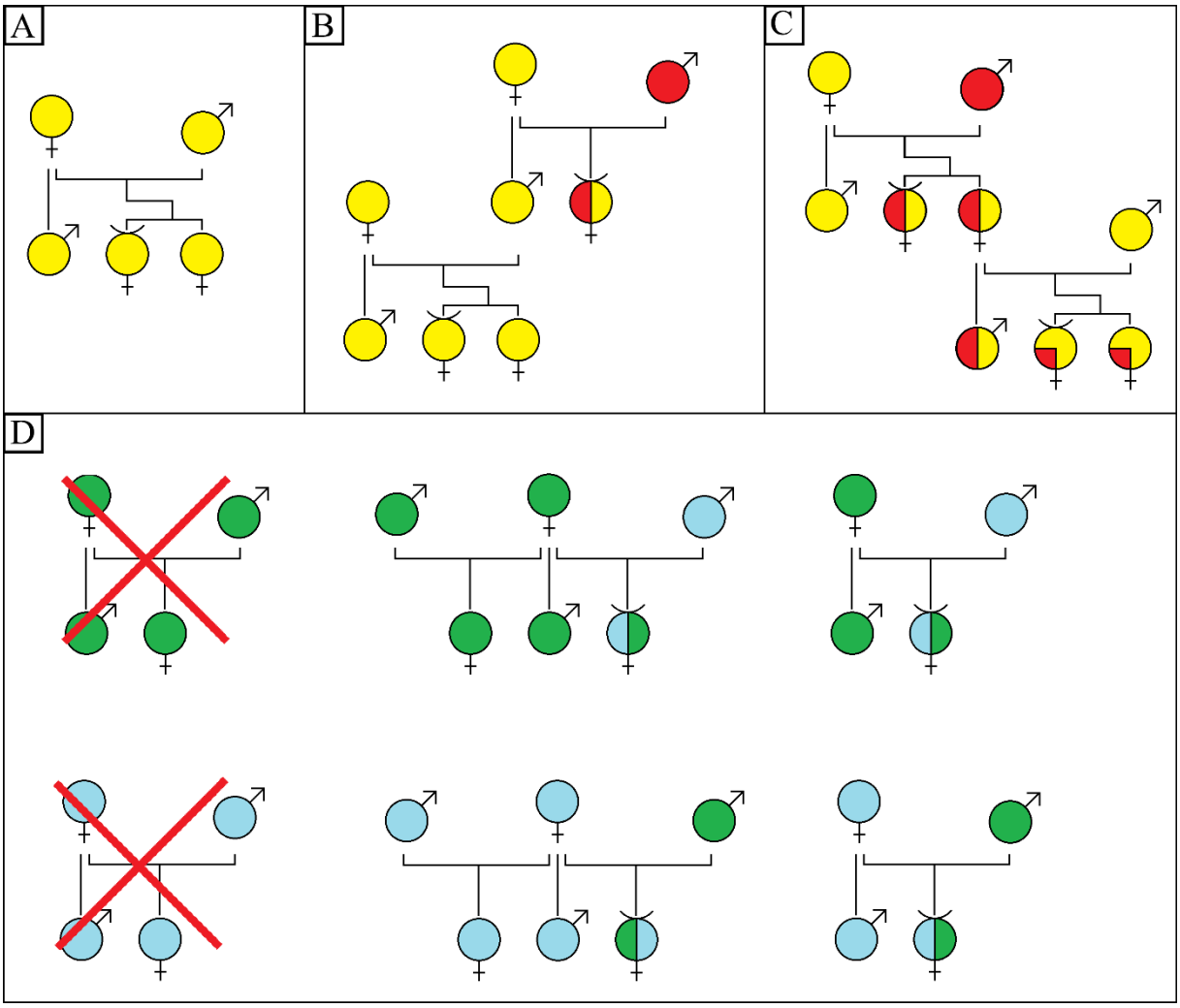
Könsbestämningsystem

Mekanismerna som bestämmer och kontrollerar vilken gametproduktion en organism är förmögen till varierar mellan olika organismgrupper, exempel inkluderar temperatur, ålder, könskromosomer med mera (Bachtrog *et al.* 2014). Myror har ett könsbestämingssystem som kallas *haplodiploditet*. Systemet finns hos steklar (Hymenoptera) där myrorna ingår, men även hos trips (Thysanoptera) och utspritt bland olika taxa inom diverse evertebratgrupper (van der Kooi & Schwander 2014, Bachtrog *et al.* 2014). I systemet utvecklas hanar från obefruktade ägg och är alltså *haploida* med en enkel kromosomuppsättning. Honor har istället en dubbel (*diploid*) kromosomuppsättning och utvecklas vanligtvis från befruktade ägg (Miyakawa & Mikheyev 2015) (figur 2a). Myror har oftast flera olika *kaster* inom sina

Tabell 1. Exempel på olika definitioner av *art*, *liv* och *kön*. Utgångspunkter och definitioner är sammamanfattningar utifrån vad som framkommer i källorna.

Utgångspunkt	Definition	Källa
Liv		
Metabolism	Liv karaktäriseras av metabolism, vilket är en process där en struktur upprätthålls från entropi genom konsumtion. Exempelvis när ett djur får energi genom att äta.	Bedau 1996, se även Machery 2012
Evolution	De entiteter som uppvisar förökning, ärftlighet och variation, och därför genomgår evolution genom naturlig selektion, är levande.	Bedau 1996, se även Machery 2012
Självorganisering	Självorganisering är den mest fundamental egenskapen hos levande organismer.	Goodwin 1990, se även Boden 1999 och Machery 2012
Kombination av ovanstående	Liv är ett självuppehållande kemiskt system som kan genomgå Darwinistisk evolution.	Joyce 1993
Art		
Biologisk isolatorisk avgränsning	En art utgörs av en grupp populationer som är reproduktivt isolerade från andra populationer.	Mayden 1997
Ekologisk avgränsning	En art är en eller flera närstående utvecklingslinjer som finns i en speciell miljö och därför evolverar oberoende av arter utanför den avgränsade miljön.	Mayden 1997
Genetisk avgränsning	En art är den största grupp som delar samma genpol.	Mayden 1997
Morfologisk avgränsning	En art är den minsta grupp som går att urskilja från andra grupper baserat på morfologiska kännetecken.	Mayden 1997
Kön		
Gamettyper	Inom varje art finns lika många olika kön som det finns gamet-typer.	Parker 2004
Binär rekombination	Det finns *två* kön eftersom genetiskt material från *två* föräldrar blandas och bildar en avkomma.	Parker 2004
Binär isogami	Det finns *två* kön: de som producerar små respektive stora könsceller (hanar: spermier (små), honor: ägg (stora)).	Ah-King 2011, Bachtrog m.fl. 2014
Demografiska kön	Antalet kön är det minsta antal olika gameter som är oumbärliga för artens överlevnad.	Parker 2004

samhällen. Könsdjur kallas de hanar och honor som vanligen har vingar och under svärmning flyger iväg från kolonierna för att para sig. Hanarna är kortlivade och dör efter parningen. Parade honliga könsdjur kallas drottningar, de kan bli mycket långlivade men parar sig inte på nytt och lagrar därför spermierna från svärmningen i ett särskilt organ. Drottningarna producerar nya könsdjur men också arbetare – honor som inte parar sig. De sköter om kolonin och kan variera stort i storlek och morfologi. Om ett befruktat ägg ska utvecklas till en drottning eller arbetare bestäms i allmänhet av olika miljöfaktorer, så som vilken föda larverna får eller om de övervintras. Arbetarna benämns alltså som sterila *honor* eftersom de har likadan diploid kromosomuppsättning som drottningarna (Hölldobler & Wilson 1990, Feldhaar *et al.* 2008). Men enligt definitionen av hona som en individ som producerar stora gameter så borde rimligtvis inte arbetarmyror kunna anses vara honor, särskilt inte i de arter där arbetarna helt saknar äggstockar. I andra myrarter har dock arbetare äggstockar och kan lägga egna obefruktade ägg som då kan utvecklas till hanar (Hölldobler & Wilson 1990). Det finns dessutom vissa arter som har speciella reproduktionssystem, vilket vi nu kommer fördjupa oss i.



Figur 2. Olika parningssystem hos myror. A) Det vanliga haplodiploida parningssystemet, hanar produceras från obefruktade ägg, arbetare och drottningar från befruktade ägg. B) Vid hybridisering kan drottningen välja att enbart producera arbetare och hanar. C) Om nya drottningar produceras vid hybridisering kan ett genflöde ske mellan arterna. D) Bilderna (efter Parker 2004) visar att eftersom arbetare bara produceras vid hybridisering (kolonier överlever inte utan arbetare) kräver hela systemet fyra olika typer av könsdjur.

Klonal reproduktion
En myrart som avviker från det vanliga reproduktionssystemet är *Pristomyrmex punctatus*. Hos dessa myror har man inte hittat några drottningar, och bara sällsynt hanar. Istället är det arbetarna som står för reproduktionen, men inte genom att para sig med de ovanliga hanarna, utan genom klonal reproduktion (Dobata *et al.* 2009). Frågan uppkommer då om kolonier från olika utvecklingslinjer bör betraktas som egna arter? Jämförelser kan göras med andra klonala exempel. Klonala organismer är sällan uteslutande asexuellt reproducerande, utan det rör sig snarare om att sexuell reproduktion är mycket ovanlig. Denna sällsynta reproduktion innebär dock att utvecklingslinjerna med jämna mellanrum binds ihop i samma genetiska nätverk och därmed samma art (Samadi & Barberousse 2006, Fontaneto *et al.* 2007). Klonala arter är oftast även evolutionärt unga, vilket tyder på att de dör ut istället för att bilda nya arter. Detta antas bero på att de saknar genetisk diversitet som möjliggör anpassning till miljöförändringar och att de ansamlar skadliga mutationer (Quattro *et al.* 1992, Fontaneto *et al.* 2007). Det finns dock undantag, i en studie från 2007 undersöker Fontaneto *et al.* släktskap inom Bdelloidea, en grupp hjuldjur (Rotifiera) som förökar sig klonalt. Gruppen bedöms ha uppkommit för 100 miljoner år sedan och redan ursprungligen varit asexuellt förökande. Trots detta fann man att nutida existerande bdelloider grupperar i tydliga genetiska och morfologiska grupper, som alltså bör ha genomgått evolutionär utveckling separat från varandra, artikelförfattarna frågar sig utifrån detta ifall man bör dela upp bdelloiderna i olika arter och vart man isåfall ska dra gränserna (Fontaneto *et al.* 2007). Klonal reproduktion blir helt enkelt ett problem för artbegreppet när artgränserna bygger på förmågan att producera avkomma tillsammans (Samadi & Barberousse 2006). Mycket riktigt menar Dobata m.fl. (2009) att definitionen av artgränser inom arter så som *P. punctatus* blir en semantisk fråga.

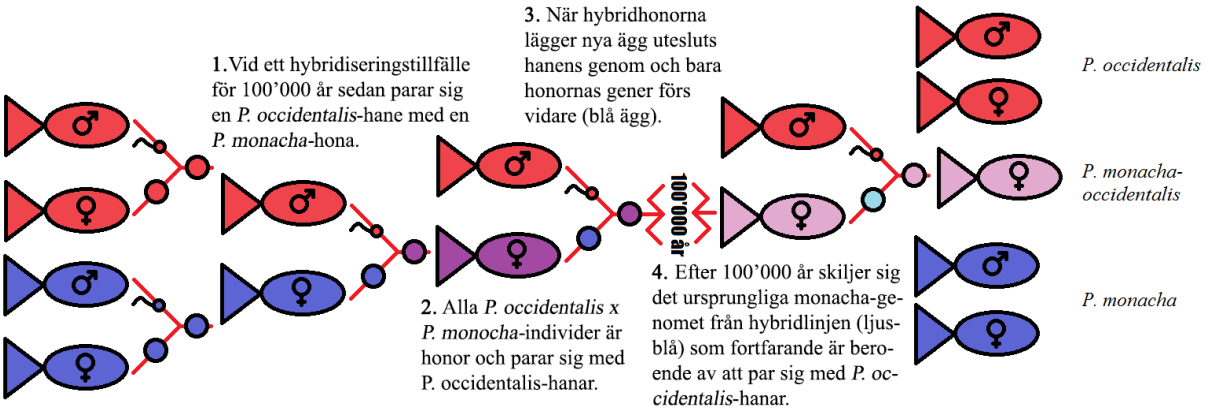
Unisexualitet, isogami och parningstyper.
En relaterad fråga är om en klonalt reproducerande art kan sägas ha ett kön. *Ooceraea biroi* är en annan klonal myrart. Dess samhällen består likt *P. punctatus* av en arbetarkast som helt själva ombesörjer reproduktionen, man har inte hittat några hanar alls. Dock beskrivs *biroi*-arbetarna som honor (Teseo *et al.* 2014). Detta är inget unikt, många klonala arter beskrivs som unisexuella och bestående av enbart honor (exempelvis olika ödlor (Menezes *et al.* 2004, Cole *et al.* 2016) och en fisk (Quattro *et al.* 1992)). Men utifrån en definition av *honor* som de individer som skapar större könsceller än *hanar* bör de egentligen betraktas som könlösa. Vidare finns det många arter som reproducerar sig sexuellt där det bara finns en storlek på könscellerna. Tillståndet kallas isogami, det är det vanligaste parningssystemet bland encelliga organismer, och det förekommer även hos många svampar. I isogama system behöver gameterna ofta också hitta en annan gamettyp än sin egen för att kunna sammansmälta. Men istället för att skiljs på storleken, skiljs de olika gamettyperna åt genom allelvariation på speciella könslocus. Gameter med identiska alleler på dessa locus kan inte sammansmälta. Eftersom det kan finnas flera sådana locus och multipla allelvarianter för varje sådant loci, finns det teoretiskt sett ingen gräns för hur många olika gamettyper som kan finnas (Bachtrog *et al.* 2014). En sällan tillämpad definition är att varje sådan gamettyp är ett eget kön (Parker 2004). Den definitionen ger flera tusen olika kön i vissa arter, så som svampen *Corpinus cinereus*. På grund av detta pratar man därför istället om *parningstyper* inom isogama parningssystem och kategoriserar gamettyperna med bokstäver eller som *plus* och *minus* om det bara är två olika (Parker 2004, Bachtrog *et al.* 2014). En intressant art i sammanhanget är bananflugan *Drosophila hydei* som producerar gameter som benämns *spermier* men som är lika stora som äggen. Trots detta omnämns individerna i denna art som hanar och honor (Bressac *et al.* 1994, Ah-King 2011). Flera exempel påvisar alltså att uppdelningen i *hanar* eller *honor* i praktiken är godtycklig och inte avhängig gametstorlek.

Hybridisering
Myrdrottningar parar sig bara en gång, eller ett fåtal gånger under en kort tid. Man skulle

därför kunna förvänta sig att myror vore noggranna i sina partnerval, en ofördelaktig parning blir ett livslångt misstag. Ett sådant misstag skulle kunna vara att para sig med en individ av en annan art, då flera undersökningar visar att drottningar av hybridursprung ofta har låg fitness eller är helt sterila. Ändå visar undersökningar att myror ofta hybridiserar (Feldhaar *et al.* 2008). En möjlig förklaring är att drottningar kan välja att bara producera könsdjur från obefruktade ägg, vilket resulterar i att inga hybriddrottningar produceras, utan enbart hanar (figur 2b). Eftersom parningen bara sker under svärmning kan en hane av en annan art vara bättre än ingen hane alls. En oparad drottning kan inte ens starta en ny koloni. Förloraren blir istället hanen, hans gener förs inte vidare alls utan stannar vid de sterila arbetarna. Därför kallas detta fenomen ibland för sperma-parasitism (Umphrey 2006, Feldhaar *et al.* 2008). Ett fall där hybridisering har en ännu tydligare fördel finns i en nordamerikansk hybridzon mellan två skördemyror: *Pogonomyrmex maricopa* och *P. occidentalis*. Den första arten, *P. maricopa*, är anpassade till varmare och torrare habitat, medan *P. occidentalis* föredrar våtare och kallare miljöer. Drottningarna bland dessa skördemyror parar sig i regel med många hanar under svärmningen. I hybridzonen parar sig därför honorna med hanar av både sin egen art och den andra arten. Drottningarna producerar sedan främst arbetare som är hybrider men nya drottningar och hanar som tillhör den egna arten. De hybrida arbetarna har en stor fördel – de klarar av miljöer som är ett mellanting av de torra och våta, där ingen av föräldrararterna klarar sig särskilt väl (Anderson *et al.* 2008). En annan grupp myror där hybridisering är vanlig är *Formica rufa*-gruppen. Goropashnaya *et al.* (2004) visade i en genetisk studie att hybriderna korsar sig med föräldrararterna och det därmed pågår ett genflöde mellan de olika arterna (Goropashnaya *et al.* 2004) (figur 2c). Ett artbegrepp som bygger på att en population evolverar självständigt genom att vara reproduktivt isolerad, borde medföra att fertil mellanartshybridisering per definition inte kan förekomma och det istället handlar om en enda art (Mayden 1997, Samadi & Barberousse 2006). Goropashnaya *et al.* argumenterar dock för att man bör upprätthålla den taxonomiska indelningen i olika arter inom *rufa*-gruppen eftersom de skiljer sig morfologiskt, socialt och populationsmässigt. Samadi och Barberousse (2006) menar å andra sidan att likande synsätt leder till inkonsekventa artuppdelningar.

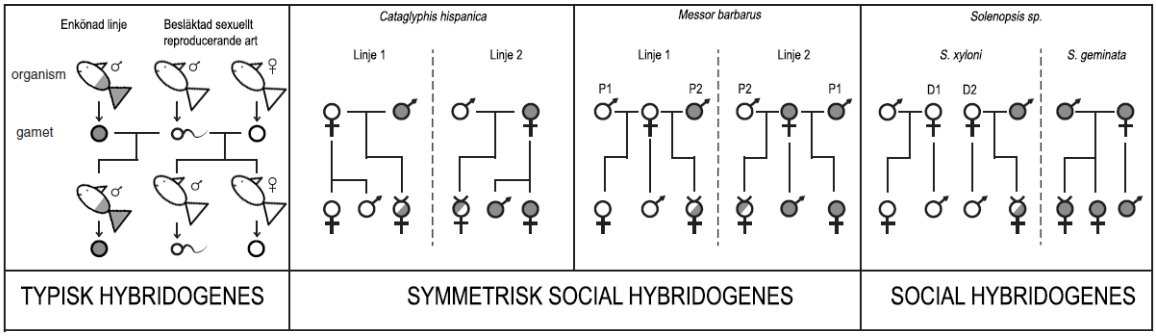
Hybridogenes

Hybridogenes är ett reproduktionssystem där hybridisering sker mellan två olika taxa och ger upphov till hetrozygota individer, men när individerna formar sina könsceller utesluts den ena förälderns del av genomet (se figur 3 för ett exempel). Könscellen för därmed bara vidare den ena förälderns gener och linjen reproducerar sig på så sätt i praktiken klonalt trots att individernas somatiska celler är hetrozygota (Leniaud *et al.* 2012, Lehtonen *et al.* 2013, Schwander & Oldroyd 2016).



Figur 3. Hybridogenes. *Poeciliopsis monacha—occidentalis* är en fisk som fortplantar sig med hybridogenes, några linjer bildades för 100'000 år sedan (Quattro *et al.* 1992).

Bland myror finns ett fenomen som återkommer inom flera vitt åtskilda grupper och kallas *social hybridogenes*. Där ger systematisk hybridiseringarna mellan olika taxa upphov till den sterila arbetarkasten, medan drottningar och hanar produceras utan hybridisering. Eftersom myror reproducerar sig på koloninivå beskrivs hela kolonin som en enda superorganism där arbetarna motsvarar somatiska celler och könsdjuren motsvarar könsceller (Parker 2004, Leniaud *et al.* 2012). Det finns flera olika varianter av social hybridogenes (figur 4). Dels finns det arter där hybridiseringen sker med en art som har en egen sexuell reproduktion, så är fallet med vissa populationer av eldmyran *Solenopsis xyloni*. Det är en art som har flera drottningar i varje koloni, i de populationer som reproducerar sig med social hybridogenes parar sig några drottningar med *S. xyloni*-hanar, medan andra parar sig med hanar från den närbesläktade arten *Solenopsis geminata.* Drottningarna som hybridiserat lägger sedan ägg som utvecklas till arbetare, medan drottningarna som parat sig inom arten lägger ägg som ger upphov till nya drottningar. *S. geminata*-hanarna får ingen reproduktiv utdelning av parningen och därför anses *S. xyloni* vara en sperma-parasit på *S. geminata* (Helms Cahan & Vinson 2003). En annan variant exemplifieras av den sydeuropeiska skördemyran *Messor barbarus.* Inom denna art finns två skilda genetiska linjer som hybridiserar med varandra för att producera arbetare men parar sig inom sin egen linje för att producera nya drottningar. Eftersom varje koloni av *M. barbarus* bara har en drottning måste drottningarna således para sig minst två gånger – dels med en hane av den egna linjen och dels med en hane av den andra linjen. Detta system kallas symmetrisk social hybridogenes då båda de inblandade linjer använder hanar från den andra linjen för att producera arbetare (Norman *et al.* 2016). En annan variant av symmetrisk social hybridogenes återfinns hos *Cataglyphis hispanica* (figur 1 och 4), här produceras arbetare genom hybridisering mellan två olika linjer, medan drottningar produceras genom klonal reproduktion (Darras & Aron 2015) Under alla varianter av social hybridogenes produceras hanar som vanligt från obefruktade ägg (Helms Cahan & Vinson 2003, Darras & Aron 2015, Norman *et al.* 2016). Hybridogenes ger anledning att ifrågasätta många av de vanliga antagandena om kön och art. Är de olika linjerna inom *M. barbarus* och *C. hispanica* verkligen samma art? Är *C. hispanica*-honorna som reproducerar sig klonalt *honor*? Är hanarna som inte producerar någon fertil avkomma alls *hanar*?



Figur 4. Olika hybridogenes-system. Det hanliga genomet utesluts från den reproduktiva linjen. Modifierad från Leniaud m.fl. 2012.

Liv/ickeliv eller levande/död?

Vi har sett flera exempel ovan på hur hanar och arbetare bland myror inte själva har möjlighet att producera fertil avkomma. Med en definition som kräver att en entitet ska ha förmågan att genomgå evolution för att anses vara liv (se tabell 1) borde de därmed inte betraktas som levande. När det gäller arbetarkasterna kan detta resonemang motsägas med hänvisning till släktskapsselektion – eftersom arbetarna delar gener med sina mödrar och i än större utsträckning med sina systrar kan de påverka sin egen fitness genom att hjälpa sin drottning att producera nya honliga könsdjur och därmed se till att sina egna gener sprids. På så sätt deltar arbetarna de facto i evolutionen, vilket också visar sig i form av olika konflikter kring reproduktion mellan arbetare och mellan arbetarna och drottningen (Hölldobler & Wilson

1990). I många av de taxa vi sett där hanar parar sig med en hona som sedan bara använder deras spermier till att producera arbetare hade de också chansen att para sig med en hona av sin egen art eller linje som skulle producerat nya könsdjur med deras sperma (Helms Cahan & Vinson 2003, Helms Cahan *et al.* 2004, Anderson *et al.* 2008, Norman *et al.* 2016). De kan då sägas ha *förmågan* att delta i evolutionen och bara ha misslyckats i de enskilda fallen, precis som vilken organism som helst som aldrig lyckas producera avkomma innan sin död. Hos *Pristomyrmex punctatus* och *Cataglyphis hispanica* är dock situationen annorlunda, här finns inga observationer av att hanar producerar fertil avkomma (Dobata *et al.* 2009, Darras & Aron 2015). *P. punctatus*-hanarna verkar över huvud taget inte para sig och framstår mest som en evolutionär restprodukt, medan *C. hispanica*-hanar bara bidrar till produktionen av arbetare, då drottningarna producerar alla könsdjur klonalt. En möjlighet är att hanar ändå ibland producerar fertila avkommor, men att det är så ovanligt att det ännu inte upptäckts. Faktum kvarstår dock, utifrån det nuvarande kunskapsläget om dessa arter deltar inte hanarna i evolutionen och är inte liv med en evolutionär definition. Samma sak gäller för infertila hybrider i andra organismgrupper, så som mulor (Cleland & Chyba 2002). Om vi ändå anser att mulor och *P. punctatus*-hanar borde betraktas som exempel på *liv* är kravet på förmåga till evolution för snävt. Definitioner av liv som istället fokuserar på att en entitet upprätthåller sig själv genom att ha en metabolism eller på andra sätt självorganiserar sig ger dock definitioner som kan anses som för breda, då de inte kan göra en avgränsning mot fenomen som virvelsystem, eld, kristaller och andra speciella kemiska reaktioner (Machery 2012, Mix 2015). Ytterligare definition som istället utgår från att släktskap, att allt nuvarande och historiskt liv på jorden kan förenas i ett släktträd, är liv istället *resultatet* av evolutionen (Samadi & Barberousse 2006, Mix 2015). Problemet med en sådan definition är att man då inte kan göra en skillnad mellan en myra som springer omkring i naturen och en myra som ligger konserverad i alkohol på ett museum. Skillnaden mellan liv och icke-liv är alltså en annan än skillnaden mellan levande och död (Mix 2015).

Skilda hanliga och honliga linjer

Ytterligare ett fascinerande reproduktionssystem återfinns hos vissa populationer av den lilla eldmyran *Wasmannia auropunctata.* Här producerar drottningarna nya drottningar genom att klona sig själva, arbetare produceras sexuellt efter befruktning, men hanar produceras som kloner av sina fäder (Fournier *et al.* 2005). Man känner inte till den exakta mekanismen bakom att hanar produceras som kloner av sina fäder, men det har föreslagits att det antingen sker genom att drottningen producerar tomma ägg utan cellkärna, eller att hennes genom elimineras efter befruktningen (Fournier *et al.* 2005, Schwander & Oldroyd 2016). Om nu både hanar och honor av den lilla eldmyran reproducerar sig klonalt utgör de i praktiken två från varandra skilda utvecklingslinjer, och Queller (2005) föreslår därför att de borde betecknas som helt olika arter, där den ena arten enbart består av honor (drottningar) och den andra arten enbart består av hanar och den sexuellt producerade arbetarkasten är hybrider mellan de båda. Tidigare påtalade problem med definitionerna av kön och art går här igen, en art med bara honor eller bara hanar är en självmotsägelse då könen i grunden är definierade i förhållande till varandra.

Fler än två kön?

Hos nordamerikanska skördemyror av släktet *Pogonomyrmex* förekommer två system med symmetrisk social hybridogenes likt det hos *Messor barbarus* (figur 4). Komplexet är ett resultat av hybridisering mellan två olika arter med sexuell reproduktion – *P. rugosus* och *P. barbatus*. Eftersom det är oklart hur man ska klassificera systemen använder man inte artnamn utan refererar till dem som system H (med linjerna H1 och H2) som mest liknar *P. rugosu* och system J (med linjerna J1 och J2) som främst liknar *P. barbatus* (Helms Cahan *et al.* 2004, Parker 2004, Helms Cahan *et al.* 2006). Man kan föreställa sig hur systemen hade sitt ursprung i en hybridiseringszon likt den mellan *Pogonomyrmex*-arterna som tidigare

beskrevs (under rubriken *Hybridisering*) – och att selektion för att producera hybridarbetare och icke-hybrida könsdjur sedan lett till att förmågan att producera arbetare utan att hybridisera helt förloras (Anderson *et al.* 2008). Det har då uppstått ett genetiskt kastbestämningssystem, istället för det vanliga miljömässiga. Inom H systemet måste en H1-hona para sig med både en H1-hane och en H2-hane för att kunna producera alla olika typer av avkomma. Parar hon sig bara med H2-hanar kan hon inte längre producera nya drottningar, bara arbetare och hanar. En sådan koloni får alltså en minskad fitness. Parar hon sig bara med H1-hanar kan hon å andra sidan inte producera arbetare och kommer därför över huvud taget inte kunna bilda någon ny koloni. Till sin helhet kräver H-systemet H1-hanar, H1-honor, H2-hanar och H2-honor för att inte kollapsa (figur 2d). Eftersom systemet behöver fyra olika typer av individer för att upprätthållas har Parker (2004) föreslagit att dessa ska betraktas som fyra olika kön inom komplexet.

Forskning som får problem med definitionerna

Artigenkänning

Mendelson m.fl. argumenterar i en rad artiklar (Mendelson & Shaw 2012, Mendelson & Shaw 2013, Mendelson 2015) för att forskare borde överge det länge använda begreppet *artigenkänning* (”species recognition”) – alltså organismers förmåga att känna igen artfränder. Ett av argumenten som framförs är att det saknas en tydlig definition av vad en art är. *Artigenkänning* används som synonym till partnerigenkänning, men artbegreppet så som det används bygger inte på vad som är en bra partern (Mendelson 2015). Hybridiseringar mellan taxonomiskt benämnda arter kan tvärt om vara adaptiva menar Mendelson (2015) vilket vi också sett exempel på tidigare i texten (under rubrikerna *Hybridisering* och *Hybridogenes*).

Konektivitetsstudier

Konektivitetsstudier, där man mäter hur mycket genetisk spridning som sker mellan olika populationer, gör att man kan identifiera isolerade populationer som behöver bevakas eller skyddas, att man kan utforma lämpliga naturreservat, bedöma effekterna av olika sorters exploatering, med mera. Pante *et al.* (2015) påvisar i en genomgång hur uppskattningar av konektivitet mellan populationer är beroende av korrekta avgränsningar mellan evolutionära enheter så som meta-populationer och arter, och tar en tidigare studie (Weersing & Toonen 2009) som exempel. I studien gjorde Weersing & Toonen en metaanalys av huruvida det finns en generell korrelation mellan PLD (pelagic laval duration – *hur lång tid olika arter tillbringar i ett pelagisk larvstadie*) och F_{ST} (ett mått på genetisk differentiering mellan populationer) med hypotesen att ju längre tid arter spenderade i det pelagiska larvstadiet, ju större spridning skulle de ha, och ju mindre skillnad skulle det vara mellan olika subpopulationer. Studien hittade dock bara ett mycket svagt sådant samband. Pante *et al.* påvisade att ett starkare samband kan finnas men döljs av att olika evolutionära enheter inte har separerats tillräckligt väl. I vissa fall saknas data för att göra en korrekt separation, men i andra fall är det skiftande artindelningar utifrån samma data som orsakar problemen (Pante *et al.* 2015).

Forskning om livets uppkomst och utomjordiskt liv

Machery (2012) lyfter fram ett antal biologiska forskningsfält som fokuserar på att hitta nya exempel på liv. För dessa är en definition av liv nödvändig för att kunna utvärdera sina resultat. Astrobiologi fokuserar på liv utanför jorden, forskning om livets uppkomst försöker skapa nytt liv i laboratorier eller identifiera historiska tecken på liv, och forskning om artificiellt liv undersöker om man kan skapa datorprogram och robotar med eget liv (Boden 1999, Cleland & Chyba 2002, Machery 2012, Mix 2015). Utan enhetlig definition blir det följaktligen svårt att avgöra när ett försök i ett laboratorium övergår från att vara avancerade kemiska reaktioner till att faktiskt vara levande (Machery 2012) eller vilka tecken man ska fokusera på att avläsa vid utforskning av andra planeter (Cleland & Chyba 2002).

Felaktiga antaganden om kön
Epelman *et al.* (2005) skriver att uppdelningen i kön efter spermier/ägg är något vi gör utan att tänka på det. Vidare beskrivs att vi förknippar de olika könen med olika beteenden, som t.ex. att hanar är risktagande och att de omvända kopplingarna av dessa beteendemönster är ovanliga. Ah-King & Ahnesjö (2013) menar att uppdelningar av beteenden i *könsroller* och *omvända könsroller* är kontraproduktiv då den bland annat inte speglar de gradvisa övergångar som finns hos olika organismer. Begreppen skapar också förvirring i biologers kommunikation med övriga samhället eftersom *könsroller* bland människor har andra betydelser (Ah-King & Ahnesjö 2013). Utifrån att man associerar olika karaktärsdrag med olika kön så som Epelman (2005) beskriver riskerar forskare att både förbise olika fenomen och att göra felaktiga antaganden (Ah-King & Nylin 2010). Darwins beskrivning av hanar som aktiva och honor som passiva lever exempelvis kvar (se Epelman *et al.* 2005, Ah-King & Nylin 2010) och i vissa fall gör det att forskare letare efter bevis på att så är fallet snarare än undersöker ett fenomen utifrån en noll-hypotes. Så förklarades bland annat hanar använda sig av väldigt subtila uttryck för dominanshierarkier medan honor ägnade sig åt meningslösa aggressioner i en studie av tallskrikor (*Gymnorhinus cyanocephalus*). Forskarna verkade över huvud taget inte ha övervägt möjligheten att honorna var de som stred om reviren (Ah-King & Nylin 2010).

Föreslagna lösningar
Liv
Det finns ingen koncensus för definitionen av *liv*, och de olika definitionerna som finns brottas alla med olika problem (Machery 2012, Mix 2015). Machery (2012) gör en genomgång av olika försök att definiera liv och menar att de som lägger fram olika definitioner av livsbegreppet antingen: a) betraktar *liv* som ett *folkligt koncept* (”folk concept”) vars essens de försöker fånga med sina definitioner, eller b) betraktar *liv* som ett *strikt vetenskapligt koncept* och försöker skapa en definition som är så stringent och empirisk som möjligt.

Liv är ett ord som används i vårt vardagliga språk och alltså ett *folkligt koncept*. Problemet med att skapa en definition av liv utifrån att försöka hitta kärnan i det folkliga konceptet är att konceptet inte bygger på en tydlig definition. När vi ska avgöra om något vi stöter på är levande eller dött förlitar sig inte våra hjärnor på en definition. Det är inte heller så att alla de saker som vi instinktivt uppfattar som levande kan beskrivas av en enhetlig definition. Att hitta en enhetlig definition utifrån folkliga koncept är därför omöjligt (Machery 2012). Problemet för de som istället framhäver *liv* som ett *strikt vetenskapligt koncept* är att sådana definitioner kan göras på många olika sätt, och när förespråkarna argumenterar för sitt eget begrepp gör de ofta det genom att ändå hänvisa till det *folkliga konceptet*. Koncept bedöms genom att man tar exempel på entiteter som vi instinktivt skulle kalla levande eller döda och visar att de utifrån konceptet hamnar i den motsatta kategorin. Detta är inte en slump, just på grund av att liv är ett etablerat folkligt koncept blir en definition som inte försöker göra någon koppling till det vardagliga språket egentligen inte en definition av *liv* utan av något annat. Dessutom kommer olika forskare producera definitioner utifrån vilka tillämpningar det kan ha i deras egna forskningsfält och det finns inget objektivt sätt att avgöra vilken av dessa skilda definitioner som är bäst. Att göra strikt vetenskapliga definitioner av *liv* är därför inte nödvändigtvis omöjligt, men däremot meningslöst. Machery menar alltså att det antingen är omöjligt eller meningslöst att definiera liv, och drar följaktligen slutsatsen att man borde sluta försöka hitta en definition.

Mix (2015) erkänner svårigheterna som Machery beskriver men försvarar ändå försöken att hitta definitioner. I linje med Cleland & Chyba (2002) framhåller Mix att liv eventuellt inte är

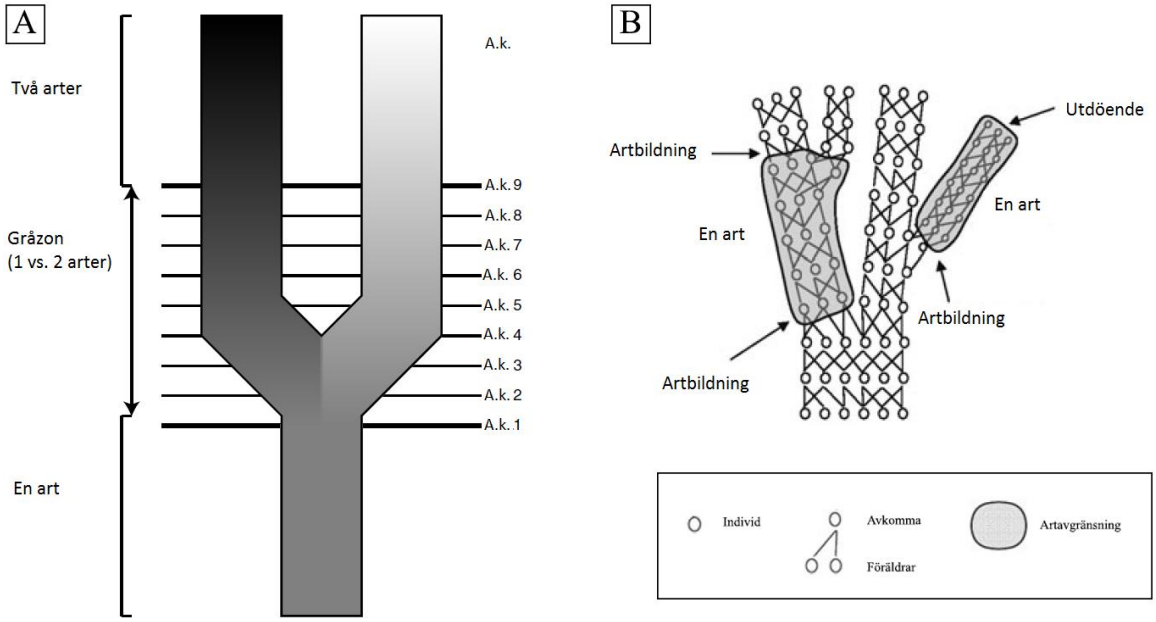
en naturlig kategori – det kanske inte finns en tydlig gräns mellan död materia och organismer, utan kan istället röra sig om en gradvis övergång. Ändå kan en definition av liv visa sig vara användbar, bara vi är tydliga med vad vi kommunicerar när vi talar om liv. Mix lösning är därför att istället för att göra generella uttalanden om liv skapa nya tydligt definierade begrepp. *Woseliv* åsyftar utgångspunkten att alla organismer på jorden stammar från ett gemensamt ursprung, *Woseliv* innefattar alltså alla organismer som någonsin ingått i samma släktträd på jorden. Däremot ingår inte en teoretisk utomjordisk organism som vi skulle kunna hitta under rymdutforskning. *Darwinliv* syftar å andra sidan på evolution genom naturlig selektion – allting som har genomgått detta är att betrakta som *Darwinliv*, det gäller även exempelvis olika datorprogram i en simulering. *Haldaneliv* syftar slutligen på allting som upprätthåller sig själv genom metabolism. Detta inkluderar således inte bara olika grenar från släktträdet på jorden, utan även till exempel stjärnor. Till skillnad från de två tidigare begreppen möjliggör det också en skillnad mellan något som *lever* och något som har *levt men nu är dött* (Mix 2015).

Art

Trots att *art* är ett grundläggande begrepp i biologin, och trots att de moderna biologiska disciplinerna erkänner en gemensam evolutionsteori, har det länge saknats konsensus kring vad som menas med en *art* (Mayden 1997, Samadi & Barberousse 2006, Fontaneto *et al.* 2007, De Queiroz 2007, Pante *et al.* 2015). Denna otydlighet kan spåras till att en art existerar under lång tid och genom många individer, till skillnad mot exempel på andra grundläggande enheter så som *celler* eller *organismer*. Därför kan i allmänhet inte en *art* i sin helhet betraktas av enskild mänsklig observatör på samma sätt som man kan observera en *cell* eller en *organism* (De Queiroz 2007). Otydligheten hänger också samman med att många av de artnamn vi använder idag etablerades redan innan evolutionsteorin var allmänt accepterad. De klassiska artbegreppen brottas också med flera problem, bland annat kring hur man ska betrakta hybridiseringar och asexuellt reproducerande organismer (Samadi & Barberousse 2006), vilket vi också sett exempel på i denna text (under rubriken *Organismer som utmanar begreppen*).

De Queiroz (2007) presenterade *det förenade artbegreppet* (”unified species concept”) som en lösning på den utdragna debatten om definitionen av *art*. Han menar att problemen i diskussionen om vilket artbegrepp som egentligen är bäst i stor utsträckning hör ihop med att man blandat ihop två olika frågor. Den ena frågan rör *art* som koncept och den andra frågan berör hur man ska urskilja gränserna mellan olika arter och identifiera vilken art olika individer tillhör. Utifrån det faktum att olika artbegrepp ger olika indelningar av arter har man menat att de olika begreppen motsäger varandra. Vilket artbegrepp som förordats av olika forskare har också kunnat kopplas till hur användbart det är inom deras egna forskningsfält. Molekylärbiologer föredrar artbegrepp som innefattar genetiska skillnader, medan paleontologer oftare föredrar artbegrepp som tar hänsyn till morfologiska skillnader, och etologer ser hellre till artbegrepp som beaktar parningsbeteenden och så vidare. De Queiroz vänder på resonemanget och tar fasta på vad han menar att alla olika artbegrepp har gemensamt: de försöker identifiera *segment av självständigt evolverande utvecklingslinjer av metapopulationer* (”species are (segments of) separatly evolving metapopulation linages” - De Quieroz 2007). Med en *metapopulation* menas alla subpopulationer som har ett genetiskt utbyte med varandra, även om alla subpopulationer inte har ett direkt utbyte med varandra ingår de i samma kedja eller nätverk. Med en *utvecklingslinje* menas serien av föräldrar och avkommor, vilket ger metapopulationen en tidslig dimension, alltså inte bara en rumslig utan även en historisk utsträckning. Med *segment* syftar De Quieroz på att en utvecklingslinje över tid kan utvecklas från att vara en art till att bli en ny art. Med dessa avgränsningar blir den inringade gruppen som kallas *art* också *självständigt evolverande* – inga gener tillförs gruppen från andra populationer. Faktorer som mutationer, selektion och genetisk drift verkar

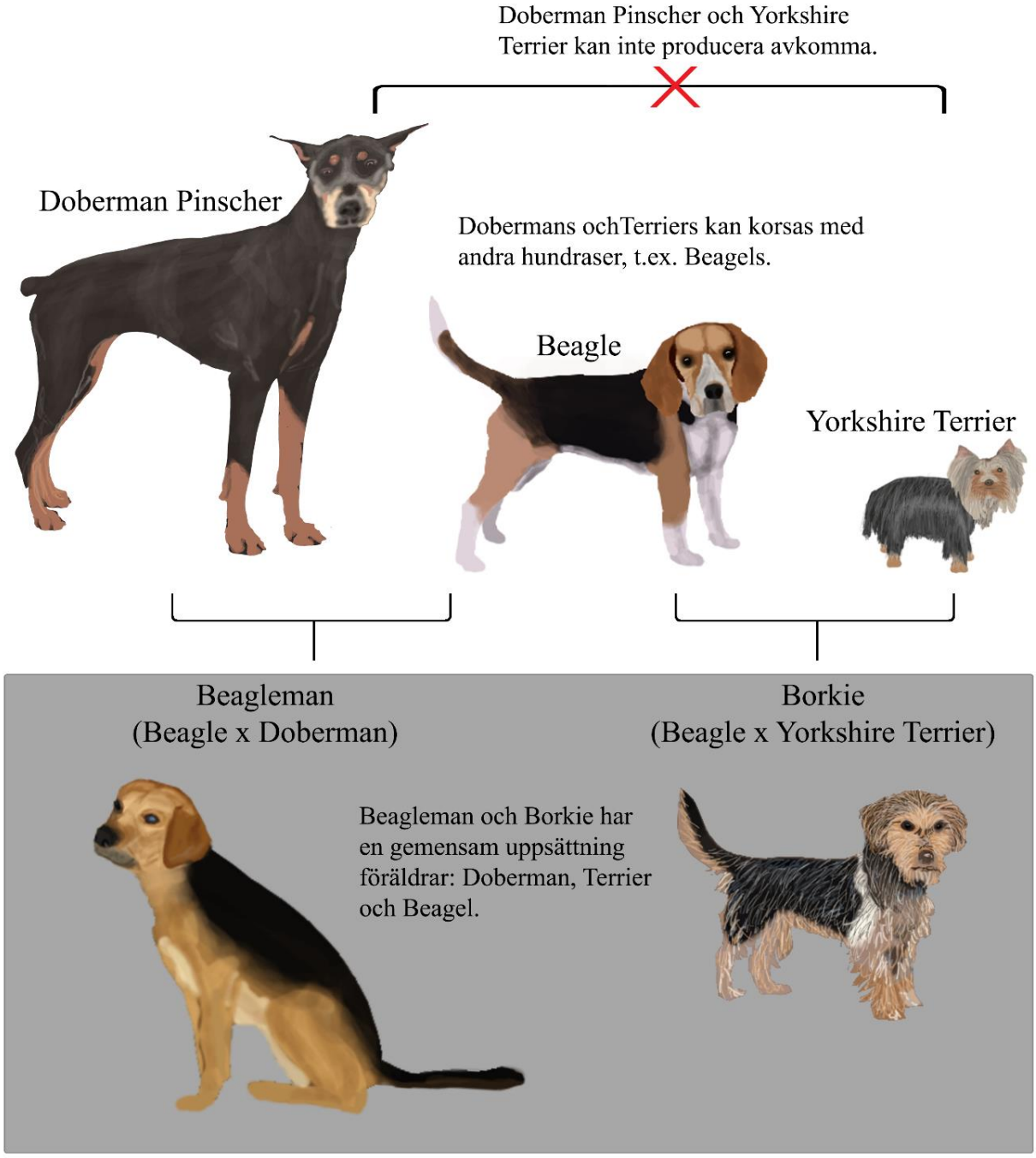
bara på den genpol som finns representerad inom metapopulationens utvecklingslinje. Om två populationer skiljs från varandra så kommer dessa olika faktorer med tiden skapa fler och fler urskiljande särdrag hos populationerna och tillslut kommer skillnaden i dessa *särskiljande karaktärer* göra att populationerna inte längre kan ingå i samma metapopulation även om de skulle sammanföras igen – det sker alltså en artbildning. Det är också här som den andra halvan av den klassiska diskussionen om artbegrepp återaktualiseras. De olika artbegreppen, menar De Quieroz, syftar till att med olika metoder *identifiera* arter genom att kartlägga *särskiljande karaktärer* så som skillnader i morfologi, beteende, gener, med mera. Inom olika organismgrupper kommer sådana karaktärer ansamlas i olika ordning, takt och grad, därför ger de olika artbegreppen också olika svar på när vi kan betrakta olika populationer som olika arter. Vad man därför borde göra är att istället betrakta de kriterier som de olika artbegreppen tar fasta på som olika bevis på att en *metapopulation* är en *separat evolverande utvecklingslinje*. Man har alltså en enda definition av vad en art är, men många olika sätt att hitta bevis för att en population kan räknas som en sådan art. Vad händer då när två olika bevis motsäger varandra? I en organismgrupp kanske två populationer separeras främst på grund av olikheter i beteenden innan de ändrar morfologi, medan det är tvärt om i en annan organismgrupp. Detta fenomen innebär enligt De Quieroz att populationerna befinner sig i en *gråzon* under artbildningen. Före populationerna går in i gråzonen är alla överens om att de är del av en och samma art. Efter populationerna kommit förbi gråzonen är alla överens om att de är två olika arter (se figur 5a). Denna typ av meningsskiljaktigheter kommer att kvarstå, men det som skiljer sig är inte uppfattningar om vad en art är, utan ifall man tycker bevisen för att den enskilda populationen är en egen art är starka nog eller inte. En annan möjlig tillämpning av de tidigare artkoncepten är att de kan behållas som underkategorier av arter som är tillämpbara utifrån vad man undersöker – man kan prata om en *ekologisk art* eller en *morfologisk art* utan att göra anspråk på att dessa är faktiska *arter* (De Queiroz 2007).



Figur 5. Artindelningar. A) Före gråzonen är alla överens om en indelning i en art, efter i två arter, men gränsdragningen beror på vilket artkriterium (A.k.) man använder. Modifierad från De Queiroz (2007). B) En artindelning som undviker gråzonen. Modifierad från Samadi & Barberousse (2006).

Samadi och Barberousse (2009, 2015) menar att uppdelningen som De Queiroz gör i *artkoncept* respektive *kriterier* för att känna igen en art numera är vitt accepterat bland biologer. Samtidigt argumenterar de för en annan definition av artkonceptet som ger en mer precis definition av en art och undviker De Queiroz arbildningsgråzon (se figur 5b). Samadi och Barberousse menar att evolutionsteorin visar att alla levande organismer på jorden har ett gemensamt ursprung och därför kan kopplas ihop i ett dendrogram. Detta liknas ofta vid ett

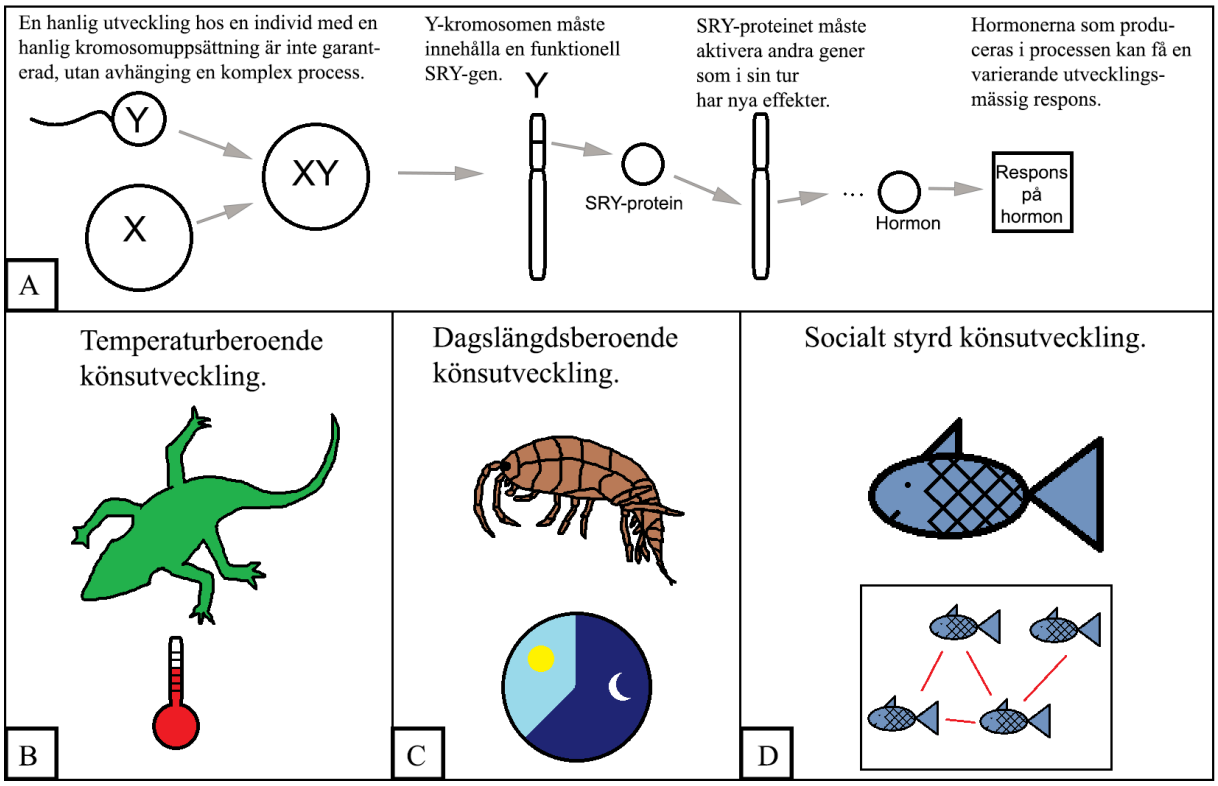
evolutionärt träd och enligt Samadi och Barberousse (2006) är en *art* i sin helhet en bit av en gren på detta släktträd som sträcker sig *från* en punkt där en gren delar sig i två (en artbildning), och fram antingen *till* en ny sådan artbildningsklyka *eller* till grenens spets - ett utdöende (Samadi och Barberousse 2006). En levande population tillhör arten som håller på att framskrida mot en delning eller ett utdöende men ännu inte är färdig. Det som länkar ihop organismer med varandra i dendrogramet är att avkommorna från en generation har en gemensam grupp föräldrar i den föregående generationen (se figur 6). Att identifiera en art i praktiken är precis som hos De Queiroz en annan fråga än att definiera arter teoretiskt. Samadi & Barberousse menar att vi bör betrakta det man gör när man beskriver och namnger en art (alfa-taxonomi) som att man formulerar en hypotes om hur strukturen i släktträdet ser ut. Dessa hypoteser kan sedan testas utifrån de indikationer som olika traditionella artkoncept bygger på (Samadi & Barberousse 2006, se även Pante m. fl 2015).



Figur 6. Även om en Doberman och en Terrier inte kan producera avkomma förbinds de till en och samma art eftersom de båda ingår i nästa generations uppsättning föräldrar.

Kön

Problemen kring definitionerna av *kön* verkar inte i första hand ligga i att det finns många konkurrerande definitioner som forskarvärlden har svårt att enas i. Snarare rör det sig om att det inte finns en konsekvent tillämpning av de tillgängliga definitionerna och man utgår från andra saker än definitionen av *kön* när man tillämpar könsbestämning i praktiken. Exempelvis relaterar beskrivningarna av individer som *honor* i klonala och isogama arter inte alls till teoretiska beskrivningar av vad kön är, utan verkar ta det honliga könet för givet baserat på andra karaktärer än de som enligt teorin är definierande (se Menezes *et al.* 2004, Ah-King 2011, Cole *et al.* 2016). Man extrapolerar ibland indelningen i två kön till att förvänta sig skillnader inom arten utefter just en skarp binär delning vad gäller exempelvis morfologi och beteende, när det istället ofta rör sig om gradvisa övergångar eller andra kategorier än kön (Ah-King & Nylin 2010, Ah-King & Ahnesjö 2013).



Figur 7. Plasticitet vid könsbestämning. A) I system med könskromosomer är könsutvecklingen avhängig en intern plastisk respons på könskromosomen (Ah-King och Nylin 2010). I många andra system beror könsutvecklingen på miljöfaktorer, så som temperatur hos bl.a. många reptiler (B), dagslängd hos vissa märlkräftor (C), och sociala interaktioner hos några fiskarter (D) (Bachtrog et al. 2014).

Ah-King och Nylin (2010) använder det jag kallar binär isogami som definition av *kön* (tabell 1). De föreslår att vi inte betraktar kön och egenskaper kopplade till ett kön som någonting statiskt. Istället menar de att *kön* kan ses som en *reaktionsnorm* (Ah-King & Nylin 2010). Ah-King och Ahnesjö (2013) föreslår vidare att man slutar använda koncepten *könsroller* och *inverterade könsroller* och istället använder funktionella beskrivningar av systemen som observeras (Ah-King & Ahnesjö 2013). En *reaktionsnorm* innebär att samma gener kan ge upphov till olika fenotyper under olika omständigheter. För kön innebär detta till att börja med att könsbestämningssystemen inte är statiska. Alla de system som bestämmer vilket kön som en individ utvecklas till är i grunden plastiska, vissa i mindre (figur 7a) och andra i större utsträckning (figur 7b-d). Könsbestämingssystemen utvecklas även evolutionärt, vilka faktorer som avgör huruvida en individ producerar ägg eller spermier kan alltså förändras genom selektion och genetisk drift (Ah-King & Nylin 2010, Bachtrog *et al.* 2014). När det kommer till skillnader mellan könen som uppkommer efter att könet blivit anlagt så är det

egenskaper som alltid kommer vara plastiska i någon grad enligt Ah-King & Nylin (2010). Därför kan vi inte förvänta oss att sådana könsskillnader alltid kommer passa in i tydliga kategorier, även om de ofta är tydligt statistiskt associerade med ett visst kön. Ah-King & Nylin tar upp exempel där både hanar och honor har honliga och hanliga morfologi eller intersexuella individer som över huvud taget inte tydligt kan placeras i ett kön (Ah-King & Nylin 2010).

Med utgångspunkt i skördemyrorna med hybridogenes vi tidigare behandlat (under rubriken *Fler än två kön?)* diskuterar Parker (2004) frågan om hur *kön* kan definieras från en annorlunda vinkel. Snarare än att se till hur kön kan *identifieras* beskriver han vilken funktion kön har utifrån olika definitioner. Den definition han beskriver som vanligast är att det genetiska materialet från två olika kön blandas vid parning, vilket ligger ganska nära att identifiera skillnaden mellan två könen utifrån de två olika typerna av gameter som blandas vid parning (jämför *binär isogami* och *binär rekombination* tabell 1). Men utifrån skördemyrorna menar Parker att man lika gärna kan definiera kön så som det antal olika gamettyper som måste finnas i en population för att den inte ska dö ut. Med denna definition kommer han fram till att alla organismer med olika kön han känner till har två kön, utom just skördemyrorna i fråga som istället har fyra (Parker 2004).

Diskussion

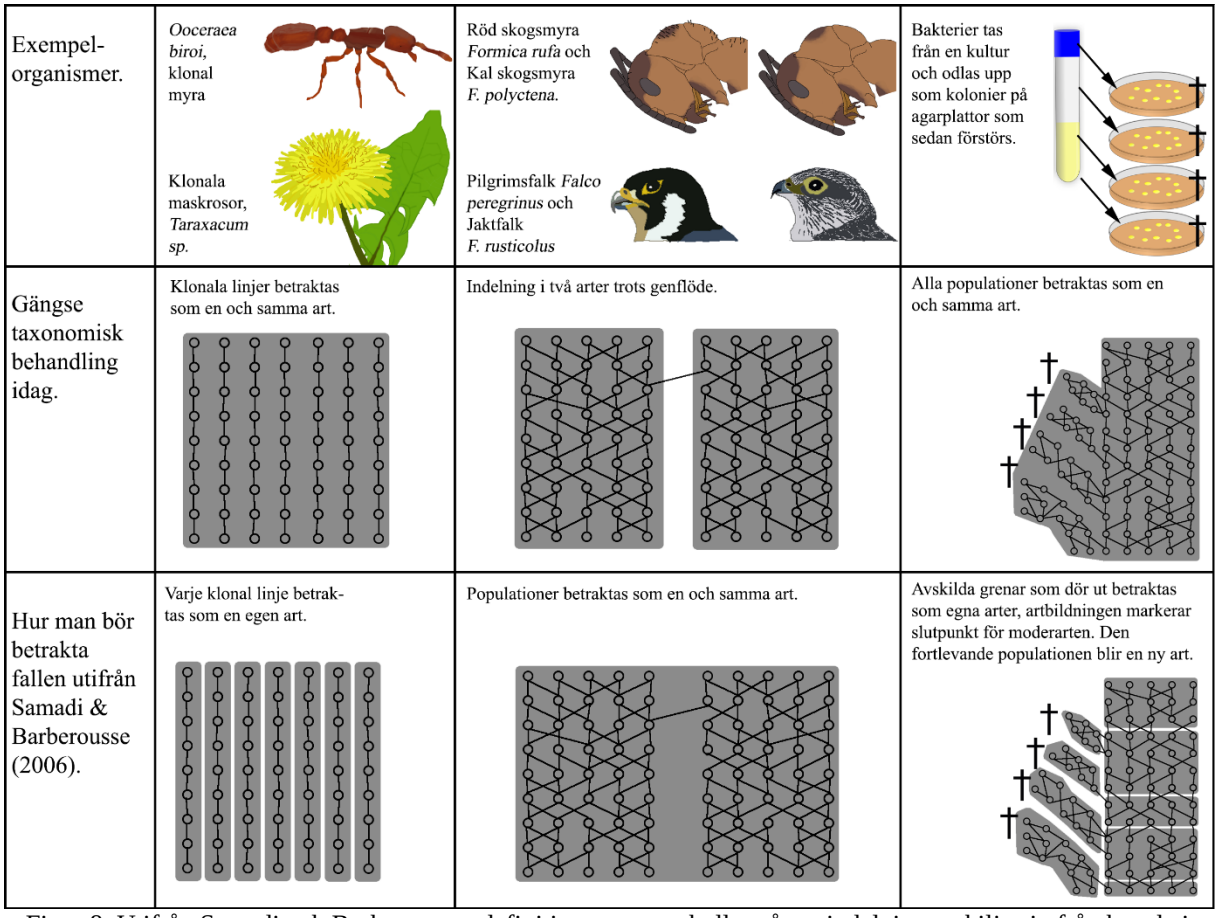
Som jag ser det måste en uppgift för vetenskapen vara att beskriva verkliga fenomen på ett så bra och tydligt sätt som möjligt. Som jag försökt lyfta fram i den här artikeln brottas flera av de klassiska definitionerna med problem som minskar möjligheten att göra just det. Jag tror att det dels hänger ihop med skillnaden på det som Machery (2012) beskriver som *folkliga koncept* och *vetenskapliga begrepp.* Dels med det De Queiroz (2007) beskriver som skillnaden på å ena sidan *definitioner* av olika kategorier och å andra sidan *kriterier för att identifiera* dessa kategorier. Jag tror att lösningen ligger i att separera de vetenskapliga begreppen från de folkliga koncepten, och sedan ge dem en tydlig definition som är skild från kriterierna för att identifiera dem i praktiken.

Liv

När det gäller *liv* tror jag Machery (2012) har rätt i att det inte går att hitta en entydig definition av liv, men det räcker inte med att konstatera detta, utan man får som Mix (2015) istället skapa nya begrepp för att beskriva de fenomen som man faktiskt observerar. Mix föreslår tre sådana begrepp: *Woseliv, Darwinliv* och *Haldaneliv,* men öppnar också för att man skapar ytterligare andra. I likhet med hur De Queiroz presenterar artbegrepp tror jag att man måste göra skillnad på dessa definitioner av liv och på de praktiska kriterierna för att identifiera liv.

Art

När det gäller *art* tror jag att De Queiroz (2007) gör rätt i att separera definitionen och identifikationskriterierna – frågan om vad en art är behöver inte vara densamma som hur man känner igen en art. Jag tror dock att Samadi & Barberousses (2006) mer precisa definition av art är bättre. Den ger också tydliga svar på hur man bör betrakta olika teoretiskt utmanande situationer. I vissa fall skiljer sig dessa svar ganska väsentligt från hittillsvarande artuppdelningar (se figur 8). Exempelvis skapas minst två nya arter så fort någon dödar en bakteriekultur i en petriskål som tillväxt under några generationer, eftersom utdöda isolerade populationer betraktas som egna arter, och varje artbildning markerar slutpunkten för moderarten, vilket gör den kvarlevande populationen till en ny art (figur 8). Samtidigt gör Samadi och Barberousse en skillnad mellan den teoretiska definitionen av en art och namngivning av arter, man behöver inte namnge alla de arter som enligt teorin faktiskt funnits



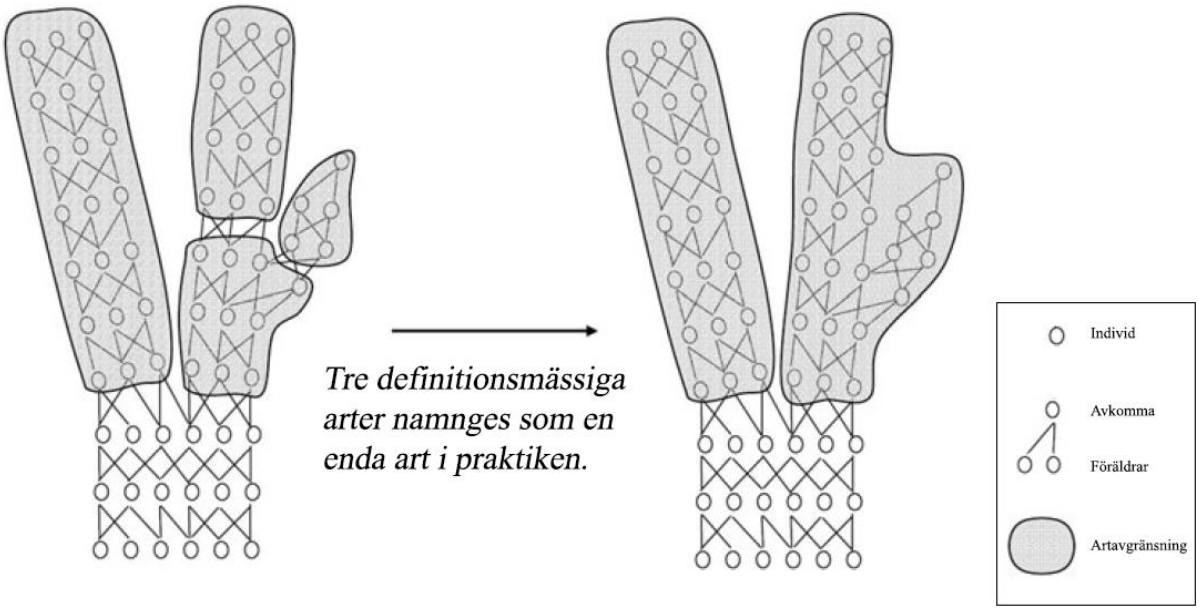
Figur 8. Utifrån Samadi och Barberousses definition av arter skulle många indelningar skilja sig från hur de i allmänhet betraktas idag (Svensson & Grant 2004, Samadi & Barberousse 2006).

(se figur 9). Det är ointressant att namnge arter som dött ut efter få generationer eller att döpa om arterna dessa kom från. Petriskåls-exemplet får ingen praktisk inverkan på taxonomers vardagsarbete (Samadi & Barberousse 2006). Denna uppdelning tycker jag påminner om Macherys (2012) uppdelningen i *folkliga koncept* och *vetenskapliga begrepp*. När Samadi & Barberousse beskriver artbildningen i petriskålen är det en tydlig beskrivning av vad som händer, men det är samtidigt långt ifrån hur de flesta människor förstår begreppet *art*, så varför ska man då fortsätta kalla de just *artbildning*? Samadi & Barberousse påpekar själva att indelningen i olika arter härstammar från ett typologiskt tänkande som föregick Darwin (Samadi & Barberousse 2006) så det förefaller logiskt att art som ett *folkligt koncept* inte passar ihop med evolutionsteorin. Genom att följa samma logik som för *liv* kan vi alltså frångå definitionen av *art* och istället tillämpa ett nytt begrepp som får överta den definition Samadi & Barberousse beskrivit. Utifrån att deras definition försöker fånga vad som faktiskt händer i den evolutionära processen skulle man exempelvis kunna kalla det för *evolart*. För att testa hypoteser om hur populationer kan delas in i sådana *evolarter* kan man tillämpa de olika praktiska kriterier som beskrivits av De Queiroz (2007) och Pante et al. (2015).

Kön

När det gäller *kön* så har jag inte på samma sätt som för *liv* och *art* hittat exempel på debatter kring hur begreppet ska definieras. Trots det finns det flera olika definitioner av kön (Parker 2004, Ah-King & Nylin 2010, Ainsworth 2015), och det är dessutom tydligt att ytterligare andra kriterier tillämpas när man i praktiken kategoriserar en individ som hane eller hona. Även här tror jag problemen grundläggs i en skillnad på det *folkliga konceptet* och det *vetenskapliga begreppet*. Anledningen till att man i praktiken inte följer definitionen av hona och hane så som ägg eller spermie-producent är att det folkliga konceptet inte är direkt baserat på detta, utan på de sekundära könskaraktärer som är direkt observerbara. Att dessa i hög grad

korrelerar med just de primära könskaraktärerna är kanske ett bidragande faktum till att debatten om definitionerna uteblivit inom biologin. För att komma till rätta med problemet tror jag att det precis som för med *liv* och *art* behövs nya begrepp. Å ena sidan skulle man kunna ta de definitioner som finns som utgångspunkt och till exempel prata om *anisogamkön* när man tar storleksskillnader mellan könsceller som utgångspunkt, eller *popukön* när det gäller vilka olika gameter som krävs för att en population inte ska kollapsa. Å andra sidan kanske man även borde försöka utgå från de kriterier som faktiskt i praktiken används av forskare för att placera individer i ett kön, med *kromokön* som definieras utifrån könskromosomer eller *fenokön* som definieras utifrån sekundära fenotypa könskaraktärer. Dessa könskategorier skulle man också kunna tydliggöra inte är strikt binära utan gradvis skiftande och/eller med fler än två utpräglade morfer.



Figur 9. Trots tre olika definitionsmässiga arter finns ingen anledning för taxonomer att namnge var och en av dem i praktiken. Modifierad från Samadi & Barberousses (2009).

Sammanfattningsvis
Jag föreslår att vi bör sluta använda *liv*, *art* och *kön* som vetenskapliga begrepp och istället skapa nya ord med precisa definitioner, som beskriver de fenomenen vi faktiskt observerar. I många fall finns sådana definitioner redan och vi behöver egentligen bara använda dem istället för *liv*, *art* och *kön*.

För att återvända till myran i inledningen skulle den kunna sägas ha både kön, art och liv, eftersom vi nu ser dessa som folkliga koncept. Den är en levande *Cataglyphis hispanica* hane, mer eller mindre eftersom det är vad vi föreställer oss att den ska vara. Om vi däremot vetenskapligt vill beskriva dess funktioner skulle vi inte använda begreppen *hane*, *levande* och *C. hispanica*. Istället skulle vi kunna beskriva att den är en *fenohane* utan *anisogamkön*, ett *haldaneliv* utan *darwinliv*, och en helt egen *evolart*.

Tack

Tack till Martin Lind och Martin Svenda för handledning. Tack till Filip Thörn, Veronica Lindström, Emil Vigert, Andreas Press, Lisa Ramqvist, Linn Spross och Mattias Engman för återkoppling och tack till Malin Ah-King och Joel Parker för att ha besvarat frågor och givit värdefulla tips.

Referenser

Ah-King M. 2011. Biologins paradox: föränderliga kön och rigida normer. Lambda Nordica 16: 26-52.

Ah-King M, Ahnesjö I. 2013. The “Sex Role” Concept: An Overview and Evaluation. Evolutionary Biology 40: 461–470.

Ah-King M, Nylin S. 2010. Sex in an Evolutionary Perspective: Just Another Reaction Norm. Evolutionary Biology 37: 234–246.

Ainsworth C. 2015. Sex redefined. Nature 518: 288-291.

Anderson, Novak SJ, Smith JF. 2008. Populations composed entirely of hybrid colonies: bidirectional hybridization and polyandry in harvester ants. Biological Journal of the Linnean Society 95: 320–336.

Bachtrog D, Mank JE, Peichel CL, Kirkpatrick M, Otto SP, Ashman T-L, Hahn MW, Kitano J, Mayrose I, Ming R, Perrin N, Ross L, Valenzuela N, Vamosi JC, The Tree of Sex Consortium. 2014. Sex Determination: Why So Many Ways of Doing It? PLoS Biology 12: e1001899.

Bains W. 2014. What do we think life is? A simple illustration and its consequences. International Journal of Astrobiology 13: 101–111.

Boden M. 1999. Is metabolism necessary? The British Journal for the Philosophy of Science 50: 231–248.

Bressac C, Fleury A, Lachaise D. 1994. Another way of being anisogamous in Drosophila subgenus species: giant sperm, one-to-one gamete ratio, and high zygote provisioning. Proceedings of the National Academy of Sciences 91: 10399–10402.

Cleland CE, Chyba CF. 2002. Defining “life.” Origins of Life and Evolution of the Biosphere 32: 387–393.

Cole CJ, Taylor HL, Townsend CR. 2016. Morphological Variation in a Unisexual Whiptail Lizard (*Aspidoscelis exsanguis*) and One of Its Bisexual Parental Species (*Aspidoscelis inornata*) (Reptilia: Squamata: Teiidae): Is the Clonal Species Less Variable? American Museum Novitates 3849: 1–20.

Darras H, Aron S. 2015. Introgression of mitochondrial DNA among lineages in a hybridogenetic ant. Biology Letters 11: 20140971–20140971.

De Queiroz K. 2007. Species Concepts and Species Delimitation. Systematic Biology 56: 879–886.

Dobata S, Sasaki T, Mori H, Hasegawa E, Shimada M, Tsuji K. 2009. Cheater genotypes in the parthenogenetic ant Pristomyrmex punctatus. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 276: 567–574.

Emery C. 1906. Rassegna critica delle specie paleartiche del genere Myrmecocystus. Memorie della R Accademia delle Scienze dell’Istituto di Bologna 6: 47–61.

Epelman MA, Pollock S, Netter B, Low BS. 2005. Anisogamy, Expenditure of Reproductive Effort, and the Optimality of Having Two Sexes. Operations Research 53: 560–567.

Feldhaar H, Foitzik S, Heinze J. 2008. Lifelong commitment to the wrong partner: hybridization in ants. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 363: 2891–2899.

Fontaneto D, Herniou EA, Boschetti C, Caprioli M, Melone G, Ricci C, Barraclough TG. 2007. Independently evolving species in asexual bdelloid rotifers. PLoS Biol 5: e87.

Fournier D, Estoup A, Orivel J, Foucaud J, Jourdan H, Breton JL, Keller L. 2005. Clonal reproduction by males and females in the little fire ant. Nature 435: 1230–1234.

Goropashnaya AV, Fedorov VB, Pamilo P. 2004. Recent speciation in the Formica rufa group ants (Hymenoptera, Formicidae): inference from mitochondrial DNA phylogeny. Molecular Phylogenetics and Evolution 32: 198–206.

Helms Cahan S, Julian GE, Rissing SW, Schwander T, Parker JD, Keller L. 2004. Loss of phenotypic plasticity generates genotype-caste association in harvester ants. Current Biology 14: 2277–2282.

Helms Cahan S, Julian GE, Schwander T, Keller L. 2006. Reproductive isolation between Pogonomyrmex rugosus and two lineages with genetic caste determination. Ecology 87: 2160–2170.

Helms Cahan S, Vinson SB. 2003. Reproductive division of labor between hybrid and nonhybrid offspring in a fire ant hybrid zone. Evolution 57: 1562–1570.

Hölldobler B, Wilson EO. 1990. The Ants. Harvard University Press.

Joyce GF. 1993. The RNA world: Life before DNA and protein. I: Extraterrestrials, where are they? B. Zuckerman & M.H. Hart (red.), Cambridge University Press, Cambridge, 139–151.

Lehtonen J, Schmidt DJ, Heubel K, Kokko H. 2013. Evolutionary and ecological implications of sexual parasitism. Trends in Ecology & Evolution 28: 297–306.

Leniaud L, Darras H, Boulay R, Aron S. 2012. Social Hybridogenesis in the Clonal Ant Cataglyphis hispanica. Current Biology 22: 1188–1193.

Machery E. 2012. Why I stopped worrying about the definition of life... and why you should as well. Synthese 185: 145–164.

Mayden RL. 1997. A hierarchy of species: the denouement of the saga of the species problem. I: Claridge MF, Dawah HA, Wilson MR (red.). Species: the units of biodiversity, s. 381-424. Chapman & Hall, London., 1st ed. Chapman & Hall, London; New York.

Mendelson T. 2015. Distinguishing perceptual and conceptual levels of recognition at group boundaries. Evolutionary Ecology 29: 205–215.

Mendelson T, Shaw KL. 2012. The (mis)concept of species recognition. Trends in Ecology & Evolution 27: 421–427.

Mendelson T, Shaw KL. 2013. Further misconceptions about species recognition: a reply to Padian and Horner. Trends in Ecology & Evolution 28: 252–253.

Menezes VA, Rocha CF, Dutra GF. 2004. Reproductive ecology of the parthenogenetic whiptail lizard Cnemidophorus nativo in a Brazilian restinga habitat. Journal of herpetology 38: 280–282.

Mix LJ. 2015. Defending Definitions of Life. Astrobiology 15: 15–19.

Miyakawa MO, Mikheyev AS. 2015. Males are here to stay: fertilization enhances viable egg production by clonal queens of the little fire ant (Wasmannia auropunctata). The Science of Nature, doi 10.1007/s00114-015-1265-8.

Norman V, Darras H, Tranter C, Aron S, Hughes WOH. 2016. Cryptic lineages hybridize for worker production in the harvester ant *Messor barbarus*. Biology Letters 12: 20160542.

Pante E, Puillandre N, Viricel A, Arnaud-Haond S, Aurelle D, Castelin M, Chenuil A, Destombe C, Forcioli D, Valero M, Viard F, Samadi S. 2015. Species are hypotheses: avoid connectivity assessments based on pillars of sand. Molecular Ecology 24: 525–544.

Parker JD. 2004. A major evolutionary transition to more than two sexes? Trends in Ecology & Evolution 19: 83–86.

Quattro JM, Avise JC, Vrijenhoek RC. 1992. An ancient clonal lineage in the fish genus Poeciliopsis (Atheriniformes: Poeciliidae). Proceedings of the National Academy of Sciences 89: 348–352.

Queller D. 2005. Evolutionary biology: males from Mars. Nature 435: 1167–1168.

Samadi S, Barberousse A. 2006. The tree, the network, and the species: The tree, the network, and the species. Biological Journal of the Linnean Society 89: 509–521.

Samadi, Barberousse A. 2009. Species: towards new, well-grounded practices. Biological Journal of the Linnean Society 97: 217–222.

Schwander T, Keller L. 2012. Evolution: Sociality as a Driver of Unorthodox Reproduction. Current Biology 22: R525–R527.

Schwander T, Oldroyd BP. 2016. Androgenesis: where males hijack eggs to clone themselves. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 371: 20150534.

Teseo S, Châline N, Jaisson P, Kronauer DJC. 2014. Epistasis between adults and larvae underlies caste fate and fitness in a clonal ant. Nature Communications, doi 10.1038/ncomms4363.

Umphrey GJ. 2006. Sperm parasitism in ants: selection for interspecific mating and hybridization. Ecology 87: 2148–2159.

van der Kooi CJ, Schwander T. 2014. evolution of asexuality via different mechanisms in grass thrips (thysanoptera: *Aptinothrips*): evolution of asexuality in grass thrips. Evolution 68: 1883–1893.

Weersing K, Toonen R. 2009. Population genetics, larval dispersal, and connectivity in marine systems. Marine Ecology Progress Series 393: 1–12.

Måste biologer kunna prata fikonspråk?

Emil Andersson
Etikbilaga till Självständigt arbete i biologi 2017
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Introduktion

I mitt arbete gör jag en genomgång av de biologiska begreppen *liv, art,* och *kön* med utgångspunkt i att de saknar enhetliga definitioner trots att de är grundläggande inom biologin. Jag ger exempel på biologiska fenomen som skapar problem för flera vanligt förekommande definitioner och jämför olika föreslag som framlagts för att lösa denna begreppsförvirring. Dessa frågor leder mig in till en bredare etisk frågeställning kring hur man inom vetenskapen generellt använder olika begrepp på ett specialiserat sätt. I denna text argumenterar jag kring hur forskarsamhället bör agera, samt redogöra för hur jag förhållit mig till forskningsetik i mitt eget arbete.

Bör forskare använda begrepp på samma sätt som allmänheten?

Det huvudsakliga argument jag kan se för att forskare bör använda begrepp på samma sätt som allmänheten gör, är att det underlättar kommunikationen och höjer förtroendet för forskningen. Forskningens samhällsnytta är en motivation till att den understödjs offentligt, som en del av detta är högskolor i Sverige ålagda att informera samhället om sina forskningsresultat. Detta kallas ibland den tredje uppgiften och är lagstadgat (Högskolelag 1992). Man kan förvisso ifrågasätta ifall inte ett specialiserat språk *i sig* också ger ett intryck av professionalitet och expertis. Människor utanför det egna forskningsfältet kommer kanske utgå ifrån att den som använder svårförståeliga begrepp har en mer utvecklad tanke och därför mer rätt. Detta retoriska knep anser jag dock är en oärlig strategi som inte heller är långsiktigt hållbar utan i slutändan göder vetenskapsförakt.

Det huvudsakliga argument jag kan se för att inte använda begrepp på samma sätt som allmänheten gör är att de begreppen är för oprecisa. För att förstå vad man undersöker och beskriva vad man kommer fram till, och för att kunna kommunicera detta, behövs tydliga definitioner av begreppen man använder. Exempelvis påvisar Mackery (2012) att begreppet *liv* som ett folkligt koncept varken bygger på en tydlig definition eller speglar någon naturlig kategori. Att använda begreppet på samma sätt som allmänheten använder det omöjliggör därför en precis forskning. En lösning som kan tillgripas är att omdefiniera begreppet. Problemet med detta är att kommunikationen med allmänheten försvåras, liksom med andra forskare som inte tillämpar samma definition.

En lösning på problemet är att istället skapa ett helt nytt begrepp som man redan från början ger en precis definition som är logiskt uppbyggt och/eller speglar en naturlig kategori. Mot detta kan invändas att man återigen avskilt sig från allmänheten då man får ett språk fyllt med speciella facktermer. Denna avskiljning ser jag dels som ett nödvändigt ont, och dels får man komma ihåg att det bara är i de fall otydligheten skapar problem man behöver nya mer precisa begrepp – i andra fall är ett mindre precist språk en fördel och då behövs inte ett nytt begrepp.

Jag landar i uppfattningen att forskare bör skapa nya, egna väldefinierade begrepp när bristen på precision är ett problem, men utöver det använda ett så lättförståeligt språk som möjligt.

Forskningsetiskt perspektiv på mitt eget arbete

I mitt arbete har jag utgått från artiklar publicerade i vetenskapliga tidskrifter, samt böcker som hänvisats till i dessa artiklar. Jag har försökt hitta artiklar med många citeringar när det kommer till att exemplifiera vanliga definitioner, men även läsa artiklar som uttryckligen kritiserar de källor jag använt. Jag har konsekvent använt källhänvisningar till de artiklar jag hämtat information ifrån och tycker det är tydligt när jag ger uttryck för egna åsikter och slutsatser.

Referenser

Machery, E. 2012. Why I stopped worrying about the definition of life... and why you should as well. Synthese 185: 145–164.

1992. Högskolelag (1992:1434).