

Systema Naturae, 2003, Vol. 5, pp. 9-85

HYBRIS, ATE, NEMESIS – L'ALBERO DELL'URVOGEL.

Cesare Brizio
Museo Paleontologico Cittadino
Via de Valentiniis 134, 34074 Monfalcone (GO)
e-mail cebrizi@tin.it

*Chi ha dentro la morte non deve presumere troppo.
Perché tracotanza [hybris], fiorendo, frutta una spiga di
illusioni [ate] da cui mieterà un raccolto di lacrime [nemesi].*

Eschilo, *I Persiani*, 472 a. C.

Riassunto

La qualifica di scienziato, per quanto possa essere meritata, non garantisce un pieno riscatto da elementi estetizzanti, irriducibili alla logica, né, meno che meno, garantisce obiettività e buona fede. Questa trattazione ha come ragion d'essere e tema di fondo il dibattito scientifico sul tema dell'evoluzione degli uccelli, un eccellente punto di vista per un excursus su alcune cattive abitudini, delle quali non appare consapevolezza nella comunità dei praticanti. Tali abitudini, derivate anche dall'attuale contesto storico di elevata competitività tra istituzioni e tra professionisti, minano la fiducia nel metodo. La trattazione introdurrà alcuni temi specificamente paleontologici, ad esempio il concetto di specie in Paleontologia, e spazierà senz'ordine fra tre macroargomenti:

- *La scarsa propensione a organizzare in forma di grandi teorie quanto emerso in forma di piccole teorie: un obiettivo certamente difficile, ma altrettanto certamente non perseguito o perseguito con scarsa convinzione.*

- *La difficoltà di percepire quanto le concezioni estetizzanti (una per tutte: la “Grande Catena dell’Essere”, ma anche più semplicemente il grafo ad albero), tanto più pericolose quanto meno si è consapevoli della loro esistenza, vengano a costituire veri e propri pregiudizî.*
- *Per la Paleontologia, il discutibile utilizzo dei metodi, con particolare riferimento alla analisi computerizzata delle matrici di caratteri discreti.*

Nella ipotesi qui polemicamente svolta, alla radice di tutto sono da collocarsi moventi molto antichi, probabilmente connaturati all’uomo, tanto che la metafora su cui è portato il discorso è mutuata dalla struttura classica della tragedia greca: l’immutabile e inevitabile successione di un atto di “tracotanza” (hybris) nei confronti della divinità (nel nostro caso, della natura), cui segue l’accecamento dell’illusione (ate), e infine la retribuzione (nemesi, la vendetta divina contro l’autore del misfatto). In sunto,

- *Fare scienza è usare un arbitrio alla natura, d’altronde è irrinunciabile l’impulso prometeico a comprendere.*
- *Visto che dobbiamo fare scienza, dovremmo usare il minimo livello di violenza possibile, cercando teorie generali e mirando al massimo livello di sintesi.*
- *Se non facciamo così, l’eccesso di analisi ci abbaglierà, e asserviremo il metodo a una perversa tendenza iperanalitica.*
- *Come meritata punizione e vendetta divina, non sapremo più vedere “the big picture”, e la verità diverrà inconoscibile. Non capiremo neppure cosa ci dicono le grandi teorie, comprese quelle che credevamo di conoscere.*

Nei passaggi di argomento paleontologico, ove non altrimenti indicato, termini e generalizzazioni saranno specifici dei Vertebrati e segnatamente dei Dinosauri filogeneticamente intesi.

LE TENTAZIONI DELLO SCIENZIATO – SACERDOTE

Che cosa vogliamo davvero?

Un buon inizio sarebbe camminare lungo una strada tranquilla, tra gli alberi, presi dallo stormire delle fronde e dal canto degli Uccelli, senza altri pensieri che l'ascolto partecipe, la contemplazione. Perché è così difficile? Perché domande 'stupide' del tipo "Come si chiama l'uccello che canta in questo modo?" o "Che albero è questo?" ci si affollano in mente? Certo, occorre preparazione per rinunciare alle sovrastrutture e ritrovare un rapporto immediato, acritico, con le percezioni e con il mondo da esse rappresentato (questa è l'accezione di "contemplare" proposta dallo scrivente). Vedremo poi come l'esperienza della strada, del viaggio, dell'albero, dell'andare da qualche parte, diventino in realtà immagini mentali, categorie, strumenti per pensare la realtà in forma di metafore e sovrastrutture che evidentemente ci sono necessarie per tirare avanti (ecco!). Forse, vorremmo sapere contemplare, e non ne siamo più capaci. Ci tocca descrivere. Visto che dobbiamo farlo, almeno facciamolo bene, senza disperderci in mille rivoli: facciamolo con parsimonia.

Scienza: il prezzo dello stupore

La scienza, che pure non dovrebbe basarsi su articoli di fede, non sfugge mai del tutto a un paragone con la religione. Tanto per cominciare, entrambe possono esser descritte come strategie attraverso le quali l'uomo tenta di gestire il proprio costante stupore per l'inesauribile dispiegarsi dello spettacolo dei fenomeni naturali, ovvero (sentite questa!) tenta di riprendersi dalla propria incapacità di contemplare.

Anche la scienza, cioè, è la reazione a un "trauma", e tenta di ricondurre nei tranquilli alvei della conoscenza le acque agitate del nostro stupore. Peraltro, la piena non defluisce attraverso corsi d'acqua naturali (cosa vi è di naturale nella cultura?), ma attraverso un rudimentale sistema di canali artificiali, quel sistema di pregiudizî più o meno mutevole al quale si dà il nome di certezza scientifica.

Il bisogno di descrivere, agli altri e a sé stesso, ciò che lo circonda, è indizio della separazione tra uomo e natura già più autorevolmente definita come "cacciata dall'Eden". Descrivere richiede separatezza e astrazione

da ciò che si descrive. L'uomo, che vuole proprio crederci qualcosa di più di un animale e di un incidente evolutivo, descrive la natura come altra da sé, se ne chiama fuori, e resta schiavo di questa separatezza, che ha per strumento la cultura, ed è la prima violenza esercitata sul sistema "uomo più mondo": chiamarcene fuori, anziché sentircene parte (e allora, perché descrivere?). La scienza, allora, come condanna, punizione di Prometeo, spada fiammeggiante che ci bandisce dall'Eden? Certo, ciò che non possiamo più avere come esperienza diretta, l'essere, il sapersi e il sentirsi nella natura, siamo condannati a cercarlo per esperienza indiretta, frequentando la natura come se fosse un luogo, attrezzandoci mentalmente, e commentando costantemente quello che sentiamo. Come se Dio avesse dato ad Adamo, assieme a una pacca sulla spalla e alla zappa, anche il librone di Linneo, in bianco: "E mo' sono cavoli tuoi!". Tra l'altro, Noè usò lo stesso libro come registro di imbarco.

Scienziati frettolosi e pozzanghere

Persistendo nella metafora idraulica, lo scienziato frettoloso riconduce artificiosamente il fenomeno al più vicino minimo locale di energia, che può benissimo essere un piccolo fosso (quando va bene!) o anche una pozzanghera. È raro che lo sguardo si alzi abbastanza da vedere i canali principali, o addirittura il mare. Se poi fossimo in grado di accettare l'idea del mare, il nostro sistema di canali non esisterebbe più, ma saremmo sulla superficie equipotenziale di acqua, con niente da capire e tutto da sapere. La non-conoscenza, il pensiero secondo gli dèi ... ma torniamo subito alle nostre meschinità.

I motivi per i quali le scienze biologiche sono, per struttura, poco propense alla generazione di grandi teorie-canale che drenino l'acqua da ampi bacini di microteorie, è stato brillantemente analizzato da vari pensatori¹. Ma vi sono anche potentissimi fattori storici contingenti che ora come ora scoraggiano più che mai lo scambio e la sintesi, in particolare tutti quelli legati alla competizione tra istituzioni e tra studiosi, una competizione che in parte è sete di finanziamenti, in parte ricerca della ribalta. Sinergicamente, il proliferare delle riviste scientifiche, l'alea del referaggio, l'importanza spropositata e fuori luogo che si dà al numero di

¹ Si veda ad esempio Murray, 1989.

pubblicazioni e citazioni per valutare la qualità di uno scienziato, hanno concorso a falsare definitivamente la scala dei valori e a far finire fuori moda la sintesi.

Come conseguenza, gli studiosi parlano poco volentieri tra loro, e le università ancor meno: un congresso scientifico è poco più che un assieme di monologhi. Il problema non è solo della Zoologia e della Paleontologia, discipline per le quali la frammentazione può avere una nativa correlazione con la biodiversità. Anche nelle discipline preposte alla sintesi, come l'Ecologia e la Genetica, la gran massa di studi va poco al di là di indagini "puntiformi" su singoli casi di specie. Anzi, l'Ecologia in particolare è il terreno di azione più tipico di ciò che Francesco Di Castri definisce con l'acronimo RANA². Insomma, ciò di cui solitamente è facile notare la mancanza è un momento di sintesi, un livello superiore di astrazione al quale ricondurre una molteplicità di fenomeni ognuno dei quali ha la propria piccola teoria scientifica. Ritornando al "grande canale" di cui sopra, ci vuole qualcuno che ci spieghi i fenomeni non come corsi d'acqua separati, ma come filetti fluidi nel movimento di una massa d'acqua ben più ampia, della quale non è affatto scontato che essi rappresentino direzione e modulo.

Chiudendo per ora con le metafore, le microteorie servono male lo scopo della scienza, perché isteriliscono un terreno che dovrebbe invece essere fertilizzato: più microteorie sono fiorite su un certo ambito del sapere, più è difficile che una macroteoria le soppianti.

Scienziati, tormentati sacerdoti

In questo contesto, la scoraggiante immagine che lo "scienziato medio" (ammesso che ne esista uno) dà di sé è talora quella dell'idiota del proverbio cinese, che guarda il dito di chi indica, anziché ciò che viene indicato. Bene imbozzolata nell'abbraccio, talora soffocante, delle certezze correnti, la comunità scientifica esercita così il proprio sacerdozio, con il genere umano (più o meno bene rappresentato dal proprio direttore di dipartimento) come committente e datore di lavoro. Nella percezione comune, lo scienziato si sceglie il proprio lavoro, lo svolge senza pagare pegno al comune concetto di fatica fisica, e ne ricava (salvo notevoli

² Ricerca Applicata Non Applicabile, si veda Di Castri, 2002.

eccezioni) adeguato guadagno. Su queste basi, nasce nella comunità laica lo spiegabile pregiudizio che accomuna la vasta compagine degli scienziati con quella degli artisti, analogia che viene estesa fino a ritenere che lo sforzo scientifico sia di natura puramente creativa.

Dalla riprovazione del corpo sociale si salva solo chi, praticando le scienze applicate, sia in grado di retribuire la società rendendo risultati pratici che aumentino la comodità del vivere. Nel corpus delle discipline biologiche, a parte quelle mediche e veterinarie, non resta molto con cui sollecitare la gratitudine dell'uomo della strada, meno che meno se valichiamo la soglia della biologia teorica propriamente detta.

Ciò rende ancor meno comprensibili gli atteggiamenti intransigenti, e chiusi al confronto, di taluni "mistici della scienza" che agiscono come se fossero investiti di una missione salvifica (o dichiarano di esserne investiti). Costoro insensibilmente allargano il gap tra "la gente" e "gli scienziati", e finiscono per trasformare la scienza in un corpus misterico inconoscibile da parte dei non adepti, quindi non criticabile, trasformando la certezza scientifica in atto fideistico.

Tuttavia, più in piccolo, da questa *forma mentis* procede la ritrosia al cambiamento, all'accettare nuovi punti di vista, all'accedere a visioni più generali. Lo scienziato ritrossetto si rifugia allora nel piattume della buona pratica, al riparo del dogma metodologico: l'adesione a un metodo standard di riconosciuta efficacia garantisce la oggettività e la scientificità dei risultati ottenuti. Povero illuso! In pratica, questa asserzione è tutt'altro che generalizzabile (usare un metodo non significa necessariamente conoscerlo o capirlo). Per ora basti considerare che le pene del sacerdozio non bastano allo scienziato per riscattarsi del tutto da elementi estetizzanti, irriducibili alla logica³, né l'abito talare basta a garantire l'obiettività e la buona fede dell'uomo che lo porta, con ambizioni e necessità molto terrene, e un grado assai variabile di apertura mentale.

Il nostro gioco consisterà nel considerare "*hybris*", tracotanza contro gli dèi, l'uso, o meglio l'abuso, di categorie discrete e di teorie puntuali, e nell'osservare come l'accecamento, "*ate*", che ne deriva, preluda alla "*nemesi*" finale: la impossibilità di capire.

³ Rivelatrici sono ad esempio le osservazioni di Padian (1987), relative all'influsso delle rappresentazioni pittoriche sulle teorie paleontologiche.

HYBRIS: LA CINTURA DI ORIONE E ALTRE ILLUSIONI

Illusioni e abbagli

L'assunto di partenza, pesante proprio come un macigno, è che la natura non sia conoscibile di per sé stessa, ma al più possa essere contemplata. Il mondo non è fatto per essere descritto, e mal si assoggetta alle pastoie di un sistema di categorie e di teorie, specie se esso (e torniamo all'inizio) insiste sui "minimi locali". Nella nostra irresistibile tentazione di capire (più etimologicamente che mai: la vera aspirazione è quella di contenere l'universo) vogliamo ricondurre tutti i fenomeni a un nostro sistema di categorie (e qui torna buona l'etimologia di comprendere: usiamo le categorie per prendere ciò che vogliamo capire). Ma visto che in realtà dei fenomeni tendiamo a fregarcene (alle teorie invece ci teniamo molto!) rischiamo di ricondurre un bel niente da nessuna parte.

E la nostra hybris sta nel dovere per forza aggiogare la natura ribelle al nostro schema. Lo schema discerne la natura in categorie di comodo, che sono tanto più artificiali quanto più puntuale è il loro ambito di applicazione.

Un esempio bello e grande è dato dalle costellazioni, un filtro interpretativo di enorme peso per interpretare una disposizione casuale di punti luminosi, in particolare di peso quasi insopportabile se si crede nell'astrologia (e ci fermiamo, ma si potrebbe partire da capo).

In ordine crescente di tracotanza (come gradi crescenti di asservimento della natura ai nostri schemi mentali), senza neppure considerare il grado zero dell'ipotesi inaccessibile di potere guardare il cielo e basta, mettiamo:

- rilevare suggestivi allineamenti di stelle,
- vedere le costellazioni canoniche,
- leggere l'oroscopo,
- determinare le proprie azioni sulla base dell'oroscopo (allora cerchiamo guai!).

Ma si può andare oltre. Fra le costellazioni scegliamone una molto nota, Orione (Fig. 1). Si dice che una configurazione al suo interno, costituita da tre stelle vicine non perfettamente allineate (detta la "cintura" di Orione) abbia ispirato la costruzione delle tre grandi piramidi egiziane.



Fig. 1 La “cintura di Orione” come base per la costruzione delle tre Grandi Piramidi

Senza entrare nel merito⁴ è impossibile non notare che una tale configurazione di tre punti non ha nulla di notevole o particolarmente significativo, ed è frequentissima in natura. Si veda ad esempio la foglia di Fig. 2, fotografata per caso dallo scrivente, che, come ognuno vede, riproduce abbastanza fedelmente buona parte della costellazione, e ostenta tutto un susseguirsi di “cinture di Orione” di varia dimensione (ne sono evidenziate un paio).

Dimensioni a parte, e tolta la suggestione della notte egiziana, è altrettanto logico costruire piramidi sulle disposizioni degli astri o su quelle delle colonie batteriche che hanno infestato questa foglia.

In entrambi i casi, riteniamo che queste strutture rechino un messaggio, un significato, che siano riconducibili a una categoria: sono *hybris* evidenti, sono il goffo tentativo di ricondurre il mondo ai nostri miti. Anche se può fare riflettere il fatto che l’astronomia, ovvero l’umano errare, la risposta più o meno pulita al nudo bisogno di conoscere, non abbia sostituito la astrologia, il diabolico perseverare, che continua a porre

⁴ Gli interessati vedano ad esempio <http://www.acam.it/orione.htm>.



Fig. 2 Una foglia ticchiolata

l'uomo e il destino personale come misura del mondo, ma soddisfa esigenze di tutt'altro ordine: è ben più interessante sapere cosa ci succederà domani, che valutare i destini della galassia.

Facile ridere delle antiche (e moderne) superstizioni. Ma la sindrome della cintura di Orione può ricomparire di nascosto anche quando, di fronte ai colori e ai disegni di certe conchiglie (ed è un collezionista che scrive) si viene accarezzati da dubbi in apparenza più evoluti, più colti, e in realtà espressione dello stesso atavico bisogno di perché (una esigenza che non cala drasticamente, come talora si crede, a quattro anni d'età!). Ad esempio, sui molluschi dalla conchiglia gradevolmente ornata, è possibile osservare:

- che alcuni di essi vivono tenendo la conchiglia costantemente coperta con una apposita struttura, il mantello, che presiede anche alla secrezione del guscio stesso,
- che altri viaggiano fuori vista, sotto la sabbia,
- che altri ancora vivono a profondità alle quali la luce non penetra,
- che non è mai stato acclarato che i disegni che ornano le conchiglie siano percepiti dai loro consimili o abbiano valore mimetico.

A questo punto ci si potrebbe domandare “A quale scopo questa conchiglia

reca uno splendido disegno, che resterà invisibile fino alla sua morte, e che probabilmente non sarà mai visto da alcun cospecifico o predatore?”.

La risposta non esiste, e non certo per l'arretratezza della Malacologia. In questo caso, la *hybris* sta nel nostro rifiuto a considerare il disegno come “accidente”. Questo rifiuto ci impedisce di percepire che la domanda non ha senso, e che stiamo guardando un'altra cintura di Orione. Esploriamo questo disagio: una domanda in apparenza sensata che va in questa direzione potrebbe essere: “Data una caratteristica fenotipica che, fino a prova contraria, sia evolutivamente neutra, è lecito parlare di un suo scopo?”. A meno di voler definire come scopo il compiacimento del collezionista, fin qui siamo ancora tutti tranquilli, la risposta scientifica è un bel NO tondo⁵. Ma il disagio aumenta o diminuisce? Frughiamo nella piaga con quest'altra domanda: “Data una qualsiasi caratteristica fenotipica, comprese quelle su cui opera la selezione naturale, ha senso parlare di un suo scopo?”. Il NO è più tondo che mai, fatte salve le mille cattive abitudini che abbiamo. Perdiamo cinque minuti per fare piazza pulita.

Tutti dovremmo sapere che l'evoluzione non è né un demone, né una causa, bensì è l'unico possibile effetto di leggi fisiche più vaste. In mancanza di progettista e di progetto, parlando di evoluzione dovremmo usare la stessa prudenza che di norma adottiamo parlando, ad esempio, della caduta di un grave: e, proprio come ci guarderemmo bene dal dire che il sasso cade allo scopo di raggiungere il terreno, dovremmo sapere benissimo che l'evoluzione “genera”, “conserva”, “elimina” per modo di dire, e sempre per modo di dire gli organismi “si evolvono per ...”.

Tuttavia, questo modo di esprimersi è così utile e sintetico da diventare indispensabile: con chiari in mente i presupposti appena ricordati, e restando ben certi del carattere dell'evoluzione come crescita divergente di complessità, possiamo usare senza equivoci metafore del tipo “L'evoluzione ha fatto questo” oppure “Questa famiglia ha evoluto nuove specie per adattarsi al differente clima” (invocando implicitamente o esplicitamente uno “scopo fantasma”). Si fa prima, rispetto ad usare asserti pesanti ed ineccepibili del tipo “Attraverso il tempo, nell'ecosistema in esame questo è stato l'effetto delle sollecitazioni ambientali e di quelle specie-specifiche, sia endogene, sia esogene”.

⁵ Vale la pena di notare che se sostituiamo “scopo” con “significato”, il nostro NO dovrebbe diventare ancora più secco.

Tuttavia, abbandonandoci alla comodità degli scopi fantasma, stiamo correndo sul filo del rasoio, e il “demone dell'evoluzione” (un abominio tale da far sembrare certezza scientifica la cintura d'Orione) è in agguato, sempre pronto a far fare dolorose cadute ai meno attenti. Tra un po' vedremo qualche esempio.

Teorie generali e rasoio di Occam

Diceva il buon Occam che non è il caso di moltiplicare gli enti senza necessità. Le teorie generali hanno il pregio di eliminare le categorie inutili, ad esempio di sostituire alle mitiche figure che animano lo zodiaco, un comprensibile assieme di regole verificabili e generali che costituiscono il nocciolo dell'astronomia da qualche secolo.

In altre parole, visto che, mistici contemplativi a parte, siamo comunque obbligati ad andare “contro natura” (vogliamo capire), tracotanza per tracotanza, le grandi teorie di ordine generale minimizzano la *hybris* come qui intesa: infatti, con una quantità di arbitrio data, spiegano una maggiore quantità di fenomeni. La teoria generale è una terapia mirata, ove le teorie particolari sono terapie sintomatiche, che continueranno a essere necessarie solo finché le cause del malessere non saranno rimosse. La vita dello scienziato dovrebbe appunto muoversi a questo minimo livello di arbitrio, partendo da una analisi dei fenomeni come sintomi, e poi procedendo a determinare la loro causa unica, o il più limitato novero possibile di cause.

Non che sia facile. Paradossalmente, almeno in biologia, le teorie generali risultano spesso difficili da accettare o addirittura da comprendere per la dimensione dello sforzo di astrazione che richiedono, per il loro aspetto frattale, per la scarsa intuitività. Ma il vantaggio che esse offrono è enorme: sono la schiuma da barba ideale per il rasoio di Occam, visto che tagliano alla base tutti gli enti inutili. È proprio una di queste teorie, riferita all'evoluzione degli Uccelli, che sarà illustrata nelle pagine che seguiranno. Essa riconduce a un'unica logica complessiva i fenomeni documentati a livello fossile, superando la frammentarietà della visione classica del problema, e rivelando come essa sia nascostamente minata alla base dai residui delle antiche teorie estetizzanti, che, come si cercherà di illustrare, presuppongono enti ed eventi “*præter necessitatem*”.

La tracotanza di Linneo

Violiamo decisi il tabernacolo della Sistematica Linneana, archetipo della tracotanza del discernitore. Perché è di questo che parliamo, un processo di “scansione” del continuum della natura, che ce ne renda una rappresentazione di struttura e granularità adeguata a consentirci alcune utilissime generalizzazioni, come ad esempio il concetto di Ragno, o la possibilità di riferirci a *Thomisus onustus*, senza l’obbligo di esplicitare che si tratta di un Eucariota Animale Artropode Chelicerato Aracnide Araneo Opistotelo Araneomorfo Entelogino Ecribellato Tomiside, rendendo separatamente ragione di ognuna di queste definizioni. Nel caso dei metodi di analisi cladistica, come vedremo tra breve, questa scansione in “caratteri” diventa una digitalizzazione a tutti gli effetti. Linneo puntava a un sistema universale di codifica compatta, ricorsivo e non ridondante della biodiversità, e ne ha fornito uno che da trecento anni regge molto bene. Esso si basa su una serie di livelli gerarchici nidificati, di cui uno con pretese di naturalità, la *specie*, che vesseremo più sotto, definita in base ai caratteri dell’esemplare tipo (o degli esemplari tipo). In senso platonico, una specie in tale accezione è un eidos (“immagine” nel senso di tipo), immutabile; tra eidos ed eidos esistono discontinuità. Una tale definizione fa pendant con quelle più sotto riportate, e si definisce concetto di specie tipologica (o “*nomenspecies*”), in acronimo inglese TSC.

Non consideriamo neppure le categorie sovraspecifiche, afflitte da un grado devastante di arbitrio, dato che si tratta di raggruppamenti basati su similitudini fenotipiche applicate in modo eterogeneo ai diversi livelli gerarchici, oltre che dipendenti dalla organizzazione corporea (certo l’appartenenza a un genere di molluschi non potrà essere determinata sulla base dei criteri che determinano l’appartenenza a un genere di crostacei). Concentriamoci sulla specie, entità statica di caratteristiche (morfologiche e comportamentali) fisse sulla base delle quali viene definita la appartenenza a un taxon specifico. È ovvio che un tale sistema non può reggersi se non su *descrizioni* dettagliatissime, sulle quali vengono definiti i taxa linneani. Proseguendo nel nostro gioco, al prezzo di tutta questa hybris paghiamo un sistema che se impiegato sulla isocrona del presente è generalizzabile e ragionevolmente stabile, considerati i presupposti. Peccato, purtroppo, che (in termini assoluti) la specie sia una categoria in conoscibile, in particolare in Paleontologia.

ATE: COME (NON) SI LAVORA IN PALEONTOLOGIA

La specie non esiste

Un primo segno di accecamento è facilmente osservabile facendo, senza appartenere a nessuna parrocchia, un giro d'orizzonte sul tema della specie. L'unica conclusione possibile è che la specie, feticcio dei discernitori, non esiste, o meglio, non esiste più di quanto esista la cintura di Orione (anche se è facile ammettere che, come astrazione, la specie ha una utilità incomparabilmente maggiore).

Infatti, dal punto di vista scientifico, possono considerarsi egualmente e contemporaneamente valide le seguenti concezioni⁶ che si aggiungono al concetto TSC sopra accennato:

- **Il concetto BIOLOGICO della specie:** il grande evoluzionista Ernst Mayr è il campione di questa concezione, che supporta il concetto di *specie linneana*. La specie come taxon appartiene alla specie come categoria così definita: “*Groups of actually or potentially interbreeding natural populations which are reproductively isolated from other such groups*” la cui pesante traduzione, della quale chi scrive si scusa con chi legge, è “Gruppi di popolazioni naturali che si incrociano sessualmente generando prole feconda, o ne hanno il potenziale, isolati dal punto di vista riproduttivo rispetto ad altri gruppi analoghi”. Essendo basata su fenomeni osservabili (gli accoppiamenti e la generazione di prole), questa definizione è certamente oggettiva, fatta salva la ovvia osservazione che non possiamo osservare tutti gli accoppiamenti e riconosciamo la zona d'ombra del “potenziale a riprodursi”. Inoltre, sull'isolamento (più tecnicamente sulle “barriere prezigotiche”), possiamo osservare che esistono:
 - **Isolamento di habitat:** vivere in differenti ambienti
 - **Isolamento comportamentale:** accoppiarsi solo con chi emette segnali comportamentali appropriati
 - **Isolamento temporale:** animali la cui fase attiva è collocata in momenti diversi del giorno

⁶ Il lettore esperto perdonerà la eccessiva semplificazione, e semmai ricorra a Wheeler e Meier, 2000, o ancora a <http://sevilleta.unm.edu/~lruedas/systmat.html>.

- **Isolamento meccanico:** impossibilità anatomica di copulare con successo
 - **Isolamento gametico:** impossibilità di formazione dello zigote anche in caso di possibilità meccanica di accoppiamento.
- Anche trascurando alcune lievi ambiguità di fondo, il cosiddetto concetto biologico presta il fianco a due pesanti critiche:
- Non è applicabile agli organismi asessuati
 - Non tiene conto del tempo, visto che l'isolamento riproduttivo sparisce se ci muoviamo in direzione del passato e valichiamo a ritroso la soglia delle speciazioni.
- **Il concetto “PER COESIONE” della specie:** molto vicino al concetto biologico, anziché enfatizzare l'isolamento riproduttivo, enfatizza la coesione, prendendo in esame non solo meccanismi di tipo riproduttivo, ma includendo anche la nicchia ecologica occupata e le tendenze genetiche della popolazione.
La definizione, molto meno intuitiva della precedente, definisce la specie come “... *the most inclusive population of individuals having the potential for morphologic cohesion through intrinsic cohesion mechanisms*”, ovvero “... la popolazione più inclusiva di individui che hanno il potenziale per la coesione fenotipica attraverso meccanismi di coesione intrinseca”. Essa non è semplice, e purtroppo non è neppure oggettiva, essendo ben poco chiari i criteri di inclusione e di coesione.
 - **Il concetto EVOLUTIVO della specie:** per sormontare i limiti del concetto biologico sopra ricordato, il concetto evolutivo della specie enfatizza la antecedenza e la discendenza come criteri primari di definizione. Tra i patroni di questa concezione Simpson e Wiley. Una specie “*is a single lineage of ancestor-descendent populations of organisms which maintains its identity from other such lineages [in time and space] and which has its own evolutionary tendencies and historical fate*”, ovvero “è una singola linea di popolazioni di organismi antenate-discendenti, che mantiene la sua identità [nel tempo e nello spazio] rispetto ad altre linee simili, e che ha le proprie tendenze evolutive e destino storico”.
Ma anche qui manca l'oggettività dei criteri, tra l'altro piuttosto vaghi. Tra l'altro, nel fato storico di una specie, e nelle relative tendenze evolutive, può subentrare un'altra specie discendente.

- **Il concetto HENNIGIANO della specie:** l'entomologo Willi Hennig⁷ ha sviluppato una sua propria terminologia, secondo la quale le specie sono “*groups of individuals [i.e. the semaphoronts] that are interconnected by tokogenetic relationships*”, ovvero “gruppi di individui [cioè i semaforonti] che sono interconnessi da relazioni tocogenetiche”. Le relazioni tocogenetiche sono quelle relazioni genetiche tra animali che sorgono attraverso il fenomeno della riproduzione. Se viene estratto dal proprio contesto terminologico, questo concetto è avvicicabile a quello evolutivo appena esaminato: si tratta in ogni caso di un castello concettuale di altissimo rigore logico, sul quale si basa la Sistematica Filogenetica hennigiana vera e propria. Un approfondito esame dei concetti hennigiani⁸ porta a concludere che
 - la specie definita in questo modo è un'entità *puramente riproduttiva* ristretta al presente: non esiste la possibilità di proiettare tale entità nel passato o nel futuro.
 - difatti, la mutevolezza degli organismi nel tempo, secondo Hennig, “non è un argomento primario della Sistematica”.

- **Il concetto FILOGENETICO della specie:** a dispetto del nome, questo concetto non è strettamente legato alla Sistematica Filogenetica hennigiana, e deriva da una reinterpretazione, una sorta di vulgata, del concetto hennigiano. La specie è definita come “... *an irreducible cluster of organisms, diagnosably distinct from other such clusters, and within which there is a parental pattern of ancestry and descent*”⁹, cioè “... un irriducibile grappolo di organismi, diagnosticabilmente distinto da altri grappoli simili, e all'interno del quale esiste un assieme di caratteristiche trasmesse parentalmente, di antecedenza e discendenza”. Questo concetto giustifica una estrema frammentazione delle specie, in quanto a un esame più accurato ciò che si era ritenuto “un grappolo irriducibile di organismi” sulla base di un “parental pattern” può rivelarsi – al limite – costituito da un genitore e un figlio che condividano una caratteristica unica a loro.

⁷ Phylogenetic Systematics, il manifesto hennigiano, è citato in bibliografia.

⁸ A tal proposito, su queste pagine si è intrattenuto autorevolmente Mario Zunino (1998, 2002) in due interessanti articoli ai quali si rimanda per una più compiuta critica di questa concezione.

⁹ Si veda ad esempio Cracraft, 1983.

- **Il concetto MORFOLOGICO della specie:** in questa formulazione, che sul piano operativo è quella usata in Paleontologia – almeno per quanto attiene le definizioni compiute sulla scorta delle matrici di caratteri discreti – la appartenenza a una specie è diagnosticata sulla sola base morfologica.

Linneo punito – la specie in paleontologia

Non esiste certezza che un sistema mantenga la propria validità quando esso viene applicato fuori contesto. Le definizioni sopra riportate, comprese quelle specificamente dirette ad affrontare il tema dell'evoluzione delle specie nel tempo, non offrono la garanzia di un incontestabile rigore concettuale. Molti, come l'accezione rigorosa del concetto Hennigiano, sono sistemi orizzontali, adatti al tempuscolo tau del nostro presente, e inadatti a rappresentare la “*temporal diversity*” (ovvero la biodiversità nel tempo) e la filogenesi.

Sebbene sia possibile (oltre che necessario, anzi, indispensabile) servirsi della Sistematica Linneana per la nomenclatura e la gestione delle specie e dei taxa di rango sovraspecifico in Paleontologia, è chiaro come il sole che il concetto genetico di specie, al di fuori del tempo presente, non è nulla più che una induzione, sostanziata sul solo dato morfologico.

In Paleontologia, questo resta un argomento spinoso, spesso dibattuto nelle sedi opportune. Sebbene il termine “specie” persista, non è affatto chiaro in quale dei sensi sopra ricordati esso sia utilizzato. Di fatto la specie è confusa con qualcosa di diverso, ovvero il *morfotipo*¹⁰: attraverso il tempo, una sola specie può avere più morfotipi (oltre che presentare dimorfismo sessuale o articolarsi in più caste nel piano del presente: si pensi alle Api operaie, ai Fuchi e all'Ape regina).

In un suo articolo del 1999, Glen Merrill¹¹ prende spunto dall'utilizzo in biostratigrafia delle “specie” (le virgolette sono giustificate) di Conodonti, animali molto studiati dei quali si preservano solo alcune parti boccali, per una illuminante disamina sui termini della questione. Già l'esordio, una citazione da G. B. Shaw,¹² è fulminante: “*Devo dunque concludere che la*

¹⁰ Si veda ad esempio Stern, 1949.

¹¹ Merrill, 1999: Neognathodus and the species concept in conodont paleontology.

¹² Si veda G.B. Shaw, 1969.

più importante regola della nomenclatura paleontologica non è la legge di priorità, come tanto frequentemente si afferma, bensì la regola della "Regina Rossa"¹³ che dice «Quando uso una parola, essa significa esattamente ciò che intendo che significhi – né più, né meno!»».

L'evoluzione porta a due effetti, la speciazione e la morfogenesi, argomenta Merrill. Le specie biologiche sono definite geneticamente, a differenza dei morfotipi che sono prodotti dal cambiamento filomorfo-genetico e rivestono un ruolo primario in biostratigrafia. È comune la confusione tra morfotipi e specie, e ciò non porta alcun vantaggio, anzi, crea problemi e complica la tassonomia dando una legittimazione immeritata ai morfotipi.

Nella stessa direzione vanno le confusioni, non sempre risolte anche nel mondo della Paleontologia dei vertebrati, tra:

- differenti sessi, ritenuti specie separate, o
- differenti stadi ontogenetici (o, se si preferisce, semaforonti), ritenuti specie *bona fide* e denominati di conseguenza.

Gli studi di tipo morfometrico¹⁴ possono dirimere una parte delle *querelles* legate per esempio al dimorfismo sessuale o all'ontogenesi; ma è frequente che permangano diverse opinioni tra *lumpers* e *splitters*. In conclusione, se la specie non esiste in assoluto, essa esiste ancora meno in Paleontologia.

Quanto visto nelle ultime pagine consente di proporre alcune osservazioni, la prima delle quali ha senso solo all'interno del nostro gioco: il paleontologo è ancora più tracotante e colpevole del neontologo, visto che pretende di descrivere fenomeni ai quali non ha assistito, ma dei quali vede solo un'ombra, peraltro parziale. Inoltre, più in generale:

- Sicuramente in Paleontologia, nonostante cresca la attenzione paleoecologica, non esistono alternative alla definizione dei taxa su esclusiva base morfologica, che a sua volta pone le basi della confusione tra specie, morfotipi e forme.
- È pur possibile fare il neontologo o il paleontologo senza porsi problemi di natura generale e/o astratta, come appunto quello di cosa sia la specie

¹³ Non ci si riferisce alla metafora della "Regina Rossa", ispirata all'omonimo personaggio di "Through the Looking Glass" di Lewis Carroll, come comunemente usata a rappresentare le leggi che governano la coevoluzione di predatori e prede. Si vedano ad esempio in bibliografia Cliff e Miller, 1995 e Dawkins, 1986.

¹⁴ Numerosi studi sull'allometria a livello ontogenetico e filogenetico appaiono nel libro di Carpenter e Currie, 1990.

in Paleontologia: esiste cioè un livello di astrazione dei problemi (e forse quello qui accennato è un esempio di massimo assoluto di astrazione) oltre i quali essi spariscono dall'orizzonte dello scienziato.

- Una prassi metodologica che imponga l'obbligo di valutare se l'esemplare in corso di descrizione, anziché nuova specie, sia in realtà un morfotipo o una forma di una seconda specie, potrebbe risultare sgradita a chi valuta sé stesso (o si vede valutare) in termini di numero di nuove specie descritte.

Non è quindi strano che particolarmente in Paleontologia, non dandosi osservazione diretta della paleobiosfera in atto con le sue condizioni al contorno, e non potendo quindi trarne diretto insegnamento, si preferisca fare più analisi che sintesi. Purtroppo i metodi iperanalitici tipici del settore possono benissimo essere usati in modo strumentale, e possono influenzare la possibilità di accedere a visioni che vadano al di là del nudo fossile misurabile.

Rappresentare e dimostrare

Tra le confusioni di fondo, alcune molto gravi viaggiano a cavallo dei metodi di analisi computerizzata. Di fatto, non dichiarata, persiste tra i ricercatori la concezione di un ruolo del computer come collaboratore informato e autorevole, o peggio come giudice *super partes*. Chi scrive evita questo tranello solo grazie alla ventennale esperienza di informatico professionista, una esperienza che invece spesso manca a coloro che si avvicinano per la prima volta al computer proprio per fare ricerca, carichi di impercettibili pregiudizi.

La affermazione lecita: “*Il computer può rapidamente organizzare i dati, e formalizzarli nel modo più idoneo, consentendo un rilevante risparmio di tempo, e migliorando la qualità grafica dell'elaborato che rappresenta i dati e le conclusioni del ricercatore*”, corrisponde a dire che il computer può, al più, rappresentare conclusioni già tratte, o comunque conclusioni già implicite nella formalizzazione dei dati proposti per l'elaborazione. L'output, o gli output, generati non dipendono se non dai dati introdotti. Il ruolo del computer sta nel sollevare il ricercatore da lente operazioni ripetitive, al prezzo delle quali egli potrebbe pervenire agli stessi risultati e solo a essi, proprio perché i dati, come proposti dal ricercatore, comportano tali risultati. Il computer *mostra*. Bene fanno i francesi a

chiamarlo “ordinatore”, perché non è altro¹⁵.

Purtroppo, la visione corretta viene spesso travisata, e diventa qualcosa di simile a: “*i dati del ricercatore vengono interpretati dal computer, che garantisce un grado di obiettività sovrumano nella loro analisi. Se la ipotesi del ricercatore è confermata (!) dal computer, ciò costituisce una prova della sua fondatezza*”. In quest’ottica al computer viene richiesta un prestazione impossibile, *dimostrare* qualcosa, e l’output, *horribile dictu*, viene preso a dimostrazione di una tesi preconçetta.

A questo travisamento si aggiunge una scarsa consapevolezza della logica di fondo del funzionamento dei programmi per computer, ad esempio dell’importanza e sensibilità dei parametri di elaborazione. Infine, spesso il ricercatore manca di conoscenze di tipo statistico, indispensabili per l’intelligenza di un campione numeroso di dati e per la loro corretta rappresentazione a livello di input, come se le logiche interne al computer possano compensare la ignoranza metodologica dello scienziato.

Gli effetti sono spesso sgradevolissimi, e possono essere compendati in un crollo di qualità della produzione scientifica, tutt’altro che nobilitata da immancabili elaborati-feticcio (definizione quanto mai appropriata, lo vedremo sotto, per i cladogrammi in Paleontologia).

Per fortuna, le eccezioni non mancano. Ad esempio, nel settore dell’analisi dei microarray in genetica, notoriamente afflitto da un rapporto assai sfavorevole tra segnale statistico e rumore, è generalizzata la abitudine di avvalersi in modo acritico di specifiche tecniche di elaborazione, non perfettamente comprese, per analizzare dati il cui contenuto informativo è opinabile. Consapevole del problema, il ricercatore Tom Downey¹⁶ mette a disposizione su Internet numerosi set di dati random per consentire a chicchessia di testare la propria catena di lavoro. Se da tali dati viene rilevato un segnale significativo, allora la catena di analisi computerizzata è fallata: che un tale servizio di verifica sia apprezzato e sfruttato, dimostra l’esistenza del problema proprio nei termini in cui chi scrive ha cercato di porlo.

Tra i molti consci che i dati contengono il risultato, e che il computer non aggiunge nulla di suo, non ci sono solo persone come Downey. Assai più banalmente, c’è chi calibra l’input o l’elaborazione “politicamente”, in

¹⁵ Basti ricordare che è sempre vera l’elegantissima asserzione: “garbage in, garbage out”.

¹⁶ Vedi Downey, 2003, e <http://www.partek.com/public-data/random-genes>.

funzione del risultato da ottenere. Si può fare da sempre (Piltdown docet), soltanto che ora farlo è molto più facile, e molto di moda, proprio grazie al computer.¹⁷

Metodi, mode e rivalità in paleontologia

Più sopra, definendo i cladogrammi “immancabili elaborati-feticcio” ci si riferiva al fatto che è prassi generalizzata (almeno in Paleontologia dei Vertebrati) comprendere almeno un cladogramma e relativa matrice in ogni articolo pubblicato. Chi non lo fa, presta il fianco a dubbî sulla qualità del materiale studiato o sulla sua capacità di descriverlo; chi lo fa, oltre a fugare i due dubbî appena ricordati, può giocare sull’equivoco dell’imparzialità del computer come sopra ricordato, anche se lo spettatore avveduto sa molto bene che il cladogramma computerizzato non vale più di quello fatto a mano.

Questo intrico di cladogrammi giustifica l’ormai vecchio adagio del mondo della Paleontologia: “*La Sistematica Linneana non è naturale, la Sistematica Cladistica finge di essere naturale*”¹⁸. Niente di più vero! In importanti simposî vengono presentati cladogrammi egualmente parsimoniosi ottenuti da set di caratteri un po’ diversi, o dagli stessi set di caratteri codificati con differenti metodologie, o addirittura dagli stessi set di caratteri, codificati con lo stesso metodo, ma con differente interpretazione dei reperti esaminati. Tali cladogrammi paiono supportare, con la stessa forza, visioni radicalmente differenti della storia di un dato gruppo di taxa!

A chi conosce le regole del nostro gioco, viene fatto di pensare che la colpa del proliferare di diatribe stia nel cumulo di hybris intrinseca al riempimento di righe e colonne di caratteri discreti, ovvero che la colpa

¹⁷ Il discorso potrebbe essere esteso anche al fiorente campo della “Paleontologia sperimentale”: ad esempio, realizzare un cranio di *Tyrannosaurus rex* in scala ridotta in alluminio, e mostrare che esso può frantumare un femore di Struzzo, non dimostra *nulla* sulle abitudini dei Tirannosauri e non dimostra che fossero necrofagi (si veda l’articolo di Achenbach sul National Geographic edizione italiana, Marzo 2003). O ancora non è detto che abbia senso determinare la velocità di corsa di questi animali calcolando come velocità di punta quella alla quale sarebbero potuti cadere senza riportare fratture ossee, come invece avviene in Farlow et al., 1995.

¹⁸ Lo scrivente non ha rintracciato un autore (ammesso che ne esista uno soltanto).

Generi	Caratteri esaminati (come da separata lista di caratteri)																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9												
<i>Ameiva</i>	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0		
<i>Cnemidophorus</i>	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0		
<i>Kentropyx</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0			
<i>Tetis</i>	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	2	1	0	1			
<i>Dicrodon</i>	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	2	1	0	1
<i>Calloptistes</i>	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0		
<i>Tupinambis</i>	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	

0 = "condizione primitiva"

1 = condizione "derivata"

Fig. 3 Un esempio del possibile aspetto di una matrice di caratteri discreti

sia solo del metodo. In realtà, si tratta quasi esclusivamente di un *modus operandi* discutibile.

Vale la pena di ricordare che le dispute sistematiche sono sempre esistite, e si sono espresse in ogni epoca con i mezzi tipici della pratica scientifica del tempo. Il metodo classico linneano si presta a divergenze tra gli studiosi proprio come il cladistico, ed entrambi si prestano ad abusi, a falsi ideologici, voluti o meno che siano. L'errore e il falso ideologico linneano hanno tuttavia solo due facce:

- la descrizione di materiale inesistente, o la equivalente descrizione erronea o falsa di materiale esistente, e
- il falso materiale (basti ricordare il citatissimo caso dell' "Uomo di Piltdown").

In Cladistica, invece, tanto l'errore quanto l'eventuale, deprecabile, falso ideologico hanno vie molto più numerose e sottili per esprimersi, e le passeremo in rassegna tra breve. Possiamo quindi affermare che in linea di principio è più difficile fare bene le cose in Cladistica, o in altri termini è più facile barare, e dare alla matrice la aggiustatina necessaria a produrre il cladogramma desiderato, che coi classici metodi descrittivi di pretto stampo linneano.

Se è vero che nuove scoperte costringono a emendare le descrizioni dei taxa linneani come quelle dei cladi (essi, più che modificarsi, si moltiplicano!), due fattori contribuiscono a ingigantire l'effetto delle nuove scoperte nel contesto cladistico. Innanzitutto la frammentazione delle descrizioni in caratteri, e la loro collocazione in matrici, rendono tale contesto molto sensibile alla variazione. Inoltre il numero di nuove scoperte cresce con quello degli scienziati e delle risorse disponibili, quindi (quantomeno in

Paleontologia) oggi si scopre di più che in passato. E, se basta un carattere codificato in modo differente a modificare un cladogramma, figurarsi l'aggiunta di nuove righe o colonne! Si può dire che il metodo cladistico di analisi delle matrici di caratteri è di per sé soggetto ad amplificare l'importanza delle nuove scoperte, il rumore, e l'errore.

Bisogna onestamente ammettere che se analizzare matrici è di moda ciò dipende anche dal fatto che la prassi è interconnessa alla elaborazione automatica. Il successo dei metodi cladistici in senso lato, quindi, è in ultima analisi anche un successo di chi produce computer e scrive programmi: tutto ciò si potrebbe definire come il risvolto consumistico di questi metodi.

Sia come sia, nell'ultimo secolo, è stata l'intera comunità scientifica a essere attraversata da un profondo cambiamento. Ci sono più scienziati che in passato, e non si tratta di ricchi eccentrici mantenuti da rendite familiari, ma di professionisti che guadagnano con il loro lavoro. Le istituzioni da cui essi dipendono sono gestite con metodi manageriali, che prevedono il "colpo basso" come una necessità di sopravvivenza, e incoraggiano sia la produttività sia la spregiudicatezza. In un contesto scientifico nel quale si tende a eccedere in pubblicazioni, in cui nuove scoperte sono all'ordine del giorno, in cui ogni istituzione è in lotta con le altre dello stesso settore, esiste un problema di incomunicabilità (meglio, di desiderio di non comunicare) tra gli studiosi. La inflazione del numero di analisi filogenetiche e la loro discordanza sono innanzitutto indici del fatto che gli studiosi non parlano tra loro, perché non vogliono o non hanno interesse a farlo. Lo scienziato A studia certi caratteri e li codifica in un certo modo, lo scienziato B altri caratteri, codificati in modo diverso. Per forza divergeranno i risultati, anche a parità di qualità del lavoro, e A e B eviteranno con cura di sedersi allo stesso tavolo, anzi, spesso si denigreranno a vicenda. In senso generale, all'aumentare del numero degli scienziati, aumenta esponenzialmente il numero di relazioni di rivalità.

I problemi citati non sono in realtà limiti del metodo cladistico, ma problemi della pratica, problemi di chi utilizza tale metodo, le cui caratteristiche sono o dovrebbero essere ben note a chi se ne serve. In questo senso, la instabilità di cui risentono molte analisi filogenetiche è soprattutto il riflesso di una fase storica. È importante capire che questo tipo di diatribe è sempre esistito, e che adesso viene veicolato nella Sistematica Cladistica mentre una volta lo era in quella linneana. Ed è ancora più importante capire che, una volta che A e B siano seduti allo stesso tavolo e abbiano

unificato i criteri, il risultato delle loro analisi sarà *identico*, con la stessa certezza con cui due più due fa quattro!

Perchè, filosoficamente, sia più difficile fare Sistematica Cladistica che Sistematica Linneana classica, dovrebbe essere già chiaro, ed è presto detto: rispetto ai singoli “fogli” bidimensionali costituiti, istante per istante, dalle sistematiche linneane di tutti i momenti della storia della vita, la Sistematica Cladistica vorrebbe scrivere il libro intero, qualcosa con una dimensione in più, con molte prestazioni in più. E queste prestazioni, questa prospettiva “storica”, non sono gratuite, ma hanno i loro ineludibili costi - metodologici - di gestione. Dal punto di vista della parsimonia in senso ampio, filosofico, è quindi ovvio che la Cladistica è meno parsimoniosa e più carica di *hybris* (nel numero di scelte che comporta, nel numero di criterî utilizzati, nel numero di caratteri esaminati) rispetto alla Sistematica Linneana. Sta allo studioso prendere in esame solo i caratteri e i taxa strettamente necessari alla soluzione del problema che si è riproposto, evitando complicazioni non indispensabili. Vediamo come.

Meno *hybris* nelle nostre matrici!

Prescindendo dai problemi umani delineati al punto precedente, è noto che la Cladistica risente grandemente degli errori di metodo. Per evitare di influenzare i risultati con tali errori, lo studioso scrupoloso dovrebbe attenersi alla linea di condotta qui sommariamente descritta, o quantomeno consultare riferimenti adeguati¹⁹ (un abbonamento a “*Cladistics*” non sarebbe una cattiva idea!). Un primo assieme di regole-base potrebbe comprendere le seguenti²⁰:

¹⁹ Ad esempio, quelli del 1995 di Wilkinson e Pleijel, e ancora i ben più recenti lavori di Norell e Wheeler, 2003, e di Kearney e Clark, 2003, relativi alle strategie di assegnazione, internamente alle matrici, di valori arbitrari ai caratteri non osservabili in un dato campione analizzato. Questi ultimi importanti lavori intendono affrancare il più possibile gli esiti dell'analisi da decisioni “assunte autonomamente dal computer” (è un modo di dire!) sulla base di logiche cablate (*hard-coded*) nel programma utilizzato.

²⁰ Il fatto che le “regole” qui proposte, invero piuttosto banali, siano state giudicate “preziosi consigli” da alcuni amici di chi scrive, paleontologi di professione, è la riprova che gli scienziati talora usano metodi che non conoscono (es., le Matrici di Caratteri Discreti) attraverso strumenti che conoscono poco (es., il computer), e che non hanno tempo per formarsi adeguatamente.

- 1 Nei limiti concessi dalla qualità e quantità del materiale a nostra disposizione, bisogna scegliere con attenta riflessione il set di caratteri da prendere in esame, trovando un equilibrio, tra caratteri “generali” (che, riguardando gruppi più ampi di organismi, aumentano lo spettro della nostra analisi) e caratteri “particolari” (che restringono tale spettro), che dia la prospettiva desiderata alla nostra indagine. Possiamo ispirarci a studi preesistenti sullo stesso gruppo di taxa, senz’aver paura di copiare i caratteri scelti, e senza sentirci costretti a improvvisare a tutti i costi.
- 2 Dobbiamo evitare le complicazioni non indispensabili, ricordando che la probabilità di incorrere in errori aumenta con le dimensioni della matrice, e quindi, in linea di principio, omettendo i taxa e i caratteri non informativi o non indispensabili.
- 3 I caratteri selezionati dovranno essere a polarità²¹ certa, a meno che la nostra indagine non serva proprio a stabilire la polarità di determinati caratteri nei taxa esaminati.
- 4 I caratteri presi in esame dovranno essere inequivocabilmente osservabili, nella maggior parte dei campioni dei vari taxa, senza ambiguità. Non bisogna però cadere nell’eccesso opposto, escludendo taxa interessanti solo perché una parte dei caratteri non è osservabile nei campioni. È necessario essere consapevoli che i software per l’analisi delle matrici sono concepiti appositamente per proporre ipotesi al riguardo dei caratteri mancanti, il che può indurre rumore nell’analisi a causa dei procedimenti rigidi di sostituzione. Questo inconveniente può essere minimizzato grazie ai procedimenti proposti in fonti quali l’articolo di Norell (2003), citato in bibliografia generale.
- 5 Per ogni carattere, o gruppo di caratteri, ci si chiederà se fare ricorso alla codifica riduttiva (separare un carattere in numerosi sottocaratteri) o a quella composita (radunare più caratteri, covarianti, in un unico carattere). Si porrà cioè l’accento sulla ricerca di caratteri covarianti, al limite partendo da una codifica estremamente riduttiva per poi renderla più composita in presenza di gruppi di caratteri covarianti che lo consentano.
- 6 A prescindere dalla strategia di codifica, si deve puntare ad avere una matrice *priva di caratteri multistato*, e se possibile tutta codificata secondo la modalità “a/p”, cioè l’utilizzo di caratteri che siano tutti

²¹ Ci si riferisce alla condizione “primitiva” o “derivata” del carattere come osservato.

descrivibili come assenti (0) o presenti (1). I caratteri multistato danno luogo, nel corso del processo elaborativo, alla generazione automatica di un numero elevato di dati; processo che, come quello già descritto per i caratteri non codificati, non è mai sotto il pieno controllo dell'utente del programma, e può indurre effetti difficili da valutare alla scala dei prodotti di output.

- 7 Una volta ottenuta la matrice, in caso di dubbio non si deve esitare a sottoporla ad analisi statistica per determinare la sua congruenza e il suo potenziale contenuto di informazioni, confrontandola con matrici generate in modo casuale. Se abbiamo scelto bene il gruppo di taxa da esaminare, tuttavia, questo passo può rivelarsi superfluo.
- 8 Per essere sicuri di avere sfruttato appieno le potenzialità dei programmi, bisogna generare un adeguato numero di versioni della nostra matrice finale, con le righe ordinate in modo differente, e analizzare l'assieme di tali matrici, non la sola matrice originale. Il metodo di generazione automatica di tali versioni è normalmente denominato "*bootstrap*".
- 9 È necessario usare due o tre possibili metodi di analisi, e per ogni metodo generare, quando possibile, più cladogrammi del massimo livello di parsimonia.
- 10 L'assieme di tutti i cladogrammi di cui al punto 9 verrà utilizzato per formare uno o più "alberi di massimo consenso", i grafici di compendio finali, che nel loro assieme avranno proprietà diagnostiche valutabili quali l'indice di coerenza (*consistency index*) e l'indice di conservazione (*retention index*).
- 11 Si porrà la massima attenzione per destabilizzare il minimo necessario la nomenclatura zoologica presente in letteratura. Questo è un punto dolente, perché in Paleontologia è molto frequente trovare chi, non potendo descrivere specie nuove, pensa bene di reclamare il favore dei posteri denominando molti nodi del cladogramma generato.

Il rispetto delle condizioni elementari descritte è garanzia di affidabilità e fruibilità dei risultati ottenuti anche se, ovviamente, potrà esserci chi non concorda con noi, perché ha in mano dati diversi o perché bara. Se generato in pieno rigore metodologico e morale, il nostro cladogramma sarà basato sulla realtà dei fatti con la stessa forza e rigore di un incontestabile teorema matematico, senza arbitrio di sorta, con una forza e un contenuto informativo superiore a quella di una semplice descrizione linneana fuori dal contesto filogenetico. A questo dovrebbe mirare il ricercatore, in attesa che nuovi esemplari, nuovi dati, portino a nuovi, sempre più realistici, cladogrammi.

Analisi cladistiche: il miraggio della comparabilità dei risultati

I fattori di polverizzazione del pensiero scientifico sopra ricordati hanno anche un altro effetto (o causa, in un pernicioso circolo di retroazione), ovvero la scomparsa della comparabilità dei risultati di differenti gruppi di studio. Ciò, tra l'altro, previene qualsiasi sforzo di sintesi complessiva, e invertire questo trend diviene ogni giorno più oneroso, come cercheremo di illustrare tra breve.

Il punto ci richiede di distinguere tra replicabilità e comparabilità. La **replicabilità** di una analisi filogenetica originale, parlando di matrici di caratteri discreti, procede dal rispetto delle seguenti condizioni in ambo le filiere:

- nessuna riga o colonna di matrice dovrebbe essere alterata,
- dovrebbe essere usato lo stesso software di analisi filogenetica,
- dovrebbero essere attivate le stesse opzioni di impostazione,
- la analisi replicata dovrebbe essere svolta attraverso la stessa sequenza di operazioni dell'analisi originale (ad esempio il bootstrap iniziale per un dato numero di volte).

Solo in questo caso si potrà parlare di replica esatta, visto che queste operazioni sono le uniche che possano garantire l'integrità aritmetica dei dati nel corso di tutto il procedimento. A garanzia della replicabilità, è generalizzata la buona abitudine di fornire, in calce all'articolo, i dettagli e il contenuto della matrice e le indicazioni sul software utilizzato. Quindi, da quella matrice, e coi metodi descritti, si può ricavare solo il risultato proposto. Provare per credere! Tuttavia, le differenti matrici di caratteri discreti, come oggi usate, sono intrinsecamente (o meglio, praticamente) incomparabili anche all'interno di una ristrettissima area di analisi. Anziché tentare di sormontare questa limitazione, i paleontologi sono ben lieti di usare questo "bonus di incomparabilità" come uno strumento in più per prevenire, o limitare, l'interscambio di informazioni.

Il problema della **comparabilità** procede dal fatto che, in linea di principio, nessuno perderà mai tempo per replicare in modo puntuale una analisi filogenetica di risultato noto. A essere sottoposta ad analisi sarà una matrice che potrà anche comprendere tutte le righe e le colonne di una precedente matrice (con più frequenza, un subset), ma che senz'altro comprenderà almeno un taxon nuovo (tipicamente quello oggetto di studio) e/o nuove o differenti caratteristiche degli altri taxa analizzati, a seconda della disponibilità di nuovi reperti o del differente fuoco dell'analisi. Spesso,

inoltre, viene variata l'interpretazione di alcuni caratteri interni al subset importato.

E, in senso stretto, qualsiasi aggiunta, rimozione o modifica di celle dalla matrice può implicare un prodotto di output differente dall'originale. Infatti, per ogni metodo dato per la generazione di dendrogrammi o cladogrammi, esiste una relazione univoca e diretta tra la matrice e la sua rappresentazione²². Di conseguenza, la inclusione in una data matrice $\mathbf{X}(\mathbf{a},\mathbf{b})$ di un sottoinsieme di dati $\mathbf{Y}(\mathbf{c},\mathbf{d})$ proveniente da un'altra matrice, ove $c < a$ o $d < b$, non implica affatto che l'analisi di $\mathbf{X}(\mathbf{a},\mathbf{b})$ comporti lo stesso risultato della analisi di $\mathbf{Y}(\mathbf{c},\mathbf{d})$. Per usi successivi, denominiamo questa regola "proprietà intransitiva dei subset".

Che vantaggio offrirebbero matrici tra loro comparabili? Quello di essere **integrabili tra loro**, e quindi di consentire, a un livello di astrazione più alto, di osservare trend più generali, ciò che appunto pare non interessare ai paleontologi di questa generazione. Il prodotto finale potrebbe essere una base dati centralizzata di analisi filogenetiche²³, i cui vantaggi si potrebbero fare sentire in molti modi. Recentemente, alcune università americane, senza puntare alla standardizzazione, hanno iniziato una attività di collezione simile a quella qui caldeggiata. Giova vedere cosa occorrerebbe per dare rigore formale a un ipotetico sforzo di standardizzazione, un processo che dovrebbe coinvolgere metodi, righe e colonne.

- Quanto ai *metodi*, più che prescrivere l'utilizzo di specifici prodotti commerciali, la comunità scientifica dovrebbe definire i criteri minimi di accettabilità di una analisi filogenetica computerizzata, sotto forma di protocollo operativo standard per la generazione di una matrice. Ad esempio, si potrebbero standardizzare regole simili a quelle espone più sopra.
- Quanto alle *righe*, l'ipotesi di predefinire integralmente il set di specie da sottoporre ad analisi è impraticabile, visto che precluderebbe l'inclusione di nuovi taxa: è invece possibile imporre l'inclusione di specifici taxa rappresentativi dei differenti gruppi naturali, il che richiederebbe la pubblicazione e la manutenzione di apposite liste.

²² Chi avesse dubbi, rilegga più sopra "Rappresentare e Dimostrare"

²³ Un'idea che lo scrivente coltiva da tempo, invisibilmente proposta all'URL <http://space.tin.it/scienza/cebrizio/Digital.htm>

- L'ipotesi si complica ulteriormente parlando di *colonne*, visto che l'imposizione della presenza di specifici caratteri (cioè di specifici distretti corporei) in ogni analisi è ancora meno giustificabile – dal punto di vista logico – dell'imposizione di specifici taxa. In questo caso, per ogni area scheletrica (craniale, assiale, appendicolare) sarebbero individuati alcuni caratteri di riferimento da includere, ogniqualevolta i reperti esaminati lo consentano.
- Sullo sfondo, un compito ancora più impegnativo: non stiamo parlando di celle di matrice vuote! L'obiettivo del procedimento non sarebbe certo quello di creare una griglia vuota, ma un aggregato di dati comune, indiscusso, che ogni “set di dati per matrice standardizzata” dovrebbe intersecare. Dopotutto, dato che si parla di una griglia generale di caratteri noti alla scienza, da esaminare per un limitato numero di specie di riferimento per ogni gruppo naturale, un accordo sul contenuto della matrice sarebbe possibile.

Se per un attimo immaginiamo che una simile iniziativa abbia successo, possiamo valutarne i vantaggi ipotizzando che un numero crescente di studi rispondenti ai presupposti di base vengano fatti convergere nella sede istituzionale di questo ipotetico processo di standardizzazione. La proprietà intransitiva dei subset, come sopra definita, preserverebbe la originalità delle singole linee di ricerca, mentre l'afflusso di nuovi dati consentirebbe di allargare a macchia d'olio il set di caratteri presi in esame. Il procedimento, che peraltro andrebbe corretto in corsa, aspira in ultima analisi a salvaguardare e a mettere a frutto un patrimonio di analisi che ora giace polverizzato e inaccessibile sui computer di tutti gli studiosi del mondo: ma, per quanto già detto, un tale progetto non è prioritario per nessuno dei singoli interessati.

I limiti del “*politically correct*”: cosa non crediamo di credere

Dopo avere delineato alcuni problemi metodologici della Paleontologia dei Vertebrati, affrontiamo finalmente quanto il titolo prometteva, ovvero l'albero dell'*Urvogel*, termine che indica con efficace sintesi teutonica l'Uccello Primordiale²⁴ (per inciso, la pronuncia è “urfòghel”). Come sempre, prenderemo l'argomento molto alla larga, cercando di fare tesoro di quanto sin qui illustrato.

Quanti pegni paghiamo senza accorgercene! Quante cose crediamo senza sapere di crederle! Difatti, il nostro stato di partenza non è quasi mai davvero acritico, ma è quasi sempre formato da un assieme di pregiudizi tanto più insidiosi quanto meno percettibili. Ciò è quanto mai vero relativamente al turbolento dibattito scientifico sulla macroevoluzione aviana. È certamente possibile sfrondare dai dettagli tecnici la visione “ufficiale”, tuttora sostenuta dalla maggioranza dei paleontologi del settore, e proporre in estrema sintesi la seguente versione: “*Gli Uccelli si sono evoluti a partire da un ristretto gruppo di Dinosauri*”. Incidentalmente, il gruppo candidato è costituito da un gruppo di Celurosauri, il clade dei Maniraptora, bipedi terrestri, carnivori, di piccola taglia, con attitudini alla corsa. Su questo torneremo poi.

Per capire quanto di atavico, di mitologico, di astrologico nel senso richiamato più sopra concorra a influenzare la nostra percezione dei fatti, basterebbe interrogarsi sui veri perché del grandissimo fascino che i Dinosauri esercitano sugli uomini, e sull’interesse che suscitano negli scienziati.

È opinione dello scrivente che il nocciolo della questione sia che l’ambito dimensionale dei Dinosauri attraversa e supera di gran lunga quello dell’uomo. Se l’uomo fosse esistito nel Mesozoico, i Dinosauri sarebbero stati i suoi competitori, quasi certamente invincibili (uno dei motivi per i quali l’uomo, di fatto, *non* è esistito nel Mesozoico!). Stiamo tutti quanti analizzando uno scampato pericolo, che ha tutte le caratteristiche del possibile (sono esistiti ...) e del mitico (... una volta!), con l’accessorio vantaggio (che è di tutti i paleontologi) di potere estendere a dismisura il ventaglio delle ipotesi relative ai dettagli della vita di animali scomparsi e noti quasi esclusivamente attraverso le loro ossa. In questa attività di analisi, al dato certo (???) della loro scomparsa, si accompagna il “*tenet*” della loro epica, complessiva, generale inadeguatezza a un nuovo contesto globale: quello dell’“Era dei Mammiferi”, che poi è anche la nostra. Ecco che senza colpo ferire togliamo ai Dinosauri qualcosa che gli spetta (la loro perfetta adeguatezza) e prendiamo qualcosa che non ci spetta (una adeguatezza e un grado di sofisticazione superiore), creando un gap del tutto artificioso

²⁴ Chi scrive non è in grado di risalire alla prima pubblicazione scientifica in cui appare il termine “Urvogel”. Sicuramente, esso è stato riportato in auge da Gregory Paul (vedi bibliografia tecnica), che definisce animali quali *Archaeopteryx* e *Velociraptor* come “post-Urvogel”, anziché potenziali antenati degli Uccelli.

tra due mondi postulati, i “Dinosauri” e i “Mammiferi”, la cui relazione non conosce in realtà classifiche di merito, ma semplici differenze.

Si vede quanto lontano dovremmo andare per circoscrivere questo contesto di argomenti. È tuttavia opportuno limitare un poco le pretese, e attenersi al pur ampio tema specifico: per cominciare a creare un sano dubbio, costruiamo in passi successivi un semplicissimo diagramma che rappresenta la situazione appena descritta, alla ricerca di pericoli (pregiudizi) nascosti. Partiamo da una linea che, nella abituale logica stratigrafica “vecchio sotto, nuovo sopra”, rappresenta il limite K/T (la isocrona che divide il periodo Cretaceo, l’ultimo della Era Mesozoica, dall’era Terziaria o Neozoica) e da una freccia che rappresenta la linea fletica dei Dinosauri (Fig. 4).



Fig. 4 *La visione classica della linea fletica dei Dinosauri (diagramma semplificato)*

Comprendere questo semplicissimo schema comporta la impercettibile accettazione, tra gli altri, anche dei seguenti presupposti non dichiarati, che personalmente lo scrivente ritiene tutti, in vario grado, criticabili:

- che le linee fletiche siano rappresentabili graficamente, appunto in forma di linee grafiche;
- che esista una linea fletica specifica dei Dinosauri, ovvero che i Dinosauri siano una entità sistematica monofletica (discesa da un unico antenato, e comprensiva di tutti i discendenti dello stesso) o parafiletica (discesa da un unico antenato, e non comprensiva di tutti i discendenti dello stesso);
- che tale linea fletica sia stata troncata al limite K/T.

La comprensione/accettazione dello schema è un fertile terreno per corroborare le ben più ampie considerazioni sopra riportate:

- I Dinosauri non erano più “adeguati”.
- Esiste un difetto strutturale tipico dei Dinosauri
 - che li ha condannati in blocco alla estinzione, e
 - che non esiste negli animali attuali.

Purtroppo, per pervenire a una visione equilibrata sarebbe necessario considerare i Dinosauri *come se non si fossero estinti*. Trattarli in modo particolare “solo” perché si sono estinti è un procedimento *teleologico* (ovvero che, col senno di poi, postula un fine predeterminato di un dato processo naturale), che equivale a dire che essi erano “predestinati all'estinzione”, un asserto che dal punto di vista logico non ha forza. Non si fanno processi alle intenzioni, in particolare quando non esistono intenzioni! Sarebbe come dire che gli Uccelli hanno sviluppato le ali perché erano predestinati a volare (e, come vedremo, si dice anche questo, invocando scopi e demoni, sempre senza accorgersene).

È ovvio che esistono ragioni perfettamente descrivibili, anche se tuttora poco e male comprese, che hanno determinato la scomparsa di ciò che di solito si intende col termine “Dinosauri”. Semplicemente, l'incidente della estinzione, dal quale noi Mammiferi non siamo certo immuni (e ce lo insegna la stessa Paleontologia!), può riguardare chicchessia, e non autorizza classifiche di merito²⁵, né ha effetto retroattivo sulla valutazione di “*fitness*” di una specie. Ma c'è chi ragiona in questo modo: “Se si sono estinti, qualcosa di sbagliato lo avranno pure avuto! Certe cose non capitano per caso!” (un nuovo “caso Tortora²⁶”, insomma). Ah, ecco. L'estinzione allora è la punizione che il demone dell'evoluzione ha inflitto ai Dinosauri a causa della loro inadeguatezza. Orione, salvaci tu! Un'altra di queste bestialità, e l'Urvogel volerà via senza più tornare.

²⁵ Tra l'altro, quando ci siamo noi di mezzo, come nelle previsioni di certe Cassandre sul tragico futuro dell'umanità nel mondo sconvolto da clima impazzito e inquinamento, più che parlare di inadeguatezza dell'uomo alle nuove condizioni, parliamo di inadeguatezza delle nuove condizioni alla vita umana, sulla cui “adeguatezza intrinseca” non viene posto il dubbio.

²⁶ Molti ricorderanno il noto presentatore televisivo, protagonista di un clamoroso errore giudiziario, che tra l'altro ne determinò la precoce scomparsa. Anche dopo che la vicenda di Enzo Tortora fu chiarita, molti, tra cui ex colleghi, continuarono a rendere dichiarazioni simili al virgolettato che precede questa nota.

Per chiudere la parentesi, ciò che i Dinosauri sono stati, momento per momento, è l'espressione della loro storia evolutiva pregressa, il che vale per qualsiasi gruppo di organismi in ogni epoca. In retrospettiva, possiamo individuare tutti i trend che vogliamo: il persistere nel tempo di uniformi risposte evolutive è l'espressione del persistere nel tempo di uniformi *constraints*²⁷, non già dell'esistenza di un lungimirante progetto finalizzato, sulla cui attuazione vigila un artefice.

Tornando a bomba, facciamo un passo avanti nel nostro schemino. Dove stanno gli Uccelli? Per saperlo, riportiamoci per un attimo in Baviera nel 1861, in particolare nella cava Ottmann di Langenthaltheimer Haardt presso Pappenheim. Quell'anno, nel calcare litografico (o Solnhofen) del Kimmeridgiano Medio (Giurassico Superiore) di questa cava nota appunto per la pietra da litografia, e straordinariamente ricca di fossili, venne alla luce un animale (assai opportunamente denominato *Archaeopteryx litographica*) che, fatte salve le penne e l'evidente impostazione aviana degli arti anteriori, avrebbe potuto benissimo essere un *Compsognathus*, piccolo Dinosaurio Teropode Celurosauro.

Un *trait d'union* tra Dinosauri e Uccelli! All'epoca, era in vigore il mai abbastanza deprecato termine di "anello di congiunzione", sintomo di una visione della storia naturale detta "Grande Catena dell'Essere", che poneva in diretto ordine e sequenza gerarchica gli organismi dai batteri (giù in basso) all'uomo europeo, che, lo sanno tutti, è la più fedele immagine di Dio. Su questa teoria intrisa di hybris si intrattiene con efficacia, tra gli altri, Stephen Jay Gould²⁸.

Chi scrive è molto dolente di dirvi che, a parte le terminologie, negli ultimi centoquarant'anni le cose non sono cambiate di molto, e dallo stupore (si veda la premessa) per l'*Archaeopteryx*, in fondo, non ci siamo ancora ripresi. Se inseriamo l'*Archaeopteryx* nel nostro schema, esso assume la forma di Fig. 5.

²⁷ Questo termine appropriato sarà qui sostituito, per chiarezza di esposizione, con il riduttivo ed efficace "pressioni (o spinte) ambientali" o con il più generico "pressioni (o spinte) evolutive". Al primo numero di *Systema Naturae* risale l'interessante disamina di Michele Sarà (1998) sul tema dei "vincoli" (*constraints*) nell'evoluzione.

²⁸ Il riferimento citato in bibliografia è solo uno dei moltissimi possibili per questo grande divulgatore, coautore della teoria detta "degli Equilibri Punteggiati".

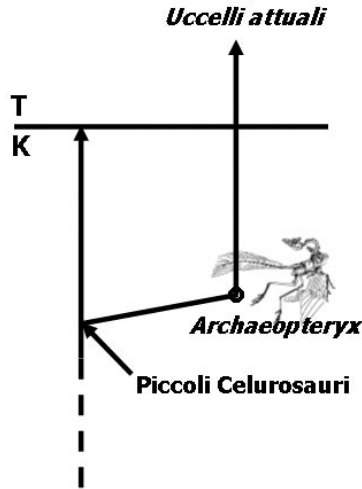


Fig. 5 La visione classica della origine degli Uccelli (diagramma semplificato)

Proseguendo nel litigio con questa figura all'apparenza innocente, rileviamo che:

- Dal punto di vista filogenetico, i dinosauri sono parafiletici e **gli Uccelli sono Dinosauri**. Ne precede la distinzione, costante nella lettura paleontologica moderna, tra “*Avian Dinosaurs*” e “*Non-Avian Dinosaurs*”. In acronimo, si tratta del paradigma BAD (“*Birds Are Dinosaurs*”) o anche BAMB (“*Birds Are Modified Maniraptorans*”)²⁹.
- Da **un punto** della linea filetica dei Dinosauri si separa **un ramo** nuovo: la linea filetica degli Uccelli.
- Tale linea passa per *Archaeopteryx*, “**anello di congiunzione**” tra Dinosauri e Uccelli³⁰.
- *Archaeopteryx* ha già in sé il germe della salvezza, che **lo distingue dai Dinosauri**, e che consentirà alla sua schiatta di attraversare indenne il limite K/T.

In sintesi, gli Uccelli avevano qualcosa che gli altri Dinosauri non avevano. Da questo caso particolare della Dinosaurità nascono i presupposti della loro sopravvivenza, negata invece ai loro antecessori filetici. Ma c'è di più e di peggio: il ramo del nostro *Archaeopteryx* si stacca da quello degli altri Dinosauri in corrispondenza del gruppo naturale (che dal punto di vista linneano è di solito considerato al rango di famiglia) dei *celurosauri*.

Per quanto la conoscenza di tale gruppo sia progredita nel corso degli anni³¹, con la distinzione al suo interno di gruppi a “uccellità” crescente quali Maniraptora, Eumaniraptora, Avialae e infine gli Uccelli, rimane in partenza un assunto la cui presenza e le cui inaccettabili implicazioni non sono facili da percepire: in sostanza, gli Uccelli discenderebbero da un gruppo selezionato di animali terrestri, bipedi cursoriali, carnivori, *non arboricoli*. Tali erano sicuramente i Teropodi dai quali si considera che i Celurosauri siano discesi per specializzazione, e, diminuendo la taglia, tali sicuramente erano Celurosauri arcaici come i *Compsognathus*.

Ciò equivale a dire che il volo si sarebbe sviluppato in uno scenario “ground up” (ovvero “da terra”), contro la forza di gravità. In uno di questi scenari (detto “Ipotesi predatoria”), le penne degli arti anteriori, evoluzione di

²⁹ Non si può evitare di citare il paradigma BAND (“*Birds Are Not Dinosaurs*”), di cui sono sostenitori Alan Feduccia e pochissimi altri studiosi. Le discrasie del paradigma BAD, che vengono stigmatizzate in questo articolo, nell’ottica BAND vengono superate da un paradigma che attribuisce le similitudini tra Dinosauri da una parte, e Uccelli e pre-Uccelli dall’altra, esclusivamente ad omoplasia (“convergenza evolutiva”). Inutile dire che questa visione è ancora meno parsimoniosa di quella che qui si cerca di demolire, di conseguenza non si ritiene che essa meriti neppure lo sforzo di essere confutata in questa sede. Forse non è superfluo richiamare il concetto di *convergenza evolutiva* (o più tecnicamente di “omoplasia”). In ogni ambiente dato, le sollecitazioni della selezione naturale agiscono per tutti alla stessa maniera e tendono a produrre fenomeni di adattamento su piani strutturali analoghi, specifici dei differenti ambienti, tra differenti gruppi naturali, anche non imparentati, e a maggior ragione se essi sono biologicamente vicini. Ad esempio gli antichi Ittiosauri, discendenti di Rettili terrestri, sono pressoché identici (dal punto di vista della morfologia esterna) ai Delfini, discendenti di Mammiferi terrestri, dato che esiste un solo modo (o esistono pochissimi modi) di risolvere il problema ingegneristico di un predatore che respiri aria e si muova rapidamente nell’acqua. Il motore dei fenomeni di evoluzione “parallela” è una serie di forti o fortissime sollecitazioni ambientali alle quali è possibile rispondere in uno e un solo modo. Questo concetto è in sé rispettabilissimo. Il paradigma BAND ne abusa largamente, e nel presupporre una estensiva convergenza evolutiva in una marea di minuti dettagli tra Dinosauri ed Uccelli, considerati in quest’ambito solo parenti alla lontana, pone il problema, tuttora irrisolto, di definire quali spinte evolutive agiscono allo stesso modo rispetto ai due gruppi.

³⁰ Questa è una semplificazione brutale. Si conoscono animali ben più adatti al ruolo di “anello di congiunzione”, e nessun paleontologo sosterrebbe che *Archaeopteryx* è *precisamente* il trait d’union. Il lettore consenta a chi scrive, per chiarezza concettuale e per brevità, di non dettagliare ulteriormente, e si affanni pure a capirci qualcosa con la bibliografia fornita.

³¹ In particolare a partire dall’opera di Jacques Gauthier, 1986 citata in bibliografia.

strutture preservate nel processo evolutivo con funzioni di isolamento termico e di esibizione, sarebbero state usate per agevolare la cattura di insetti, che venivano inseguiti in veloci corse. Il seme del volo sarebbe stato questo tipo di inseguimenti, che talora si potevano concludere in planate. Questo tipo di volo sarebbe stato preservato e raffinato nel processo evolutivo, perché agevolava la fuga. La dimensione verticale del volo sarebbe stata acquisita con gradualità, dal basso.

È solo una delle possibili articolazioni di una teoria che ha un grandissimo vizio occulto, ovvero di richiedere una giustificazione per il tentativo di conquista dell'aria a partire dal basso, nel contesto energeticamente più sfavorevole: è pur più agevole scendere planando da un albero che salirvi volando. Il vero problema è che esistono ali rudimentali che consentono di planare dall'alto (e sono diffusissime in natura: ali di circostanza come le membrane di certi mammiferi, le zampe di certi anfibi, persino il corpo di certi serpenti), il che è senz'altro possibile con penne arcaiche, simmetriche. E la planata è una utile via di fuga e di spostamento. Ma non è concepibile una ala rudimentale, o un "precursore di ala" tale da consentire di ricavare dal moto orizzontale della corsa una componente verticale efficace.

Tra l'altro, la "preselezione orientata" di caratteri che via via trasformassero i corridori in volatili è una concezione assolutamente teleologica, presupponendo una "spinta al volo", a essere benevoli, lamarckiana, e che invece è qualcosa di peggio, ovvero il silenzioso persistere della teoria della "Grande Catena dell'Essere" già sopra ricordata, fatta di predestinazioni (alla estinzione, per i Dinosauri; al volo, per gli Uccelli; al successo, per il maschio ariano) e di "aspirazioni naturali" a conseguire i gradi superiori (perché, se no, la scimmia sarebbe diventata uomo?) sotto diretto controllo dell'Onnipotente che ne regge i fili tramite delega conferita al demone dell'evoluzione. In quest'ottica, bisognava pure che qualcuno volasse, e ci sono riusciti i Celurosauri. Sentiamo l'Urvogel gracchiare la sua disapprovazione.

Infine, formulando la contestazione in termini ancora più generali, la presenza diffusa di caratteristiche aviane in un ampio gruppo di animali non volatori, filogeneticamente vicini, ammette soltanto due spiegazioni:

- 1 È l'effetto della diffusa spinta verso "ciò che poi sarebbe diventato il volo", già citata sopra: un accumulo convergente di caratteri e comportamenti comparsi "allo scopo di volare". Il grado di enfasi sugli aspetti omoplastici (quindi sulla presenza di una preconcetta pressione evolutiva uniforme su un gruppo di animali imparentati

che ne determina l'indipendente sviluppo di apomorfie simili), o sulla trasmissione plesiomorfica di caratteri conservati anche se evolutivamente neutri, può variare. Non varia il fatto che nel suo complesso il paradigma BAD/BAMM non è parsimonioso, e descrive un processo *convergente*, vagamente epigenetico, nel quale l'uccello viene costruito nel tempo sulla base di un piano predeterminato, e in cui, tra i molti contemporanei candidati alla uccellità preconcepita, solo alcuni la conseguiranno. Per la barba di Orione! Ecco il demone dell'evoluzione, scappatoia morale dello scienziato, che caccia Dio dalla porta poi lo fa entrare di nascosto dalla finestra, "come un ladro nella notte", sotto mentite spoglie!

- 2 Le caratteristiche aviane sono plesiomorfie ereditate da un antenato comune a tutti i cosiddetti pre-uccelli. Brutalmente parlando, i celurosauri discendono dall'Urvogel. Più sotto i dettagli del paradigma alternativo, in acronimo BCF. Per ora basti osservare che questa alternativa parsimoniosa conserva il naturale carattere divergente del processo evolutivo.

Quale di queste spiegazioni dà all'Urvogel ciò che gli spetta?

NEMESIS: LA VERITÀ INCONOSCIBILE

Topi e balene: la regola di Cope

Una delle poche osservazioni di ampio respiro nell'intervallo che separa Darwin da Watson e Crick è nota, in Paleontologia, come *regola di Cope*. Fu infatti formalizzata da Edward Drinker Cope (1840-1897), importantissimo ricercatore di Dinosauri statunitense. Questa regola, la cui vulgata è "*Coi topi si fanno le balene, ma non il contrario*", ha il pregio della intuitività ed è tendenzialmente generalizzabile a tutto l'arco degli organismi. Non è una spiegazione, ma una constatazione basata sulla conoscenza della Paleontologia. Come è tipico di questo livello di teorizzazione, non è facile organizzare uno studio teso a quantificarla sul campo. Chi ci ha provato³², in genere c'è riuscito, con efficacia crescente quanto più stretto è l'ambito di specie esaminato.

³² Come Alroy, 1998.

La regola di Cope (che ammette eccezioni, ci mancherebbe!) illustra come nel corso del processo filogenetico, gli organismi tendono a evolversi da forme generalizzate a forme specializzate, e a crescere di taglia. In linea di principio, è applicabile a qualsiasi scala (dalla filogenesi dell'intera biosfera, alla evoluzione dei Cavalli dai primi Perissodattili, benissimo documentata nei fossili).

In pratica, non è statisticamente possibile che dal nulla si sviluppi una specie con elevato grado di adattamento a situazioni particolari. C'è l'ovvia necessità di una situazione iniziale, priva di specializzazioni, dalla quale, per speciazioni successive svolte in ambienti particolari, si sviluppi la forma specializzata. Nel consolidarsi di piani strutturali via via meglio adattati alla particolare nicchia, la selezione naturale di norma incoraggia la tendenza a un aumento di dimensioni, cui di solito corrisponde un maggior successo nella competizione per l'accesso alle risorse alimentari (ed è il caso dei Dinosauri più conosciuti).

Potenziale evolutivo

La regola di Cope pone una questione non futile: quando è che un organismo diviene tanto specializzato da non potere più originare nuove forme "generalizzabili"?

Questa importante domanda propone il concetto di "potenziale evolutivo". Una specie nella sua storia biologica varca una invisibile soglia di non-ritorno oltre la quale i processi evolutivi non possono più continuare a servirsene come materia prima per la generazione di piani strutturali diversi, con nuove e differenti specializzazioni. La specie imbocca un vicolo cieco evolutivo, nel quale magari può permanere per milioni di anni pressoché immutata, ma senza dare origine a niente di radicalmente nuovo. Diciamo allora che il suo potenziale evolutivo è crollato, e, se immaginiamo di rappresentare una linea filetica con il movimento di un corpo nello spazio, potremmo anche dire che la inerzia della linea filetica è aumentata a un punto tale, che l'energia necessaria per modificarne lo "stato di moto" ha superato quella disponibile nel sistema. Oppure, possiamo affermare che la specie è ormai intrappolata in un minimo locale di energia.

Quale che sia la metafora preferita, ormai l'organismo è saldamente e irreversibilmente ancorato a una ben precisa nicchia ecologica, nella quale magari ha un ottimo successo. Peraltro, se questa nicchia ecologica va in

crisi, l'estinzione della specie che ne dipende in modo così rigido è pressoché garantita. Se la nicchia si mantiene, esiste la possibilità di trovare immutati dopo centinaia di migliaia di anni “fossili viventi” come il Celacanto.

Un alto potenziale evolutivo caratterizza invece tutte le forme di piccola taglia con abitudini alimentari di onnivoro, esigenza di modeste quantità di cibo, e ampia tolleranza alle variazioni ambientali³³. Saranno proprio gruppi di organismi di questo tipo (caratterizzati tra l'altro da una elevata capacità riproduttiva: sicuramente, nell'arco della vita, un topo mette al mondo più discendenti di quanto non facciano un cavallo o una balena) a costituire dei validi punti di partenza per i piani strutturali di nuovi organismi più grandi e più specializzati. Saranno proprio gruppi di organismi di questo tipo a essere meno sensibili ai grandi sconvolgimenti ambientali, a passare cioè con minor danno attraverso i grandi fenomeni di estinzione. Sempre restando ai fossili viventi, si nota che ai primordi dei Mammiferi, troviamo piccole specie euribionti della taglia e delle abitudini di Ratti o grossi Toporagni, lo stesso tipo di organismo che per pervasività e ubiquità ha oggi come ieri un enorme successo negli ambienti terrestri a tutte le latitudini. Più che di fossili viventi in senso stretto, dato che le specie attuali (ad esempio, di Ratto) non sono identiche ai primi Mammiferi, si può parlare del permanere, in un determinato ambito filetico, di un “*bauplan*”³⁴ fossile, che definiremmo di “piccolo opportunista”.

In tutte le epoche della storia della vita, la dinamica degli ecosistemi, la piramide alimentare e la stessa evoluzione biologica si sono sempre basate su organismi ad alto potenziale evolutivo, piccoli, prolifici, alimentariamente poco esigenti, poco specializzati e di conseguenza numerosi. Può sembrare paradossale, ma in pratica (per lo meno in ambienti subaerei) il potenziale evolutivo è inversamente proporzionale alla probabilità di fossilizzazione. È infatti facile intuire che un piccolo organismo terrestre, oltre a essere una preda assai facile (e quindi a finire molto spesso digerito), sia assai più rapido nella sua decomposizione rispetto a un grande organismo, e che quindi abbia in complesso molte meno probabilità di essere preservato. Fossili di Mammut ce ne sono, quelli davvero rari sono i fossili di Pipistrello, di Topo, di Uccello. Un punto da non trascurare, che riprenderemo più sotto.

³³ Tali organismi si definiscono *euribionti*, condizione opposta a quella di *stenobionte*, ovvero organismo rigidamente vincolato ad uno specifico ambiente e/o regime alimentare.

³⁴ Altra efficace locuzione tedesca, che potremmo rendere come “piano strutturale”.

Sant'Antonio vestito di velluto, fammi trovare quello che ho perduto!

La legge di Dollo (Louis Dollo, 1857-1931, ingegnere minerario votatosi alla Paleontologia e massimo studioso degli Iguanodonti scoperti nel 1878 nelle miniere di Bernissart, in Belgio) ci illustra come “*Le parti anatomiche perdute nel corso dell'evoluzione non sono mai ripristinate, bensì sostituite*”, o in altri termini “*Gli organismi specializzati per evoluzione non possono essere il punto di partenza per organismi privi delle specializzazioni filogeneticamente acquisite*”. Come si vede il concetto è lo stesso della Legge di Cope, della quale quella di Dollo costituisce un complemento o un corollario: l'evoluzione non torna sui propri passi³⁵.

Nel progresso verso la specializzazione, verso cioè la occupazione di una particolare nicchia ecologica (diciamo di particolari abitudini ambientali e alimentari), attraverso le speciazioni gli animali di una determinata linea evolutiva possono perdere determinate caratteristiche. Ad esempio, le Balene, che discendono da animali quadrupedi, nel corso della loro evoluzione hanno perduto gli arti posteriori, che erano ridotti a modestissime dimensioni ma ancora visibili nelle balene più antiche, e che al presente sono semplici vestigia ossee, invisibili all'esterno. Non esiste alcuna possibilità che le Balene rievolvano le gambe, per irrobustimento e sviluppo di parti di cui esse non sono più dotate. Non è certo un caso se gli arti posteriori ora mancano. Il punto, seppure intuitivo, merita di essere approfondito, definendo senza teleologie il concetto di “esigenza di sviluppare nuovamente le gambe”, una pressione evolutiva che ha appunto brillato per la sua assenza negli ultimi 30 / 40 milioni di anni e non potrà neppure in futuro presentarsi per una Balena:

- se intendiamo tale esigenza come “opportunità di miglior sfruttamento della loro nicchia ambientale”, possiamo solo notare che le hanno perse proprio nel meglio adattarvisi;

³⁵ Questo concetto è tra l'altro saldamente radicato nei metodi in auge: in termini probabilistici il “*reversal*” (inversione di tendenza, ovvero perdita di una specializzazione acquisita) di un carattere lungo il percorso di una linea filetica, è considerato altamente improbabile. Ancor meno probabile, perdita e successiva ricomparsa di uno stesso carattere in una linea filetica data. Ciò influenza, ad esempio, la progettazione dei software per l'analisi delle matrici, più sopra ricordati: tra più possibili cladogrammi ricavati da una data matrice, si considera più parsimonioso quello che, a parità di altri fattori, invoca il minimo numero possibile di inversioni come appena definite. Ciò rende ancora più strano il macroscopico travisamento della legge di Dollo sul quale ci intratterremo tra poche pagine.

- se intendiamo tale esigenza come “necessità di occupare un’altra nicchia ambientale perché quella specifica entra in crisi”, osservato in generale che i tempi di una importante crisi biologica non sono compatibili con la lentezza del processo evolutivo (da cui il fenomeno delle grandi estinzioni), notiamo che per le Balene il punto di non-ritorno della Legge di Cope è già stato superato da moltissimo tempo. Nel caso di una ipotetica crisi biologica generalizzata dell’ambiente marino, le iperspecializzate balene saranno tra le prime a scomparire.

Anche i cavalli nel corso della evoluzione hanno perduto le dita, e ora sono dotati di un unico dito su cui grava tutto il peso del corpo. Se un qualche motivo, attraverso i tempi geologici, favorisse lo sviluppo di una maggiore superficie di appoggio del piede (ad esempio se si verificasse un innalzamento globale del livello del mare, con la conseguente creazione di paludi e acquitrini) è possibile che in alcuni milioni di anni si sviluppino nuove specie di cavalli con lo zoccolo molto largo, ma è praticamente impossibile che ai cavalli “rispuntino” le dita che avevano decine di milioni di anni fa: il programma epigenetico che governa la costruzione dell’organismo-cavallo ha già perso le istruzioni che governano la generazione delle altre dita.

Per tacitare possibili contestazioni, è opportuno richiamare il concetto di *atavismo* come eccezione che conferma la regola. In senso generale, per quanto il sistema che governa l’ontogenesi sia rigidamente incanalato in una precisa strategia di generazione del fenotipo, la potenzialità a produrre dita accessorie rimane (come si fa un dito, così se ne potrebbero fare due o tre ...) ma resta un fatto rarissimo (un “atavismo” appunto) che capita in pochissimi casi (dell’ordine di uno su qualche decina di migliaia). Non esiste la possibilità che da un atavismo, espressione di caratteri recessivi³⁶, si sviluppi una nuova popolazione. Il fenomeno dell’atavismo è anzi descrivibile come variabilità intrinseca di un organo inutile dal punto di vista evolutivo (le dita accessorie non svantaggiano né avvantaggiano il cavallo). Ben differente sarebbe il caso di un cavallo di venticinque milioni di anni fa, che aveva ancora generalizzata la presenza di tre dita relativamente ben sviluppate. In situazioni come quelle dell’esempio, si

³⁶ Si veda ad esempio il sito Internet *summa gallicana* all’ URL <http://digilander.libero.it/summagallicana/>.

sarebbero potute distinguere specie a tre dita (meglio adattate ai terreni soffici) e specie a un dito, e ciò perché le dita non erano ancora state perse né strutturalmente, né funzionalmente.

In sunto, dalla Legge di Dollo deriva che quando un animale si è specializzato al punto di perdere determinati organi, determinate strutture, determinate funzioni, i suoi discendenti potranno anche mostrare un grado di variabilità residua (che al limite potrà anche manifestarsi, in una percentuale statisticamente trascurabile di individui, sotto forma di atavismo), ma certo non potranno ricreare organi perduti e avranno, da questo punto di vista, imboccato un vicolo cieco evolutivo. Da un tale animale potranno, per speciazione, derivare solo animali sostanzialmente simili a lui e che condividono con lui le specializzazioni di partenza. Anche all'Elefante farebbe comodo un lungo collo, ma lo ha perso per strada, e la proboscide è una dimostrazione quanto mai evidente della Legge di Dollo.

L'albero – una metafora fuorviante

Sul pensiero dicotomico si è intrattenuto con esemplare chiarezza Mario Zunino³⁷. In questa sede, senza alcuna pretesa di scendere a un livello tanto specialistico, verrà operata una critica di tipo esclusivamente grafico agli alberi binari. Affrontare le ragioni dell'inadeguatezza di tale rappresentazione consentirà di proporre soluzioni alternative, funzionali allo sviluppo della presente trattazione.

Ai fini del nostro discorso, la metafora dell'albero, che è proprio solo una metafora, e non già una rappresentazione realistica del processo filético, deve essere guardata con acribia. Un dendrogramma è davvero un utile strumento di sintesi che sfrutta la nostra capacità (o dovremmo dire il nostro limite?) di ragionare per immagini, per veicolare in modo sintetico un discorso, ma non dobbiamo dimenticare che un albero naturale può essere grossolanamente ricondotto alla struttura rappresentata in Fig. 6. In essa, la densità di dicotomie, o policotomie, cresce con la distanza dal tronco e, verticalmente, dal punto di innesto delle prime branche sul tronco. Diciamo che la chioma di foglie attaccate ai ramoscelli costituisce la superficie esterna dell'albero.

³⁷ I due articoli di Mario Zunino pubblicati su *Systema Naturae* riguardano in modo esplicito la adeguatezza della dicotomia a rappresentare il processo di speciazione.

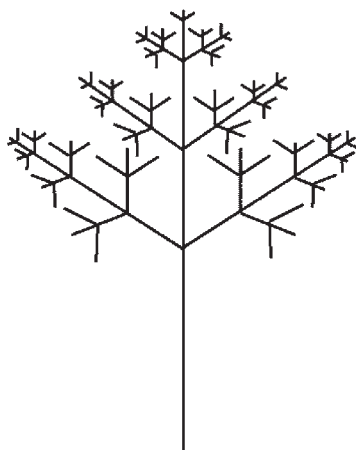


Fig. 6 Schema grafico della struttura di un albero

L'albero affascina perché nel suo crescere dal basso verso l'alto unisce il passato al futuro, e di alberi genealogici si parla da molte centinaia di anni in araldica e storiografia, tanto che la metafora della biologia può dirsi mediata da queste discipline. Ma che cosa ha in comune la filogenesi con lo sviluppo di una pianta? La maniera in cui l'albero mette i rami ha qualche relazione con la catena di speciazioni alla base della filogenesi? O si tratta solamente di similitudini *ex post*, fatte al momento di forzare una sintesi grafica di conclusioni già tratte?

In realtà, sebbene la forma dell'albero vegetale sia chiara nella nostra mente, la rappresentazione che di esso viene resa dalle analisi di matrici di caratteri discreti, ovvero il cladogramma, ne costituisce una estrema semplificazione grafica e concettuale. Ragionando per dicotomie, l'intero *Systema Naturae* può assumere la forma di un albero binario diretto (Fig. 7), che ritroviamo frattalmente replicata dentro a ogni gruppo naturale esaminato.

Se vogliamo rappresentare graficamente una linea filetica, il ché di solito si fa con un cladogramma, ci si pone innanzitutto il problema di definire cosa sia il dorso del "pettine hennigiano" (vedi Fig. 8) che prendiamo come linea base per il diramarsi delle nostre dicotomie. Concettualmente, questa linea unirà una specie (o gruppo di specie) origine con una specie (o gruppo di specie) destinazione. Già questo punto meriterebbe un commento di dimensioni pari a questo intero articolo, che (per fortuna del lettore) lo scrivente rimanda ad altra futura sede. Intuitivamente, e semplificando

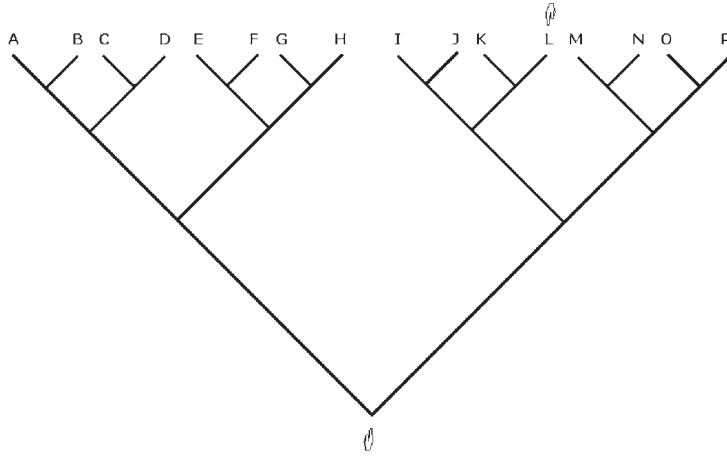


Fig. 7 Esempio di cladogramma in forma di albero binario diretto

molto per non introdurre il concetto di *outgroup*, il processo potrebbe essere descritto come segue:

- scelgo dal pezzo di “albero universale” di mio interesse una specie ancestrale e una di destinazione;
- tiro una linea tra la prima dicotomia e la specie destinazione;
- su tale linea dispongo le altre dicotomie nel rispettivo ordine di origine.

È ovvio che si tratta di scelte politiche, determinate sulla base dei fossili a disposizione e del tipo di discorso che si vuole fare. Graficamente, e con riferimento alla Fig. 7, il procedimento può essere descritto nei termini

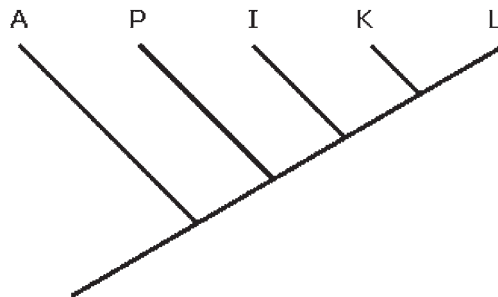


Fig. 8 Pettine bennigiano tra due punti del cladogramma di Fig. 7

seguenti: afferrando nei due punti indicati il nostro albero binario, tirando, lasciando penzolare i rami, e fermandoci al primo livello di dicotomie in sequenza, otterremmo come pettine hennigiano qualcosa di simile alla Fig. 8, rappresentazione che non ha più nulla in comune con un albero vegetale. In essa, il dorso del pettine è quanto di più simile a un tronco si possa trovare in questo tipo di rappresentazioni. Il livello di *hybris*/arbitrio rappresentato dal nostro scarso pettinino è molto evidente:

- l'ipotesi dicotomica è criticabile a priori;
- il cladogramma è il sottoinsieme di un albero incompleto per definizione;
- i metodi/moda sopra accennati sono aperti a un utilizzo ideologico che può esprimersi con la scelta *ad hoc* di specie e caratteri, e con la valorizzazione politica di alcune celle della matrice.

Pretendere che l'Urvogel abbia fatto il suo nido su tale rinsecchito arbusto è veramente troppo! Sospendendo, con evidente fatica, le geremiadi, riprendiamo la questione iniziale. Constatata la natura simbolico/metaforica dei cladogrammi e la loro irriducibilità alla metafora vegetale, che aspetto potrebbe avere una realistica rappresentazione grafica di una linea filetica? Che relazioni con l'albero di Fig. 6?

Osserviamo innanzitutto che se è in gioco un asse dei tempi (e, come solito, il tempo cresce dal basso verso l'alto), il nostro albero filetico non dovrebbe proiettare linee verso il passato. Inoltre, se il nostro obiettivo è di rappresentare una generica linea filetica in ossequio alla regola di Cope e al concetto di potenziale evolutivo, vedremo che le similitudini col mondo vegetale si riducono a niente, e che la più appropriata rappresentazione di una linea filetica (un qualsiasi ramo senza tronco dell'infinito intreccio complessivo....) potrebbe essere quanto illustrato in Fig. 9, ovvero un

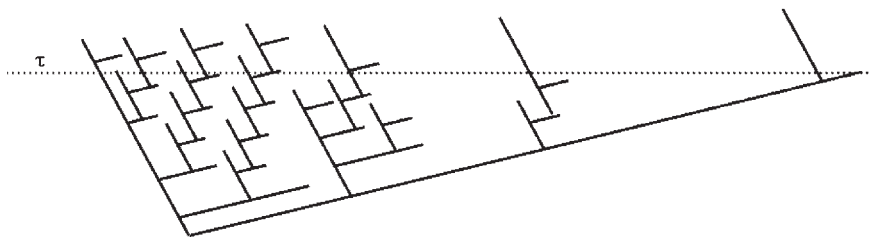


Fig. 9 Schema grafico di una linea filetica nel rispetto della Regola di Cope

“cespuglio filetico” dal quale sporgono i rami spogli, e con le “foglie” ben nascoste all'interno.

In un qualsiasi momento, la nostra isocrona τ , a puntini nello schema, intercetta le zone a diverso potenziale evolutivo della linea filetica. Un simile schema, che poco o nulla ha a fare con la Sistematica Cladistica, non ha certo il pregio dell'utilità pratica, ma costituisce una metafora grafica molto più utile, almeno ai fini del nostro discorso.

Nuclei evolutivi: la teoria dei “core groups”

Le implicazioni del concetto di potenziale evolutivo sono di rado considerate. Solamente la teoria del paleontologo statunitense George Olshevsky³⁸ porta all'estremo le conseguenze dei ragionamenti sopra tracciati, compendiandoli, in una interessante e inedita sintesi, con il concetto di potenziale di fossilizzazione, e con alcune osservazioni a sfondo ecologico. La visione di Olshevsky è definita “*Core Groups Theory*”, letteralmente “Teoria dei gruppi-nucleo”, locuzione tradotta liberamente da chi scrive come “Teoria dei Nuclei Evolutivi”. Ai fini della presente trattazione, definiamo “Nucleo Evolutivo” (“*Core Group*”) un gruppo naturale a elevatissimo potenziale evolutivo, formato da gruppi, e gruppi di gruppi, di specie caratterizzati da speciazione rapida (gruppi “tachitelici”, ovvero “veloci a suddividersi”) e tipici di ambienti a elevata biodiversità. Ogni grande gruppo naturale presuppone la presenza al suo interno, o nel suo passato, di un Nucleo Evolutivo. Esempificando con riferimento al grafo proposto più sopra, distinguiamo tre zone contraddistinte rispettivamente da (A)lta, (M)edia e (B)assa densità di dicotomie/policotomie. Nello schema (Fig. 10), il Nucleo Evolutivo è costituito dalla zona A.

Conformi alla regola di Cope, dal Nucleo Evolutivo si separano nel tempo e nello spazio i rami da cui origineranno le forme più grandi e specializzate, a speciazione più lenta (“braditelici”). Il motivo per cui si parla di “Nucleo” evolutivo anziché di “linea” evolutiva è dato dal fatto che esso comprende una matassa di linee di animali a morfologia simile, linee che sarebbe assai difficile separare l'una dall'altra anche in presenza di resti fossili completi,

³⁸ I cui scritti più interessanti possono essere richiesti direttamente al loro autore, agevolmente rintracciabile su Internet; in bibliografia, è citato uno dei molti possibili titoli.

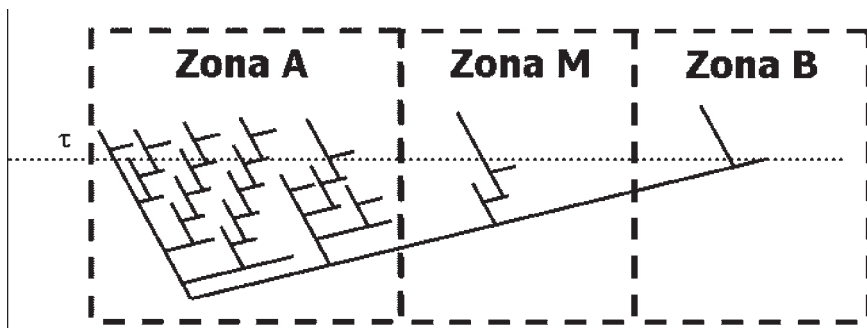


Fig. 10 Aree a tachitelia differenziata sullo schema di Fig. 9

i quali peraltro mancheranno quasi del tutto. È infatti noto che, ora come in passato, la diversità biologica tende a concentrarsi:

- su organismi di piccole o piccolissime dimensioni,
- in ambienti nei quali la materia organica viene degradata assai rapidamente, sia per le condizioni climatiche, sia per la forte presenza di piccoli organismi che si nutrono di sostanze organiche.

È legittimo affermare che un animale morto nella foresta amazzonica ha probabilità del tutto infinitesimali di giungere allo stato fossile alle epoche successive. Se poi si tratta di un piccolo animale, per quanto detto più sopra, esse sono di fatto nulle (si consideri solo l'elevata probabilità di essere interamente divorato da un predatore).

Possiamo quindi aspettarci che la già ricordata tendenza che privilegia la fossilizzazione degli organismi di grandi dimensioni, unita con questi fattori ambientali, costituisca (ed è un fatto risaputo) un importantissimo fattore di disturbo nell'intelligenza della struttura delle comunità biologiche del passato (Fig. 11).

Che interi ecosistemi con miliardi di piccoli organismi non abbiano lasciato alcuna traccia della loro biodiversità può dirsi praticamente certo, e ciò equivale a postulare l'esistenza di una "area di non preservabilità" che in Fig. 11 è appunto collocata in corrispondenza del Nucleo Evolutivo. Tirando le somme, a livello fossile il Nucleo Evolutivo resta una sorta di fantasma, fatte salve isolate eccezioni connesse alle condizioni particolari tipiche dei *Konservat-Lagerstätten*. Non a caso tutte le più significative testimonianze sulla evoluzione aviana, a partire da *Archaeopteryx* fino a oggi, provengono da giacimenti di natura eccezionale.

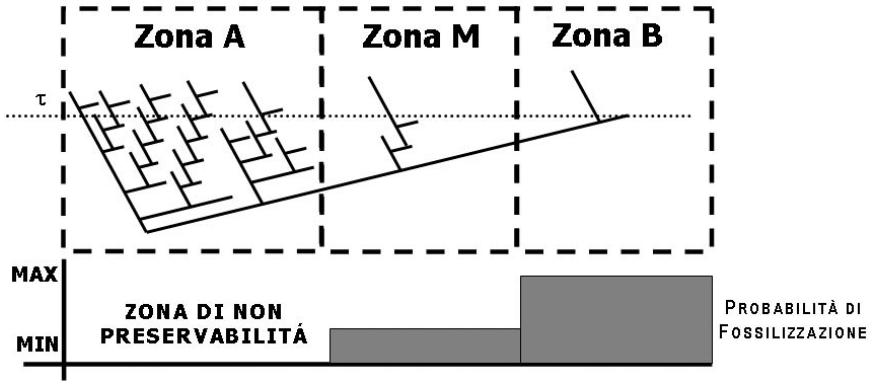


Fig. 11 Potenziale di fossilizzazione per le aree di Fig. 10

Fossili e intricatezza filetica

Prima di proseguire, è necessario chiedersi come cambia l'intreccio delle relazioni tra fossili e filogenesi, in un contesto in cui si presupponga l'esistenza di un Nucleo Evolutivo, rispetto alla ipotesi opposta in cui si neghi o si trascuri l'esistenza di una tale entità. Ovvero, quale tipo di informazione aggiuntiva potremmo ricavare da un contesto, ahinoi puramente ipotetico, in cui *tutti* i fossili di un certo gruppo naturale fossero disponibili? L'esempio qui svolto tenterà di dimostrare nel modo più intuitivo e lineare che una determinata distribuzione di caratteri, e le ipotesi filogenetiche che ne vengono ricavate, possono ammettere plausibili soluzioni alternative qualora si ipotizzi l'esistenza di specie non documentate³⁹. Partiamo molto semplicemente da quattro specie fossili ($S_1 \div S_4$) rinvenute in sedimenti riferibili a età decrescenti ($T_1 \div T_4$), le cui caratteristiche morfologiche siano rappresentate nello schema della Figura 12. Una possibile e legittima ricostruzione delle relazioni filetiche, ricavabile con i consueti metodi dell'analisi computerizzata delle matrici di caratteri discreti, potrebbe ad esempio prendere la forma del cladogramma della Figura 13, nel quale sono evidenziate le posizioni di origine dei caratteri condivisi alla scala del campione.

³⁹ Come sempre, saranno affrontati solo gli aspetti strettamente necessari alla presente trattazione. Per una disamina sulle implicazioni dell'esistenza di "linee filetiche fantasma" e sul loro trattamento in Cladistica si rimanda agli articoli di Mark Norell in bibliografia.





			Caratteri Esaminati								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
	S₄	T₄	★							★	★
	S₃	T₃				★	★	★			★
	S₂	T₂		★				★	★		★
	S₁	T₁			★			★		★	★

Fig. 12 Matrice di caratteri discreti per quattro specie ipotetiche

Questa ipotesi, in cui la specie **S₄** perde il carattere 6, è un tantino più parsimoniosa dell'altra, pur plausibile, in cui il carattere 8 sarebbe stato acquisito prima che si distinguessero le quattro specie esaminate e poi perso indipendentemente da **S₂** e **S₃**, o da un antenato non osservabile comune a entrambe tali specie.

Si tratta solo di un esempio, notevolmente semplificato, del fatto che la presenza di un pool a relativa limitatezza di caratteri condivisi, e di una significativa percentuale di caratteri osservabili in un unico campione, aumenta il numero di soluzioni al problema della filogenesi di un dato gruppo di specie oggetto di studio.

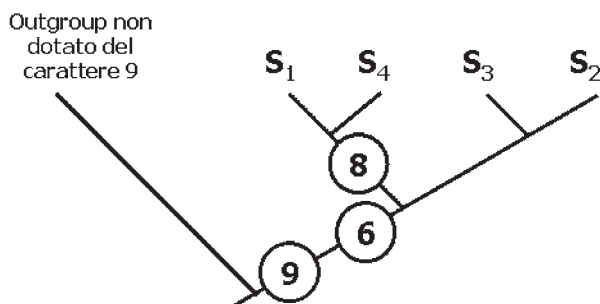


Fig. 13 Cladogramma ricavato dalla matrice di Fig. 12

Ma che cosa garantisce che tali risultati, ottenuti con metodi in sé del tutto rigorosi, rispecchino la reale filogenesi? Quanto esteso è l'influsso dei fossili mancanti? Per capirlo, occorre esaminare la storia delle nostre quattro specie nel più ampio contesto di un ipotetico Nucleo Evolutivo: esamineremo cioè una delle infinite possibili "storie vere" dello stesso gruppo nella ipotesi non realistica di conoscerne perfettamente la filogenesi. In Fig. 14, la grande freccia rappresenta lo scorrere del tempo nell'area di non preservabilità costituente il Nucleo Evolutivo, che contiene la serie di eventi di speciazione avvenuti al suo interno. Le linee che ne escono sono quelle che si separano da ogni specie del Nucleo Evolutivo portando alle specie preservabili, quattro delle quali ($S_1 \div S_4$) conservate allo stato fossile.

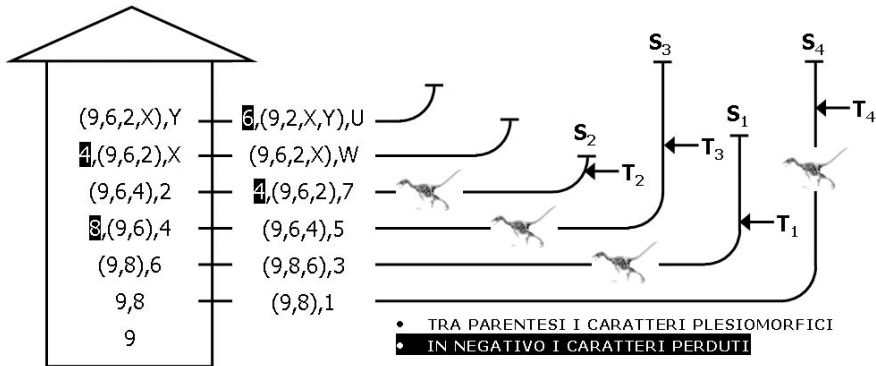


Fig. 14 Schema dell'evoluzione delle quattro specie di Fig. 12 a partire da un Nucleo Evolutivo

Si vede quindi che la corretta soluzione, irraggiungibile senza fossili provenienti dal Nucleo Evolutivo, è quella (rappresentata in Fig. 15) che vede S_4 come specie originatasi per prima, e mostra come il carattere 8 scompare nel taxon non documentato di caratteri (9,6),4 *prima* della originazione⁴⁰ di S_2 e S_3 .

⁴⁰ Fermandosi alle sole specie disponibili allo stato fossile e *senza ipotizzarne altre*, l'ipotesi della scomparsa del carattere 8 *indipendentemente in due specie* era stata scartata perché poco parsimoniosa.

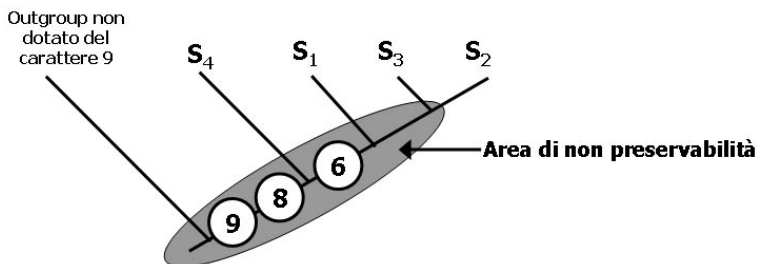


Fig. 15 Cladogramma ricavato dalla Fig. 14

La Figura 15 rappresenta anche la “zona d’ombra” (ellisse grigia) data dall’area di non preservabilità dei fossili, corrispondente al Nucleo Evolutivo tachitelico. Possiamo affermare che le relazioni filetiche di dettaglio all’interno di tale area non sono conoscibili nei particolari. A nostra disposizione sono solo i “sottoprodotti” dell’evoluzione rapida, che valicano la soglia di preservabilità e giungono all’oggi allo stato fossile, rappresentando dal punto di vista morfologico lo “stato di avanzamento” del processo interno al Nucleo Evolutivo *al momento del distacco dal nucleo della rispettiva linea*, al quale si sommano gli effetti della speciazione che ha portato al taxon fossilizzabile.

Come importante dettaglio accessorio, il lettore attento avrà notato che l’età di fossilizzazione (quella dei sedimenti nei quali il fossile è rinvenuto) è sì successiva alla comparsa di una specie data, ma nulla garantisce – in particolare nel settore dei Vertebrati terrestri – che coincida con l’età di originazione di tale specie. Portando il ragionamento agli estremi, in questi giorni il corpo di un Celacanto attuale, di una famiglia di Pesci originatasi nel Paleozoico e tuttora esistente, potrebbe stare subendo un processo di fossilizzazione, che lo porterebbe a essere rinvenuto in sedimenti dell’epoca attuale. Ciò però non consente di dedurre che esso sia una specie originatasi oggi, anche se il dubbio potrebbe porsi a chi non disponesse di esemplari fossili e quindi *non* sapesse che i Celacanti sono animali antichissimi.

Il lettore potrebbe ritenere forzato l’elevato ritmo di evoluzione sopra graficamente esemplificato come tipico del Nucleo Evolutivo: è solo un esempio, ma la numerosità delle specie tachiteliche (basti pensare agli attuali Uccelli Passeriformi) non è certo una prerogativa esclusiva del tempo presente, e chi scrive non ritiene affatto di avere esagerato.

In sintesi, la inconoscibilità del Nucleo Evolutivo è il principale fattore di incompletezza del “*fossil record*”, al quale si sommano i fattori di disturbo che affliggono la collezione di esemplari adeguati, e la intricatezza della filogenesi. Tutto ciò basta ampiamente a giustificare sia la difficoltà di supportare i vecchi paradigmi, sia la difficoltà di recepire quelli nuovi.

Il paradigma BFC /2F

Una analisi puntuale delle caratteristiche strutturali che accomunano o distinguono i “Dinosauri aviani e non aviani”, oltre a occupare uno spazio eccessivo e ad affliggere il lettore con una terminologia tecnica a sua volta bisognosa di estensive definizioni, sposterebbe il fuoco del discorso da un tema generale a tanti casi di studio specifici. Dato che l’obiettivo di chi scrive, a dispetto delle frequenti digressioni, è di fornire una panoramica di carattere generale, il lettore paziente accetterà di essere rimandato alla bibliografia in calce per approfondimenti più specifici.

La sezione “Ate” più sopra si concludeva con l’illustrazione degli argomenti su cui si basa l’opinione *politically correct* di una origine degli Uccelli a partire da un gruppo ristretto di Dinosauri carnivori. In tale sede questo paradigma è già stato sottoposto a pesanti critiche. Quanto illustrato nelle ultime pagine consente a questo punto di rincarare la dose, e soprattutto di proporre una ipotesi alternativa, divergente, sintetica. Ecco la bordata finale: il paradigma BAD/BAMM contraddice le osservazioni di Cope e di Dollo che il lettore nella sua infinita pazienza avrà ben compreso dalla pur sintetica descrizione che ne è stata fornita, e si rivela quindi gonfio di hybris. Infatti, viene completamente ignorato il fatto che tra gli Arcosauri più antichi (antenati sia dei Dinosauri sia comunque degli Uccelli, e per inciso anche dei Coccodrilli presenti e passati) vi erano numerose specie con caratteristiche dimensionali, strutturali e (per quanto se ne può sapere) biologiche che li rendevano già *ab initio* ben più vicini agli Uccelli che non ai Dinosauri da cui gli Uccelli dovrebbero essere derivati.

Ciò considerando, si nota che per passare dagli antichi Arcosauri opportunisti di piccola taglia (rappresentante tipico, *Mesenosaurus*⁴¹, un

⁴¹ Dato che alcuni studiosi, tra cui Robert Reisz, contestano che questo genere sia un arcosauro, un possibile candidato alternativo per il nostro esempio può essere *Megalancosaurus*; si veda Renesto (1994).

piccolo animale arboricolo privo di specializzazioni spinte) agli antichi Uccelli passando (come BAD/BAMM comanda) attraverso i Dinosauri Teropodi classicamente intesi, si richiede che gli eventi si siano succeduti secondo una sequenza che, osservata da quattro diversi punti di vista (e non sono i soli possibili), si svolge:

- da alto potenziale evolutivo (primi Arcosauri) a basso potenziale evolutivo (Celurosauri) ad alto potenziale evolutivo (Uccelli);
- da piccole dimensioni (primi Arcosauri) a dimensioni medie o grandi (tra i Celurosauri si annovera secondo molti anche il Tirannosauro) a dimensioni piccole;
- da habitat arboreo in nicchia di piccolo predatore opportunista (primi Arcosauri) a habitat terrestre in nicchia da predatore o superpredatore a habitat arboreo in nicchia di piccolo opportunista generale;
- da arti anteriori proporzionalmente molto sviluppati ad arti anteriori proporzionalmente poco sviluppati ad arti anteriori molto sviluppati (ali).

In poche parole, il paradigma BAD/BAMM viola la Regola di Cope e, se entriamo nel dettaglio, anche la Legge di Dollo. I diagrammi di Fig. 16 e 17 esplodono e schematizzano la spiegazione. Il cladogramma commentato di Fig. 16 non è particolarmente aggiornato (mancano ad esempio le specie cinesi descritte più di recente), ma resta valido a fini esemplificativi.

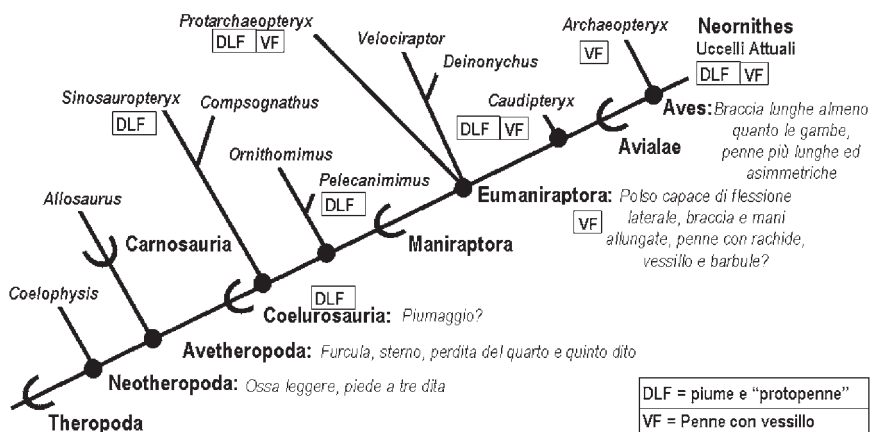


Fig. 16 Il cladogramma rappresentante l'origine degli Uccelli secondo il paradigma BAD/BAMM.

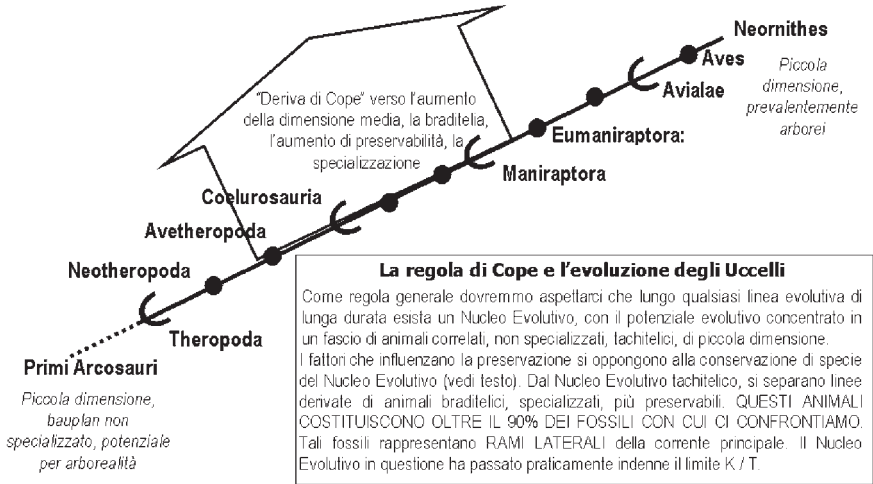


Fig. 17 Commenti sulla linea fletta dei Neorniti, che parte dai primi Arcosauri

Sfrondata dei rami laterali, e proiettata verso un passato remoto, questo schema può essere commentato come da Fig. 17. Le sotterranee contraddizioni che la adesione al paradigma classico BAD/BAMM comporta possono essere evidenziate in modo piuttosto intuitivo sullo stesso schema, ottenendo quanto rappresentato in Fig. 18.

Abbandonando per qualche istante le schematizzazioni, entriamo anche verbalmente nel merito del paradigma BCF, ovvero “*Birds Came First*” (“Sono venuti prima gli Uccelli”), detto anche 2F (“*Secondarily Flightless*”), ovvero “Secondariamente non volanti”, con riferimento al fatto che i Dinosauri (in particolare i Maniraptora) sono discendenti non volanti di un Nucleo Evolutivo di animali volanti, e quindi sono frutto di processi evolutivi “post-Urvogel”. Questa idea è stata sviluppata da George Olshevsky, in parallelo al concetto di Nucleo Evolutivo come sopra ricordato. I presupposti di questa visione dell’evoluzione aviana, compendiate nelle figure che precedono, si articolano nel modo seguente: se immaginiamo un cladogramma degli Arcosauri, le più lunghe linee evolutive sono quelle che si estendono dall’antenato comune di tutti gli Arcosauri a una qualsiasi delle 22 specie di Coccodrilli o 9672 specie di Uccelli esistenti. Scegliamo, per il nostro esempio, un esponente del gruppo strutturalmente più evoluto, quello degli Uccelli, ad esempio la linea che culmina nel Pettiroso. Ben lungi dall’essere solo una linea dalla quale tutti

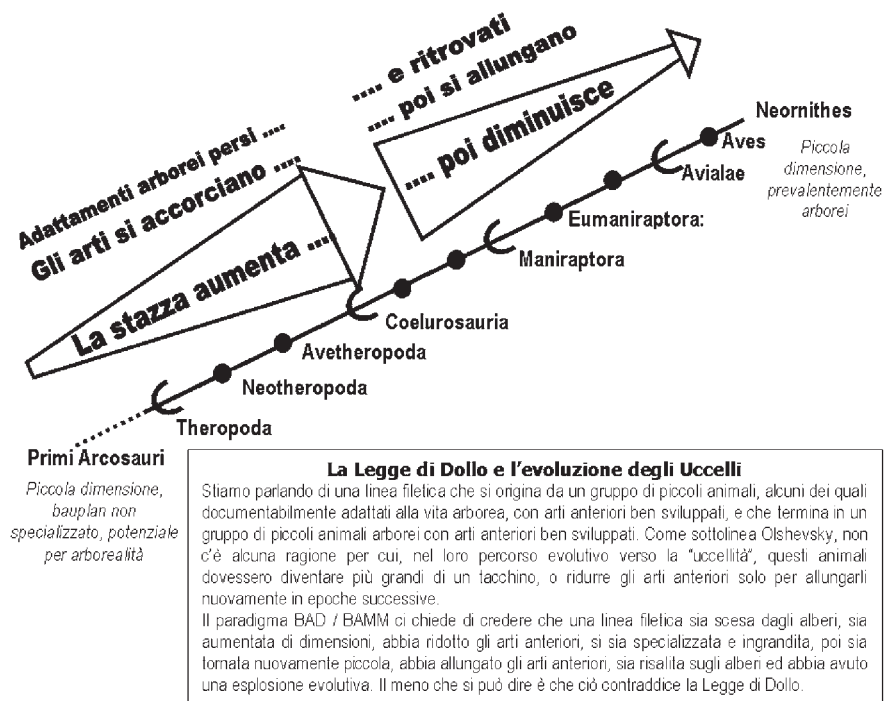


Fig. 18: Paradigma BAD/BAMB – Contraddizioni latenti

gli altri gruppi naturali di Arcosauri si separano, questa riga rappresenta una singola popolazione di Arcosauri (che all'inizio era la sola popolazione di Arcosauri) esistita con continuità dal tardo Permiano, mutandosi anageneticamente in risposta alle sollecitazioni ambientali e alle altre popolazioni, sopravvivendo a tutte e sette le estinzioni del Mesozoico così come a quelle del Cenozoico. Una popolazione di tetrapodi che in origine era costituita da piccoli Diapsidi simili a Lucertole e che alla fine risulta composta da piccoli Uccelli col petto rosso. Non si vede perché lungo la nostra linea ci debba essere una posizione in cui la nostra popolazione si è evoluta in grandi creature bipedi con zampe anteriori ridotte, adatte ad afferrare per poi diventare piccoli bipedi volanti con arti anteriori a forma di ala. È molto più logico supporre che la linea evolutiva parta con piccoli quadrupedi con andatura lateroportale, per poi evolversi in piccoli quadrupedi ad andatura prima semieretta e poi decisamente parasagittale, che si sono adattati per gradi a uno stile di vita di arrampicatori e di

saltatori tra gli alberi. Sono partiti piccoli e rimasti piccoli per tutta la durata della loro storia naturale, migliorando progressivamente la loro abilità di saltatori, e col tempo divenendo planatori dotati di penne e infine volatori attivi. Centocinquanta milioni di anni hanno trasformato questi volatori primitivi negli attuali Pettirossi, straordinariamente adattati al volo.

Benché sia inevitabile che la nostra linea evolutiva abbia avuto i suoi colli di bottiglia e inversioni di tendenza, e abbia perciò alternato segmenti conservatori e innovativi nel suo percorso verso la “pettirossità”, non si vede in che punto questi animali abbiano potuto diventare grandi anche solo come un piccolo dinosauro carnivoro, per poi ritornare alle dimensioni di un uccellino, o in che occasione debbano avere acquisito arti anteriori ridotti per poi reingrandirli. È molto improbabile che il cammino, evolutivamente casuale, da piccoli quadrupedi a piccoli bipedi volanti sia passato attraverso grandi bipedi con arti anteriori ridotti e atti ad afferrare.

Ciò che noi al presente chiamiamo Dinosauri sembra invece molto chiaramente avere compreso una serie di rami laterali della nostra linea, rami rappresentati da animali corridori che vivevano sul terreno. Una volta che una popolazione abbia abbandonato l'ambiente arboreo e le dimensioni degli individui siano aumentate, certamente non avrebbe potuto rievolverci in una popolazione arborea e sostenere la concorrenza di chi sugli alberi era sempre rimasto.

Come si vede, in questa ottica il rapporto tra Dinosauri e Uccelli è in certo modo invertito. Non gli Uccelli come discendenti di un certo tipo di Dinosauri, ma i Dinosauri (tutti, anche i più antichi) come Uccelli appiedati. Riesaminiamo in quest'ottica i punti che risultavano problematici nell'ambito BAD/BAMM:

- Caratteristiche da Uccello presenti in molti Dinosauri, anche grandi e solo assai lontanamente imparentati con *Archaeopteryx*: è ben spiegabile con la separazione dal Nucleo Evolutivo dei rami che portano a tali Dinosauri, in successivi momenti nei quali esso comprendeva già caratteristiche aviane, che costituirebbero dunque dei preadattamenti non acquisiti per convergenza evolutiva (sulla spinta di quali pressioni ambientali?), ma ereditati dal patrimonio comune di caratteristiche del nucleo originale.
- Nuovi Dinosauri scoperti, molto vicini agli Uccelli sebbene ben lontani dalla linea di *Archaeopteryx*: il Nucleo Evolutivo continua a produrre rami sempre più uccelliformi. I discendenti di tali rami

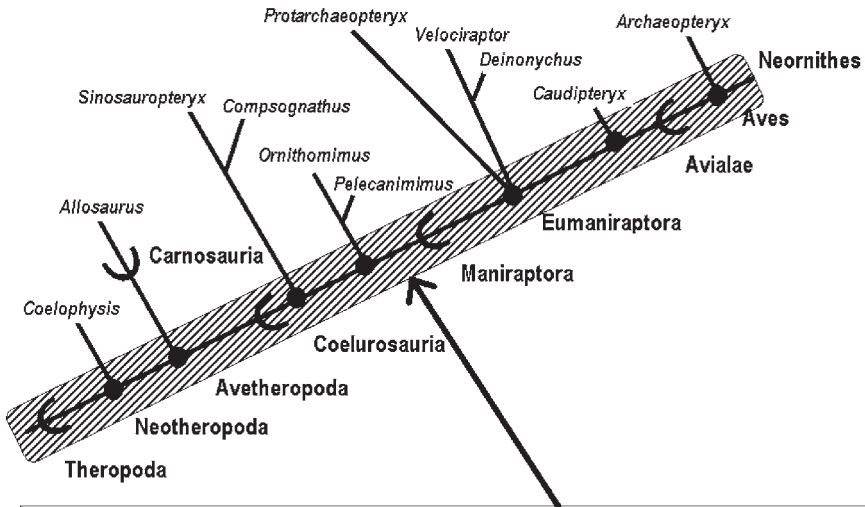
si incanalano nei rispettivi vicoli ciechi evolutivi con un patrimonio-base di uccellità crescente.

- Uccelli similissimi agli attuali in epoche di poco successive o addirittura precedenti ad *Archaeopteryx*. In tali epoche, il Nucleo Evolutivo comprendeva già Uccelli evoluti, e *Archaeopteryx* costituisce la sopravvivenza di un modello di arcosauro volatore arcaico. Gregory Paul ha dimostrato che *Archaeopteryx* risponde all'identikit di antenato ideale per animali come *Velociraptor*, caratterizzati ad esempio da adattamenti dell'arto superiore (ad esempio, la capacità di ripiegarlo come un uccello ripiega l'ala) difficilmente spiegabili se non come adattamenti ereditati.

Di conseguenza, il nostro cladogramma può benissimo essere considerato accettabile (si veda la Fig. 19), ma solo nella misura in cui al suo interno viene rappresentato il Nucleo Evolutivo, sotto forma di zona d'ombra di non preservabilità, e nella misura in cui si ammette che la situazione interna a tale zona d'ombra è inconoscibile. Le conclusioni, in questo caso, non possono essere tratte dai fossili, e devono essere tratte da quei ragionamenti di sintesi di cui solo una piccola parte della comunità dei paleontologi sembra capace. Riprendendo i presupposti esaminati in relazione alla teoria BAD/BAMM, rileviamo che:

- Dal punto di vista filogenetico, **i Dinosauri comunemente intesi sono un taxon polifiletico di discendenti di pre-uccelli e Uccelli**; ovvero il prodotto derivato, il riflesso lontano, di ciò che avveniva all'interno del Nucleo Evolutivo.
- Da **n punti** del Nucleo Evolutivo/linea filetica degli Uccelli si separano **n rami nuovi**: le linee filetiche dei Dinosauri.
- **Non esiste alcun "anello di congiunzione" puntiforme** tra Dinosauri e Uccelli, o viceversa.
- *Archaeopteryx* è un prodotto derivato di antenati arboricoli, che erano più vicini al moderno concetto di uccello di quanto non sia *Archaeopteryx*. In tal senso, **nulla distingue Archaeopteryx dai Dinosauri che gli erano simili**, dei quali infatti condividerà il fato (anzi, alcuni animali, che ben rientrano nel comune concetto di Dinosaurio, potrebbero discendere da antenati simili a lui). Ad attraversare indenne il limite K/T sarà il Nucleo Evolutivo degli Uccelli.

In sintesi, i Dinosauri comunemente intesi avevano perso qualcosa che il Nucleo Evolutivo aviano non ha mai perso.



... ma non dobbiamo mai dimenticare l'area di non preservabilità che bandisce dal "fossil record" le forme interne al Nucleo Evolutivo (salvo isolate eccezioni), e che di conseguenza le nostre conclusioni saranno tratte nella quasi completa ignoranza di tali forme. Quindi, non possiamo sapere cosa rappresenti il dorso del pettine hennigiano, e se le linee laterali vi siano effettivamente radicate.



Vista così, la transizione da Theropoda a Neotheropoda a Coelurosauria a Maniraptora fino agli Uccelli attuali si è svolta "tra gli alberi", man mano che le specie nel Nucleo Evolutivo consolidavano il loro grado di "uccellità". Ciò che resta per le indagini dei paleontologi sono soprattutto quei "sottoprodotti" dell'evoluzione aviana, che chiamiamo comunemente "Dinosauri".

Fig. 19 Possiamo anche prendere per buono questo cladogramma,

L'enigma del "beep-beep"

L'unica vera forza della teoria BAD è che essa spiega benissimo le eccezionali capacità di corsa di alcuni Uccelli, che raggiungono il loro massimo in certi cartoni animati americani. Come che sia, chi ha visto il filmato di un *Geococcyx*⁴² in corsa è certamente stato impressionato. Più modestamente, nel quotidiano, basta già osservare un Pollo, o, per chi sia vicino a un allevamento, uno Struzzo.

⁴² Il "beep-beep" dei cartoni animati, che in realtà è un parente del cuculo, e che in Messico è noto come "Paisano". Si veda ad es. <http://tx.audubon.org/roadrunner.html>

La caratteristica specifica che privilegia queste attitudini cursorie, e che gli Uccelli condividono con tutti i Dinosauri carnivori più evoluti, è la struttura della gamba, caratterizzata:

- dal moto parasagittale;
- dal limitatissimo angolo di escursione del femore (Uccelli e Dinosauri a loro vicini sono “*knee-walkers*”, ovvero camminano flettendo il ginocchio e facendo oscillare la porzione distale della gamba, in opposizione alla strategia tipica degli “*hip-walkers*” che, come facciamo noi, fanno oscillare il femore);
- dalla presenza del cosiddetto “tarso di stile aviano” (“*avian-style tarsus*”), costituito dalla fusione delle ossa tarsali, e articolato distalmente con le dita, in modo assai proficuo dal punto di vista energetico.

Come si conciliano questi adattamenti con lo scenario arboreo? In un ambiente arboreo, quale tipo di pressione può essere esistita verso un adattamento cursorio come la compattazione delle ossa tarsali in una singola unità funzionale? La obiezione, che a suo tempo fu mossa a chi scrive dal paleontologo Alberto Arisi, è brillantemente risolta nella più squisita ottica BCF. Lasciando la parola a George Olshevsky (e accontentandosi della traduzione di chi scrive), apprendiamo che “*La risposta sta nel fatto che gli animali arborei, di quando in quando, finiscono sul terreno, ed è questo il momento in cui qualche adattamento da corridore si dimostra utile. Ad esempio, una volta che sono comparse ali abbastanza buone per un qualche tipo di volo planato, arti posteriori cursoriali sarebbero stati usati nei decolli dal terreno (a questo punto, i decolli da fermo sono ben lontani nel futuro). Correre e sbattere le ali per decollare funzionerà bene, una volta che ali di una certa attitudine al volo si siano sviluppate. È quando tu NON HAI ali che correre e sbattere le braccia non serve a nulla. Quindi: prima arborei, poi ali efficienti, poi corsa, probabilmente da qualche parte tra gli herrerasauri⁴³. Nota che peggio lavora l'ala, più diventa facile che l'animale rimanga un bipede cursorio che vive sul terreno, in questo stadio dell'evoluzione aviana. Così, alcuni Uccelli del tipo “corri e sbatti le ali” resteranno sul terreno senza darsi la pena di tornare tra gli alberi; i loro discendenti più grandi diventano gli herrerasauri e i ceratosauri (nei quali l'articolazione mesotarsale e il*

⁴³ La famiglia Herrerasauridae comprende i primi Dinosauri (in senso classico) noti, bipedi di taglia medio-piccola.

*processo ascendente dell'astragalo non sono così sviluppati come negli altri successivi teropodi)*⁴⁴.

Quindi gli adattamenti per la corsa sono ben inquadrati dallo scenario BCF, che presuppone una origine “*trees down*” del volo. I primi planatori/arrampicatori avevano bisogno di correre. Correre verso la salvezza offerta degli alberi, al termine di una planata, quando le loro ali non erano sufficienti a consentire decolli dal terreno, correre per generare portanza quando poi acquisirono questa capacità, il ch   risolve il dubbio posto pi   sopra.

Archaeopteryx: gi   dal podio!

E dove mettiamo l'*Archaeopteryx*? Lo lasciamo l   dove    sempre stato, ma non come il singolo “anello di congiunzione” tra Dinosauri e Uccelli, bens   come uno dei mille e pi   rami tra Nucleo Evolutivo a uccellit   crescente e Dinosauri. Non nonno dei Polli, ma (forse pi   prestigiosamente) nonno degli *Scipionyx* e dei *Velociraptor*!

La perdita della capacit   di volare e l'incanalamento dei discendenti di antenati volatori verso piani strutturali specificamente ancorati alla vita sul terreno merita qualche ulteriore commento. Si sa come da forme volanti possono derivare forme non volanti, nelle quali, pi   che accorciarsi le ali, aumentano le dimensioni del corpo mentre le ali, che non devono pi   essere usate, non crescono in modo corrispettivo e via via perdono ogni capacit   funzionale, fino ad atrofizzarsi.    interessante valutare

⁴⁴ Ecco il testo originale: «*The answer is that arboreal animals become grounded from time to time, and that's when a few cursorial adaptations prove most useful. For example, once wings good enough for some kind of gliding flight come into existence, cursorial hind limbs would be used in takeoffs from the ground (at this point, standing takeoffs are still well in the future in the bird lineage). Running and flapping to take off will work well, once wings of a certain level of flight-competence have developed. It's when you >don't< have wings that running and flapping serve no useful purpose. So: arboreal first, then useful wings, then running: probably somewhere in the herrerasauria. Note that the worse the wings work, the more likely it is that the animal will remain a ground-dwelling cursorial biped at this stage of avian evolution. So some running-and-flapping birds will simply stay on the ground without bothering to go back into the trees; their larger descendants become the herrerasaurians and ceratosaurs (in which the mesotarsal articulation and ascending process of the astragalus are not as strongly developed as in the later theropods).*»

come varia la risposta a questo fenomeno a seconda del tipo di utilizzo dell'ala che fanno gli animali volatori di partenza. Il caso degli Uccelli è, come vedremo, unico, perché nessuno degli altri volatori tra i Vertebrati usa, o ha usato, gli arti anteriori solo per volare. Ad esempio, i Pipistrelli sono in grado di camminare aiutandosi con le ali, il che valeva anche per gli Pterosauri. Anzi, entrambi i gruppi presentano arti posteriori molto ridotti, e una gran parte delle abilità locomotorie sono concentrate sugli arti anteriori. Gli Uccelli invece usano le ali solo per volare, e hanno arti posteriori mediamente assai ben sviluppati (se si escludono casi particolari come i pinguini e simili).

La conseguenza del nostro paragone è la seguente: se uno Pterosauro o un Pipistrello fossero messi nella classica isola senza predatori, o comunque sviluppassero dimensioni corporee tali da non dovere temere predatori, non avrebbero nessun motivo di perdere le ali, perché gli arti anteriori gli servirebbero almeno per camminare. Proprio perché agli Uccelli le ali servono solo per volare, è più facile che da essi, nelle occasioni opportune, si sviluppino forme con arti superiori atrofici. E il discorso cambia, ovviamente, a seconda del grado di sviluppo evolutivo che l'ala ha raggiunto.

Rifacendoci all'esempio già proposto della zampa del cavallo, immaginiamo che i Dinosauri Teropodi si siano distaccati dal Nucleo Evolutivo quando l'ala non era ancora completamente specializzata per volare, ma, come visto, era ancora usata per afferrare, arrampicarsi, eccetera: un'ala da *Archaeopteryx*, insomma. È facile capire come l'ala non specializzata potesse benissimo perdere le sue funzionalità aerodinamiche conservando però al contempo quelle di strumento per afferrare e manipolare, assieme a caratteristiche (ad esempio, la modalità di ripiegamento della mano sull'avambraccio) difficilissime da spiegare senza considerare il suo precedente utilizzo. Il passo da un arto raptatorio con dita sviluppate a un ala non specializzata è assai breve, e viceversa!

In presenza di condizioni evolutive in cui la perdita delle facoltà di volo è garantita, se il volatore originale è un volatore specializzato, in cui l'arto anteriore può fungere solo da ala, avremo come risultato i varî Pinguini, Struzzi, Moa, Dodo eccetera. Se il volatore originale ha ancora l'ala dotata di capacità raptatorie, allora si evolveranno Lagosuchi, Herrerasauri, Ceratosauri, Celurosauri eccetera. Si può anzi affermare che disponendo i gruppi evolutivi dei Teropodi nella sequenza opportuna, possiamo ricavare informazioni su come andavano le cose all'interno del nostro

Nucleo Evolutivo (le cui forme, ormai lo sappiamo bene, sono assai difficili a fossilizzarsi) e addirittura seguire l'evoluzione dell'ala dalle forme meno specializzate a quella degli attuali Uccelli.

Chi conosca bene l'anatomia dei Dinosauri e abbia aderito senza riserve al paradigma BCF è in grado di interpretare l'intera storia evolutiva del gruppo, compresa quella dei grandi Sauropodi, come espressione ed eco lontana del Nucleo Evolutivo⁴⁵.

Nuclei evolutivi ed estinzione

Per inciso, la visione dei Nuclei Evolutivi consente anche di affrontare sotto tutt'altra luce il tema generale dell'estinzione dei Dinosauri, partendo innanzitutto da una differente domanda: come hanno fatto i Dinosauri a superare indenni non meno di sette importanti episodi di estinzione nel corso della loro storia? Anche in questo caso ci aiuteremo con un semplice schema grafico che rappresenta il perdurare nel tempo di un gruppo naturale all'interno del quale è evidenziato il Nucleo Evolutivo e le aree a braditelia crescente, con le sigle già sopra ricordate: (A)lto per il Nucleo, (M)edio e (B)asso potenziale evolutivo.

Possiamo innanzitutto rappresentare la prima fase di vita di un nuovo gruppo naturale, fase che potremmo definire di esplosione evolutiva, come da Fig. 20 (il tempo come sempre trascorre verso l'alto). Si evidenziano i discendenti, mediamente prolifici e specializzati, delle forme di Nucleo,

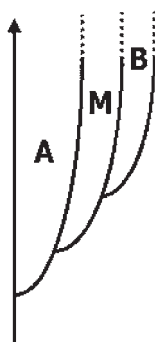


Fig. 20 Comparsa di un Nucleo Evolutivo

⁴⁵ Si vedano ad esempio i già citati riferimenti di Paul e di Olshevsky.

piccole e poco specializzate. Successivamente dalle forme di area “M” si generano le forme braditeliche o ateliche ad alta specializzazione. Per converso, con lo stesso tipo di schema, si può rappresentare la condizione di rischio di estinzione come “scomparsa del Nucleo Evolutivo” interno al gruppo naturale in esame (Fig. 21):

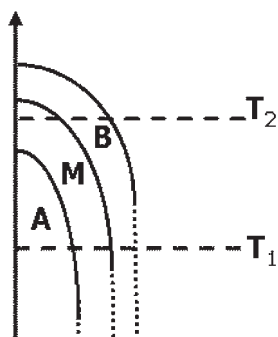


Fig. 21 *Scomparsa di un Nucleo Evolutivo*

- Al tempo T1, il gruppo naturale si può definire in “buona salute evolutiva”, in quanto dotato del bacino di rinnovamento genetico dato dalle forme di Nucleo Evolutivo. Un evento di estinzione in questa fase è improbabile, per la elevata capacità del Nucleo Evolutivo ad assorbire stress ambientali, anche se intensi.
- Al tempo T2, invece, osserviamo una condizione di “senescenza evolutiva”. Il peso dell’eventuale stress ambientale, in questa fase, è sopportato solo dalle componenti braditeliche di un gruppo che ha perso la propria forza di rinnovamento: il rischio di estinzione del gruppo naturale è in agguato.

Ma questo schema è applicabile ai Dinosauri e alla loro fin troppo discussa scomparsa? Assolutamente NO, visto che, come fin qui illustrato, il Nucleo Evolutivo, attorno al quale si è sviluppato lo “strato” di animali braditelici noti come Dinosauri, è in piena attività almeno fin dal Giurassico. L’estinzione dei Dinosauri risponde a un altro schema logico (Fig. 22). Commentiamolo, premettendo che il fenomeno della cosiddetta “Estinzione dei Dinosauri” è, dal punto di vista scientifico, un problema tutt’altro che risolto; tra i pochi dati certi c’è il fatto che esso è connesso a mutamenti ambientali di portata devastante, che tra l’altro probabilmente

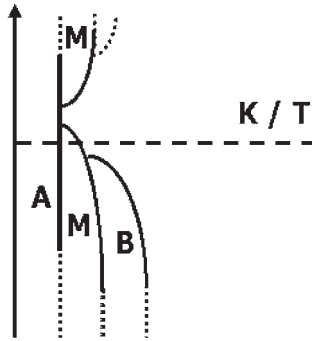


Fig. 22 “Estinzione dei Dinosauri” nell’ottica dei Nuclei Evolutivi

si innestano su di un declino biologico già in corso, almeno per i Dinosauri di grande dimensione.

A un elevatissimo stress ambientale, il gruppo naturale risponde sacrificando gli “strati esterni” che, metaforicamente, proteggono il germoglio. Il nostro, storico, problema di lettura degli eventi è che, dal punto di vista descrittivo, le zone “M” e “B” son composte da ciò che il pubblico chiama abitualmente Dinosauri, ovvero da animali la cui struttura è l’epitome della specializzazione e del non-ritorno secondo Cope e Dollo. Questi gli strati sacrificati.

Di fatto, la sede della forza evolutiva dei Dinosauri non ha per nulla risentito della estinzione di 65 milioni di anni fa. Essa è in realtà consistita in una sorta di potatura dei rami esterni da un cespuglio che ha agevolmente superato questa crisi, e che ora frondeggia più che mai. Semplicemente, il Nucleo Evolutivo degli Arcosauri, sorgente di tutta la diversità dinosauriana del mesozoico, 65 milioni di anni fa era già tutto costituito da Uccelli nel senso moderno del termine. Tra l’altro, anche nell’interludio nel quale lentamente i Mammiferi si avviavano a imporsi, così come era sempre avvenuto durante il Mesozoico, all’aprirsi di nuove nicchie ecologiche, nuovi Arcosauri scesero dagli alberi per imboccare i loro vicoli ciechi evolutivi e occupare il ruolo di predatori. È il caso dei grandi Uccelli terrestri come i Diatrima e i Fororacidi, ma da allora in poi si sarebbe trattato di casi isolati. Il potenziale evolutivo arcosauriano era tutto in aria, e la terra rimaneva proprietà dei Mammiferi: all’epoca (come per tutto il Mesozoico), erano tutte forme di un Nucleo Evolutivo, anche esso passato indenne oltre il limite del Cretaceo.

Quindi, il preconcetto della “misteriosa estinzione” dei Dinosauri è dovuto a due incapacità di sintesi:

- incapacità di percepire il blocco Uccelli + Dinosauri come una unica entità biologica, quale in effetti è, e
- incapacità di estendere a tale entità una analogia con il fato dei Mammiferi, che a ben vedere è stato assolutamente analogo, con la sola differenza che i Mammiferi comprendevano solo il Nucleo Evolutivo, e non i discendenti braditelici che abbiamo definito come “strati esterni”.

Nessun mistero, quindi. La scomparsa dei Dinosauri è dovuta alla stessa causa generale che ha comportato la sopravvivenza dei Mammiferi, ovvero la esistenza dei Nuclei Evolutivi. I due fatti non sono consequenziali, ma concomitanti in un più vasto ambito. E, dal punto di vista logico, affermare che i Dinosauri come gruppo naturale si sono estinti alla fine del Mesozoico, è altrettanto falso che affermare che i Mammiferi sono comparsi all’inizio del Terziario.

Buone (?) notizie dalla Cina

A questo punto, sebbene non si possa parlare di clamorose conversioni di massa, la concezione BAD più sopra stigmatizzata comincia a prestare il fianco a critiche crescenti. Purtroppo, trattandosi di un problema che attraversa la sfera del metodo, fondato sulla descrizione dei fossili (e *solo* su di essa), qualsiasi nuovo reperto, compresi quelli che meglio si collocano nella ottica BCF/2F è certamente (e ostinatamente) collocabile nello schema classico BAD/BAMM.

È questo il caso dei numerosi reperti di “Dinosauri piumati” che, in particolare a partire dalla seconda metà degli anni Novanta, sono stati estratti nei depositi lacustri cinesi della regione di Liaoning (Giurassico Superiore e Cretaceo Inferiore) e descritti scientificamente soprattutto da studiosi americani e cinesi. In calce è fornita una sintetica bibliografia su alcuni dei principali lavori scientifici al riguardo, un piccolo numero dei quali (e questa è la buona notizia) supportano apertamente il paradigma BCF.

Anche fermandosi alla visione politically correct che chi scrive ha cercato fin qui di combattere, e comparando lavori degli ultimi dieci/quindici anni, i sintomi di crisi sono piuttosto evidenti, dato che la comparsa di caratteristiche tipicamente aviane, che comprendono ad esempio:

- piumaggio, a diversi gradi di sviluppo,
- struttura dell'avambraccio,
- specializzazioni craniche (per tutte, basti la presenza del becco),
- estesa pneumaticità dello scheletro,

viene di anno in anno retrodatata ed estesa a un maggior numero di animali, i cui nuovi reperti fossili, talora eccezionalmente conservati, consentono osservazioni prima impossibili.

Ciò corrisponde appunto ad arretrare nel tempo l'Urvogel, ad aumentare il numero dei suoi discendenti e, anche se a tutt'oggi non sono in molti a capirlo, a fornire indiretta evidenza alla concezione BCF/2F che per tutti i motivi sopra esposti non potrà probabilmente mai basarsi su una esauriente documentazione fossile.

CONCLUSIONI

Fa sicuramente bene Stidham (1999) a sostenere che “per falsificare le ipotesi e generarne di alternative, si debbono usare i metodi accettati sul campo, non dichiarazioni sulle manchevolezze della nostra conoscenza corrente o nozioni preconcrete sulla evoluzione dei caratteri”. Peraltro, ogni tanto, sarebbe meglio ascoltare chi suggerisce di alzare lo sguardo dal tavolo in vista di una sintesi che si rifaccia non già a “nozioni preconcrete” ma a quanto di generale già sappiamo sulla biosfera.

Altrimenti, sarà inevitabile fermarsi alle premesse senza sapere intuire dove ci può portare questa massa di induzioni e deduzioni, quasi tutte esatte ma spesso arenate nelle paludi della *conventional wisdom*, come rappresentazioni non fruibili di un'idea più vasta (beninteso, si tratta di citazioni di paleontologi che supportano il paradigma BAD/BAMM):

- Da Sereno (1992): “La scoperta di *Sinornis* in depositi lacustri d'acqua dolce evidenzia l'importante, sebbene ampiamente ignoto, ruolo che gli habitat forestali dell'entroterra devono avere giocato nella evoluzione iniziale degli Uccelli.”
- Da Altangarel et Al. (1994): “L'osteologia di *Mononykus olecranus* enfatizza di nuovo la complessità delle trasformazioni morfologiche durante la prima metà della storia degli Avialae, sottolineando la nostra ignoranza della transizione dai teropodi non aviani agli Uccelli moderni.”

- Da Chatterjee (1994): “*Protoavis textensis* (omissis) precede *Archaeopteryx* di 75 milioni di anni, spingendo indietro l’origine degli Uccelli fino al Triassico Superiore, proprio all’alba dell’età dei Dinosauri.”
- Da Zhonghuae (1995): “Infine, un cinto pettorale e arto anteriore derivati in combinazione con un cinto pelvico e arto posteriore relativamente primitivi in *Cathayornis* e in altri Uccelli del Cretaceo Inferiore è notevolmente incoerente con l’ipotesi predatoria per l’origine del volo aviano.”
- Da Lian-hai (1995): “L’uccello di Liaoning fornisce le prove o di un lungo, ma non scoperto episodio *pre-Archaeopteryx* nell’evoluzione aviana, o di una inaspettata, rapida partenza dalla condizione aviana primitiva verso una morfologia più derivata, comprensiva di un becco cheratinizzato sulle mandibole inferiori e superiori.”
- Da Sanz (1996): “La combinazione in *Eoalulavis* di una caratteristica aerodinamica decisiva, come l’alula, con le strutture basilari del volo moderno indica che, già fino da 115 milioni di anni fa, gli Uccelli avevano evoluto un sofisticato sistema strutturale che consentiva loro di volare a bassa velocità e di disporre di un’elevata manovrabilità.”
- Da Novas (1997): “La struttura dell’arto anteriore (di *Unenlagia*) suggerisce che il modo aviano di ripiegamento dell’arto anteriore, e l’ampia elevazione dello stesso necessaria per il volo attivo, ad ala battente, era già presente nei Dinosauri corridori, non volanti.”
- Da Norell (1997): “L’ampia distribuzione della furcula tra i parenti non volanti degli Uccelli suggerisce che la sua origine non è collegata all’origine del volo.”
- Da Ruben (1997): “Recentemente, l’opinione comune ha sostenuto che gli Uccelli sono discendenti diretti dei Dinosauri teropodi. Tuttavia, l’apparentemente costante mantenimento di una ventilazione polmonare diaframmatica a pistone epatico nei teropodi per tutta la durata del Mesozoico pone problemi fondamentali per una tale relazione. I più precoci stadi per la derivazione del sistema aviano di sacche aeree addominali a partire da un antenato a ventilazione diaframmatica, avrebbero richiesto la selezione di un’ernia diaframmatica nei taxa di transizione tra teropodi e Uccelli. Una condizione tanto debilitante avrebbe immediatamente compromesso l’intero apparato di ventilazione polmonare, e pare improbabile che possa avere costituito un vantaggio selettivo.”

- Da Xijin e Xing (1998): “La presenza di un celurosauro non aviano alla fine del Giurassico inferiore indica che per il Giurassico Superiore i maggiori cladi di questo gruppo dovevano già essersi differenziati, ben prima che *Archaeopteryx* appaia nel record fossile.”
- Da Padian (1998): “Queste nuove scoperte ecciteranno il pubblico quanto gli scienziati mostrando che le penne simili a piume e successivamente dotate di rachide e vessillo si sono evolute prima delle penne atte al volo, e che una piena dotazione di penne era presente nei celurosauri ben prima che gli Uccelli fossero inventati.”
- Da Qiang (1998): “Inoltre, la presenza di penne su teropodi non volanti suggerisce che l’ipotesi che penne e volo si siano evoluti insieme è scorretta. Infine, la presenza di remiganti, timoniere e penne plumulacee su teropodi non aviani fornisce prova inequivocabile a supporto della teoria che gli Uccelli siano i diretti discendenti di Dinosauri teropodi.”
- Da Peters (1998): “Così il cranio di *Confuciusornis* combina la condizione plesiomorfica di due finestre temporali complete con un becco aviano sdentato. Questa informazione rafforza il punto di vista che molte caratteristiche che si presumevano “tipicamente” aviane si siano evolute indipendentemente varie volte, e che l’albero filogenetico degli Uccelli non sia una sequenza diretta di stadi anagenetici, ma piuttosto un “cespuglio” con strade parallele che portano verso un mosaico di plesiomorfie e apomorfie.”
- Da Hou (1999): “Gli Uccelli con gli apparati di volo più primitivi (*Archaeopteryx*, *Confuciusornis*) sono circa delle dimensioni di un corvo. Una dimensione un po’ maggiore è utile per i planatori e i primi volatori attivi, laddove la gravità fornisce una parte dell’energia necessaria. Decollare da una superficie piatta è molto più impegnativo, e tutta l’energia per la salita deriva dal battito d’ala. In questo caso è utile diminuire il carico alare, semplicemente diminuendo la dimensione corporea. *Eoenantiornis* è il primo uccello enantiornitino a mostrare le caratteristiche avanzate necessarie per staccarsi dal suolo, ma potrebbe non avere ancora perfezionato questa capacità, visto che gli artigli usati per arrampicarsi sono ancora ben sviluppati. Aveva dimensioni pari a circa la metà di *Confuciusornis*, ovvero circa la dimensione di un pettirosso.”
- Da Hou (1999): (relativamente a *Liaoxornis*, uccello del Giurassico Superiore di meno di dieci centimetri di lunghezza) “I suoi arti anteriori

hanno carattere avanzato e mostrano una abilità di volo relativamente buona, mentre gli arti posteriori con femore relativamente lungo mostrano una condizione primitiva; ha una lunga coda. Tutto ciò indica lo squilibrio nell'evoluzione dei primi Uccelli: la scoperta di piccoli Uccelli ha anche dimostrato le varietà della differenziazione e la complessità dell'evoluzione dei primi Uccelli ...”

- Da Zhonghe (2001): “In sintesi, con la comparsa della prensilità del piede, della capacità di guado, e di forme capaci di sfruttare le correnti d'aria ascendenti, i primi Uccelli, già nel Cretaceo Inferiore, stavano occupando numerose nicchie ecologiche, e la loro diversificazione ecologica è più grande di quanto precedentemente si sospettasse.”
- Da Zhang et Al. (2002): “Dato che *Epidendrosaurus*, in alcune caratteristiche arboricole, è più simile agli Uccelli avanzati che ad *Archaeopteryx*, suggeriamo che la iniziale comparsa di adattamenti arborei nei teropodi probabilmente non è stata direttamente correlata al volo, ma ad altre funzioni, come cercare cibo o sfuggire ai predatori.”
- Da Hwang et Al. (2002): “Dato che sia *Sinovenator* che *Microaptor*, i taxa più basali dei rispettivi cladi (oltre al dromeosauro *Sinornithosaurus*), sono animali piccoli, la piccola dimensione si ottimizza come primitiva per i Deinonychosauria, come suggerito da (omissis). Guardando *Archaeopteryx*, la piccola dimensione è primitiva anche per gli Avialae. Sebbene non consideriamo che ciò sia di supporto per un qualsiasi modello di evoluzione del volo (ad esempio “trees down” opposto a “ground up”), ciò rende nulle lamentele come quelle di Feduccia e Wild, i quali hanno affermato che «anche i teropodi più simili agli Uccelli erano relativamente grandi, hanno arti anteriori accorciati, erano corridori terrestri, e non si sono mai avventurati sugli alberi».”
- Da Xing (2003): (relativamente a *Microaptor*, dinosauro del Cretaceo Inferiore dotato di cospicue penne anche sugli arti posteriori) “Le penne metatarsali sono incoerenti con il suggerimento che i dromeosauri basali siano animali corridori, dato che penne così lunghe sugli arti posteriori sarebbero state un impedimento per un piccolo animale corridore, , suggeriamo che i dromeosauri basali erano animali arborei, e che l'antenato degli Uccelli ha inizialmente imparato a planare avvantaggiandosi della gravità, prima che il volo attivo fosse acquisito dagli Uccelli.”

Quanto rapidamente il paradigma BCF tacita tutti i dubbi e compendia tutte le microteorie esemplificate in queste citazioni⁴⁶! Però, ora che siamo alla fine, basta lamentarsi. Lo scienziato, in fondo, compie un atto di grande onestà intellettuale portando all'estremo l'umano bisogno di capire, che è proprio nostro, radicalmente nostro, un'autentica condanna divina che ho qui variamente stigmatizzato. Dobbiamo allora rassegnarci a fare scienza come a un "male" (a un bene!) necessario. Ma la rassegnazione non ci esime dall'obbligo di fare del nostro meglio, il ché potrebbe volere dire fermarsi un po' più spesso a compendiare tra loro i risultati, magari parlando con i colleghi e scavalcando con un balzo generoso il cumulo delle nostre ambizioni personali e i piccoli interessi locali. Più facile a dirsi che a farsi; infatti non sono molti i paleontologi che ci provano.

Concludiamo alla greca come abbiamo cominciato. "*O mythos deloioti ...*"⁴⁷: in generale, se gli strumenti dei quali lo scienziato si serve per fare scienza finiscono per occupare il suo campo visivo, e per fargli perdere di vista la natura dei fenomeni, o ancora se considerazioni di natura non scientifica prevengono una sintesi che sarebbe perfettamente possibile dal punto di vista logico, allora siamo in presenza di un peccato di tracotanza, e si confondono i mezzi con il fine.

Se lo scienziato riesce a vedere non il dito, ma ciò che esso sta a indicare, egli sarà meno cieco, e Giove, anziché mostrarci il suo sguardo corruciato, si limiterà a una benevola alzata di sopracciglio. E se un giorno, nel camminare lungo una strada tranquilla, finalmente decisi a contemplare, noteremo laggiù un cespuglio particolarmente fitto da cui proviene un amichevole gracchiare, be', dentro al suo cuore potrebbe esserci il nido dell'Urvogel; se ci avvicineremo con prudenza e scosteremo un poco i rami esterni, potremo forse cogliere qualche riflesso del suo inconoscibile colore.

⁴⁶ Basti vedere gli scritti degli ancora scarsi supporters di tale paradigma. Consiglio di leggere il bel libro di Paul, 2002, e di consultare i riferimenti di Czerkas et al., 2002.

⁴⁷ "La favola mostra che ..."

Ringraziamenti

Marcello Barbieri mi ha offerto, con l'opportunità di pubblicare questo articolo, una apprezzatissima prova di fiducia. Mauro Roversi Monaco si è fatto carico della revisione critica del testo, che ha molto giovato sia all'immediatezza di espressione, sia alla correttezza linguistica. Marco Auditore mi ha gentilmente concesso di utilizzare alcune delle sue illustrazioni paleontologiche dai siti di "Dinosauricon":

(<http://dinosauricon.com/artists/ma.html>)

(<http://dino.lm.com/artists/display.php?name=maauditore>)

Sono infine debitore a George Olshevsky di interessanti conversazioni e di importanti spunti di riflessione epistolari.

Cesare Brizio è un appassionato di storia naturale, collaboratore del Museo Paleontologico Cittadino di Monfalcone, e vive a San Pietro in Casale (Bologna).

BIBLIOGRAFIA GENERALE

- Achenbach J., 2003. Dinosauri in carne e ossa. *National Geographic Magazine*, 03/2003, 2-33.
- Bartholomew G.A., 1986. The role of natural history in contemporary biology. *BioScience*, 36.
- Brizio C., 1997. La Sistematica Cladistica: una visione del mondo vivente. *Natura Nascosta*, 14, 18-34.
- Brizio C., 1998. Uccelli, Dinosauri e Paradigmi Scientifici. *Natura Nascosta*, 16, 22-31.
- Bronovsky J., 1965. Science and Human Values. *Harper and Row, New York*.
- Carpenter, Currie (Eds.), 1990. Dinosaur Systematics – Approaches and perspectives. *Cambridge University Press*.
- Cliff D., Miller G. F., 1995. Tracking the Red Queen: Measurement of co-evolutionary progress in open-ended simulations. *COGS Technical report CSRP363, University of Sussex*.
- Copi I.M., 1986. Introduction to Logic. *Macmillan, New York*.
- Cracraft J., 1983. Species concept and speciation analysis. *Current Ornithology, Plenum Press, New York*.

- Dawkins R., 1986. *The Blind Watchmaker*. Longman, Essex.
- Di Castri F., 2002. La biodiversità nella società dell'informazione. *Rendiconti Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL – Memorie di scienze Fisiche e naturali*, 120 XXVI, 39-52.
- Downey T., 2003. With Microarrays, Pitfalls of false Discovery. *Genome Technology*, 1-2003, 48.
- Farlow J., Smith M., Robinson J., 1995. Body mass, bone “strength indicator” and cursorial potential of *Tyrannosaurus rex*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 15(4), 713-725.
- Gould S.J., 1985. *The Flamingo's Smile. Reflections in Natural History*. W.W. Norton & Company.
- Hennig W., 1966. *Phylogenetic Systematics*, traduzione D.D. Davis e R. Zangerl. University of Illinois Press.
- Kearney M., Clark J., 2003. Problems due to missing data in phylogenetic analyses including fossils: a critical review. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 23(2), 263-274.
- Kuhn T.S., 1962. *The structure of the scientific revolutions* University of Chicago Press.
- Merrill G.K., 1998. Neognathodus and the species concept in conodont paleontology. *Bollettino della Società Paleontologica Italiana*, 37.
- Murray B. G. Jr., 1989. Sir Isaac Newton and the Evolution of Clutch Size in Birds: a defense of the hypotetico-deductive method in ecology and evolutionary biology. – *In Beyond Belief: Randomness, Prediction and Explanation in Science*, 143-180.
- Norell M., Wheeler W., 2003. Missing entry replacement data analysis: a replacement approach to dealing with missing data in paleontological and total evidence data set. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 23(2), 275-283.
- Murray B. G. Jr., 1990. The hypotetico-deductive method in ecology.
- Padian K., 1987. The Case of the Bat-Winged Pterosaur. Typological Taxonomy and the Influence of Pictorial Representation on Scientific Perception. *In Dinosaurs Past and Present, Natural History Museum of Los Angeles County*, 2, 65-81.
- Pleijel F., 1995. On character coding for phylogeny reconstruction. *Cladistics*, 11, 309-315.
- Popper K. R., 1959. *The Logic of Scientific Discovery*. Hutchinson, Londra.
- Popper K. R., 1972. *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach* Oxford University Press.

- Rosenberg A., 1994. Instrumental Biology, or the Disunity of Science. *Chicago University Press*.
- Sarà M., 1998. Nuove prospettive sul ruolo dei “vincoli” (constraints) nell’evoluzione. *Systema Naturae – Annali di Biologia Teorica*, 1, 195-212.
- Shaw A.B., 1969. Adam and Eve, paleontology, and the non-objective arts. *Journal of Paleontology*, 43.
- Stern C., 1949. Gene and character. (in *Jepsen, Mayr, Simpson Genetics, Paleontology and Evolution*. Princeton University Press).
- Wheeler Q.D., Meier R., 2000. Species Concepts and Phylogenetic Theory – A debate. *Columbia University Press*.
- Wilkinson M., 1995. A Comparison of two Methods of Character Construction. *Cladistics*, 11, 297-308.
- Zunino M., 1998. Il pensiero dicotomico nella tassonomia contemporanea. *Systema Naturae – Annali di Biologia Teorica*, 1, 195-212.
- Zunino M., 2002. Ancora sulla Dicotomia. Speciazione, dicotomia e sistemi complessi. *Systema Naturae – Annali di Biologia Teorica*, 4, 61-73.

BIBLIOGRAFIA TECNICA

- Alroy J., 1998. Cope’s Rule and the Dynamics of Body Mass Evolution in North American Fossil Mammals. *Science*, 280, 731-733.
- Altangarel P., Norell M., Chiappe L., Clark J., 1994. Flightless bird from the Cretaceous of Mongolia. *Nature*, 362, 623-626.
- Altangarel P., Chiappe L., Rinchen B., Clark J., Norell M., 1994. Skeletal Morphology of *Mononikus olecranus* (Theropoda: Avialae) from the Late Cretaceous of Mongolia. *American Museum Novitates*, 3105, 1-29.
- Bryant H., Russel P., 1993. The occurrence of clavicles within Dinosauria: implications for the homology of avian furcula and the utility of negative evidence. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 13(2), 171-184.
- Burgers P., Chiappe L., 1999. The wing of *Archaeopteryx* as a primary thrust generator. *Nature*, 399, 60-62.
- Chatterjee S., 1994. Protoavis from the Triassic of Texas: The Oldest Bird. *Journal für Ornithologie*, 135.
- Chen P., Dong Z., Zhen S., 1998. An exceptionally well preserved Theropod Dinosaur from the Yixian Formation of China. *Nature*, 391, 147-152.

- Chiappe L., Norell M., Clark J., 1995. Comment on Wellnhofer's New Data on the Origin and Early Evolution of Birds. *C.R. Acad. Sci. Paris.*, 320, 1031-1034.
- Chiappe L., 1993. Enantiornithine (Aves) Tarsometatarsi from the Cretaceous Lecho Formation of Northwestern Argentina. *American Museum Novitates*, 3083, 1-27.
- Chiappe L., 1995. The first 85 million years of avian evolution. *Nature*, 378, 349-355.
- Chiappe L., 1996. Late Cretaceous Birds of Southern South America: Anatomy and Systematics of Enantiornithes and Patagopteryx deferrariisi. *Münchener Geowissenschaftliche Abhandlungen*, 30, 203-244.
- Chiappe L., Norell M., Clark J., 1998. The skull of a relative of the stem-group bird Mononykus. *Nature*, 392, 275-278.
- Chure D., Madsen J., 1996. On the presence of furculae in non-maniraptoran Theropoda. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 16(3), 573-577.
- Czerkas S., Xing X., 2002. A new toothed bird from China. In S.J. Czerkas (ed.), *Feathered Dinosaurs and the origin of flight. The dinosaur Museum Journal Vol. 1 The Dinosaur Museum of Blanding, Utah*, 44-61.
- Czerkas S., Chongxi Y., 2002. An arboreal maniraptoran from north-east China. In S.J. Czerkas (ed.), *Feathered Dinosaurs and the origin of flight. The dinosaur Museum Journal Vol. 1 The Dinosaur Museum of Blanding, Utah*, 65-95.
- Czerkas S., Dianshuang Z., Jinglu L., Yinxian L., 2002. Flying Dromaeosaurs. In S.J. Czerkas (ed.), *Feathered Dinosaurs and the origin of flight. The dinosaur Museum Journal Vol. 1 The Dinosaur Museum of Blanding, Utah*, 99-126.
- Czerkas S., Qiang J., 2002. A preliminary report on an omnivorous volant bird from North-East China. In S.J. Czerkas (ed.), *Feathered Dinosaurs and the origin of flight. The dinosaur Museum Journal Vol. 1 The Dinosaur Museum of Blanding, Utah*, 129-135.
- Dal Sasso C., Signore M., 1998. Exceptional soft tissue preservation in a Theropod Dinosaur from Italy. *Nature*, 392, 383-387.
- De Ricqlés A., Padian K., Horner J., Lamm E.-T., Myhrvold N., 2003. Osteohistology of Confuciusornis sanctus. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 23(2), 373-386.
- Dyke G., 1998. Does archosaur phylogeny hinge on the ankle joint? *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18(3), 558-562.
- Elzanowski A., 2001. A new genus and species for the largest specimen of Archaeopteryx. *Acta Palaeontologica Polonica*, 46/4, 519-532.

- Forster C., Chiappe L., Krause D., Sampson S., 1996. The first Cretaceous bird from Madagascar. *Nature*, 382, 532-534.
- Fucheng Z., Zhonghe Z., Xing X., Xiaolin W., 2002. A juvenile coelurosaurian theropod from China indicates arboreal habits. *Naturwissenschaften*, 89/9, 34-38.
- Fucheng Z., Zhonghe Z., Lianhai H., Gang G., 2001. Early diversification of birds: evidence from a new opposite bird. *Chinese Science Bulletin*, 46/11, 945-949.
- Gatesy S., Middleton K., 1997. Bipedalism, flight and the evolution of theropod locomotor diversity. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 17(1), 308-329.
- Gauthier J., 1986. Saurischian Monophyly and the Origin of Birds. In Padian K. (Editor). *The Origin of Birds and the Evolution of Flight*, Columbia University Press, 1-47.
- Holtz T., 1994. The arctometatarsalian pes, an unusual structure of the metatarsus of Cretaceous Theropoda (Dinosauria:Saurischia). *Journal of Vertebrate Paleontology*, 14(4), 480-519.
- Hou L.-H. & Zhang J.Y., 1993. A new fossil bird from lower cretaceous of Liaoning. *Vertebrata PalAsiatica*, 31, 218-225.
- Hutchinson J., Chiappe L., 1998. The first known alvarezsaurid (Theropoda: Aves) from North America. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 18(3), 447-450.
- Hwang S., Norell M., Qiang J., Keqin G., 2002. New specimens of *Microraptor zhaoianus* (Theropoda : Dromaeosauridae) from north-eastern China. *American Museum Novitates*, 3381, 1-44.
- Jian G., Chiappe L., Shusheng H., 1997. A new specimen of *Confuciusornis sanctus* from Liaoning's Yixian formation. *Memoirs of Beijing Natural history Museum*, 12, 141-146.
- Lianhai H., Zhonghe Z., Martin L., Feduccia A., 1995. A Beaked Bird from the Jurassic of China. *Nature*, 377, 616-618.
- Lianhai H., 1995. Morphological Comparisons between *Confuciusornis* and *Archaeopteryx*. *Sixth Symposium on Mesozoic terrestrial Ecosystems and Biota, Short Papers*, 193-201.
- Lianhai H., 1997. A carinate bird from the Upper Jurassic of Western Liaoning, China. *Chinese Science Bulletin*, 42/5, 413-417.
- Lianhai H., Martin L., Zhonghe Z., Feduccia A., 1999. *Archaeopteryx* to opposite birds: missing link from the mesozoic of China. *Vertebrata PalAsiatica*, 37, 88-95.

- Lianhai H., Martin L., Zhonghe Z., Feduccia A., Fucheng Z., 1999. A diapsid skull in a new species of the primitive bird *Confuciusornis*. *Nature*, 399, 679-682.
- Lianhai H., Peiji C., 1999. *Liaoxiornis dedicatus* gen. et sp. Nov., the smallest mesozoic bird. *Chinese Science Bulletin*, 44/9, 834-838.
- M. A. Norell, 1993. Tree-based approaches to understanding history: comments on ranks, rules, and the quality of the fossil record. *American Journal of Science*, 293-A, 407-417.
- Martin L., Zhonghe Z., 1997. Archaeopteryx-like skull in Enantiornithine bird. *Nature*, 389, 556.
- Norell M. A. & Novacek M. J., 1992. Congruence between superpositional and phylogenetic patterns: comparing cladistic patterns with fossil records. *Cladistics*, 8, 319-337.
- Norell M. A. & Novacek M. J., 1993. The Fossil Record and Evolution: Comparing Cladistic and Paleontologic Evidence for Vertebrate History. *Science*, 255, 1690-1693.
- Norell M. A., 1992. Taxic Origin and Temporal Diversity: The Effect of Phylogeny. In: M. J. Novacek & Q. D. Wheeler (eds.) – *Extinction and Phylogeny*. Columbia University Press, New York, 89-118.
- Norell M., Chiappe L., Clark J., 1993. New Limb on the Avian Family Tree. *Natural History*, 9/93, 38-42.
- Norell M., Makovicky P., Clark J., 1997. A Velociraptor's Wishbone. *Nature*, 389, 447.
- Novas F., 1997. Anatomy of *Patagonykus portai* (Theropoda, Avialae, Alvarezsauridae) from the Late Cretaceous of Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 17(1), 137-166.
- Novas F., Puerta P., 1997. New evidence concerning avian origins from the Late Cretaceous of Patagonia. *Nature*, 387, 390-392.
- Olshevsky G., 1988. Mesozoic Meanderings #2: A revision of the Parainfraclass Archosauria (Cope, 1866). *Da richiedere all'Autore*.
- Padian K., 1998. When is a bird not a bird? *Nature*, 393, 729-730.
- Paul G. S., 1988. *Predatory Dinosaurs of the World* Simons & Schuster, New York.
- Paul G. S., 2002. *Dinosaurs of the Air: The Evolution and Loss of Flight in Dinosaurs and Birds* Johns Hopkins University Press.
- Peters D., Qiang J., 1998. The Diapsid Temporal Construction of the Chinese fossil bird *Confuciusornis*. *Senckenbergiana lethaea*, 78, 153-155.

- Qiang J., Chiappe L., Jhuan J., 1999. A new Late Mesozoic confuciusornithid bird from China. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 19(1), 1-7.
- Qiang J., Currie P., Norell M., Shu-han J., 1998. Two feathered Dinosaurs from Northeastern China. *Nature*, 393, 753-761.
- Qiang J., Shuan J., Hailu Y., Jianping Z., Chongxi Y., Xinxin J., Jinglu L., Yinxian L., 2002. Discovery of an Avialae bird Shenzhouraptor sinensis gen. et sp. nov. from China. *Geological Bulletin of China, Traduz. Will Downs*, 363-369.
- Qiang J., Shuhan J., 1999. A new genus of the mesozoic birds from Lingyuan, Liaoning, China. *Chinese Geology*, 262, 45-49.
- Qiang J., Shuhan J., Hailu Y., Jianping Z., Chongxi Y., Xinxin J., Jinglu L., Yinxian L., 2002. Discovery of an Avialae bird Shenzhouraptor sinensis gen. et sp. nov. from China. *Geological Bulletin of China*, 21/7, 363-369.
- Reisz, R.R. and D.S Berman, 2000. Mesenosaurus romeri (Synapsida: Eupelycosauria) from the Upper Permian of the Mezen River Basin, Northern Russia. *Annals of the Carnegie Museum*.
- Renesto S., 1994. Megalancosaurus, a possibly arboreal arcosauromorph (Reptilia) from the Upper Triassic of Northern Italy. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 14(1), 38-52.
- Ruben J., Jones T., Geist N., Hillenius W., 1997. Lung structure and ventilation in Theropod Dinosaurs and Early Birds. *Science*, 278, 1267-1270.
- Sanz J., Chiappe L., Pérez-Moreno B., Buscalioni A., Moratalla J., Ortega F., Poyato-Ariza F., 1996. An Early Cretaceous bird from Spain and its implications for the evolution of avian flight. *Nature*, 382, 442-445.
- Sereno P., Chenggang R., 1992. Early Evolution of Avian Flight and Perching: New Evidence from the Lower Cretaceous of China. *Science*, 255, 845-848.
- Stidham T., 1999. Did parrots exist in the Cretaceous period? *Nature*, 399, 317-318.
- Unwin D. M., 1998. Feathers, Filaments and Theropod Dinosaurs. *Nature*, 391, 119-120.
- Xijin Z., Xing X., 1998. The Oldest Coelurosaurian. *Nature*, 394, 234-235.
- Xing X., Norell M., Xiao Lin W., Makovicky P., Xiaochun W., 2002. A basal troodontid from the early cretaceous of China. *Nature*, 415, 780-784.
- Xing X., Yen-nien C., Xiao Lin W., Chun-Hsiang C., 2002. An unusual oviraptorosaurian dinosaur from China. *Nature*, 419, 291-293.

- Xing X., Zhi Lu T., Xiao Lin W., 1999. A Therizinosauroid Dinosaur with Integumentary Structures from China. *Nature*, 399, 350-354.
- Xing X., Zhonghe Z., Xiaolin W., Xuwen K., Fucheng Z., Xiangke D., 2003. Four-winged Dinosaur from China. *Nature*, 421, 335/340.
- Zhonghe Z., 1995. Discovery of a New Enantiornithine Bird from the Early Cretaceous of Liaoning, China. *Vertebrata PalAsiatica*, 33, 100-113.
- Zhonghe Z., 1995. The discovery of Early Cretaceous Bird in China. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 181, 9-22.
- Zhonghe Z., Fucheng Z., 2001. Largest bird from the Early Cretaceous and its implications for the earliest avian ecological diversification. *Naturwissenschaften*, 89, 34-38.
- Zhonghe Z., Fucheng Z., 2001. Two New Ornithurine Birds from the Early Cretaceous of Western Liaoning, China. *Chinese Science Bulletin*, 46/1, 1-7.
- Zhonghe Z., Fucheng Z., 2002. A long-tailed, seed-eating bird from the early cretaceous of China. *Nature*, 418, 405-409.