

ANALYSIS

Rivista di cultura e politica scientifica

IN QUESTO NUMERO:

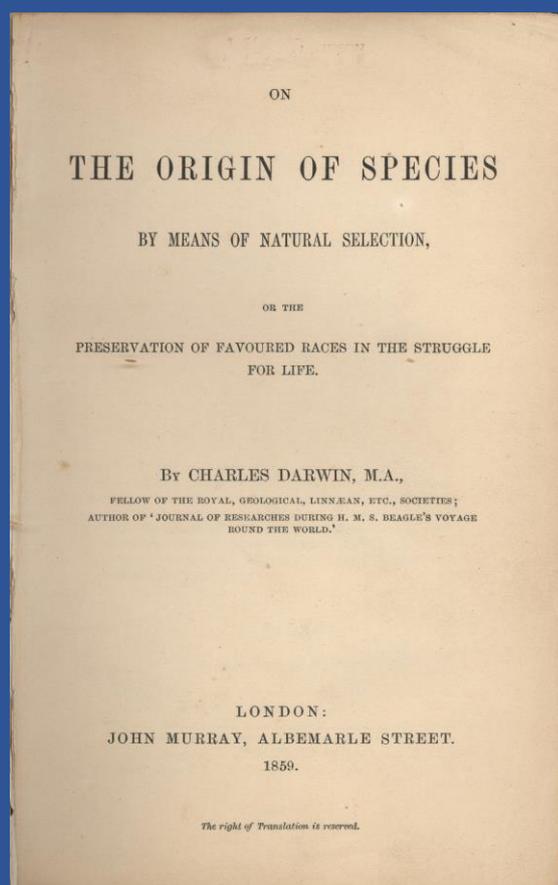
Toni Baroncelli: PRESENTAZIONE

Giorgio Chiarelli, Alessandro Montanari, Laura Patrizii: LAUREANDI E DOTTORANDI NELL'INFN: UNO STUDIO SULLA LORO PRIMA DESTINAZIONE

Ettore Ruberti: L'EVOLUZIONE BIOLOGICA: DALLE IDEE DEL SETTECENTO ALLE ULTIME SCOPERTE

Paolo Persano: CERAMICA E REGIONALISMO A CRETA NELLA PRIMA ETA' DEL FERRO: IL RUOLO DEL METODO TIPOLOGICO

Fedora Quattrocchi: INTERVISTA AD UN CERVELLO IN FUGA: MATTEO CACCIOLA



N.2 2015

ISSN: 2035-4576

Periodico trimestrale di proprietà dell'ANPRI

Autorizzazione del Tribunale di Roma N. 253/99 del 07.06.1999

ANALYSIS

Rivista di cultura e politica scientifica

Anno XVII - N. 2 settembre 2015

SOMMARIO

Toni Baroncelli: Presentazione

Giorgio Chiarelli, Alessandro Montanari, Laura Patrizii: LAUREANDI E
DOTTORANDI NELL'INFN: UNO STUDIO SULLA LORO PRIMA DESTINAZIONE

Ettore Ruberti: L'EVOLUZIONE BIOLOGICA: DALLE IDEE DEL SETTECENTO
ALLE ULTIME SCOPERTE

Paolo Persano: CERAMICA E REGIONALISMO A CRETA NELLA PRIMA ETÀ
DEL FERRO: IL RUOLO DEL METODO TIPOLOGICO

Fedora Quattrocchi: INTERVISTA AD UN CERVELLO IN FUGA: MATTEO
CACCIOLA

ANALYSIS

Direttore Responsabile Antonio Baroncelli
Comitato di Redazione Giovanni Dal Monte
Giovanni Gullà
Roberto Palaia
Emanuela Reale
Laura Teodori

Segreteria Marta Cascarano
Livia Steve

Email: marta.cascarano@gmail.com, marta.cascarano@analysis-online.net, sottomissione@analysis-online.net

Internet: www.analysis-online.net

International Standard Serial Number: ISSN 1591-0695

Direzione e Redazione: presso ANPRI

Gli autori degli articoli sono responsabili delle loro opinioni.

E' obbligatorio citare la rivista in caso di riferimento al materiale pubblicato.

Periodico trimestrale di proprietà dell'**ANPRI**, Associazione Nazionale Professionale Ricerca, aderente alla CIDA, Confederazione Italiana Dirigenti e Alte professionalità, Funzione Pubblica.

Via Tortona, 16

00186 Roma

Tel. 06.7012656

Fax 06.7012666

Email: anpri@anpri.it

Internet: www.anpri.it

Autorizzazione del Tribunale di Roma N. 253/99 del 07.06.1999

Precedente Autorizzazione del Tribunale di Roma N. 465/94 del 17.10.1994

Precedente Autorizzazione del Tribunale di Torino N. 4132 del 24.01.1990

In copertina: Il frontespizio della prima edizione dell'Origine delle specie

PRESENTAZIONE di Toni Baroncelli

"... la valutazione del trasferimento tecnologico diviene un indicatore della capacità di una organizzazione di ricerca di contribuire allo sviluppo del Paese". **Giorgio Chiarelli, Alessandro Montanari, Laura Patrizii** presentano in **"Laureandi e dottorandi nell'INFN: uno studio sulla loro prima destinazione"** un'analisi basata su un campione di circa 170 dottorandi/ciclo e circa 350 laureandi che svolgono la propria attività di ricerca nell'INFN e dei quali è stata studiata la storia occupazionale nel periodo 2009-2014. La prima parte dell'analisi riguarda la destinazione dei laureandi. Il 60% dei laureati in fisica in ambito INFN prosegue con un dottorato e di questi il 20% circa viene conseguito all'estero. Complessivamente lo sbocco nel settore industriale è pari al 13%. Va registrato che l'industria manifatturiera, pure durante il periodo di crisi, assorbe più del doppio dell'insegnamento e che il settore informatico (6%) si conferma una destinazione importante per i laureati in fisica. Lo studio della destinazione per genere mostra una qualche prevalenza degli uomini sulle donne ma con un'attenuazione delle differenze di alcune aree tradizionalmente considerate interessanti per le donne come l'insegnamento, la fisica medica. La seconda parte dell'analisi riguarda la destinazione dei dottorandi. Il 75% dei dottorati prosegue l'attività di ricerca con un contratto *post-doc* mentre l'assorbimento nell'industria è assai ridotto rispetto al caso dei laureati, 8%. Dati sulla destinazione per genere, tra l'altro, mostrano una significativa prevalenza delle donne sugli uomini verso l'estero. L'analisi di quanti studenti rimangono in ambito INFN mostra un *"retention rate"* del 78% e del 42% per studenti PHD e *post-doc* rispettivamente. L'ultima parte dell'articolo esamina la ricettività di laureati in discipline scientifiche nel mercato del lavoro USA. La maggior parte degli intervistati di nazionalità americana vengono assorbiti nel settore industriale mentre il rapporto è totalmente sbilanciato a favore dei cittadini non statunitensi nelle scuole di dottorato. Lo studio mostra anche che l'assorbimento nell'industria dei dottorati è molto più alta che non in Italia. La conclusione è che *"... questi dati dovrebbero trovare risposta in diverse, e più attrattive, possibilità di carriera in Italia, per i laureati in fisica (e non solo)"*.

Per **Ettore Ruberti**, autore di **"L'evoluzione biologica: dalle idee del settecento alle ultime scoperte"** *"... diviene fondamentale ripercorrere brevemente ... l'evoluzione dell'evoluzionismo"*. In questa breve citazione l'essenza dell'articolo: la storia delle principali tappe che hanno portato, attraverso secoli di studi, idee e preconcetti, alla comprensione che abbiamo oggi dei meccanismi alla base della vita stessa e della sua evoluzione con Darwin protagonista indiscusso di questa storia. Osservazioni raccolte nel viaggio sul brigantino HMS Beagle *"...gli consentirono di maturare il suo pensiero e di rivalutare criticamente le conoscenze acquisite in passato"*.

Ma bisogna aspettare il 1859 perché venga pubblicata la prima edizione di *"Origin of Species by Means of Natural Selection ..."*: l'evoluzione avviene con lenta continuità, senza cambiamenti improvvisi. La storia dell'evoluzionismo continua attraverso scienziati e scoperte, arrivando alla scoperta del DNA e dei meccanismi alla base del suo funzionamento e proseguendo fino al tentativo di comprendere i meccanismi alla base della nascita della vita sulla terra.

Paolo Persano, autore di **"Ceramica e regionalismo a Creta nella prima età del ferro"**, è il vincitore del Premio Celluprica 2014 (il Premio 2015 sarà assegnato a una tesi in "Scienze economiche, giuridiche e sociali" <http://www.anpri.it/premio-vincenza-celluprica-2015-tesi-scienze-economiche-giuridiche-sociali/>) e propone un contributo basato sul suo lavoro di tesi centrato sulla ceramica cretese della prima età del Ferro (XI – VIII/VII secolo a. C.). Lo studio introduce le scuole di pensiero che si sono succedute nel corso di decenni nella valutazione degli

studi archeologici. Il primo approccio da un punto di vista storico è centrato sulla ricostruzione storica e storico-artistica. La tipologia, in particolare, basata sullo studio di caratteristiche formali simili presenti in esemplari diversi è sembrata fin dall'Ottocento lo strumento migliore per l'ordinamento dei rinvenimenti. Ma la ceramica non riflette soltanto una società, può rivestire anche un ruolo attivo nella ricostruzione delle relazioni sociali stesse, *"l'individuazione di relazioni tra aree specifiche in termini di cultura materiale"*. L'innovazione più evidente è costituita dall'introduzione di nuovi strumenti analitici, come l'archeometria, degli studi tecnologici e dall'attenzione all'intero *ciclo di vita* dei vasi: dall'esame della forma o decorazione, a tutto il ciclo produttivo e agli usi dei manufatti stessi, fino alle circostanze deposizionali. La permanenza di specifici modelli in alcune aree e la disposizione di altre nei confronti di centri esterni, può indicare fenomeni di lunga durata e favorire l'indagine di processi di interazione culturale e di acculturazione. La comparsa di attributi o di tipi propri di differenti aree e tradizioni è infatti spia di forme di interazione culturale indicatore di mobilità di persone e saperi tecnici.

Nell'**"Intervista ad un cervello in fuga: Matteo Cacciola"** Fedora Quattrocchi raccoglie le opinioni di un ricercatore che dopo anni di attività in Italia si vede costretto ad andare all'estero. Il suo sogno? *"contribuire, con la ricerca scientifica, alla crescita del mio Paese"*. La cronica mancanza di risorse costringe **Matteo Cacciola** ad adattare la sua ricerca a quello che si può fare e cerca all'estero collaborazioni che gli permettano di arricchire i suoi studi. Ma ancora non accetta di diventare un cervello in fuga. La *"Nazione che investe sulla formazione dei propri giovani per poi regalarne letteralmente il talento ad altri Stati è davvero stupida"*. Matteo Cacciola pensa che tutto il sistema ricerca andrebbe ripensato basandolo su un'attenta valutazione del merito, valutando non solo *"quanto"* si spende ma migliorando anche il *"come"* si spende attraverso una valutazione fatta con criteri oggettivi, adatta alla disciplina e fatta non solo ex-ante ma anche in-itinere e ex-post. Il tempo renderà giustizia alle scelte sagge e non a quelle opportunistiche.

LAUREANDI E DOTTORANDI NELL'INFN: UNO STUDIO SULLA LORO PRIMA DESTINAZIONE

di Giorgio Chiarelli, Alessandro Montanari, Laura Patrizii

INTRODUZIONE

Nella valutazione dell'impatto sociale della ricerca, il ruolo del trasferimento tecnologico ha acquisito negli ultimi anni una rilevanza sempre maggiore¹. Uno dei principali strumenti del trasferimento di *know-how* avviene attraverso la preparazione di personale altamente specializzato. Per quanto sullo sfondo, è di rado citata, la formazione di giovani ricercatori è di particolare importanza per un sistema-Paese come quello italiano, con un tessuto industriale composto per lo più da piccole e medie aziende. Tradizionalmente quest'aspetto viene associato alla descrizione dell'impatto sociale del sistema (o della singola) Università. Viceversa, benché per un Ente di Ricerca la missione "formazione" non sia considerata (formalmente) prioritaria, essa è in realtà basilare per garantire un futuro alla ricerca stessa e, in questo quadro, costituisce uno strumento per il trasferimento di *know-how* tecnologico al sistema delle imprese italiane. In maniera naturale quindi, la valutazione del trasferimento tecnologico diviene un indicatore della capacità di una organizzazione di ricerca di contribuire allo sviluppo del Paese. Nel caso dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Ente dedicato alla ricerca di base, con solidissimi rapporti internazionali, la funzione formativa assume un particolare valore per l'opportunità offerta al personale di sviluppare un insieme di *soft skills* aggiuntivi. Esiste quindi la necessità di misurare l'impatto sul Paese di una struttura dove, annualmente, in media, circa 170 dottorandi/ciclo e circa 350 laureandi svolgono la propria attività di ricerca.

I DATI DEL PROGETTO

Sin dal 1997 l'INFN si è dotato di un Comitato di Valutazione Internazionale (CVI) a cui ogni anno viene inoltrato un rapporto sulle attività dell'Istituto. Tale rapporto costituisce base di discussione dell'incontro annuale tra il Comitato ed il management dell'Ente, a seguito del quale il CVI invia un rapporto al MIUR. In occasione di uno di questi incontri, il CVI ha avanzato la richiesta di una quantificazione del fenomeno del *brain drain* in ambito INFN. La richiesta ha dato l'avvio ad una indagine che si è estesa, spostando l'obiettivo sulla (prima) destinazione degli studenti (laurea specialistica e dottorato) che avessero svolto la loro tesi nell'ambito dei gruppi di ricerca dell'Ente.

La scelta di limitarsi alla prima destinazione risponde ad una serie di richieste. La prima è quella posta dal CVI, la seconda è di poter essere confrontabile e infine quella di coprire la (quasi) totalità dei casi. Si è quindi fatto tesoro di precedenti tentativi dai quali era emerso quanto fosse difficile seguire nel tempo l'evoluzione delle sorti professionali dei nostri (ex) studenti. Come vedremo, le tre richieste sono state tutte soddisfatte limitandoci alla prima occupazione di laureandi e dottorandi.

LA METODOLOGIA

L'analisi qui presentata riguarda il periodo 2009-2014; la metodologia seguita nella raccolta è stata diversificata. Per il triennio 2009-2011 sono stati contattati, individualmente, i relatori/supervisor di tesi. L'elenco di partenza è fornito dal database delle tesi in ambito INFN

¹ Vedi, ad esempio, la relazione di R. Veugelers al recente Workshop Internazionale sulla valutazione della III missione organizzato dall'ANVUR: <http://www.anvur.it/attachments/article/779/02%20VEUGELERS%20UnivThirdMis-.pdf>

(disponibile sul sito www.infn.it). Con l'aiuto dei relatori si è ottenuta una copertura superiore all'80%.

Per il triennio 2012-2014 abbiamo sfruttato una scadenza istituzionale dell'Ente. Al termine di ogni anno i responsabili nazionali dei progetti di ricerca finanziati dall'INFN, compilano schede di consuntivo che raccolgono diverse informazioni relative all'attività scientifica, tra cui l'elenco delle tesi svolte. A partire dal 2012 è stata aggiunta nelle schede la richiesta di riportare anche la prima destinazione dei laureandi/dottorandi presenti nei gruppi di ricerca, secondo una classificazione predefinita (riportata in Tabella 1).

Laurea in Fisica II livello	Dottorato di Ricerca in Fisica
Dottorato Italia	Post-doc Italia
Dottorato estero	Post-doc estero
Industria IT	Industria IT
Industria Finanza	Industria Finanza
Industria altro	Industria altro
Docente Scuola	Docente Scuola
Altro	Altro
Sconosciuta	Sconosciuta

Tabella 1. Classificazione utilizzata per la prima destinazione.

Nella costruzione della tassonomia delle possibili destinazioni ci si è basati sui dati (per lo più aneddotici) a disposizione. A posteriori la scelta è risultata non sufficientemente dettagliata; da un esame delle risposte, ad esempio, si trova che la destinazione "Industria: Altro" corrisponde principalmente ad impieghi nell'industria manifatturiera che, però, non appare come categoria separata. Analogamente il mancato utilizzo della categoria "Scuole di Perfezionamento" ha fatto sì che questi casi vengano classificati sotto il generico "Altro".

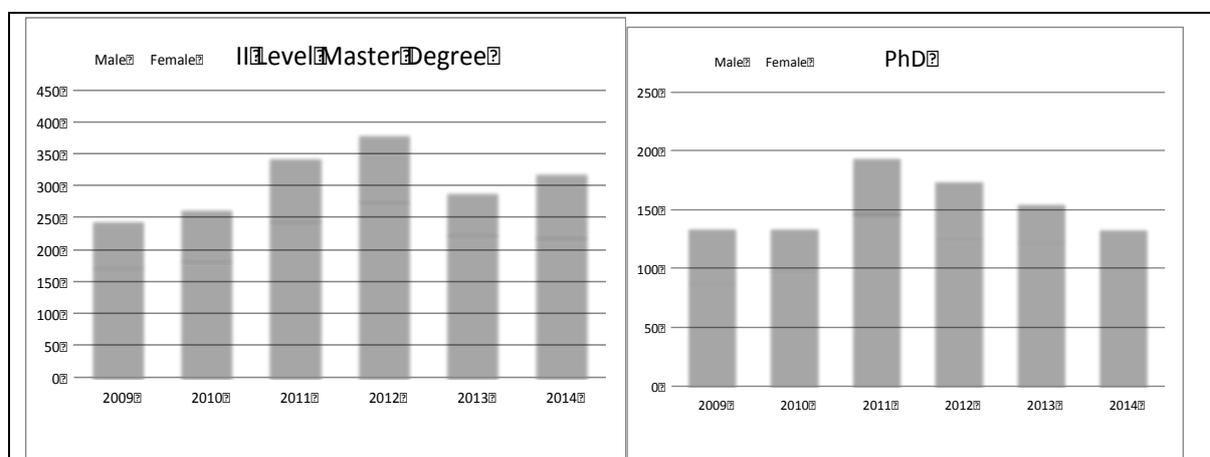


Figura 1. Distribuzione di laureati (sinistra) e dottorati (destra) in ambito INFN per i quali è stata raccolta l'informazione sulla prima destinazione.

PRIMA DESTINAZIONE DEI LAUREATI

Complessivamente il campione include 1855 Laureati di secondo livello (nel seguito indicati sinteticamente come "laureati") e 930 Dottori di Ricerca ("dottorati" nel seguito). La suddivisione per anno e per genere dei due insiemi di dati è mostrata in Figura 1.

Poiché le attività dell'INFN si possono suddividere (approssimativamente) in tre aree: fisica teorica (CSN4), fisica sperimentale (CSN1-3) e sviluppo tecnologico/applicazioni (CSN5), è

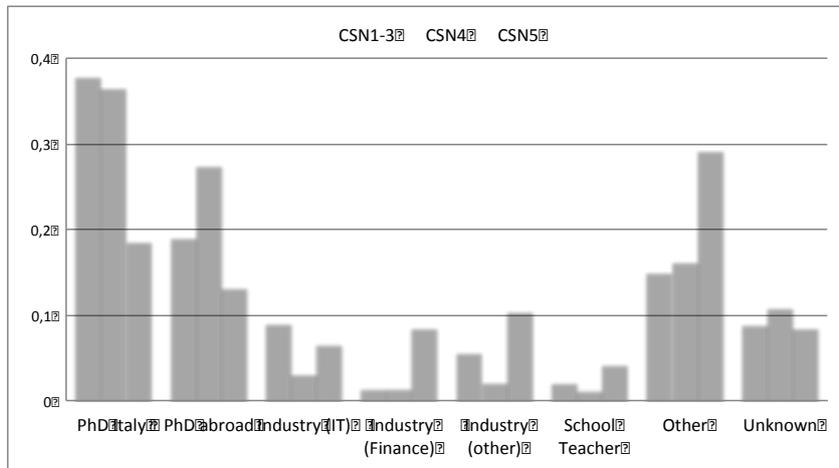


Figura 2. Prima destinazione (%) dei laureati, suddivisa per aree.

interessante vedere le frazioni relative per il periodo in esame (Figura 2). È evidente che il dottorato costituisce una destinazione meno attraente per i laureati in area tecnologica, tra i quali, però, diviene importante il contributo delle Scuole di Specializzazione in Fisica Sanitaria (incluse in "Altro").

In Figura 3 mostriamo la prima destinazione dei laureati. Il primo dato che emerge è la larga frazione

(quasi il 60%) di coloro che proseguono il proprio percorso formativo perseguendo un dottorato di ricerca. La frazione di dottorati esteri è – effettivamente – significativa e da sola copre oltre il 20% del totale. Il secondo dato è che l'industria manifatturiera assorbe più del doppio dell'insegnamento. Si tratta di un dato importante se si considera che il periodo preso in esame è concomitante all'acuirsi della crisi economica, e al conseguente contrarsi dell'attività manifatturiera in Italia. Il settore informatico (6%) si conferma una destinazione importante per i laureati in fisica. Complessivamente lo sbocco nel settore industriale, con un totale del 13%, è secondo solo al proseguimento degli studi poiché, in effetti, sotto la voce "Altro" sono raccolti anche i casi di iscrizioni a Master di II livello e, come già notato, a Scuole di Specializzazione in Fisica Sanitaria (oltre il 10% su un totale del 18%).

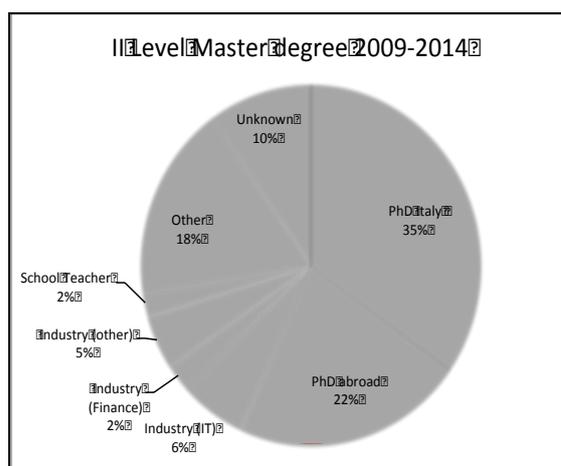


Figura 3. Destinazione di prima occupazione di 1855 laureati.

È interessante osservare anche l'andamento delle destinazioni in funzione del tempo (Figura 4). Il numero di casi "Altro" e "Sconosciuto" presenta un netto aumento nel periodo 2012-2014. Questo potrebbe essere indice della maggiore difficoltà dei laureati a trovare una prima occupazione. Poiché, però, esso corrisponde anche (come abbiamo descritto precedentemente) ad un cambiamento nella modalità di raccolta dei dati, non siamo in grado di trarre conclusioni definitive. La capacità di assorbimento del settore finanziario sembra ridursi, come anche quella

dell'*Information Technology* (IT). Anche il numero di dottorandi nel 2014 mostra una diminuzione, che però potrebbe essere dovuta alla temporizzazione (in alcuni casi i neolaureati non entrano immediatamente nelle scuole di dottorato).

La destinazione differenziata per genere (Figura 5) mostra alcuni aspetti degni di nota. Alcune aree, tradizionalmente ritenute più attraenti per le laureate-donne (insegnamento, fisica medica) non appaiono più così caratterizzate. Complessivamente il settore industriale assorbe circa l'11% delle laureate-donne, contro il 16% di laureati-uomini; responsabile della differenza è il settore informatico. Per quel che riguarda il proseguimento in un percorso accademico, una frazione praticamente identica (23% contro 21%) si iscrive a corsi di PhD all'estero mentre il 31% delle donne accede a corsi di dottorato in Italia. È difficile dire se questa differenza sia una manifestazione diretta di una discriminazione di genere nel prosieguo della carriera accademica, va però notato che compare solo tra coloro che

proseguono il loro percorso nel nostro Paese.

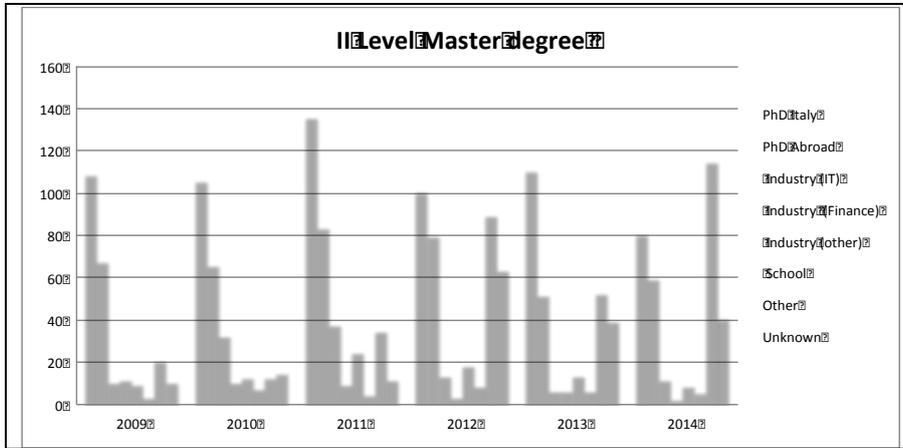


Figura 4. Destinazione dei laureati per anno. Valori assoluti.

proseguono il loro percorso nel nostro Paese.

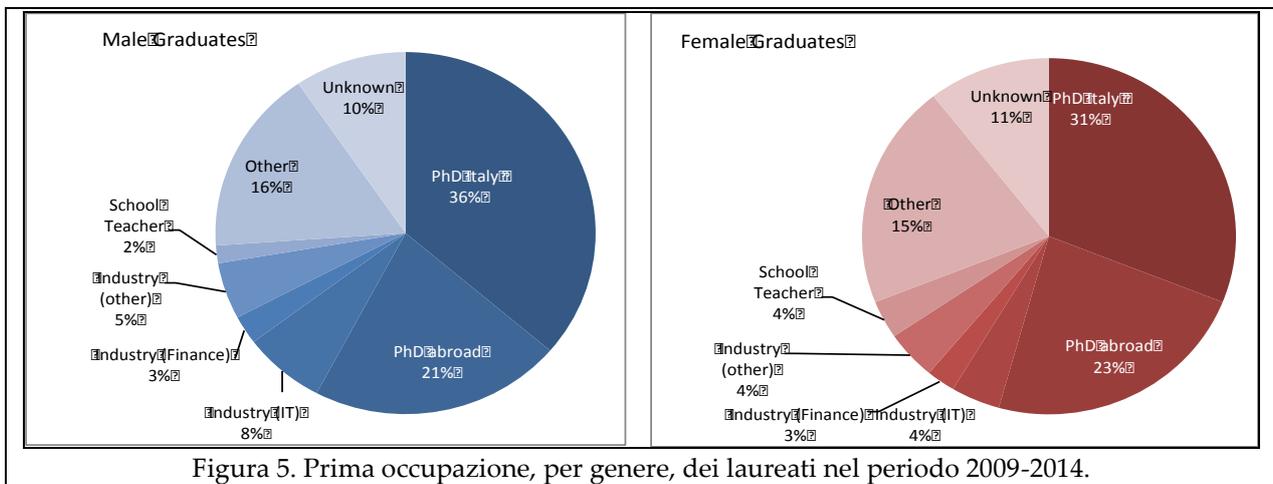


Figura 5. Prima occupazione, per genere, dei laureati nel periodo 2009-2014.

PRIMA OCCUPAZIONE DEI DOTTORATI

La seconda parte dell'analisi riguarda la prima destinazione di coloro che hanno conseguito il dottorato di ricerca. Anche in questo caso è interessante guardare prima la distribuzione globale (Figura 6). Ben il 75% dei dottorati prosegue il percorso nella ricerca con una *Post-Doc* (sotto questa voce abbiamo considerato i titolari di assegni di ricerca, di borse post-doc italiane ed analoghe posizioni all'estero). Si tratta, per la maggior parte, di posizioni in Italia. Qui appare assai ridotto l'assorbimento nel settore industriale (8% complessivamente), mentre si nota un incremento della scuola come possibile destinazione. La distribuzione per anno si osserva in Figura 7. Non ci sono particolari cambiamenti nel tempo, se non nel numero degli assegnisti di ricerca in Italia in crescita fino al 2011 e in rapida flessione negli anni successivi. Anche in questo caso è da tener presente che in concomitanza è stata adottata una diversa modalità di raccolta dell'informazione. Le destinazioni per genere sono mostrate in Figura 8. La frazione delle donne assorbita dall'industria è ridotta, mentre appare evidente che le donne hanno una maggiore attitudine ad accettare una post-doc all'estero (la media è il 36% con ben il 63% nell'anno 2010) rispetto agli uomini (media 34%, picco 42%). Un dato

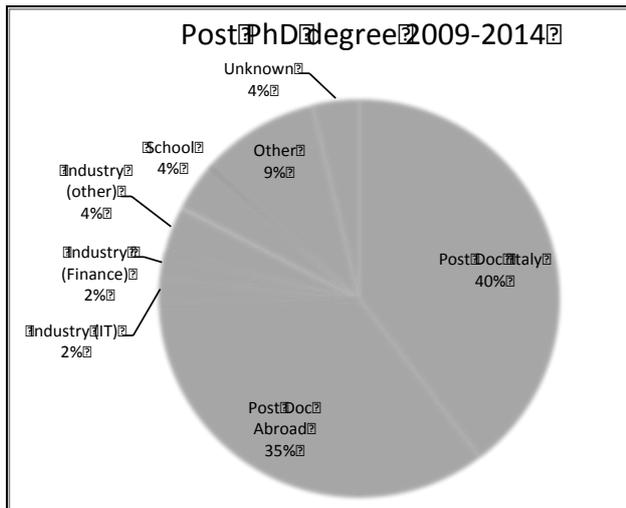


Figura 6. Prima occupazione dei 930 dottorati

che potrebbe essere letto sia come una persistenza di bias di genere nel sistema di reclutamento, che una maggiore intraprendenza delle donne che hanno deciso di proseguire negli studi.

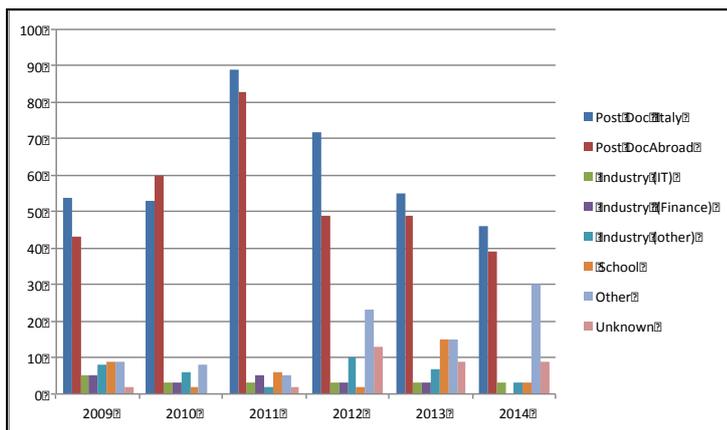


Figura 7. Destinazione dei dottorati, per anno. Valori assoluti.

che appare evidente che le donne hanno una maggiore attitudine ad accettare una post-doc all'estero (la media è il 36% con ben il 63% nell'anno 2010) rispetto agli uomini (media 34%, picco 42%). Un dato

che potrebbe essere letto sia come una persistenza di bias di genere nel sistema di reclutamento, che una maggiore intraprendenza delle donne che hanno deciso di proseguire negli studi.

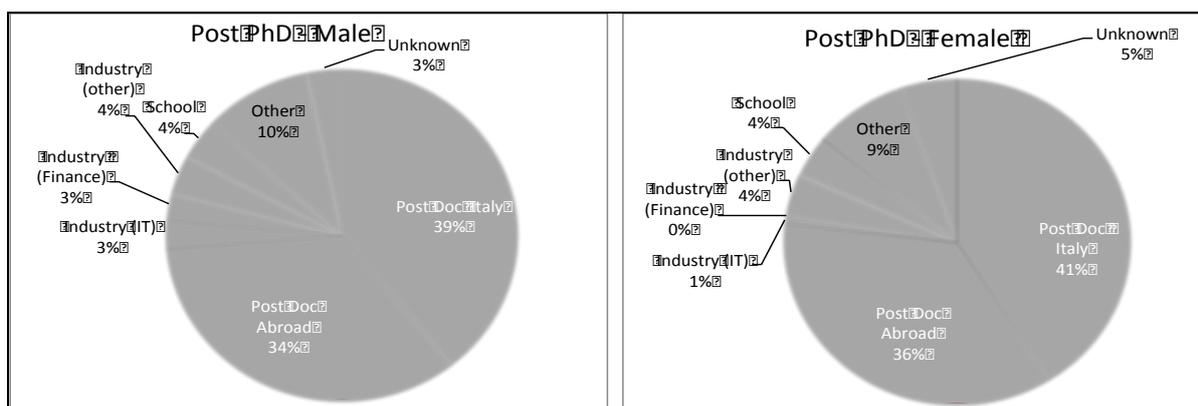
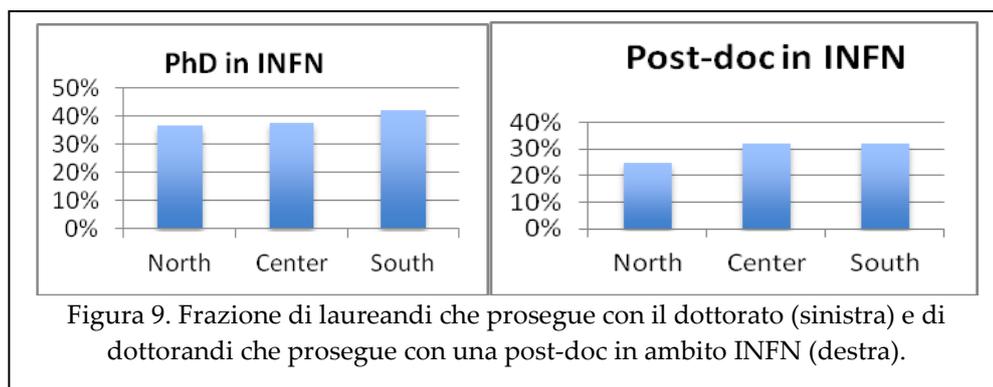


Figura 8. Prima occupazione di dottorati. Uomini a sinistra, donne a destra. Periodo 2009-2014.

ALCUNE ANALISI COMPARATE

Durante la stesura di questo articolo ci è stato suggerito dai referees di controllare alcune variabili che potrebbero essere individuate nei nostri dati. In particolare abbiamo analizzato un campione da un punto di vista geografico e per verificare in quanti casi il passo successivo nella formazione/carriera sia avvenuto in ambito INFN.



Cominciando da quest'ultimo punto, abbiamo verificato che, nel periodo 2012-2014 (649 laureandi), il 49% di questi continua con un dottorato ed, in termini assoluti, in ambito INFN si tratta di 246 persone, con un *retention rate* del 78%. Per quanto riguarda i dottorati, nello stesso periodo, su un campione di 931 dottorandi, 262 proseguono in ambito INFN contro un totale complessivo di 623 post doc. In questo caso, quindi, il *retention rate* scende al 42%.

Per quel che riguarda la distribuzione geografica l'unica informazione che possiamo estrarre è la distribuzione della frazione di laureandi e di dottorandi che proseguono nelle tre grandi aree (Nord, Centro, Sud ed isole). In Figura 9 mostriamo questi risultati. Le differenze sembrano poco significative, con forse una maggiore tendenza nel Sud a proseguire il percorso formativo post-laurea.

COMPARAZIONE NAZIONALE ED INTERNAZIONALE

Nella scelta iniziale di considerare solo la prima destinazione ha pesato la limitata disponibilità di dati di comparazione. Nel seguito riportiamo il confronto con uno studio condotto dall'AIP (*American Institute of Physics*) relativamente alla prima destinazione di circa 700 *Master* in fisica nel periodo 2006-2008². In ambito INFN nel 2002, il Coordinamento Nazionale Trasferimento Tecnologico e Formazione Esterna dell'Ente ha effettuato una indagine relativa al quadriennio 1997-2000 sulla prima destinazione di laureati e borsisti, per i quali riportiamo qui alcuni risultati.

L'indagine dell'AIP riguarda un campione corrispondente a circa il 50% del totale dei *Master graduates* in fisica nel triennio 2006-2008. Il 35% del totale è costituito da studenti di cittadinanza non USA; la componente femminile rappresenta circa il 22%. La ricerca va oltre il semplice dato di prima occupazione, fornendo un quadro piuttosto dettagliato dell'offerta formativa e dei primi sbocchi occupazionali nel campo delle scienze fisiche.

² <http://www.aip.org/statistics/trends/reports/mastersinitial.pdf>

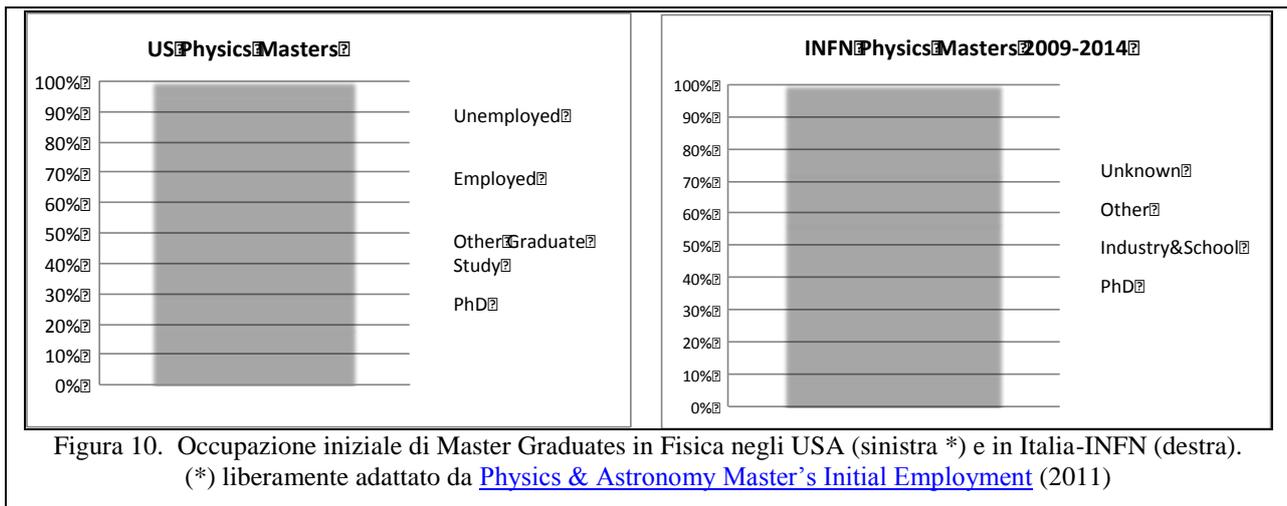


Figura 10. Occupazione iniziale di Master Graduates in Fisica negli USA (sinistra *) e in Italia-INFN (destra). (*) liberamente adattato da [Physics & Astronomy Master's Initial Employment](#) (2011)

Una comparazione tra i nostri dati (limitati all'offerta formativa legata alle attività INFN) e quelli dell'AIP è visualizzata in Figura 10. È evidente come sia strutturalmente diverso il comportamento dei laureati specialistici italiani rispetto a quelli USA, rispecchiando la diversa capacità di assorbimento da parte dell'industria. Negli Stati Uniti, ad un anno dal conseguimento

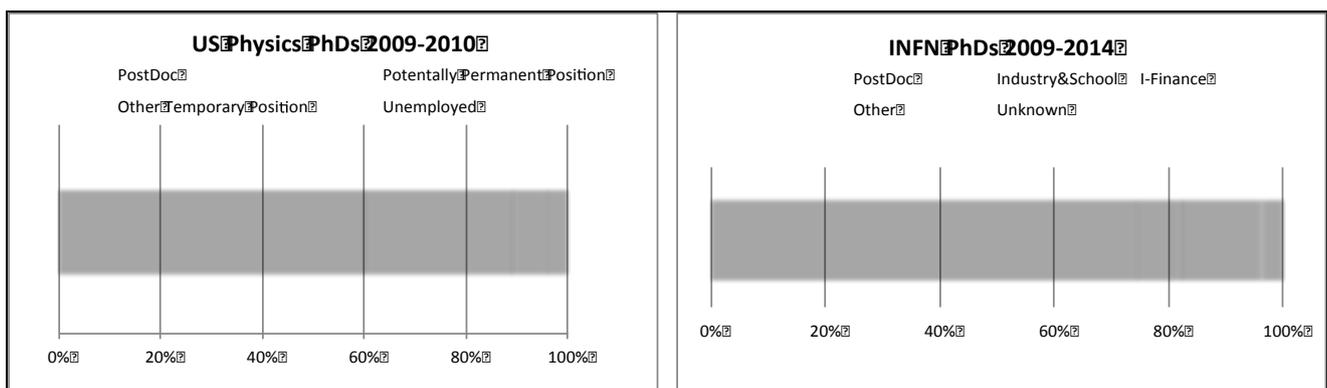


Figura 11. Occupazione iniziale di PhD negli USA (sinistra *) e in Italia (INFN, destra). (*) liberamente adattato da [Physics & Astronomy Master's Initial Employment](#) (2011)

del master, la metà degli intervistati ha un lavoro nel settore industriale e nella quasi totalità si tratta di attività STEM (*Science, Technology, Engineering, Math*), con l'*Engineering* principale area di impiego. Una frazione rilevante è anche impiegata in attività federali (laboratori nazionali o settore civile dell'apparato militare). Da notare che i risultati si riferiscono solo ai cittadini USA. I dati del rapporto mostrano infatti che le scelte professionali dei laureati dipendono in maniera marcata dalla nazionalità. Un esempio per tutti: la frazione di iscritti ad una scuola di dottorato, ammonta al 30% (di cui il 18% in fisica) tra i cittadini USA, ma sale al 65% (40% in fisica) per i non-statunitensi.

L'opportunità di ascesa economica e sociale (nonché di ottenere un permesso di soggiorno) fornita da un dottorato risulta, come ci si può aspettare, molto più interessante per gli studenti non in possesso della cittadinanza statunitense.

L'AIP ha condotto un sondaggio analogo per i dottorati in fisica. Anche in questo caso (Figura 11) emerge con chiarezza come negli USA la ricettività del mercato del lavoro non accademico sia molto più grande che in Italia.

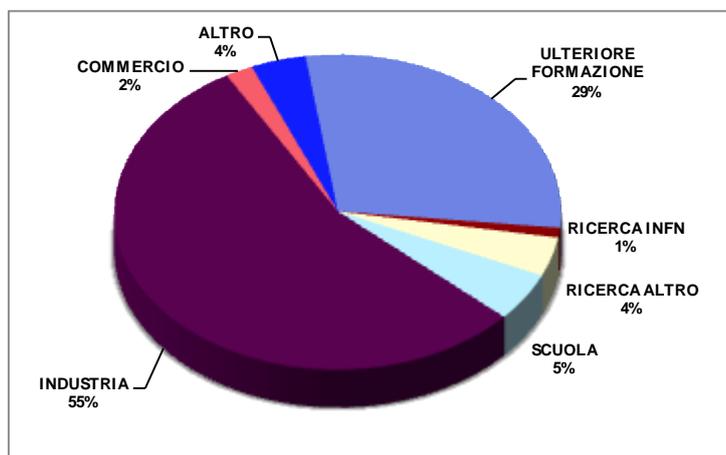


Figura 12. Destinazione post-laurea periodo 1998-2000.

Relativamente alle comparazioni nazionali, come accennato all'inizio di questa sezione, l'INFN aveva effettuato una indagine sulle prime destinazioni di borsisti e laureati (II livello) su un periodo che dista un decennio da quello del nostro studio. La metodologia seguita è stata simile a quella da noi adottata per il periodo anteriore al 2012 (contatti diretti o con personale INFN di raccordo). Globalmente è stato contattato il 50% dei borsisti+laureati, in 19 (su 25) unità (Sezioni e Laboratori) dell'Ente.

L'informazione sullo sbocco professionale (Figura 12) riguarda 205 laureati (corrispondenti, nel periodo in esame e limitatamente alle strutture INFN coinvolte, al 30% dei laureati). Per quanto i due campioni non siano confrontabili in termini quantitativi, è fin troppo evidente un raddoppio dell'attrattività del dottorato (passa dal 29% al 60% senza includere le Scuole di Perfezionamento in Fisica Medica). La capacità di assorbimento da parte dell'industria crolla dal 55% al 15%.

In Figura 13 è mostrata la suddivisione per settori industriali. La distribuzione risulta sostanzialmente immutata con la IT che da sola rappresenta circa il 50% del totale. La differente copertura del campione, sia geografica (mancano 6 strutture INFN) che numerica (copre meno del 50% dei laureati INFN nel periodo) non permette un confronto più dettagliato dei due studi³. Rimane, negli scriventi, l'impressione di una maggiore attrattività, a distanza di un decennio, del dottorato rispetto ad una ricerca immediata di un lavoro.

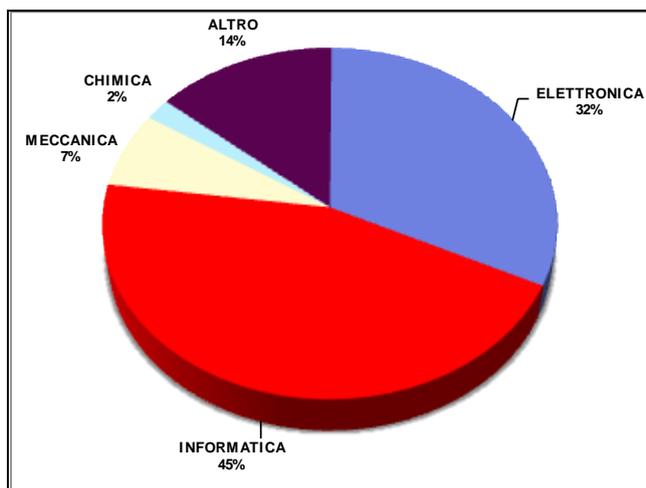


Figura 13. Suddivisione percentuale dei 111 laureati che hanno trovato posto nell'industria.

CONCLUSIONI

Questo studio vuole essere un contributo alla comprensione delle traiettorie post-laurea e post-dottorato degli studenti che si formano in ambito INFN. Il dato che emerge è un trasferimento significativo di *know-how* alla società attraverso l'assorbimento professionale degli ex-studenti in settori non-accademici. Un ruolo sempre maggiore, sia come destinazione post-laurea che come destinazione post-dottorato, è assunto da Università ed Enti di ricerca stranieri ai quali si rivolge il 23% post-laurea e ben il 35% di post-dottorato. Naturalmente resta da

verificare quale sia la frazione di coloro che rientrano in Italia, ma, senza dubbio, i dati indicano una tendenza preoccupante. Va qui ricordato che l'ISTAT ha recentemente pubblicato uno studio relativo alla destinazione dei dottori di ricerca (coorti 2008 e 2010, analisi 2014). La comparazione

³ Qui si è preferito non comparare le destinazioni dei dottorandi con quelle dei borsisti (figura di per sé comprensiva di differenti professionalità).

complessiva indica un raddoppio (dal 6.9 al 12.9% del totale) rispetto alle coorti 2004 e 2006 (esaminate nel 2010) di quanti dichiarano di lavorare all'estero⁴. Le scienze fisiche, con il 31.9%, costituiscono il gruppo disciplinare singolo più numeroso (seguito a distanza dalle scienze matematiche ed informatiche, con il 22.4%). Purtroppo, per quanto riguarda l'INFN, i dati del 2002 non riportavano l'eventuale destinazione all'estero e quindi non permettono un raffronto diretto.

Va da sé che questi dati dovrebbero trovare risposta in diverse, e più attrattive, possibilità di carriera in Italia, per i laureati in fisica (e non solo).

Ringraziamenti

Per il supporto nella raccolta dati e in molte altre fasi di questo lavoro, ringraziamo Antonello Paoletti del Servizio Sistema Informativo ed il Servizio di Direzione della Sezione INFN di Bologna, e la sua responsabile Elena Amadei. Per i dati non inclusi nel documento originale relativi allo studio del 2001, e per i dettagli sulla metodologia utilizzata in questo lavoro, ringraziamo Gianluca Gemme della Sezione di Genova dell'INFN.

GIORGIO CHIARELLI

INFN Sezione di Pisa - Largo Bruno Pontecorvo, 3, 56127 Pisa

ALESSANDRO MONTANARI

INFN Sezione di Bologna, Viale Berti Pichat 6/2 40127 Bologna

LAURA PATRIZII

INFN Sezione di Bologna, Viale Berti Pichat 6/2 40127 Bologna

⁴ Inserimento professionale dei dottori di ricerca. ISTAT 2015, disponibile sul sito <http://www.istat.it>

L'EVOLUZIONE BIOLOGICA: DALLE IDEE DEL SETTECENTO ALLE ULTIME SCOPERTE*

di **Ettore Ruberti**

RIASSUNTO

Dopo più di due secoli dalla nascita di Darwin e più di centocinquant'anni dalla pubblicazione della sua opera più importante, l'Origine delle specie, tenuta in debita considerazione l'importanza del concetto di evoluzione biologica come chiave esplicativa per tutta la Biologia, diviene fondamentale ripercorrere brevemente, per così dire, l'evoluzione dell'evoluzionismo. Il 12 febbraio del 1809 nasceva Charles Robert Darwin, mentre il 24 novembre 1859 veniva pubblicata la sua opera più importante l'Origine delle specie. Nonostante le conoscenze biologiche di duecento anni fa fossero inadeguate a fornire il sostrato adeguato per spiegare come effettivamente si ereditassero i caratteri dei genitori, le esplorazioni dei Paesi extraeuropei, con il corollario di importanti reperti biologici che affluivano in Europa, nonché l'accumulo di fatti e scoperte, coadiuvati dall'emergere di una nuova borghesia avida di conoscenza, rendevano sempre più problematica l'accettazione delle spiegazioni metafisiche dei fenomeni naturali. Ovviamente, il cambio di paradigma non è stato indolore: le gerarchie ecclesiastiche ed il potere politico non accettarono facilmente (e non lo fanno neanche adesso!) di vedere messo in discussione lo status quo. Mi torna in mente la frase che il Primo Ministro Britannico Disraeli disse, commentando l'uscita dell'Origine delle specie: "Il Signor Darwin discenderà dalle scimmie, ma io discendo dagli angeli". A prescindere da ciò, attualmente gli strepitosi successi della Biologia, uniti alla necessità, sempre più impellente, di salvaguardare la diversità biologica, impongono di conoscere, almeno per sommi capi, l'evoluzionismo ed il suo sviluppo poiché, come affermato da Dobzhansky: "Nulla ha senso in Biologia, se non alla luce dell'Evoluzione". Infatti, con lo sviluppo della biologia moderna, e delle altre scienze ad essa collegate, si è profondamente modificato il concetto stesso del mondo naturale. Si è inserita una visione storica della natura. Di più, l'uomo è sceso da quel piedistallo su cui credeva di essere nel sistema naturale. Per questo Sigmund Freud ha definito l'Origine delle specie di Darwin, il "colpo biologico" alla presunzione umana. Il concetto di evoluzione ha anche contribuito allo sviluppo di una visione laica della realtà.

PAROLE CHIAVE *Evoluzione biologica; Mutazione genetica; Deriva genetica; Origini della vita*

ABSTRACT

After more than two centuries since the birth of Darwin and more than a hundred and fifty years since the publication of his most important work, The Origin of Species, taken into due consideration the importance of the concept of biological evolution as a key explanation for all of Biology, it becomes essential to retrace briefly, so to speak, the evolution of the evolutionism. On the 12th of February 1809, Charles Robert Darwin was born, while on the 24th of November 1859 his most important work was published, The Origin of Species. Despite the biological knowledge of two hundred years ago was inadequate to provide the appropriate substrate to explain how the characteristics of the parents are actually inherited, the exploration of non-European countries, with the corollary of important biological samples that arrived in Europe, as well as the accumulation of facts and discoveries, helped by the emergence of a new middle class hungry for knowledge, made

*the acceptance of metaphysical explanations of natural phenomena increasingly problematic. Obviously, the paradigm shift was not painless: the church hierarchy and the political power did not accept easily (and do not do it even now!) to see questioned the status quo. I remember the phrase that the British Prime Minister Disraeli, commenting on the release of *The Origin of Species*, said: "Mr. Darwin can descend from monkeys, but I descend from angels". Apart from that, currently, the sensational success of Biology combined with the need, increasingly urgent, to safeguard biological diversity, require at least a brief knowledge of the evolutionism and its development since, as stated by Dobzhansky: "Nothing in Biology makes sense except in the light of Evolution". In fact, with the development of modern Biology and other related sciences, the very concept of the natural world has profoundly changed. An historical view of nature has been accepted. Moreover, human beings fell from the pedestal on which they believed to stand in the natural system. For this reason Sigmund Freud called "*The Origin of Species*" by Darwin, the "biological blow" to the human presumption. The concept of evolution has also contributed to the development of a secular vision of reality.*

KEYWORDS *Biological evolution; Genetic mutation; Genetic drift; Origin of life*

1 - INTRODUZIONE

Se escludiamo le ipotesi filosofiche dei Greci dell'età classica, la concezione fissista ha dominato il pensiero fino all'avvento del Darwinismo. Con questo non vogliamo sostenere che Darwin sia stato il primo a parlare di evoluzione. Infatti, già nel 1700 uomini di scienza avevano posto in dubbio la fissità delle specie. Le Bovier de Fontenelle, de Maillet, Offroy de La Mettrie, Diderot ed altri avevano proposto una prospettiva storica della natura. Lamarck aveva elaborato una teoria evoluzionistica. Ma è solo con Darwin che le concezioni evoluzionistiche sono state oggetto di una trattazione coerente ed approfondita. Se volessimo fare un paragone sullo sviluppo di una teoria scientifica, la gravitazione universale, ci accorgeremmo che, mentre la teoria della relatività di Einstein ha ampliato la visione di Newton, le scoperte successive alle teorie di Darwin, pur arricchendole, sono rientrate nel loro quadro concettuale. Tutta la biologia moderna fonda le sue pur robuste radici sull'evoluzione.

2 – LE ORIGINI

Si può far risalire agli *Entretiens sur la pluralité des mondes* (*Conversazioni sulla pluralità dei mondi*), di Bernard Le Bovier de Fontenelle, pubblicato nel 1686, l'origine dell'idea della trasformazione delle specie.

Le Bovier immagina una sorta di ecologia comparata fra i vari pianeti, illustrando la diversità delle condizioni ambientali fra questi a causa delle rispettive distanze dal Sole e introducendo un concetto di relatività temporale. Concetto quest'ultimo destinato ad incontrare grandissima fortuna, e ad essere riproposto in forme diverse da Julien Offray de La Mettrie, Denis Diderot ed altri e, nel secolo successivo, da Jean-Baptiste de Lamarck, che l'applicherà agli organismi animali.

De Maillet sviluppa un'idea di ecologia comparata, dovuta allo spostamento nel tempo dell'orbita terrestre e, quindi, della distanza di quest'ultima dal Sole.

Nel 1745 viene pubblicata da Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, geografo e fisico, *Vénus phisique* (*Venere fisica*), in cui l'Autore sviluppa concetti antropologici e considerazioni sulla riproduzione ed i caratteri ereditari degli animali. In seguito al grande successo arrisoglia sviluppa ulteriormente le sue idee nell'*Essai de cosmologie* (*Trattato di cosmologia*) e nel *De universali naturae systemate*, pubblicato con il falso nome di Baumann nel 1751.

Nel 1748 escono due lavori di La Mettrie, intitolati, rispettivamente, *L'Homme machine* (*L'uomo macchina*) e *L'Homme plante* (*L'uomo pianta*), dove l'Autore si stacca dalle sue opere precedenti, dando sfogo ad un materialismo profondo quanto scoordinato. La Mettrie sviluppa il concetto, già espresso in Italia da Giambattista Vico, secondo cui la differenza fra l'uomo e gli altri animali è quantitativa e non qualitativa; scontrandosi con la concezione cristiana, difesa dal gesuita padre Bougéant che, pur ammettendo la comunicazione animale dichiara: "se gli animali differissero dagli uomini solo dal meno al più, ciò rovinerebbe i fondamenti della religione". Nel settecento si è sviluppato un vivace dibattito sui temi evoluzionistici, che ha coinvolto alcuni dei più brillanti uomini di scienza del tempo. Molti naturalisti si opposero fieramente alle idee evoluzionistiche o, al massimo, accettarono, grazie anche ad un'insufficiente conoscenza sulla riproduzione degli organismi, una sorta di evoluzionismo sviluppatosi su un archetipo, guidato quindi verso la perfezione da un principio interno, più o meno vago.

3 - LAMARCK

Ispirato dalle opere dell'abate Etienne de Condillac: *Traité des sensations* (*Trattato delle sensazioni* 1754), in cui viene discussa la questione delle attitudini mentali in una "statua" priva di idee innate, e *Traité des animaux* (*Trattato degli animali* 1755), in cui viene sviluppata la problematica relativa all'origine delle conoscenze negli animali, idee che deriverebbero dall'azione dei bisogni, Jean-Baptiste de Lamarck (1774-1829), estende o, per meglio dire, sviluppa il concetto proposto da de Condillac per le idee, anche ai bisogni che gli animali provano. Secondo Lamarck quindi i bisogni non si limitano a fungere da "spinta" al comportamento animale, ma sono anche i responsabili della trasformazione dei viventi. Le modifiche compaiono nell'organismo in se, sono cioè acquisite, e sono ereditabili. Lamarck rimane anche legato al concetto di "spinta interna" dell'organismo. In corollario di questo concetto, Lamarck ritiene che gli organismi e lo stesso fenomeno di evoluzione tendano verso la "perfezione". Il concetto di spinta interna e quello di tendenza alla perfezione (finalista) sfuggono dal campo dell'indagine scientifica, non essendo verificabili sperimentalmente. Possiamo quindi definirli di natura filosofica o, più propriamente, "metafisici".

La concezione Lamarckiana, presentata per la prima volta nel 1801, ma sviluppata compiutamente fra il 1815 ed il 1822, si scontra con i dogmi fissisti, che vengono difesi strenuamente anche da chi, come George Cuvier, fondatore dell'anatomia comparata, si rende conto che le faune si sono alternate nel tempo. Cuvier, nel tentativo di giustificare le scoperte paleontologiche del tempo, ipotizza la tesi del "catastrofismo biologico", secondo cui le faune sono cambiate nel tempo perché distrutte da catastrofi, ed ogni volta sostituite da altre.

Le teorie Lamarckiane sono state riproposte successivamente in varie forme. Se escludiamo il caso squallido di Lisenko, motivato e caratterizzato dal totalitarismo politico in cui è stato proposto, l'eredità dei caratteri acquisiti è sembrata ad alcuni poter rispondere meglio della selezione naturale al rapido adattamento degli organismi all'ambiente. Ultimo in ordine di tempo a riproporre questa concezione il Gruppo Osaka, formatosi recentemente, ed ancora operante. (Fig. 1)



Fig. 1 - Jean-Baptiste de Lamarck

4 - DARWIN

Precursore di Lamarck, George-Louis Leclerc, conte di Buffon (1707-1788), autore della monumentale opera *Storia naturale*, propose nel 1749 che la datazione della Terra era stata grandemente sottovalutata e che gli esseri viventi, nel corso del tempo, avevano subito notevoli trasformazioni. Purtroppo non fu in grado di giustificare adeguatamente queste ipotesi. Anche il nonno paterno di Darwin, Erasmus (1731-1802), fisiologo, medico e poeta, discusse nel suo poema *L'orto botanico* (1792) interessanti osservazioni sull'evoluzione e propose la sua teoria della trasformazione biologica. Nel 1844 fu pubblicato con Autore anonimo un libro dal titolo *The Vestiges of the Natural History of the Creation*, opera dell'editore scozzese Robert Chambers, in cui si sosteneva che la successione delle specie fossili fosse causata da un'incessante trasformazione della vita. Pur rispettosa del principio creazionistico, quest'opera suscitò enorme scalpore ed innumerevoli polemiche.

Nello scorso secolo doveva svilupparsi il pensiero o, per citare Ernst Mayr, il lungo ragionamento, del sommo naturalista, Charles Robert Darwin (1809-1882). Per chiunque abbia avuto la possibilità e la capacità di studiare le opere e le vicende di Darwin è ozioso chiedersi come sia potuto arrivare alle sue teorie: il suo metodo di lavoro, la sua capacità di osservazione e di sintesi, e la sua caparbia e capacità fanno di lui il maggior naturalista, non solo della sua epoca. Certamente l'ambiente culturale in cui è vissuto e le vicende che lo hanno visto protagonista, come il celeberrimo viaggio sul brigantino Beagle (1831-1836) hanno indubbiamente favorito il maturarsi della sua personalità, ma questo non sminuisce minimamente la sua opera e il suo valore.

Senza soffermarci sulla maturazione scientifica di Darwin e sugli eventi che hanno caratterizzato la sua formazione culturale, non possiamo esimerci dal ricordare l'influenza che esercitò su di lui la lettura de *L'introduzione allo studio della filosofia naturale* di John Herschel, che lo introdusse al rigore del pensiero scientifico. L'autore che doveva esercitare la maggiore influenza su Darwin fu il geologo Charles Lyell (1797-1875), con il primo dei tre volumi dei *Principi di geologia*, pubblicato nel 1830, in cui riprende e sviluppa la teoria dell'uniformitarianismo di James Hutton, pubblicata nel 1788. Secondo questa teoria, in seguito definita dell'attualismo, i processi geologici che hanno formato la Terra attuale sono gli stessi che possiamo osservare ancora adesso. Questa teoria si scontrava con il catastrofismo, proposto per giustificare in qualche modo le scoperte geologiche. La teoria del catastrofismo, pur superata, viene a volte riesumata per cercare una spiegazione semplice di eventi di cui non si conoscono le cause. Ultimo esempio in questo senso, la teoria del meteorite, proposta da Alvarez, per giustificare l'estinzione dei Dinosauri. L'estinzione del Triassico-Giurassico non è però stata l'unica, né la più disastrosa, ragion per cui si è elaborata una teoria secondo la quale il Sole ha una stella gemella, chiamata Nemesis, che quando giunge alla minima distanza dalla nostra stella, favorisce perturbazioni nella fascia più esterna del sistema solare, da cui provengono le comete o, secondo un'altra interpretazione, nella fascia degli asteroidi, situata tra Marte e Giove, dalla quale puntualmente uno se ne stacca per

colpire la Terra. Con grande clamore mediatico alcuni anni orsono è stato identificato addirittura il cratere da impatto, nel sito di Chicxulub, ubicato nella Penisola dello Yucatan, salvo scoprire recentemente che tale cratere è vecchio di 220 milioni di anni. Dopo questa digressione, tutt'altro che oziosa, torniamo a Darwin. L'evento che, più di ogni altro, contribuì alla nascita e allo sviluppo delle idee evoluzionistiche in Darwin fu il viaggio sul brigantino HMS Beagle. Infatti, nel corso del lungo viaggio, Darwin raccolse una massa tale di esemplari ed osservazioni, che gli consentirono di maturare il suo pensiero e di rivalutare criticamente le conoscenze acquisite in passato. Solo successivamente al viaggio, tuttavia, Darwin sviluppa le teorie evoluzionistiche. Negli anni successivi si dedica all'elaborazione delle sue teorie, pubblica varie opere che risulteranno altrettante pietre miliari per la storia naturale, segue con impegno il lavoro di allevatori e coltivatori nella selezione artificiale. Nell'ottobre del 1838 Darwin legge il *Saggio sul principio della popolazione*, pubblicato nel 1798 dall'economista Thomas Robert Malthus (1766-1834), in cui si sostiene che è sbagliato cercare di migliorare le condizioni di vita dei meno abbienti, ma, al contrario, imporre il controllo delle nascite, poiché la crescita della popolazione presenta un andamento esponenziale geometrico, mentre le risorse disponibili sono suscettibili di un incremento aritmetico. Pur sconvolto dalla crudezza di tale ragionamento, Darwin rimane colpito dal rigore matematico che lo sottende. Pur applicando al principio di Malthus dei fattori limitanti all'evoluzione, Darwin non né accetterà mai l'applicazione nel contesto sociale. Per ironia della sorte, lo sviluppo di idee e pratiche malthusiane, viene definito "darwinismo sociale", complice anche l'adozione, da parte di Darwin, del concetto, sviluppato da Herbert Spencer, di sopravvivenza del più adatto. In effetti, con questo concetto si voleva solamente intendere che gli individui di una specie che avessero ereditato variazioni positive avevano maggiore probabilità di lasciare discendenti, per conseguenza la loro frequenza sarebbe aumentata. Nonostante avesse ormai perfezionato le sue teorie, Darwin ritardò per anni la pubblicazione, fino a quando, nel giugno del 1858, Alfred Russel Wallace, un giovane naturalista che aveva lavorato per alcuni anni in Malesia, gli inviò un saggio in cui proponeva una teoria sul ruolo svolto dalla selezione naturale, analoga alla sua. Per evitare qualsiasi polemica sulla priorità della scoperta, Darwin e Wallace pubblicarono, il primo luglio del 1858, sulla rivista della Linnean Society, *On the Tendency of Species to Form Varieties; and on the Perpetuation of Varieties and Species by the Natural Means of Selection*. Nell'anno successivo, il 24 novembre, venne distribuita la prima edizione dell'*Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle of Life*, in ben 1250 copie, tiratura notevole per l'epoca, esaurita il giorno stesso. Purtroppo non abbiamo lo spazio per addentrarci nell'analisi dettagliata dell'*Origine*, contentiamoci di ricapitolare i concetti fondamentali sviluppati da Darwin, ossia quelle che sono le sue cinque teorie fondamentali:

Darwin considera *l'evoluzione come fatto oggettivo*, reale susseguirsi delle specie nel tempo, relegando definitivamente il fissismo nell'abisso dell'ignoranza.

Sostiene che la vita ha avuto un'unica origine, differenziandosi successivamente ed ininterrottamente originando continuamente nuove specie, quindi, *per discendenza comune*.

Spiega l'immensa varietà delle specie che si sono succedute e di quelle attualmente viventi (quella che oggi definiamo *Biodiversità*, concetto definito da Edward Wilson) con *la moltiplicazione delle specie*; in base a questa teoria le specie si suddividono in specie figlie per variazioni e per "gemmazione", producendo cioè per mezzo di popolazioni isolate geograficamente nuove specie (oggi sappiamo che l'isolamento geografico non è l'unica forma di speciazione).

Per Darwin il *motore dell'evoluzione è la selezione naturale* che agisce sulle variazioni che si verificano negli individui, con un processo lento e continuo, senza brusche variazioni improvvise. L'evoluzione è quindi un processo *graduale*.

Oltre queste teorie, che costituiscono il cuore del darwinismo, Darwin ha sviluppato alcune teorie, che potremmo definire "corollarie" alle precedenti: selezione sessuale, pangenesi, effetto dell'uso e del non uso, divergenza dei caratteri, ecc. Desidero soffermarmi brevemente sulla teoria della selezione naturale, visto che è una delle più fruibili. Molti, infatti, ritengono che, poiché le mutazioni sono casuali, l'evoluzione sia la teoria del caso. Viceversa, le mutazioni, casuali, vengono continuamente "scelte" dalla selezione naturale cumulativa e non casuale. E' quindi corretto il concetto di sopravvivenza del più adatto. (Fig. 2, 3, 4, 5 e 6)

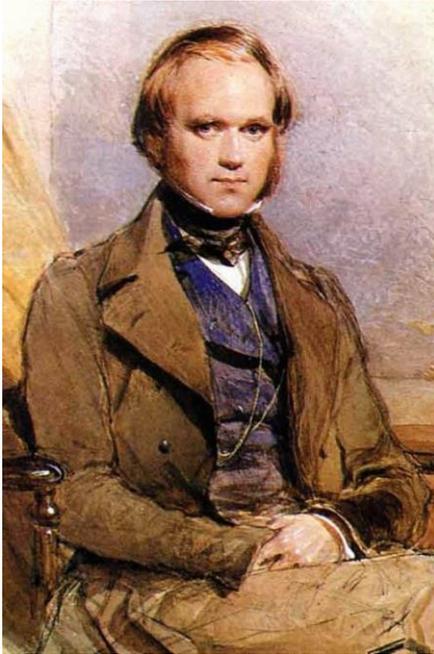


Fig. 2 - Charles Darwin in un ritratto ad acquerello di George Richmond sul finire degli anni 30 del XIX secolo



Fig. 3 - Il brigantino HMS-Beagle al largo delle Galapagos

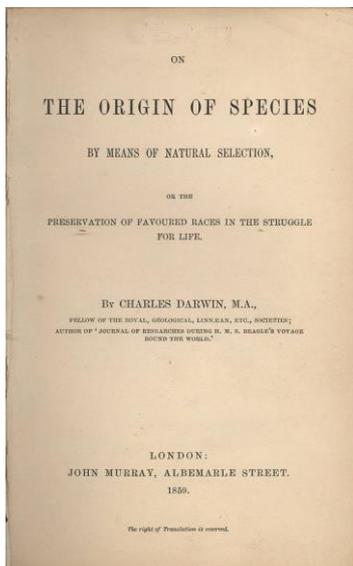


Fig. 4 - Il frontespizio della prima edizione dell'Origine delle specie



Fig. 5 - Thomas Robert Malthus

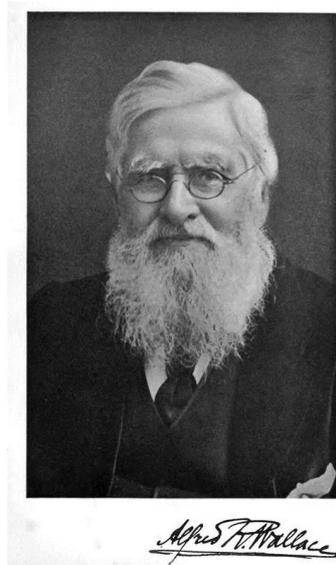


Fig. 6 - Alfred Russel Wallace

Nel 1866 il naturalista tedesco Ernst Haeckel (1834-1919), grande sostenitore di Darwin, formula la sua *teoria biogenetica fondamentale*, secondo cui l'ontogenesi (sviluppo dell'embrione) è una ricapitolazione della filogenesi; l'embrione cioè, nel corso del suo sviluppo, ripercorre le tappe evolutive che hanno caratterizzato i suoi predecessori. Questa teoria è stata successivamente ridimensionata.

Uno dei maggiori esponenti dell'evoluzionismo, fu il biologo tedesco August Weismann (1834-1914), fondatore del "neodarwinismo". Weismann difende la concezione di selezione naturale, confutando con forza la teoria dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti. Elabora una teoria secondo cui l'ereditarietà si fonda sulla trasmissione di particelle discrete, teoria poi verificatasi esatta, come vedremo, con la scoperta del DNA ed il conseguente sviluppo del "dogma centrale" della

biologia moderna. Weismann sostiene che il vantaggio della riproduzione sessuale per l'evoluzione è la variazione genetica. Discute sui possibili vincoli all'opera della selezione naturale. Propone l'evoluzione a mosaico e la coesione del genotipo. Famoso il suo esperimento, spettacolare quanto controverso, di tagliare la coda a ventuno generazioni di topi, per confutare il lamarckismo.

5 – LA NASCITA DELLA GENETICA

Mentre la biologia evoluzionistica sconvolgeva il pensiero del tempo, sarebbe già stato possibile dare risposta a molti interrogativi sull'ereditarietà, grazie agli esperimenti effettuati nel 1868 da un monaco austriaco, Gregor Mendel (1822-1884). Questi concentrò i suoi studi sulla trasmissione ereditaria di singoli caratteri. Purtroppo i suoi studi rimasero sconosciuti fino al 1900, quando vennero riscoperti. Già nel 1700 Kohlreuter analizzò l'ereditarietà per mezzo di una lunga serie di ibridazioni, ma il suo lavoro peccò di mancanza di rigore matematico. Mendel, al contrario, applicò ai suoi esperimenti il massimo rigore matematico, ibridando fra loro delle piante di pisello e concentrandosi su singoli caratteri. Arrivò così a formulare le sue tre leggi fondamentali. Paradossalmente la scoperta delle leggi di Mendel fu interpretata all'inizio come una confutazione del darwinismo, poiché De Vries (uno dei riscopritori delle leggi di Mendel), in base alle suddette leggi, descrisse le mutazioni come un fenomeno drastico, sufficiente ad originare ogni volta una nuova specie, quindi opponendosi alla variazione continua di Darwin. (Fig. 7)



Fig. 7 - Gregor Mendel

6 – LA NUOVA SINTESI

Nella prima parte del ventesimo secolo si acui la polemica fra genetisti da una parte e naturalisti (sistematici e paleontologi) dall'altra. I naturalisti, ignorando le scoperte fatte nel campo della genetica, continuarono ad opporsi al punto di vista devriessiano, come se questo rappresentasse ancora la concezione di base della genetica. I genetisti ignoravano completamente la ricca letteratura sulla speciazione e sulla variazione geografica, per cui nei lavori di Muller, Fisher e Haldane non si poteva trovare spiegazione alla moltiplicazione delle specie, alla comparsa di *taxa* superiori ed alla formazione di nuove strutture e funzioni negli organismi. A rendere ancora più distanti questi due gruppi di scienziati, gli studi che conducevano li portavano ad occuparsi in maniera diametralmente opposta dei viventi; infatti i naturalisti studiavano le

specie e le popolazioni, mentre i genetisti concentravano i loro interessi sulle mutazioni relative a singoli geni. Ciò nonostante, proprio l'aumento di conoscenze in queste discipline, stava per farle confluire nella seconda rivoluzione darwiniana: quella che si è convenuto chiamare *La nuova sintesi*, in omaggio ad un libro sull'argomento, pubblicato nel 1940, da J. Huxley con questo titolo. La nuova sintesi, che si è realizzata fra il 1937 ed il 1950, più che una rivoluzione è stata caratterizzata dalla riunificazione di campi di indagine in passato assurdamente separati. Il primo passo fu compiuto dai genetisti Fisher e Haldane, che, riesaminando criticamente le conoscenze genetiche del tempo, si accorsero che le mutazioni sostanziali (devriessiane potremmo dire) rappresentano l'eccezione piuttosto che quanto avviene generalmente in natura. I due genetisti si resero conto che si erano sottovalutate notevolmente la frequenza e l'utilità delle piccole mutazioni. Oggi sappiamo che le piccole mutazioni avvengono frequentemente, e su queste opera la selezione naturale. In effetti già Thomas Hunt Morgan e la sua scuola, Edward East ed Erwin Baur, si erano resi conto che la maggior parte delle mutazioni producevano nel fenotipo variazioni molto piccole; inoltre chiarirono la differenza fra fenotipo (insieme delle caratteristiche dell'individuo) e genotipo (il corredo genetico dell'individuo) e che sono gli interi genotipi ad essere selezionati e non i singoli geni. Come conseguenza di ciò, fu finalmente chiara l'importanza della ricombinazione genetica. Altrettanto chiaro il modo in cui agisce la selezione naturale. I tassonomisti approfondirono la loro conoscenze nel campo della genetica delle popolazioni e se ne servirono per elaborare un nuovo darwinismo che combinava la sistematica con la genetica delle popolazioni. Questi tassonomisti erano Ernst Mayr, Theodosius Dobzhansky, Julian Huxley, Sergei Cetverikov, E. B. Ford e Bernhard Rensch. Il paleontologo George Gaylord Simpson dimostrò che anche l'evoluzione superiore al livello di specie era perfettamente coerente con il darwinismo e con la moderna genetica. Sua è la distinzione fra micro, macro e megaevoluzione. La dimostrazione di Simpson fu fatta, indipendentemente anche da Rensch e, per le piante, da Stebbins. La nuova sintesi costituisce il trionfo definitivo della selezione naturale. Il promotore della divulgazione della nuova sintesi fu Dobzhansky, con la pubblicazione di *Genetics and the Origin of Species* nel 1937, cui seguirono i lavori di Huxley (*Evolution: the Modern Synthesis*), nel 1942, Mayr (*Systematics and the Origin of Species*), nello stesso anno, Simpson (*Tempo and Mode of Evolution*), 1944, Rensch (*Neuere Probleme der Abstammungslehre*), 1947 e Stebbins (*Variation and Evolution in Plants*), 1950. Questi autori sono spesso considerati gli unici artefici della nuova sintesi, ma non è del tutto corretto poiché, prima del 1937, erano apparse opere sull'argomento di Cetverikov, Sumner, Stresemann, Fisher, Haldane e Wright. (Fig. 8, 9, 10 e 11)



Fig. 8 - Thomas Hunt Morgan



Fig. 9 - Ernst Mayr

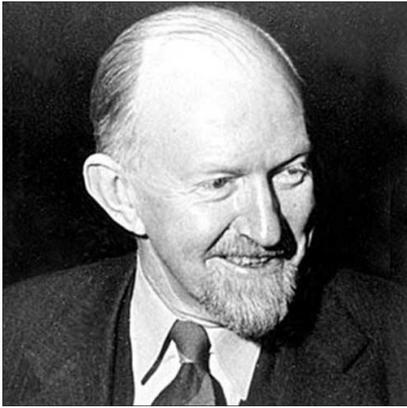


Fig. 10 - George Gaylord Simpson



Fig. 11 - Theodosius Dobzhansky

7 – IL CONCETTO DI SPECIE

A questo punto dobbiamo necessariamente soffermarci sul concetto di specie, in quanto è impossibile avere una chiara visione della storia della vita, senza appropriarci di questo fondamentale concetto. Quando, nel 1735, Carl von Linné (1707-1778) propose il suo sistema di classificazione, tuttora adottato, le specie erano considerate come fisse ed immutabili. Si ritenevano appartenenti alla stessa specie, organismi che condividevano le stesse caratteristiche morfologiche. Questa prima definizione di specie è stata successivamente affinata, per confluire nella definizione data dagli estensori della nuova sintesi. Per questi il criterio di distinzione è l'isolamento riproduttivo. In pratica appartengono alla stessa specie gli individui che condividono lo stesso patrimonio genetico e, quindi, sono isolati riproduttivamente. Il concetto di isolamento riproduttivo non sottende necessariamente la sterilità fra specie diverse, ma l'esistenza di meccanismi isolanti che rendono pressoché impossibile l'accoppiamento. Questa definizione appare già più soddisfacente della precedente, ma non del tutto. Il problema cruciale, ben messo in evidenza per i virus da Eigen e successivamente esteso da Dawkins a tutti i viventi, è che il concetto di specie è un artificio dei naturalisti. Se abbiamo a che fare con due organismi che rispondono alle definizioni più sopra esposte, lo studioso li ascriverà alla stessa specie, ma ciò non significa che effettivamente condividano interamente il loro patrimonio genetico. L'opera incessante della selezione naturale sulle mutazioni intraspecifiche e sulla variabilità presente nelle popolazioni, produrrà continuamente delle differenze che, per quanto impercettibili, differenzieranno maggiormente le diverse popolazioni che ascriviamo ad una stessa specie. Mentre queste variazioni saranno continuamente rimescolate fra i membri di una stessa popolazione, aumenteranno continuamente le differenze fra popolazioni isolate tra loro.

8 – LA SCOPERTA DEL DNA

Il quesito fondamentale: dove sono ubicati e, soprattutto, cosa sono i geni, rimane ancora insoluto.

Nel 1943 il premio Nobel per la fisica, Erwin Schrödinger, si dedica in modo inusuale al problema: applica i principi della fisica quantistica alla spiegazione della vita ed alla problematica della trasmissione dell'informazione genetica. Le lezioni che trattano l'argomento, tenute al Trinity College, vengono raccolte e pubblicate l'anno successivo, con il titolo *Che cos'è la vita? A questa domanda lo scienziato risponde: "Ci siamo spesso chiesti come mai questa insignificante parte di materia, il nucleo dell'uovo fecondato, possa contenere tutto un elaborato codice che riguarda tutto il futuro sviluppo dell'organismo"*. Una ben ordinata associazione di atomi, dotata di sufficiente stabilità per mantenere il proprio ordine in permanenza, sembra essere l'unica struttura materiale concepibile, che offre una varietà di possibili riordinamenti (isomerici) sufficientemente grandi da racchiudere un complicato sistema di "predeterminazioni" entro un volume spaziale piccolo. Infatti, non è necessario che il numero di atomi in una struttura di questo genere sia molto grande, per dar luogo ad un numero di possibili ordinamenti diversi praticamente "illimitato". Possiamo veramente affermare che la logica rigorosa applicata allo studio della natura ha avuto effetti strabilianti. Infatti, pochi anni dopo, nel 1953, James Dewey Watson e Francis Harry Compton Crick, insieme con Maurice Hugh, Frederick Wilkins e Rosalind Franklin, descrivono la struttura a doppia elica del DNA, il codice genetico, che funziona secondo quanto ricavato dalla logica da Schrödinger. Il DNA è formato da un doppio filamento di nucleotidi, costituiti da uno zucchero pentoso (a cinque atomi di carbonio), il desossiribosio, un radicale fosfato e da quattro basi azotate, adenina, timina, guanina e citosina. I due filamenti sono avvolti uno intorno all'altro, appunto come una doppia elica, e le basi, rigorosamente complementari: l'adenina con la timina e la guanina con la citosina, legate con ponti ad idrogeno. Quando si duplica il DNA, la doppia elica si svolge ed ogni filamento, utilizzando i nucleotidi presenti nel nucleo, ricostruisce la controparte complementare. La duplicazione del DNA è controllata da enzimi, le polimerasi. Le quattro basi del DNA formano le lettere del codice genetico, infatti, ogni amminoacido (l'elemento da cui sono formate le proteine) corrisponde ad una combinazione di tre basi (tripletta o codone).

A questo punto tutto sembra risolto e, sostituendo con il DNA le particelle discrete (geni) e con le proteine il soma, la teoria ereditaria di Weismann diventa il "dogma centrale" della biologia. Fig. 12)



Fig. 12 - Watson e Crick con un modello del DNA

9 – GLI EQUILIBRI PUNTEGGIATI

Il fenomeno evolutivo considerato come un susseguirsi ininterrotto di piccole mutazioni, “scelte” dalla selezione naturale (confluenza di caso e necessità, per usare le parole di Jacques Monod), non sembra a molti poter giustificare la formazione dei grandi gruppi. La disputa fra i darwinisti e quanti non accettano il gradualismo, sorta con la pubblicazione dell’*Origine*, non si è ancora risolta. E’ vero che la distinzione fra micro, macro e megaevoluzione, proposta da Simpson, ed in un certo senso corroborata dalla comprensione dei cambiamenti che possono avvenire nel DNA, poteva indicare la strada verso la soluzione del problema ma l’ipotesi che l’evoluzione potesse produrre cambiamenti radicali (cosa peraltro non necessariamente vera), le radiazioni adattative che si verificano dopo le crisi biologiche (come le estinzioni di massa), l’apparente ipertelia (sviluppo esagerato di un organo), il gigantismo, i vuoti nelle serie fossili, eccetera, sembrano a molti poter essere giustificate solamente da modalità evolutive diverse dal modello darwiniano. Inoltre si è a conoscenza di fenomeni, legati allo sviluppo, che implicano, apparentemente, una diversa interpretazione: l’eterocronia, scoperta da Haeckel (spostamento nella comparsa e/o nello sviluppo di un organo durante lo sviluppo dell’embrione, rispetto al normale sviluppo ontogenetico); la pedomorfosi, scoperta da Garstang (conservazione di caratteri giovanili nell’adulto; neotenia), scoperta da Kollman (ritardo o assenza dello sviluppo corporeo, accompagnato da normale sviluppo dei caratteri sessuali); progenesesi, secondo Giard, o pedogenesi, secondo De Beer (precoce sviluppo dei caratteri sessuali, rispetto al resto dell’organismo).

La disputa assume connotati sempre più radicali quando, nel 1950, il genetista R. Goldschmidt pubblica *The Material Basis of Evolution*, in cui sostiene che l’evoluzione procede essenzialmente per grandi salti, con la nascita di organismi mutanti radicali, completamente differenti dalla ascendenza. Questa teoria, definita da alcuni “del mostro speranzoso”, è stata proposta, indipendentemente, dal paleontologo O. Schindewolf (*Paläontologie, Entwicklungslehre und Genetik. Kritik und Synthese* 1936, *Grundfragen der Paläontologie* 1950). Nel 1972 vede la luce un lavoro destinato a dare grande notorietà ai suoi due Autori: *Punctuated Equilibria: an Alternative to Phyletic Gradualism*, opera di Stephen Jay Gould e Niles Eldredge. Secondo la teoria di Gould ed Eldredge, definita “degli equilibri punteggiati”, l’evoluzione non avviene per sviluppo filetico, ma per l’origine improvvisa di nuove specie, partendo da isolati periferici delle specie ascendenti. Cioè da popolazioni isolate alla periferia dell’area di distribuzione della specie ancestrale. Contrappone quindi un modello “saltazionista” al gradualismo filetico darwiniano; considera la documentazione fossile non lacunosa e la speciazione allopatrica la principale causa dell’evoluzione. Il concetto di speciazione allopatrica, sviluppato da Ernst Mayr negli anni sessanta, considera che le condizioni estreme nelle aree marginali e le dimensioni esigue delle popolazioni ivi presenti, favoriscono la rapida evoluzione di nuovi caratteri, accelerando il processo di speciazione in un numero ridotto di generazioni. Un corollario di questa ipotesi è che il rapido processo di speciazione difficilmente lascia testimonianze fossili. La teoria degli equilibri punteggiati porta, come diretta conseguenza, a modificare i concetti di specie e di speciazione, ritenendo causate da due fenomeni diversi l’evoluzione infraspecifica (microevoluzione) e l’evoluzione sovraspecifica (macro e megaevoluzione).

10 – IL CLADISMO

Con la nascita del darwinismo si è profondamente modificato il concetto stesso di specie. Oggi non è più possibile proporre una sistematica che non tenga conto dei concetti evolutivisti. Al contrario, ogni contributo deve necessariamente tener conto delle conoscenze provenienti dalla genetica, dalla paleontologia, dalla microbiologia, dalla biogeografia, dall'anatomia e dalla fisiologia comparata, dall'etologia, ecc. La sistematica è una delle discipline più vivaci ed attuali, non solo per la continua descrizione di nuove specie, ma soprattutto per le revisioni cui vengono sottoposte intere classi e per l'acceso dibattito sulle metodologie adottate e gli stessi fondamenti della materia.

La revisione classificatoria in senso evolutivista, frutto di un efficace integrazione fra le conoscenze acquisite in tassonomia, genetica, paleontologia e teorie evolutivistiche, è stata intrapresa verso la fine degli anni trenta da studiosi come Ernst Mayr e George Gaylord Simpson. Revisione che ha portato alla redazione, nel 1940, del volume, diretto da Julian Huxley, *The New Systematics*, alla cui stesura hanno partecipato studiosi di eccezionale levatura, come il genetista Hermann Joseph Muller, il genetista di popolazioni Sewall Wright ed il botanico Nicolai Ivanovic Vavilov. Questa è l'origine di quella che è stata definita "scuola evolutivista classica" e che vede Mayr e Simpson come suoi padri fondatori. Il suo definirsi come scuola e l'esplicita enunciazione dei principi su cui si fonda, ha creato i presupposti alla nascita di modelli classificatori alternativi. Modelli che implicano una diversa concezione dello sviluppo evolutivo.

Nel 1950 un entomologo tedesco, Willi Hennig, dà alle stampe il suo volume *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik*, in cui propone una nuova metodologia di classificazione. Questo libro riceve pochissima attenzione. La bomba deve scoppiare qualche anno più tardi, nel 1966, quando viene pubblicato, in lingua inglese, dall'University of Illinois Press, con il titolo *Phylogenetics Systematics*. È la nascita del cladismo. Hennig intende ridefinire il modo di lavorare dei sistematici. Riprende in considerazione gli alberi filogenetici, proposti da Haeckel più di cent'anni prima, non basandosi però su costruzioni fantasiose ma definendo procedure e criteri a cui il tassonomista deve attenersi nella ricostruzione filogenetica. Nonostante le sue argomentazioni presentino un certo rigore logico-matematico, le possibilità di tradurle in pratica si dimostrano fallaci. Altrettanto fallace, la sua idea che da ogni specie capostipite debbano originarsi due specie figlie, da cui si dipartono altrettante specie ad ogni evento di speciazione. Un importante contributo alla sistematica, dato da Hennig, è il concetto che la ricostruzione filogenetica deve appoggiarsi esclusivamente al riconoscimento delle sinapomorfie (comune possesso di caratteri plesiomorfi, cioè originari), e non alle simplesiomorfie (possesso di caratteri apomorfi, ossia derivati). Secondo i cladisti la ricostruzione dei gradi di parentela si riduce nella semplice traduzione in termini gerarchici dei rapporti di parentela che sono rappresentabili graficamente in un albero filogenetico. Quindi ogni livello classificatorio, dal phylum alla specie, deve avere necessariamente un taxon fratello, definito sister group da Hennig stesso e adelphotaxon da Peter Ax. Ovviamente ogni livello di *taxa* deve essere necessariamente monofiletico, infatti ognuno deve includere solo le forme derivate dal capostipite. Questo porta a rifiutare sia i *taxa* parafiletici (*taxa* che, pur comprendendo specie con antenati in comune, non le includono tutte) che polifiletici (ossia comprendenti specie originate da antenati diversi). Questa metodologia sistematica, oltre a considerare la speciazione alla stregua di un artificio matematico, non tiene conto di un aspetto fondamentale del problema: l'evoluzione non può ridursi alla cladogenesi (speciazione), perché hanno importanza fondamentale anche l'adattamento, il superamento dei problemi ecologici sperimentati dalle generazioni precedenti, l'occupazione di nuove nicchie ecologiche rese disponibili (radiazione adattativa). (Fig. 13)

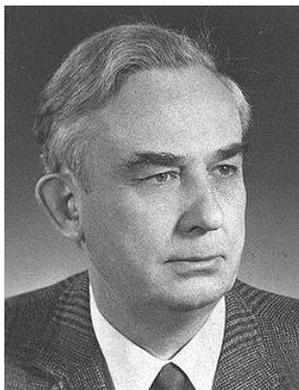


Fig. 13 - William Hennig

11 – LE NUOVE SCOPERTE E LE LORO IMPLICAZIONI

Alcuni specialisti, specialmente fra coloro che si occupano di microrganismi, non ritengono sufficienti le spiegazioni fornite dalla nuova sintesi per giustificare il rapido evolversi dei viventi in relazioni alle mutate condizioni dell'ambiente esterno. Costoro sottovalutano, a nostro parere, le scoperte avvenute negli ultimi anni nei campi della biochimica, della genetica e dell'embriologia.

E' noto da tempo che condizioni ambientali avverse possono condizionare lo sviluppo dell'embrione. Meno noti sono gli effetti che le stesse condizioni possono avere sul DNA. Il DNA modifica infatti la propria struttura secondaria in funzione di variazioni ambientali come: temperatura, forza ionica, concentrazione idrogenionica e qualità degli ioni presenti, modificazioni covalenti (come ad esempio metilazione delle basi azotate), interazione con proteine, tensioni dovute alle torsioni, presenza di radioattività, ecc. Il concetto di configurazioni alternative del codice genetico è alla base del comportamento allosterico delle proteine (come brillantemente descritto da Di Mauro). La comprensione della capacità delle proteine di modificare in maniera programmata la loro conformazione tridimensionale in funzione dell'interazione con molecole specifiche connesse con il loro funzionamento ha consentito di chiarire i meccanismi che regolano il funzionamento degli enzimi e di molte proteine strutturali. La capacità del DNA di modificare la propria struttura vuol dire arricchire, in un certo qual modo, aggiungere "informazione all'informazione genetica" (mi si consenta il gioco di parole). In questa alternanza di strutture si inserisce la dinamica delle interazioni proteiche e delle modificazioni indotte dal superavvolgimento della doppia elica. Un altro fenomeno basilare è il comportamento degli attivatori. Questi fenomeni, già da soli, rendono conto di apparenti anomalie nella trasmissione del genoma. Un argomento addotto dai neolamarckiani è l'apparente violazione del "dogma centrale" da parte delle proteine di sintesi. Infatti, trapiantando in un batterio una sequenza nucleotidica, che specifica la formazione di una data proteina, spesso quest'ultima non assume la normale conformazione tridimensionale, restando "a spaghetti". E' stato proposto che la conformazione tridimensionale è specificata da un'altra sequenza, ma è probabile che giochino un ruolo non secondario le modifiche indotte dalla conformazione del DNA (a prescindere cioè dalla sequenza nucleotidica) e le interazioni con l'ambiente cellulare.

Un fenomeno, chiarito da Yuichiro Hiraizumi fin dal 1956, che potrebbe determinare apparenti "anomalie" è l'apparente violazione delle leggi ereditarie da parte di alcuni geni. Questi, nella riproduzione sessuale, riescono ad "ingannare" il sistema, garantendosi la sopravvivenza anche se sono recessivi. In generale questi geni risultano dannosi per l'organismo, ma in alcuni casi, potrebbero determinare delle variazioni utili.

Un concetto, chiarito da Motoo Kimura, perfettamente compatibile con il modello darwiniano della selezione naturale, è che la maggior parte delle mutazioni e la variabilità intraspecifica sono

provocati dalla deriva casuale di geni mutanti che sono equivalenti nei confronti della selezione. Molte mutazioni alternative sono sempre presenti in ogni popolazione, diventano predominanti quando cambiano le condizioni ambientali diventando a loro più favorevoli. Probabilmente è questa la ragione della conservazione, da parte della selezione, delle differenze intraspecifiche. Gli organismi di una stessa specie, e spesso di una stessa popolazione differiscono per numerosi caratteri, come la composizione di alcune proteine; queste differenze dovrebbero contribuire a favorire la sopravvivenza della specie in caso di crisi.

Del resto la funzione della riproduzione sessuale, così dispendiosa nell'economia dell'individuo, è proprio il favorire il rimescolamento del patrimonio genetico e la comparsa di variazioni.

Il concetto di deriva genetica in effetti era già stato elaborato da Sewall Wright. Merito di Kimura averlo sviluppato matematicamente. (Fig. 14 e 15)



MOTOO KIMURA

Fig 14 - Motoo Kimura



Fig. 15 - Sewall Wright

Di fondamentale importanza è la duttilità e la dinamicità del cromosoma della cellula eucariota. Infatti i cromosomi svolgono, attraverso la loro plasticità, un ruolo non secondario nell'evoluzione, contribuendo a rafforzare la variabilità genetica.

Dalla fine degli anni novanta è stata sviluppata la cosiddetta teoria dell'evo-devo, ossia si è riconosciuta l'importanza dello sviluppo embrionale nel processo evolutivo e si è dimostrato che gli effetti delle mutazioni sono maggiori se queste si realizzano durante lo sviluppo embrionale.

12 – EVOLUZIONE BIOLOGICA ED EVOLUZIONE CHIMICA

Affrontiamo ora uno degli argomenti più delicati e controversi, eppure affascinante: l'origine della vita dalla materia inorganica e la formazione della cellula.

La caratteristica basilare che deve possedere qualsiasi molecola che può essere candidata alla formazione della vita è la capacità di replicarsi. La molecola del DNA è troppo grossa, complessa e delicata, per poter essere candidata a questo ruolo. Del resto il DNA per replicarsi ha bisogno di un ambiente adatto e di una serie di "partner" (come le polimerasi).

Le ipotesi sull'origine della vita sulla Terra, in presenza di un'atmosfera riducente, risalgono agli anni trenta, e sono dovute a Alexander I. Oparin e J. B. S. Haldane. (Fig. 16 e 17)



Fig. 16 - Alexander J. Oparin

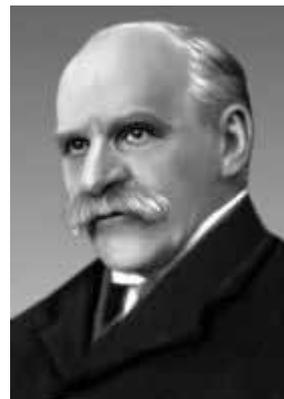


Fig. 17 - J.B.S. Haldane

Altri scienziati, Richter ed Harrenius, avevano proposto che la vita fosse stata trasportata sulla Terra da meteoriti. Molecole biologiche sono state trovate in meteoriti, ma quest'ipotesi, oltre a spostare il problema dell'origine su un altro pianeta, appare difficilmente difendibile per l'estrema improbabilità che un meteorite cada al momento giusto, nel posto giusto. E' possibile che le prime molecole capaci di duplicarsi abbiano potuto beneficiare del substrato formato da rocce di origine vulcanica, che sono caratterizzate dal possedere un debole campo magnetico che ha facilitato l'instaurarsi della loro configurazione (ipotesi questa attualmente oggetto di sperimentazione da parte dell'Autore di questa monografia). Nel 1953 Stanley L. Miller, laureando all'University of Chicago, nel laboratorio di H. C. Hurey, poneva le basi della ricerca sperimentale tesa a far luce sulle condizioni che hanno determinato la comparsa della vita sulla Terra. Utilizzando un semplice apparato, da lui stesso ideato, e le molecole che potevano trovarsi sul pianeta in epoca prebiotica (metano, ammoniaca, acqua ed idrogeno) e sottoponendo le stesse a scariche elettriche continue, ottenne degli amminoacidi. Nel 1961, Juan Orò, a quel tempo all'University di Houston, nel tentativo di semplificare l'esperimento di Miller, ottenne la formazione, insieme con altre molecole, di adenina. Negli anni settanta, Ponnamperuma, dell'Istituto di Esobiologia della NASA, riuscì ad ottenere, con opportuni esperimenti, gli altri costituenti degli acidi nucleici. Secondo molti ricercatori, la prima molecola in grado di autoreplicarsi potrebbe essere stata l'RNA, il secondo acido nucleico, che ha la funzione di "tradurre" il messaggio genetico per sintetizzare le proteine. Anche riconoscendo l'altissima probabilità della formazione dell'RNA prima del DNA, rimane la domanda fondamentale di come spiegare la replicazione di un acido nucleico in assenza di proteine. Una possibile spiegazione, dimostrata sperimentalmente da James P. Ferris del Rensselaer Polytechnic Institute, è che un'argilla comune, la montmorillonite, catalizza la sintesi degli oligonucleotidi dell'RNA. Alcuni studiosi hanno iniziato a cercare sistemi genetici alternativi. Eschenmoser, ad esempio, ha ottenuto una struttura alternativa di ribosio, il piranosil-RNA, che si distingue dallo zucchero dell'RNA per la presenza di un atomo di carbonio in più. Questo riduce le possibili variazioni nella molecola. Peter E. Nielsen, dell'Università di Copenaghen, ha progettato al computer una molecola polimerica caratterizzata da uno scheletro proteico e da due catene laterali formate dalle basi azotate degli acidi nucleici. Questa molecola, una sorta di RNA proteico, è in grado di combinarsi stabilmente con un filamento complementare. Questo significa che anche un codice proteico può fungere da stampo per la costruzione del suo filamento complementare, esattamente come accade con gli acidi nucleici. Sia che la formazione dell'RNA sia avvenuta in maniera spontanea, sia che abbia sostituito un sistema replicante più semplice, è probabile che sia stata la reazione che ha permesso il successivo sviluppo della vita. Una scoperta fondamentale, effettuata da Thomas R. Cech, è che l'RNA è in grado di comportarsi come un enzima, essendo in grado di

catalizzare tagli e saldature nella propria molecola. Un ulteriore passo avanti è la dimostrazione, in laboratorio, della selezione naturale delle molecole prebiotiche. Questo permette di capire in che modo gli antichi geni a RNA interagissero con le molecole proteiche e come si sia potuto evolvere il codice genetico. Inoltre pare ormai accertato che la composizione dell'atmosfera primordiale non fosse riducente e che le prime macromolecole si siano sviluppate in pozze calde, probabilmente originate dalla presenza di magmi. Questo avvalorerebbe l'ipotesi della presenza di un debole campo magnetico che potrebbe aver favorito fenomeni di coerenza molecolare.

Mentre proseguono le ricerche su questo argomento, si moltiplicano gli studi tendenti a capire come si sia originata la cellula. Attualmente sappiamo che gli organismi più semplici sono Batteri. Escludiamo i Virus che, pur formati solo da un acido nucleico e da un rivestimento proteico, non sono in grado di autoreplicarsi e quindi sfruttano l'apparato cellulare dell'organismo ospite. La maggior parte dei Batteri è formata da una cellula estremamente semplice, senza una membrana che divide il nucleo dal resto della cellula. Questa struttura, in linea generale, è condivisa dalle Alghe azzurre, classificate con i Batteri nel raggruppamento dei procarioti (appunto senza il nucleo cellulare). Fino a non molto tempo addietro gli altri organismi, Protisti, Piante, Animali e Funghi, eucarioti (possessori di un vero nucleo) erano considerati l'altra linea di discendenza dei viventi. Studiando gli estremofili, organismi apparentemente simili ai batteri che vivono in ambienti inadatti alla sopravvivenza degli altri esseri viventi (luoghi troppo caldi o troppo freddi, acidi o basici, salati, ecc.), ci siamo resi conto di avere a che fare con un terzo raggruppamento di organismi, denominati Archibatteri, con caratteristiche intermedie ai primi due. Si è potuti arrivare a questa strabiliante scoperta grazie al confronto, effettuato nel 1977 da Carl R. Woese e dai suoi collaboratori dell'Università dell'Illinois, dell'RNA ribosomiale di molti organismi diversi. Questa scoperta è stata confermata nel 1996 da Craig Hennig, dell'Istituto per la Ricerca sul Genoma, decodificando il DNA di *Methanococcus jannaschii*, composto da 1638 geni; un Archibatterio raccolto nel 1982 da Holger Jannasch in una sorgente sulfurea nel corso di una spedizione, cui hanno contribuito i ricercatori di tre diversi Istituti di Ricerca. Poiché gli Archibatteri e molte specie di Batteri sono adattate a vivere in condizioni estreme, per lo più in ambiente riducente (assenza di ossigeno), si ipotizza che questi organismi siano fra i più antichi e che si siano separati molto presto da un antenato comune. Gli eucarioti si sarebbero separati successivamente dagli Archibatteri. La documentazione fossile indica che questa separazione è avvenuta intorno ad un miliardo e quattrocento milioni di anni fa, almeno a quel tempo risalgono i fossili più antichi di organismi planctonici unicellulari eucarioti. Le cellule degli eucarioti possiedono molti tipi di organelli specializzati, come i cloroplasti ed i mitocondri. Le ricerche stanno portando alla conferma dell'ipotesi di Lynn Margulis secondo cui questi organelli si sono sviluppati da organismi indipendenti, entrati in simbiosi nella cellula. E' già noto da anni che cellule isolate di alcuni animali più semplici, come i poriferi (spugne) e i polipi (idra), possono aggregarsi e riformare un animale completo. E' possibile che questo ci dia un'idea di come si sono aggregate singole cellule per dare inizio agli organismi pluricellulari. (Fig. 18, 19 e 20)

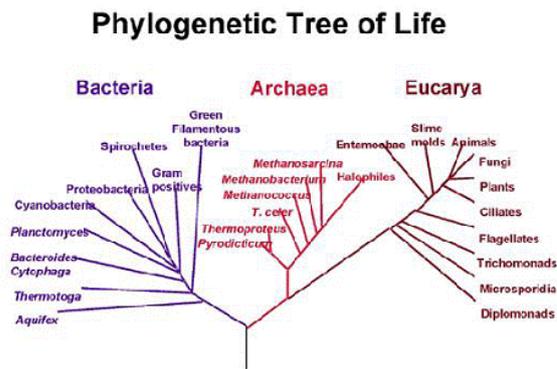


Fig. 18 - Albero filogenetico dei viventi basato sulle sequenze ribosomiali dell'unità 16s di RNA (Carl Woese, 1990)



Fig. 19 - Sorgente sulfurea dove è stato scoperto *Methanococcus jannaschii*

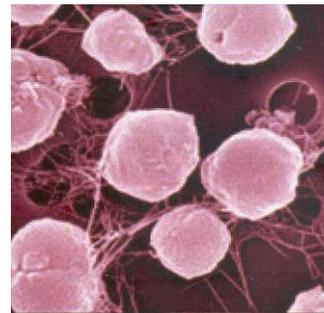


Fig. 20 - *Methanococcus jannaschii*

13 – VERSO LA COMPRESIONE DEI MECCANISMI CHE REGOLANO LO SVILUPPO

Non possiamo non accennare ad un argomento fondamentale: lo sviluppo, dall'embrione all'organismo adulto. Per molto tempo è risultato arduo cercare di rispondere al quesito di come si formi un organismo complesso, spesso formato da centinaia di tipi cellulari diversi, per di più riuniti in organi, afferenti ad apparati a loro volta interagenti fra loro. Solo recentemente si è cominciato a poter abbozzare una risposta a questa complessa domanda. Ricapitoliamo brevemente ciò che avviene dopo la fecondazione dell'ovulo femminile da parte dello spermatozoo. La spiegazione di come questo avvenga e dei meccanismi che impediscono l'ingresso di più spermatozoi nell'ovulo è stata data solo recentemente. Comincia la divisione cellulare, in breve tempo si formano, per divisione successive, circa quattromila cellule. A questo stadio l'embrione, chiamato blastula, ha la forma di una sfera cava. Le cellule attorno alla zona mediana, si differenziano a formare il mesoderma, grazie a fattori di crescita liberati da grosse cellule presenti nel tuorlo, presenti nella parte inferiore dell'embrione. Nella fase successiva, la gastrula, si formano tre strati di cellule: il mesoderma, che darà origine alla maggior parte delle strutture corporee; l'endoderma da cui si originerà lo strato epiteliale del tubo digerente, il fegato ed il pancreas, i polmoni, ed altri organi; l'ectoderma che porterà alla formazione della cute e del sistema nervoso.

L'ectoderma si trasforma nel sistema nervoso a causa di segnali chimici provenienti dal sottostante mesoderma. Segnali che inducono parte dell'ectoderma ad ispessirsi per formare la piastra neurale (per questo motivo l'embrione a questo stadio di sviluppo viene definito neurula). I bordi della piastra neurale si piegano, l'uno verso l'altro, mentre la parte mediana si insinua nel corpo dell'embrione originando il tubo neurale che costituirà la base per la formazione dell'encefalo e del midollo spinale. Nel 1918 Ross G. Harrison era già riuscito a dimostrare che le cellule dell'embrione stabiliscono le strutture che formeranno già dopo la gastrulazione. Gli studi

sul controllo della formazione del piano corporeo continuarono, su tutti gli organismi, fino al 1948, quando furono sostituiti dalla ricerca genetica. Risale a quell'anno l'analisi genetica sulle mutazioni omeotiche, ossia che provocano la crescita di un organo localizzato normalmente in un'altra zona dell'organismo, effettuata sulla *Drosophila melanogaster* da Edward B. Lewis del California Institute of Technology. Agli inizi degli anni ottanta, David S. Hogness e Welcome Bender della Stanford University, riuscirono ad isolare i primi geni omeotici. Seguiti ben presto da Walter J. Gehring e Richard L. Garber del Biozentrum dell'Università di Basilea e da Matthew P. Kaufmann dell'Indiana University. Nel 1983 Gehring, insieme al suo collaboratore William J. McGinnis, scoprì che le sequenze dei geni omeotici presenti in un sito genetico venivano conservate anche in un altro sito deputato allo sviluppo. In seguito McGinnis ha dimostrato che queste sequenze si trovano in diversi invertebrati. Le cellule embrionali sono cioè collegate fra loro. In seguito Eddy M. De Robertis, Guillermo Oliver e Christopher V. E. Wright estesero questa informazione anche agli embrioni dei vertebrati. Più recentemente, Robb Krumlauf del Medical Research Council di Londra e Denis Duboule del Laboratorio europeo di biologia molecolare, lavorando sugli embrioni di topo, fecero contemporaneamente ed indipendentemente fra loro, una fondamentale scoperta. Partendo da una precedente scoperta, di altri ricercatori, che i geni homeobox (omeotici) si dispongono in complessi su un cromosoma, secondo un preciso ordine, si accorsero inaspettatamente che i geni dotati di sequenza homeobox si dispongono nella sede nella quale si esprimono. Gli homeobox situati all'estremità sinistra del complesso si esprimono nelle parti posteriori del corpo, mentre i geni homeobox localizzati nei pressi dell'estremità destra, si esprimono nella testa. Lewis aveva osservato lo stesso fenomeno nella *Drosophila* molto tempo prima. I geni homeobox sembrano presenti in tutto il regno animale, nella stessa tipologia e divisi in quattro domini che determinano la formazione antero-posteriore del corpo. Determinando così l'ubicazione dei campi di cellule che origineranno organi ed apparati. (Fig. 21)

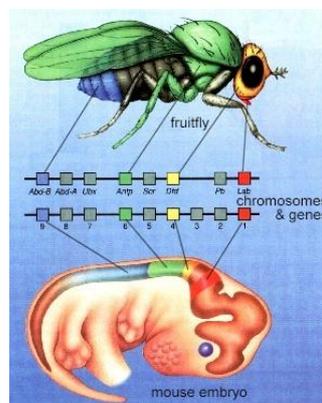


Fig. 21 - Ubicazione dei geni homeobox in *Drosophila* ed in Topo

Riferimenti bibliografici

Allège J. e Schneider S. H.

1994 *L'evoluzione della Terra* Le Scienze, 316: pp. 44-52

Alvarez W.

1998 *T.REX e il cratere dell'apocalisse* Milano Mondadori (ed. or. 1997)

Ayala F. J.

1979 *I meccanismi dell'evoluzione* (Da *Storia naturale ed evoluzione*, ed. Le Scienze)

Brouwer A.

- 1986 *Paleontologia generale* Milano. Mondadori (ed. or. 1965)
- Brown D. D.**
1973 *L'isolamento del gene* Le Scienze, 64: pp. 13-21
- Capecchi M. R.**
1994 *Sostituzione mirata di geni* Le Scienze, 309: pp. 42-50
- Carroll S. B.**
2008 *Al di là di ogni ragionevole dubbio* Torino. Codice
- Cech T. R.**
1987 *L'RNA come enzima* Le Scienze, 221: pp. 32-41
- Chiarelli B.**
1976 *Le variazioni cromosomiche nell'evoluzione dei primati* Le Scienze, 95: pp. 74-85
- Clarke B.**
1975 *Le cause della diversità biologica* Le Scienze, 88: pp. 44-55
- Crow J. F.**
1979 *Geni che violano le leggi di Mendel* Le Scienze, 128: pp. 98-111
- De Rosa M. e Gambacorta A.**
1975 *Quale è la temperatura massima per la vita sul nostro pianeta?* Le Scienze, 80: pp. 74-81
- Darwin C. R.**
- 1967 *L'origine delle specie* Torino. Boringhieri (ed. or. 1872, 6° ed. - 1° del 1859)
- 1970 *L'origine dell'uomo* Torino. Boringhieri (ed. or. 1872)
- Dawkins R.**
- 1986 *Il fenotipo esteso* Bologna. Zanichelli (ed. or. 1982)
- 1988 *L'orologiaio cieco* Milano. Rizzoli (ed. or. 1986)
- 1994 *Il gene egoista* Milano. Mondadori (ed. or. 1976)
- 1995 *Il fiume della vita* Milano. Sansoni (ed. or. 1995)
- 2001 *L'arcobaleno della vita* Milano. Mondadori (ed. or. 1998)
- 1997 *Alla conquista del monte improbabile* Milano. Mondadori (ed. or. 1996)
- Dennett D. C.**
1997 *L'idea pericolosa di Darwin* Torino. Bollati Boringhieri (ed. or. 1995)
- De Duce C.**
2008 *Alle origini della vita* Milano. Longanesi (ed. or. 2007)
- De Robertis E. M., Oliver G. e Wright C. V. E.**
1990 *Geni homeobox e sviluppo embrionale* Le Scienze, 265: pp. 22-29
- Desmond A. e Moore J.**
1992 *Darwin* Torino. Bollati Boringhieri (ed. or. 1991)
- Di Mauro E.**
1986 *Informazione conformazionale nel materiale genetico* Le Scienze, 210: pp. 66-73
- Dickerson R. E.**
- 1972 *Struttura e storia di un'antica proteina* Le Scienze, 47: pp. 46-59
- 1980 *Il citocromo c e l'evoluzione del metabolismo energetico* Le Scienze, 141: pp. 85-98
- Doolittle R. F. e Bork P.**
1993 *La modularità delle proteine nell'evoluzione* Le Scienze, 304: pp. 58-64
- Dyson F. J.**
1987 *Origini della vita* Torino. Bollati Boringhieri (ed. or. 1985)
- Eigen M., Gardiner W., Schuster P. e Winkler-Oswatitsch**
1981 *L'origine dell'informazione genetica* Le Scienze, 154: pp. 18-34
- Eigen M.**

- 1992 *Gradini verso la vita* Milano. Adelphi (ed. or. 1987)

- 1993 *La quasispecie virale* Le Scienze, 301: pp. 26-33

Eldredge

- 1999 *Ripensare Darwin* Torino. Einaudi (ed. or. 1995)

- 2002 *Le trame dell'evoluzione* Milano. Cortina (ed. or. 1999)

Erwin D. E.

1996 *La madre di tutte le estinzioni* Le Scienze, 337: pp. 82-88

Fredrickson J. K. e Onstott T. C.

1997 *Microrganismi nelle profondità della Terra* Le Scienze, 341: pp. 52-59

Fry I.

2002 *L'origine della vita sulla Terra* Milano Garzanti (ed. or. 2000)

Gee H.

2006 *Tempo profondo. Antenati, fossili, pietre* Torino Einaudi

Gould S. J.

- 1994 *L'evoluzione della vita sulla Terra* Le Scienze, 316: pp. 64-7

- 1995 *La vita meravigliosa* Milano Feltrinelli (ed. or. 1989)

- 2003 *La struttura della teoria dell'evoluzione* Torino Codice (ed. or. 2002)

Gieger A.

1975 *L'idra: un modello per lo sviluppo delle forme biologiche* Le Scienze, 80: pp. 20-31

Grivell L. A.

1983 *Il DNA mitocondriale* Le Scienze, 177: pp. 102-114

Glover D. M., Gonzales C. e Raff J. W.

1993 *Il centrosoma* Le Scienze, 300: pp. 38-44

Holliday R.

1989 *Un tipo diverso di trasmissione ereditaria* Le Scienze, 252: pp. 32-40

Horgan J.

1991 *Ipotesi sull'origine della vita* Le Scienze, 272: pp.

Joyce G. F.

1993 *Evoluzione molecolare guidata* Le Scienze, 294: pp. 28-37

Kauffman S. A.

1991 *Anticaos ed evoluzione biologica* Le Scienze, 278: pp. 82-91

Kimura M.

1980 *La teoria della neutralità nell'evoluzione molecolare* Le Scienze, 137: pp. 34-43

Klein J., Takahata N. e Ayala F. J.

1994 *Polimorfismo MHC e origine dell'uomo* Le Scienze, 306: pp. 44-49

Lane N.

2012 *Le invenzioni della vita. Le dieci grandi tappe dell'evoluzione* Milano. Il Saggiatore (ed. or. 2009)

Levinton J. S.

1993 *Il big bang dell'evoluzione animale* Le Scienze, 293: pp. 48-56

Madigan M. T. e Marris B. L.

1997 *Gli estremofili* Le Scienze, 346: pp. 78-85

Margulis L.

1971 *Simbiosi ed evoluzione* Le Scienze, 39: pp. 55-64

Mattevi A., Rizzi M. e Bolognesi M.

1997 *Biologia strutturale degli enzimi* Le Scienze, 341: pp. 44-51

May R. M.

1992 *Quante sono le specie che vivono sulla Terra?* Le Scienze, 292: pp. 16-23

Mayr E.

- 1970 *L'evoluzione delle specie animali* Torino. Einaudi (ed. or. 1963)
- 1983 *Evoluzione e varietà dei viventi* Torino. Einaudi (ed. or. 1977)
- 1994 *Un lungo ragionamento* Torino. Boringhieri (ed. or. 1991)
- 2005 *L'unicità della biologia. Sull'autonomia di una disciplina scientifica* Torino. Cortina
- 2011 *Storia del pensiero biologico* Torino. Bollati-Boringhieri (ed. or. 1997)

McGinnis W. e Kuziora M.

1994 *Le molecole che determinano la forma corporea* Le Scienze, 308: pp. 40-48

McKnight S. L.

1991 *Chiusure lampo molecolari per la regolazione dei geni* Le Scienze, 274: pp. 30-38

McIntosh J. R. e McDonald K.

1989 *Il fuso mitotico* Le Scienze, 256: pp. 14-23

Minelli A.

- 1985 *Il Systema naturae* Le Scienze, 206: pp. 22-33
- 2007 *Forme del divenire. Evo-devo: la biologia evuzionistica dello sviluppo* Torino. Einaudi

Monod J.

1971 *Il caso e la necessità* Milano. Mondadori (ed. or. 1970)

Montalenti G.

1984 *Charles Darwin 1809 - 1882* Roma. Editori Riuniti

Morel V.

1997 *Microbiology's Scarred Revolutionary Science*, 276: pp. 699-702

Morris D.

1976 *La scimmia nuda* Milano. Bompiani (ed. or. 1968)

Moyzis R. K.

1991 *Il telomero umano* Le Scienze, 280: pp. 40-51

Nüsslein-Volhard C.

1996 *Gradienti che organizzano lo sviluppo dell'embrione* Le Scienze, 338: pp. 60-67

Omodeo P.

1996 *Le radici dell'evoluzionismo ottocentesco* Le Scienze, 336: pp. 72-78

Oparin A.

I. 1978 *L'origine della vita* Boringhieri (ed. or. 1957, 3° ed. - 1° del 1924)

Orgel L. E.

1994 *L'origine della vita sulla Terra* Le Scienze, 316: pp. 54-62

Pääbo S.

1994 *Antichi DNA* Le Scienze, 305: pp. 64-70

Pace N. R.

1997 *A Molecular View of Microbial Diversity and the Biosphere* Science, 276: pp 734- 740

Pinna G.

1995 *La natura paleontologica dell'evoluzione* Torino. Einaudi

Polito L.C. e Furia M.

1980 *Struttura e funzione del cromosoma eucariota* Le Scienze, 148: pp. 130-141

Raup D. M.

1994 *L'estinzione* Torino. Einaudi (ed. or. 1991)

Rennie J.

1993 *Nuovi imprevisti sviluppi per il DNA* Le Scienze, 297: pp. 78-87

Rizzotti M.

1998 *Prime tappe dell'evoluzione cellulare* Padova Decibel

Rollo F.

1996 *Microbi dalla preistoria: realtà o fantasia?* Le Scienze, 340: pp. 56-63

Ruberti E.

- 1997 *L'evoluzione biologica: storia e sviluppi recenti* Energia Ambiente e Innovazione, 6/1997 pp. 66-77

- 2005 *The origin of life from inorganic matter and the cell formation: a new hypothesis on the role taken by a weak electromagnetic field* Ferrara. 1° Congresso dei Biologi Evoluzionisti Italiani

Russell D. A.

1982 *L'estinzione in massa dei dinosauri* Le Scienze, 163: pp. 24-31

Schrödinger E.

1995 *Che cos'è la vita?* Milano. Adelphi (ed. or. 1944)

Schopf J. W.

2003 *La culla della vita* Milano Adelphi (ed. or. 1999)

Siever R.

1976 *La Terra* Le Scienze, 91: pp. 67-73

Smith J. M. e Szathmàry

2001 *Le origini della vita* Torino Einaudi (ed. or. 1999)

Simpson G. G.

1944 *Tempo and Mode in Evolution* New York. Columbia University Press

Stanley S. M.

1984 *Estinzioni in massa negli oceani* Le Scienze, 192: pp. 30-39

Sterelny K.

2004 *La sopravvivenza del più adatto* Milano Cortina (ed. or. 2001)

Vidal G.

1984 *Le prime cellule eucarioti* Le Scienze, 188: pp. 94-105

Woese C. R.

- 1981 *Gli archibatteri* Le Scienze, 156: pp. 52-66

- 1990 *Towards a natural system of organisms: Proposal for the domains Archea, Bacteria, and Eucarya* PNAS Vol. 87: pp. 4576-4579

Willmer P.

1993 *Relazioni di parentela tra gli invertebrati* Bologna Zanichelli (ed. or. 1990)

Wilson A. C.

1985 *Le basi molecolari dell'evoluzione* Le Scienze, 208: pp. 166-175

ETTORE RUBERTI

E' Ricercatore dell'ENEA, Dipartimento FSN-FISS-SNI, inserito nel board di Direzione. I suoi campi di ricerca sono l'evoluzione biologica e l'entomologia applicata. Dal '91 si occupa anche di idrogeno come vettore energetico e di fenomeni nucleari collettivi nella materia condensata. Rappresenta l'ENEA al Forum Italiano dell'Idrogeno ed è coautore del libro bianco sull'idrogeno "Linee guida per la definizione di un piano strategico per lo sviluppo del vettore energetico idrogeno". Dal '97 Professore a contratto di Biologia generale e molecolare all'Università Ambrosiana. Dal 25 settembre 2012 con la qualifica accademica di Licentia Docenti ad Honorem per merito di chiara fama nella disciplina. Ha sviluppato una nuova ipotesi sul ruolo svolto da un debole campo elettromagnetico in argille di origine magmatiche (le montmorilloniti) nella formazione delle prime macromolecole biologiche, ipotesi che sta sottoponendo a verifica sperimentale.

Contatti:

FSN-FISS-SNI

S. Teresa, 19032

Lerici (SP)

E-mail: ettore.ruberti@enea.it

Tel. uff. 0187978280

*L'articolo è già stato parzialmente pubblicato su:

http://www.eneascuola.enea.it/Allegati/2/Evoluzione_Biologica.pdf.

CERAMICA E REGIONALISMO A CRETA NELLA PRIMA ETÀ DEL FERRO: IL RUOLO DEL METODO TIPOLOGICO

di Paolo Persano

RIASSUNTO

L'articolo delinea una storia degli studi sulla ceramica della prima età del Ferro a Creta e discute l'importanza del metodo tipologico come strumento per la ricostruzione della storia culturale della produzione ceramica in un'ottica regionale.

ABSTRACT

The paper outlines a history of theoretical approaches to the Cretan Early Iron Age pottery. It discusses also the role played by analytical typology as a tool to reconstruct the cultural history of ceramic production within a regional perspective.

Parole chiave: prima età del Ferro, Creta, Regionalismo, Ceramica, Tipologia.

Key words: early Iron Age, Crete, Regional studies, Pottery, Typology.

Come è noto, in archeologia la ceramica riveste un ruolo di estrema importanza dal momento che costituisce il più abbondante fra i materiali rinvenuti nei contesti di scavo. Il suo potenziale informativo multidimensionale è divenuto così oggetto di numerosi studi volti all'esame di ogni singolo aspetto della produzione vascolare (una rassegna in van Wijngarden 1999; bibl. orientativa in Cuomo di Caprio 2007 e Levi 2010). Proprio per questo motivo bisogna sempre ricordare, parafrasando una felice espressione di Nino Lamboglia, che lo studio della ceramica rischia costantemente di divenir un *fine* della ricerca archeologica e non solo un *mezzo* per la corretta datazione di depositi e la ricostruzione di fenomeni storici (Lamboglia 1972). L'esame dei mutamenti di tecnica o gusto nella produzione vascolare ha quindi un senso soprattutto per la comprensione dei fenomeni culturali e sociali sottesi a tali mutamenti: "*pots are for people*" (Boardman 2004, p. 150).

Il presente contributo si propone di discutere il quadro teorico adottato nella tesi di laurea di chi scrive, elaborata durante la partecipazione al *Sybrita Archaeological Project* diretto da Anna Lucia D'Agata (CNR – Istituto di Studi sul Mediterraneo Antico)¹. In particolare si ritiene qui utile tracciare una storia dello studio della ceramica cretese della prima età del Ferro (XI – VIII/VII secolo a. C.), discutendo inoltre il ruolo del metodo tipologico applicato entro comprensori regionali. Seppur sottostimata da alcuni degli indirizzi critici più recenti, proprio nell'elaborazione di sequenze infra-regionali la tipologia si rivela uno strumento duttile ed efficace. Il caso cretese è poi di rilevante interesse perché sull'isola particolarmente forte è la tradizione di studi dell'età del

¹ La tesi di laurea specialistica *Ceramica e Regionalismo a Creta nella prima età del Ferro: il caso della tazza decorata* (Università di Siena, relatori: E. Papi, A. L. D'Agata) ha vinto il premio ANPRI 'Vincenza Celluprica VII edizione - 2014', nel settore *scienze archeologiche, filologiche, filosofiche e storiche*. Questo testo rielabora parte della relazione tenuta in occasione della consegna del premio il 30 giugno 2015. Sul *Sybrita Archaeological Project* www.sybrita.org, sul metodo adottato nello studio della ceramica si veda D'Agata, Boileau 2009.

Bronzo, ben più sensibile al dibattito teorico e alla riflessione metodologica rispetto all'archeologia classica, ambito disciplinare in cui ricade lo studio delle produzioni della prima età del Ferro (chiamate Protogeometriche e Geometriche sulla base dello stile adottato). L'influsso della tradizione egeistica si riscontra con maggiore evidenza nei progetti diacronici, dove il materiale più recente (età del Ferro, arcaico e classico) viene esaminato allo stesso modo di quello più antico (età del Bronzo).

Pur ricordando che le posizioni dei singoli studiosi evolvono e difficilmente possono essere incasellate in omogenee scuole, si ritiene utile discutere almeno i due grandi filoni di pensiero in cui la storia recente dell'archeologia classica può essere ripartita (Snodgrass 2002).

L'ARCHEOLOGIA STORICO-CULTURALE: LA TIPOLOGIA COME STRUMENTO CLASSIFICATORIO

Con l'espressione archeologia storico-culturale una certa tradizione di studi definisce l'archeologia d'impostazione tradizionale non inseribile nelle etichette teoriche anglosassoni elaborate fra gli anni '60 e '90 del secolo scorso (Trigger 1996, pp. 157-220; Giannichedda 2002, pp. 48-58). In questo filone di pensiero lo studio di resti materiali e monumenti è affrontato mediante un accumulo positivistico di conoscenze, di frequente con un interesse alla ricostruzione storica (evenemenziale) e storico-artistica. I limiti di tale modo di procedere furono ben individuati da Alessandro Della Seta più di cento anni fa: *"questa persuasione dura ancora oggi. Noi assistiamo al singolare spettacolo di una infinità di modesti operai dell'archeologia che hanno lavorato e lavorano a portar pietre che non hanno servito e che non servono alla costruzione di alcun edificio"* (Della Seta 1913, p. 504). Punti nodali del quadro teorico storico-culturale sono:

A.) la conoscenza pregressa dello sviluppo storico delle società oggetto di studio, cardine nella definizione dell'archeologia classica *text-driven* (Snodgrass 2002, p. 183);

B.) il concetto predominante di cultura come associazione di resti, utensili, ornamenti, riti funerari e tipi di abitazioni (Trigger 1996, pp. 177-184);

C.) le procedure di studio orientate per lo più sull'esame di singole classi di materiali, da discutere analiticamente nelle loro coordinate geografiche, cronologiche e formali (Snodgrass 2002, p. 182).

Vigendo questo paradigma teorico, preponderante è stato l'interesse alla sistemazione dei manufatti e all'ordinamento crono-tipologico degli stessi: *metodo tipologico* e *attribuzionismo*² sono divenuti elementi su cui si è fondata la classificazione dei materiali. La tipologia, in particolare, basandosi sulla coesistenza di caratteristiche formali affini (attributi) presenti in esemplari diversi appartenenti a forme funzionali analoghe (e.g. fibule, brocche), è sembrata fin dall'Ottocento lo strumento migliore per l'ordinamento dei rinvenimenti. Il fatto che la strutturazione della tipologia dipenda in parte da scelte ideologiche (considerazione o meno dei tipi come meri strumenti concettuali) e in parte dalla natura della documentazione disponibile non costituiva un problema:

² Per attribuzionismo si intende il riconoscimento di specifici artigiani (mani) sulla base della presenza ricorrente di elementi caratteristici. Nonostante le pesanti critiche ricevute dal punto di vista teorico (per il dibattito Whitley 1997 e Oakley 1998), rimane, in abbinamento all'analisi tipologica, il più preciso strumento per lo studio delle produzioni greche figurate (Oakley 2009, pp. 605-607).

necessario era soltanto il suo uso per un corretto ordinamento del materiale. Con criteri più o meno rigorosi e normalizzati la tipologia è stata poi applicata dalle singole tradizioni di studi (protostoria italiana, archeologia egea, archeologia classica). Queste, dotandosi di grandi repertori dei materiali, si sono così garantite strumenti di eccezionale importanza per l'inquadramento e la datazione dei nuovi rinvenimenti. Nell'archeologia classica alla base dei raggruppamenti formali era la volontà di riconoscere 'scuole o tradizioni produttive regionali', intendendo con regioni le ripartizioni etnico-politiche della Grecia antica. Questo fenomeno, ben evidente fin dalla prima analisi di ampio respiro della ceramica geometrica (Wide 1899), trova un singolare corrispettivo nella ricerca in scultura delle *Bildhauerschulen* (Langlotz 1927).

Un approccio storico-culturale nell'interpretazione della ceramica è, per esempio, alla base delle sistemazioni delle produzioni micenee (Furumark 1940; Mountjoy 1999) o della ceramica protogeometrica e geometrica (Desborough 1952; Coldstream 1983; Coldstream 2008). A Creta gli studi di riferimento per la prima età del Ferro si devono a ricercatori inglesi: James Kingdom Brock, primo a definire il Protogeometrico B (Brock 1957) e John Nicholas Coldstream³. Quest'ultimo ha elaborato la sistemazione complessiva della ceramica geometrica cretese, basandosi per lo più sullo studio dei contesti di Cnosso (allora l'unico sito sufficientemente indagato), i cui depositi, seriatim, hanno formato i punti saldi cronologici per tutta l'isola (una sintesi in Coldstream et al. 2001, pp. 73-76). Questa sistemazione è efficace ancora oggi nelle sue grandi linee e in riferimento ai rapporti con la produzione attica (da cui viene la possibilità di una datazione assoluta). Nello studio delle differenziazioni interne a Creta sembra però riscontrabile una *bias* cnossocentrica, con l'estensione a tutta l'isola di considerazioni riferibili soltanto a questa importante *polis*. Dal punto di vista prettamente operativo l'entità minima nell'ordinamento tassonomico di questi studi è il concetto di foggia (*form*), con cui si considera un insieme di vasi con caratteristiche simili (Coldstream et al. 2001, pp. 55-57), al cui interno possono però esser riconosciuti più tipi vascolari.

I MUTAMENTI TEORICI: ABBANDONARE LA TIPOLOGIA?

In riferimento alle linee di sviluppo dell'archeologia teorica dagli anni '60 del secolo scorso, dalla nascita dell'archeologia processuale (*new archaeology*) alle molteplici scuole degli anni '80-'90, sarà sufficiente richiamare solo gli aspetti più interessanti per lo studio della ceramica (sul dibattito in generale Trigger 1996; Gamble 2001; Giannichedda 2002; Hodder e Hutson 2003). Nata in alcuni ambienti culturali americani in polemica con l'archeologia tradizionale, la *new archaeology*, pur non essendo riuscita a imporre il modello di ricerca delle 'scienze dure' (Binford 1962; Binford 1990), ha senza dubbio avuto un notevole influsso a favore della sistematicità nella strutturazione dei dati e dell'attenzione alla documentazione ecologica e ambientale. Le successive scuole di pensiero (archeologie post-processuali), pur differenziandosi al loro interno, sono accomunate dal peso rivestito dalla riflessione teorica e dall'ampio spazio lasciato all'esame dei contesti. Questi decenni hanno visto non soltanto un mutamento di metodi, ma soprattutto un cambio nelle domande cui le indagini archeologiche cercano di rispondere. In questo quadro un ruolo importante è rivestito dal concetto di *cultura materiale*, che caratterizza non solo i manufatti e i loro valori tecnico/economici,

³ Un bilancio sulle ricerche precedenti il secondo conflitto mondiale in Levi 1945.

ma anche gli aspetti simbolici e ideali da essi derivati⁴. La cultura materiale, in cui la ceramica rientra a buon diritto, non riflette soltanto una società, ma può rivestire un ruolo attivo nella costruzione delle relazioni sociali stesse, divenendo veicolo di processi di acculturazione e ibridizzazione (Dupront 1966 e, in riferimento alla ceramica, Boardman 2004; Coldstream 2006), talvolta con rimandi all'etnicità (Dietler, Herbich 1994).

Se i dibattiti teorici hanno interessato dapprima solo un numero molto ristretto di archeologi e la loro portata ha avuto un'eco limitata nell'evoluzione dell'archeologia classica in Grecia fino a periodi relativamente recenti, l'avvio di progetti di ricerca territoriali di ampio respiro ha rappresentato fin da subito una notevole cesura nei modi di concepire la ricerca. Alla base di questi progetti è il concetto, mutuato dalla geografia, di regionalismo, con cui in archeologia si intende l'*individuazione di relazioni tra aree specifiche in termini di cultura materiale*⁵. Uno studio regionale implica l'identificazione di aree caratterizzate da peculiarità specifiche, da indagare al loro interno, osservando le differenze fra siti, e al loro esterno, studiando cioè le relazioni con altre regioni. I criteri per il riconoscimento di queste regioni sono molteplici e dipendono, oltre che dalla topografia del territorio, dalla scala di dettaglio dell'analisi: questa può giungere al livello di sito oppure considerare assieme amplissime aree in studi a vasta scala. All'avvio della cd. *new wave* delle ricerche in Grecia, incentrata appunto sui fenomeni regionali (Cherry 1994), si pongono in particolare la *Minnesota Messenia Expedition* (osservazioni sulla storia del progetto in Fotiadis 1995) e il *Boeotia Survey*. A Creta l'*Ayiofarango Valley Survey* è stato il primo progetto di ricerca in cui sia stato adottato un taglio regionale, attento alla geomorfologia e all'antropizzazione (bibl. in Gkiasta 2008, pp. 68-70, 96-99). Con il passare del tempo l'attenzione verso la raccolta di dati attraverso ricognizioni di superficie e lo studio storico delle interazioni fra l'uomo e l'ambiente hanno avuto un'importanza sempre crescente nella convinzione che la ricognizione sia lo strumento più efficace per rispondere ad alcune delle nuove domande sollevate dall'archeologia (e.g. studi demografici o sul rapporto fra i centri abitati e le campagne).

Da sempre considerata un'isola dalla natura continentale, connotata da più paesaggi talvolta facilmente isolabili, Creta è divenuta una sede privilegiata per ricerche di questo tipo, riguardanti spesso intere regioni; basti ricordare le ricognizioni sull'altipiano dei Lassithi o quelle nella parte occidentale della Messarà (bibl. in Gkiasta 2008, pp. 99-102 e 112-115). Una stima di quindici anni fa, oggi inevitabilmente da aggiornare, ricordava che circa il 12,5 % degli 8305 km² dell'isola è stato oggetto di ricognizione archeologica (Driessen 2001, pp. 52-53; Gkiasta 2008, per una storia dei progetti topografici a Creta).

Come è mutato lo studio della ceramica in questo cambiamento complessivo di prospettiva? L'innovazione più evidente è costituita dall'introduzione di nuovi strumenti analitici, come l'*archeometria*, e degli *studi tecnologici* (o delle *catene operative*). Dal punto di vista teorico si segnala poi un'attenzione all'intero *ciclo di vita* dei vasi. Dall'esame dei soli prodotti finiti, valutati per la loro forma o decorazione, l'interesse si è ampliato a tutto il ciclo produttivo e agli usi dei manufatti

⁴ Gamble 2001, pp. 100-101; Jones 2002, pp. 64-66; Hodder e Hutson 2003, pp. 173-183; Knappett 2005. In Italia questa tradizione di studi è stata portata avanti dall'*Istituto di Storia della Cultura Materiale* di Genova (Mannoni e Giannichedda 1996; Giannichedda 2014).

⁵ Turco 1982; Vallega 1982; Fawcett 2004. Con osservazioni più propriamente archeologiche, Bennet, Galaty 1997; Galaty 2005. Per l'uso di analisi regionali nella ricostruzione storica Vlassopoulos 2011.

stessi, fino a giungere alle loro circostanze deposizionali. A questo straordinario ampliamento di orizzonti ha corrisposto però una complessiva sfiducia nel metodo tipologico, considerato soltanto un'operazione fittizia (cfr. Vidale 2007, pp. 93-110).

L'inizio degli studi archeometrici sulla ceramica cretese risale ai primi anni '60, in diretta connessione con il laboratorio di Oxford in cui è stato coniato il termine stesso di archeometria; nel 1974 è poi sorta la prima struttura deputata alle analisi archeometriche di materiale egeo, il *Fitch Laboratory* della *British School at Athens* (Catling 2005). Da allora è sempre cresciuta la considerazione verso metodi scientifici (in particolare la *fabric analysis* - Peterson 2009, con bibliografia orientativa) che consentono di caratterizzare le materie prime e le tecniche di lavorazione. Il già citato ruolo dei progetti topografici ha comportato la necessità di studiare grandi volumi di materiali molto frammentati, indagabili soltanto attraverso l'adozione su vasta scala di analisi archeometriche, in grado di isolare specifiche produzioni grazie alla presenza o meno di inclusi (degrassanti) nel corpo ceramico (Moody et al. 2003, con una rassegna di tutti i progetti topografici a Creta).

Sul versante etno-archeologico non bisogna poi dimenticare la crescita degli studi dei processi produttivi tradizionali: lavori di questo genere, iniziati negli anni '60 (Hampe e Winter 1962) sono divenuti molto numerosi, con l'ausilio anche di differenti *media*, e rappresentano tuttora il miglior antidoto nei confronti di un eccessivo intellettualismo nelle ricostruzioni delle produzioni ceramiche artigianali. Proprio in quest'ottica di documentazione di un patrimonio etnografico labile, sono ora disponibili dati sulle produzioni tradizionali dei principali centri di artigianato vascolare dell'isola: Nokia (prov. di Chania), Margarites (prov. di Rethymnon), Trapsano (prov. di Heraklion), Kentri (prov. dei Lassithi).

TIPOLOGIA VASCOLARE E ANALISI REGIONALI

Le analisi archeometriche di dettaglio, applicate a comprensori regionali ben definiti ed esaminati mediante indagini intensive, sono quindi senza dubbio uno dei più efficaci modelli operativi per la ricostruzione della produzione ceramica del passato. Analisi di questo tipo e studi riferiti ai cicli di vita della ceramica sono divenuti così molto frequenti, rappresentando quello che talvolta viene definito approccio *olistico* ai materiali. Nonostante l'efficacia terminologica, questi enunciati trovano un'espressione effettiva ambigua nelle pratiche operative di studio dei manufatti. Senza un adeguato ordinamento tassonomico del materiale, garantito solo dagli strumenti 'storico-culturali' della tipologia (e dell'attribuzionismo) anche le più avanzate analisi contestuali o processuali mancano della solidità necessaria a sostenere discorsi aventi validità cronologica e storica nel suo complesso. Questo non vuol dire che analisi archeometriche e osservazioni tecnologiche non possano intervenire nella creazione dello strumento della tipologia, vuol solo evidenziare che difficilmente potranno essere scisse dall'analisi formale nell'ordinamento delle produzioni vascolari.

L'aumento straordinario del materiale pubblicato negli ultimi decenni di ricerche archeologiche, in Grecia nel complesso e a Creta in particolare, impone, anche per la ceramica della prima età del Ferro, l'adozione di strumenti di indagine di maggiore dettaglio. Si pensi in particolare al concetto di *foggia (form)*: è sufficientemente diagnostico per consentire osservazioni crono-tipologiche, ma non riesce a raggiungere quella duttilità che dovrebbe connotare una tipologia normativa (per il

problema D'Agata 2011a, pp. 221-222; D'Agata 2011b). La proposta di elaborare tipologie normative sul materiale egeo dell'età del Bronzo e della prima età del Ferro, al fine di giungere a una *base condivisa di conoscenze* su cui impostare poi analisi tecnologiche, archeometriche ed etnografiche, è stata a oggi limitata a pochi studi, fra cui si segnalano quello di Aghia Triada (D'Agata 2011a) e il *Sybrita Archaeological Project* (SYBAP) basato su tipologia di dettaglio e sull'uso di analisi archeometriche (D'Agata, Boileau 2009).

Alla base di questo metodo, in analogia con la tradizione protostorica italiana (Peroni 1995; Peroni 1998) è il concetto di *tipo*, con cui si considera un'associazione di attributi ricorrente in più esemplari, impostati gerarchicamente e non secondo una mera sommatoria paratattica, come a lungo ritenuto (Gifford 1960; Whallon 1972). Il tipo è l'entità tassonomica minima, al pari della specie in zoologia, che corrisponde (o dovrebbe corrispondere) alla *realizzazione concreta* dei modelli antichi che hanno una certa *forza socialmente normativa*, motivo questo che ne garantisce validità storiografica (Peroni 1967; Peroni 1998, p. 10). Evidentemente l'idea di modello implica sia la possibilità di avere sottomano oggetti concreti da imitare sia la trasmissione di un saper fare. Considerando la produzione della ceramica come (grossolanamente) riferibile a una catena di azioni, il tipo è l'esito finale di questa serie di attività e presenta alcuni attributi che possono essere riconosciuti in quanto risultato di specifici atti artigianali: si pensi per esempio all'estroflessione o alla conformazione 'trilobata' di un orlo di una forma vascolare. Ogni tipo presenta poi al suo interno un campo di variabilità, maggiore quanto meno standardizzate sono le pratiche (e gli attori) della produzione, minore invece nel caso di produzioni specializzate. Si pensi in particolare alla definizione di tipi e serie come riferibili a specifiche officine, elaborata da J. P. Morel (Morel 1981, pp. 17-36) e all'identificazione dei vasai nello studio della ceramica figurata attica di età classica (e.g. Euwe 1996). Avendo a che fare con produzioni connotate da un ampio campo di variabilità, quali sono quelle della prima età del Ferro, il rischio è quindi quello di moltiplicare i tipi (e conseguentemente i modelli) nelle classi di materiali meglio documentate e di obliterare invece i tipi riferiti a materiale presentato in modo sommario (Peroni 1995, pp. 16-17).

Tornando alla produzione vascolare della prima età del Ferro a Creta la pubblicazione di una grande quantità di materiale non riferibile direttamente al centro di Cnosso (e.g. Creta orientale Tsipopoulou 2005 o Eleutherna Kotsonas 2008) può consentire l'identificazione di dinamiche locali peculiari all'interno di singoli comprensori regionali, grazie all'uso di una tipologia di dettaglio, volta a rintracciare i modelli presenti nelle sequenze regionali antiche. Al fine di valorizzare queste differenze all'interno dell'isola, nella tesi di laurea di chi scrive, volta alla definizione di una *tipologia regionale* della tazza a Creta, si è adottata la seguente prassi operativa:

- 1) raccolta, sulla base dei dati editi, di un insieme di esemplari sufficientemente documentati proveniente da contesti di tutta l'isola;
- 2) elaborazione di una tipologia normativa, tassonomicamente strutturata sul riconoscimento di tipi, varietà, varianti e *unica*;
- 3) studio della diffusione dei singoli tipi vascolari, considerando la loro presenza o meno all'interno di ripartizioni territoriali (Creta occidentale, centro-settentrionale, centro-meridionale, orientale). Avendo a disposizione una copertura dell'isola statisticamente significativa, si possono evidenziare così:

- a. tipi vascolari comuni e omogeneamente diffusi in tutta Creta. Usando un'espressione coniata per la topografia, questi tipi possono essere considerati il *background noise* della ricerca: piuttosto che essere però un generico rumore di fondo, costituiscono l'effettivo *tessuto connettivo* delle vicende artigianali dell'isola.
- b. tipi che, al contrario, sono peculiari di singole aree e riflettono scelte di definiti centri di produzione. Costituendo la prima età del Ferro il momento formativo delle numerose *poleis* cretesi (una rassegna in Perlman 2004), questi fatti artigianali possono aver un ruolo di non trascurabile importanza. Il modello interpretativo *gerarchicamente* dipendente da Cnosso può pertanto essere sostituito da un modello *eterarchico*, in cui esistono più centri di produzione, con differente pervasività territoriale e predisposizione alla variabilità formale.

Un lavoro di questo tipo, pur nella consapevolezza degli errori derivanti dalla generalizzazione dei dati, sembra costituire un utile strumento per la comprensione di fenomeni prima trascurati. Evidenziando in particolare la permanenza di specifici modelli in alcune aree e la predisposizione di determinate zone nei confronti di centri esterni, può indicare fenomeni di *longue durée* e favorire l'indagine di processi di interazione culturale e di acculturazione. La comparsa di attributi o di tipi propri di differenti aree e tradizioni è infatti spia di forme di interazione culturale. Questi fenomeni, che un secolo fa sarebbero stati definiti *migrazioni tipologiche* (Loewy 1909), devono oggi essere esaminati non in quanto spostamenti di determinati attributi formali, ma nella prospettiva della mobilità di persone e saperi tecnici.

Riferimenti bibliografici

Bennet, J. e Galaty, M.

1997 *Ancient Greece: Recent Developments in Aegean Archaeology and Regional Studies*, in *Journal of Archaeological Research* 5.1, pp. 75-120.

Binford, L. R.

1962 *Archaeology as Anthropology*, in *American Antiquity* 29, pp. 425-441.

1990 *Preistoria dell'uomo. La nuova archeologia*, Rusconi, Milano.

Boardman, J.

2004 *Copies of Pottery: by and for Whom?*, in *Greek Identity in the Western Mediterranean: Papers in Honour of Brian Shefton*, Brill, Leiden, pp. 149-162.

Brock, J. K.

1957 *Fortetsa. Early Greek Tombs near Knossos*, British School at Athens, Cambridge.

Catling, H. W.

2005 *The Birth of the Fitch Laboratory*, in *BSA* 100, pp. 407-412.

Cherry, J. F.

1994 *Regional Survey in the Aegean: The "New Wave" (and After)*, in *Beyond the Site. Regional Studies in the Aegean Area*, a cura di P. N. Kardulias, University Press of America, Lanham, pp. 91-112.

Coldstream, J. N.

1983 *The Meaning of the Regional Styles in the Eighth Century B.C.*, in *The Greek Renaissance of the Eighth Century B.C. Tradition and Innovation (Proceedings of the Second International Symposium at the Swedish Institute in Athens, 1 - 5 June, 1981)*, a cura di R. Hägg, Stockholm, pp. 17-25.

2006 *Other People's Pots. Ceramic Borrowing between the Early Greeks and Levantines in Various Mediterranean Contexts*, in *Across frontiers. Etruscan, Greek, Phoenicians and Cypriots. Studies in Honour of David Ridgway and Francesca Romana Serra Ridgway*, a cura di E. Herring et al., Accordia Research Institute, London, pp. 49-55.

2008 *Greek Geometric Pottery. A Survey of Ten Local Style and their Chronology. Updated Second Edition*, Phoenix, Bristol (prima edizione 1968).

Coldstream, J. N.; Eiring, L. J. e Forster, G.

2001 *Knossos Pottery Handbook. Greek and Roman*, British School at Athens, London 2001.

Cuomo di Caprio, N.

2007 *Ceramica in archeologia 2. Antiche tecniche di lavorazione e moderni metodi di indagine*, L'Erma di Bretschneider, Roma.

D'Agata, A. L.

2011a *Late Minoan III A Pottery at Aghia Triada: Typology and Local Phase Sequence*, in *10th International Cretological Conference (Chania 1-8 October 2006)*, Chania, pp. 221-241.

2011b rec. a A. Kotsonas, *The Archaeology of Tomb A1K1 of Orthi Petra in Eleutherna: the Early Iron Age Pottery* (Heraklion 2008) in *Gnomon* 83.4, 2011, pp. 337-341.

D'Agata, A. L. e Boileau, M. C.

2009 *Pottery Production and Consumption in Early Iron Age Crete: the Case of Thronos Kephala (Ancient Sybrita)*, in *SMEA* 51, pp. 161-222.

Della Seta, A.

1913 *L'Archeologia dai Greci a Winckelmann e a noi: compiti e metodi*, in *Nuova Antologia* 1913.1, pp. 499-512.

Desborough, V. R. d'A.

1952 *Protoegeometric Pottery*, Clarendon Press, Oxford.

Dietler, M. e Herbich, I.

1994 *Ceramics and Ethnic Identity: Etnoarchaeological Observations on the Distribution of Pottery Styles and the Relationship between the Social Context of Production and Consumption*, in *Terre Cuite et Société. La Céramique, document technique, économique culturel*, éditions APDCA, Paris, pp. 459-472.

Driessen, J.

2001 *History and Hierarchy. Preliminary Observations on the Settlement Pattern in Minoan Crete*, in *Urbanism in the Aegean Bronze Age*, a cura di K. Branigan, Sheffield Studies in Aegean Archaeology, pp. 51-71.

Dupront, A.

1966 *L'acculturazione*, Einaudi, Torino.

Euwe, J.

1996 *The Potters of the Nolan Amphorae in Sicily: Criteria for Attributions*, in *I vasi attici ed altre ceramiche coeve in Sicilia* (Cronache di Archeologia XXX, 1991), Catania, pp. 67-80.

Fawcett, L.

2004 *Exploring Regional Domains: A Comparative History of Regionalism*, in *International Affairs* 80, pp. 429-446.

Fotiadis, M.

1995 *Modernity and the Past-Still-Present: Politics of Time in the Birth of Regional Archaeological Projects in Greece*, in *AJA* 99, pp. 59-78

Furumark, A.

1941 *The Mycenaean Pottery. Analysis and Classification*, Victor Pettersons Bokindustriaktiebolag, Stockholm.

Galaty, M.

2005 *European Regional Studies, a Coming of Age?*, in *Journal of Archaeological Research* 13.4, pp. 291-336.

Gamble, M.

2001 *Archaeology. The Basics*, Routledge, London.

Giannichedda, E.

2002 *Archeologia teorica*, Carocci, Roma.

2014 *Chi ha paura dei manufatti? Gli archeologi hanno paura dei manufatti?*, in *AMediev* XLI, pp. 79-93.

Gifford, J. C.

1960 *The Type-Variety Method of Ceramic Classification as an Indicator of Cultural Phenomena*, in *American Antiquity* 25, pp. 341-347.

Gkiasta, M.

2008 *The Historiography of Landscape Research in Crete*, Leiden University Press, Leiden.

Hampe, R. e Winter, A.

1962 *Bei Töpfern und Töpferinnen in Kreta, Messenien und Zypern*, Röm-Germ. Zentralmuseum, Mainz.

Hodder, I e Hutson, S.

2003 *Reading the Past. Current Approaches to Interpretation in Archaeology*, Cambridge University Press, Cambridge.

Jones, A.

2002 *Archaeological Theory and Scientific Practice. Topics in Contemporary Archaeology*, Cambridge University Press, Cambridge.

Knappett, C.

2005 *Thinking through Material Culture. An Interdisciplinary Perspective*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia.

Kotsonas, A.

2008 *The Archaeology of Tomb A1K1 of Orthi Petra in Eleutherna: The Early Iron Age Pottery*, University of Crete, Heraklion.

Lamboglia, N.

1972 *La ceramica come mezzo e la ceramica come fine*, in *Atti del Convegno Internazionale sui problemi della ceramica romana di Ravenna, della Valle Padana e dell'alto Adriatico*, Ravenna 10-12 maggio 1969, Bologna, pp. 37-41.

Langlotz, E.

1927 *Frühgriechische Bildhauerschulen*, Nürnberg.

Levi, D.

1945 *Early Hellenic Pottery of Crete*, in *Hesperia* 14, 1945, pp. 1-32.

Levi, S. T.

2010 *Dal coccio al vasaio. Manifattura, tecnologia e classificazione della ceramica*, Zanichelli, Bologna.

Loewy, E.

1909 *Typenwanderungen*, in *ÖJh* XII, pp. 243-304.

Mannoni, T. e Giannichedda, E.

1996 *Archeologia della produzione*, Einaudi, Torino.

Moody, J.; Robinson, H. L.; Francis, J.; Nixon, L.; Wilson, L.

2003 *Ceramic Fabric Analysis and Survey Archaeology: The Sphakia Survey*, in *BSA* 98, pp. 37-105.

Mountjoy, P.

1999 *Regional Mycenaean Decorated Pottery*, Leidorf, Rahden.

Oakley, J. H.

1998 *Why Study a Greek Vase-Painter? A Response to Whitley's Beazley as Theorist*, in *Antiquity* 72, 1998, pp. 209-213.

2009 *State of the discipline. Greek vase painting*, in *AJA* 113, 2009, pp. 599-628.

Perlman, P.

2004 *Crete in An Inventory of Archaic and Classical Poleis. An Investigation Conducted by the Copenhagen Polis Centre for the Danish National Research Foundation*, a cura di M. H. Hansen e T. H. Nielsen, Oxford University Press, Oxford, pp. 1144-1195.

Peroni, R.

1967 *Tipologia e analisi stilistica nei materiali della preistoria: breve messa a punto*, in *Dialoghi di Archeologia* 1-2, 1967, pp. 155-158.

1995 *La strategia metodologica*, in *Aspetti culturali della media età del Bronzo nell'Italia centro meridionale*, a cura di D. Cocchi Genick et al., Octavo, Firenze, pp. 7-22.

1998 *Classificazione tipologica, seriazione cronologica, distribuzione geografica*, in *Aquileia Nostra* 69, pp. 10-28.

Peterson, S. E.

2009 *Thin-Section Petrography of Ceramic Materials*, INSTAP Archaeological Excavation Manual 2, INSTAP Academic Press, Philadelphia.

Snodgrass, A. M.

2002 *A Paradigm Shift in Classical Archaeology*, in *CambAJ* 12, pp. 179-194.

Trigger, B. G.

1996 *Storia del pensiero archeologico*, La Nuova Italia Scientifica, Firenze.

Tsipopoulou, M.

2005 Η ανατολική Κρήτη στην πρώιμη εποχή του σιδήρου, Heraklion.

Turco, A.

1982 *Regione e processo: una problematica teorica*, in *Rivista Geografica Italiana* 89, pp. 247-272.

Vallega, A.

1982 *La regionalizzazione: dimensione intellettuale emergente*, in *Rivista Geografica Italiana* 89, pp. 171-190.

van Wijngaarden, G. J.

1999 *The Complex Past of Pottery: an Introduction*, in *The Complex Past of Pottery. Production, Circulation and Consumption of Mycenaean and Greek Pottery (Sixteenth to Early Fifth Centuries BC)*, a cura di J. P. Crielaard, V. Stissi, G. J. van Wijngarden, Brill, Leiden, pp. 1-19.

Vidale, M.

2007 *Ceramica e archeologia*, Carocci, Roma.

Vlassopoulos, K.

2011 *Regional Perspectives and the Study of Greek History*, in *Incidenza dell'Antico* 9, pp. 9-32.

Whallon, R.

1972 *A New Approach to Pottery Typology*, in *American Antiquity* 37.1, pp. 13-33.

Whitley, J.

1997 *Beazley as Theorist*, in *Antiquity* 71, 1997, pp. 40-47.

Wide, S.

1899 *Geometrische Vasen auf Griechenland*, in *JdI* 14, 1899, pp. 26-43.

PAOLO PERSANO

Laureato in Conservazione dei Beni Culturali (curriculum archeologico) all'Università di Genova e in Archeologia (laurea specialistica) all'Università di Siena, è attualmente Perfezionando (Dottorando di Ricerca) in Archeologia Classica presso la Scuola Normale Superiore di Pisa. I suoi interessi riguardano l'archeologia greca e italica di età arcaica e classica, con particolare riferimento allo studio delle produzioni ceramiche e della scultura. Ha svolto attività di ricerca sul campo in Italia (Liguria, Toscana, Calabria) e in Grecia (Creta).

Contatti:

Scuola Normale Superiore

Piazza dei Cavalieri 7

56126 Pisa

E-mail: p.p.1984@hotmail.it

INTERVISTA AD UN CERVELLO IN FUGA: MATTEO CACCIOLA

di Fedora Quattrocchi

Fedora Quattrocchi intervista Matteo Cacciola, ingegnere ricercatore pronto ad emigrare all'estero e "ricercatore abbandonato dal suo Paese". La sua storia personale di giovane scienziato, in cerca di un'occupazione più stabile di un semplice contratto, evidenzia diversi tratti comuni alla parte più giovane e disincantata della comunità dei ricercatori italiani che, fra grandi difficoltà, continua ancora a dare il proprio contributo alla crescita del Sistema Paese.

Matteo, quale è la tua storia scientifica?...perché andar via dall'Italia

Cara Fedora, anzitutto grazie dell'opportunità che mi concedi. Beh, in realtà non mi sono trasferito in un centro di ricerca estero: al momento mi sto guardando intorno inviando alcune *applications*.

A 37 anni, dopo svariati anni di ricerca e più di 150 pubblicazioni, l'assenza di fondi pubblici in Italia ed il disinteresse baronale nell'aprirsi alla progettualità pubblico-privata hanno fatto sì che io abbia dovuto dire addio ad un sogno, ovvero quello di contribuire, con la ricerca scientifica, alla crescita del mio Paese.

La mia storia è come quella di tanti altri, credo. Dopo la laurea in Ingegneria Elettronica (vecchio ordinamento, tengo a precisarlo) conseguita nel 2003 col massimo dei voti, il fascino della ricerca scientifica mi ha convinto ad intraprendere il percorso del Dottorato di Ricerca. Vincitore di borsa di studio, mi occupo in quei tre anni, nonché nei successivi anni di borse ed assegni post-doc, principalmente di Soft Computing e Computazione Naturale, per la risoluzione di problemi inversi con applicazioni in ambito industriale. Non ti nascondo, cara Fedora, le difficoltà incontrate. Il mio ambito di ricerca comporta la fruizione di dati sperimentali per l'addestramento dei sistemi intelligenti, ma l'oggettiva penuria di tutto mi ha costretto a specializzarmi in un ulteriore ambito: la modellazione di problemi diretti elettrici e magnetici. In tal modo, potevo almeno strutturare la mia ricerca su dati di modello. Nel frattempo, mi concentravo a trovare dei partner con cui collaborare, che mi aiutassero a colmare le lacune logistiche che mi trovavo quotidianamente ad affrontare. Iniziano così delle fruttuose collaborazioni con il prof. Grimberg di Iasi, i professori. Udpa della Michigan State University e con il dott. Gasparics della Hungarian Academy of Sciences, che diventano nel tempo anche affettuose amicizie. Nondimeno, queste collaborazioni mi permisero di avere dei feedback sperimentali validativi dei risultati dei miei studi. Ciò mi permise, ad esempio, di collaborare ad alcuni progetti finanziati ai partner esteri.

Non ti nascondo, cara Fedora, che nel tempo ricevetti alcune proposte dall'estero: Spagna, Germania, Singapore, Malaysia. Al tempo ero un sognatore: non accettavo di essere l'ennesimo membro di quell'esercito di validi elementi che vanno sotto il nome di "cervelli in fuga", ma che in realtà dovrebbe rappresentare la vera classe dirigente di questo nostro Bel Paese se non fossero costretti a portare all'estero le proprie competenze. Qui si aprirebbe uno scenario di discussione

triste e lungo: non credo sia questo il contesto. Una digressione esemplificativa, però, permettimela: una Nazione che investe sulla formazione dei propri giovani per poi regalarne letteralmente il talento ad altri Stati è davvero stupida.

Nondimeno, per non tirarla alle lunghe, ho continuato a lavorare in Italia, fra promesse e delusioni, accostando la nano-modellazione magnetica ai miei ambiti di ricerca, fino al maggio 2015, quando ricevetti il benservito di cui all'inizio di questo mio racconto. E mi sono anche dovuto arrendere, mettendomi alla ricerca di un centro estero che mi possa/voglia accogliere...

Torneresti indietro e, se sì, cosa faresti in Italia in un ente di ricerca, ad esempio come il CNR, in cui l'Istituto di Fotonica e Nanotecnologie (IFN) è stato smantellato da presidenti affaccendati in altre cose, come con le società co-partecipate pubbliche S.c.r.l., come AMRA?

Beh, sinceramente, se fosse possibile, tornerei indietro, ma nel tempo, cambiando quella mia scelta di non andare all'estero. Cosa farei in Italia in un ente di ricerca? Beh, la risposta non contempla un solo ente di ricerca, ma è sistemica. Bisognerebbe ripensare la valutazione del merito nel contesto della ricerca scientifica accademica, ad ogni livello. Vi sono troppe sclerotizzazioni dettate da posizioni acquisite ed intoccabili, e ciò non va bene. Se non si ha talento o se si è persa la continua curiosità, condicio sine qua non per interessarsi di ricerca scientifica, allora si deve accettare di occuparsi di altro.

Se tu fossi un ministro della ricerca scientifica (speri si separi dalla scuola?) quali sono le riforme che faresti, anche rispetto alle fughe e ritorni di personale di ricerca italiano?

Fedora, scusami se parto da lontano. Mi ricollego alle due risposte precedenti. In Italia, per troppo tempo, si è badato (e si continua forse a badare?) alla mole di "carta che si pubblica", piuttosto che alla qualità ed alla metodicità del proprio lavoro. Non ti nego che, all'inizio, anch'io sono stato coinvolto in questa gara al numero di pubblicazioni. Crescendo, ho invece affinato il senso della ricerca scientifica, che non va condotta *pro domo sua*, bensì per l'interesse, il progresso e l'utilità delle presenti e, soprattutto, delle future generazioni.

Dopo questa premessa, vengo alla tua domanda, anzi alle tue domande. Parto dal punto più semplice: sì, ministerialmente parlando, dividerei la scuola dalla ricerca scientifica, ma con la prima lascerei l'università. In buona sostanza, scinderei la didattica accademica (lasciandola, per ragioni di *consecutio* formativa, con gli altri gradi di istruzione) dalla ricerca scientifica.

E questa è la risposta più semplice. Cosa farei da ipotetico ministro della ricerca è, invece, un affare complesso. Per non tediarti, ti fornisco alcuni spunti, che nel tempo ho approfondito (come ben sai) sul mio blog.

Partiamo da un fatto: gli investimenti pubblici nella ricerca sono davvero miseri, e questa è una realtà. A mio avviso, però, se l'accademia italiana non si riprende la credibilità sul "come" spende i soldi pubblici, le battaglie sul "quanto" difficilmente saranno vinte. Nel mio piccolo, mi sono sempre posto una domanda: postulato che l'Italia è fra i fanalini di coda in quanto ad investimenti

nella ricerca ed assodato che, invece, ricerca ed innovazione creano cultura, formazione, sviluppo e ricchezza sociale, perché i vari governi italiani, di qualunque colore politico essi siano o siano stati, si ostinano a destinare rari fondi a questo contesto, tranne quando addirittura non provvedono a tagliare i finanziamenti?

In un percorso maieutico, mi sono quindi reso conto che non serve solo agire sul “quanto” si spende per ricerca ed innovazione, è necessario migliorare anche il “come” si spende. Cominciamo con l’istituzionalizzare i Gruppi di Ricerca (GdR) in seno ai Dipartimenti e col responsabilizzare i fruitori di fondi pubblici nella ricerca di base, assegnandoli per GdR. Valutiamo la ricerca *ex-post* con parametri oggettivi (es. i vari parametri utilizzati a livello internazionale) che altresì considerino fattori peculiari a contesti di ricerca delle scienze di base, delle discipline umanistiche o degli argomenti di frontiera, nel massimo rispetto del criterio di autodecisionalità e, quindi, di autonomia accademica dei GdR. Assegniamo ad ogni Capo Unità e ad ogni GdR la responsabilità (perché no, anche civile) di quanto fatto, speso, ottenuto, e quantifichiamola soprattutto nell’ottica dell’assegnazione futura meritocratica di fondi. A questo punto, è pressoché naturale che elementi meritevoli tendano ad aggregarsi in GdR locali e che GdR meritevoli tendano ad aggregarsi in consorzi per la proposizione di progetti: ne sono cosciente ed è proprio quel che voglio.

Adirittura, chi vuole continuare ad esercitare le baronie può tranquillamente farlo: ne dovrà opportunamente rispondere. Il tal cattedratico vuol far vincere il concorso al tal parente, o amante, o similari? Bene, lo faccia pure, ma è inevitabile che, se il “raccomandato” non è capace, genererà un danno nel GdR in cui andrà inserito. Qualora fosse inserito nel medesimo GdR del “raccomandante”, il danno sarà a carico del Capo Unità, quindi a carico del “raccomandante” stesso nel caso in cui questi sia CU, oppure di un collega. Qualora il “raccomandato” fosse inserito in altro GdR, il danno andrebbe a carico di un collega del “raccomandante”. Infine, qualora il “raccomandato” faccia GdR a sé, il danno sarebbe a proprio carico.

A questo punto, vorrei proprio vedere chi si prende la briga di fare un favore ad un collega, inglobando nel proprio GdR un incapace...

Da un punto di vista del miglioramento della valutazione della ricerca, o meglio, dei progetti di ricerca, incamererei a livello nazionale quanto di buono viene fatto in ambito UE nel contesto dei Programmi Quadro, COST, etc. Ad esempio: nei rapporti fra ente finanziatore e consorzio di ricerca, negli obblighi del consorzio verso l’ente, nei poteri decisionali e nei criteri di verifica in itinere ed *ex-post*... Il presupposto da cui parto è che i proponenti ed il MIUR, a proposta di finanziamento approvata, operino in Italia con le stesse modalità approntate dalla Commissione Europea nell’ambito del Settimo Programma Quadro prima e del Programma Horizon 2020 oggi. In tal modo, sarebbe possibile una valutazione meritocratica non solo *ex-ante* (sul progetto presentato) ed in itinere, bensì anche *ex-post*, considerando sia l’aspetto scientifico che l’efficienza nella gestione dei rischi di progetto in ambito di risorse distribuite ed utilizzate.

Nel tempo, direttamente ed attraverso colleghi, ho potuto verificare il differente approccio di team alla ricerca scientifica. Mentre all’estero si è pienamente aperti alla condivisione di idee e risultati,

in Italia spesse volte accade il viceversa. Ciò, purtroppo, é a mio avviso figlio dell'assenza di meritocrazia nell'assegnazione dei posti, già di per sé scarsi in numero, che porta ad operare più nell'ottica dell' "homo homini lupus" di hobbesiana, ed ancor prima plautina, memoria.

MATTEO CACCIOLA

Laureato in Ingegneria Elettronica presso l'Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria, ivi consegua il Dottorato di Ricerca in Ingegneria Informatica, Biomedica e delle Telecomunicazioni nell'Aprile 2008 (studente con borsa). Parlo fluentemente l'inglese, conosco il francese e comprendo lo spagnolo.

Sono più volte stato assegnista post-doc su tematiche inerenti paradigmi computazionali non lineari basati su soft-computing, sistemi intelligenti non invasivi per l'ispezione di materiali e strutture e modelli di sistemi basati su nanotecnologie. I miei interessi scientifici sono: Soft computing e Computazione Naturale; Tecniche Avanzate di Signal Processing e Data Fusion; Modellazione numerica multifisica, in ambito macro-, micro- e nano-scopico.

Vanto numerose collaborazioni estere ed ho trascorso periodi di ricerca presso il Non Destructive Evaluation Laboratory della Michigan State University (USA), il Research Institute for Technical Physics and Material Science, Budapest (Ungheria), la sede di Lecce dell'Istituto Italiano di Tecnologie, l'Università di York, la Delft University of Technology.

Sono autore di più di 140 articoli fra handbook e monografie, riviste internazionali e nazionali con revisori anonimi, conferenze internazionali e nazionali. Sono stato premiato con il Best ENNS Poster Award 2008. Sono revisore per svariate riviste e conferenze scientifiche, come ad esempio: IEEE Sensors Journal, IEEE Transaction on Magnetics, IEEE Transactions on Ultrasonics Ferroelectrics and Frequency Controls, Journal of Memetic Computing.

Infine, ho maturato esperienza nella soluzione algoritmica di problemi complessi, nonché nella loro implementazione in diversi linguaggi di programmazione informatica, come linguaggi object-oriented (e.g. C/C++), Visual Basic, Fortran, Delphi, nonché una robusta conoscenza e padronanza della programmazione in Matlab.

