

SCIENZA

E TECNICA

MENSILE DI INFORMAZIONE DELLA SOCIETÀ ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE

ANNO LXXIV - NN. 489-490 mag.-giu. 2011 - Poste Italiane SpA - Sped. in A.P. - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/2/2004, n. 46) art. 1, comma 2, DCB Roma

IL FATICOLO MA INARRESTABILE CAMMINO DELLA SCIENZA

In uno studio, di molti anni fa, vennero presentate alla stampa le previsioni energetiche del professor Cesare Marchetti dello IIASA di Vienna e del suo collega alla Rockefeller University di New York, professor Jesse Ausubel. Quelle previsioni si sono verificate quasi alla lettera. Alcuni giorni fa, sulla base di un mio scritto in materia di energia nucleare, che gli avevo trasmesso, il professor Marchetti, mi ha mandato da Vienna una sintetica risposta, piena di quel fine umorismo, che solo un fiorentino vero e per di più grande fisico come Lui poteva concepire, che condivido in toto e ripropongo, virgolettata, tal quale: *“Non c’è bisogno di incidenti nucleari, abbiamo già un milione e mezzo di morti sulle strade, all’anno, e una quindicina di milioni più o meno in carrozzella. Il carbone ne fa fuori, in un modo o in un altro, forse tre milioni, diecimila minatori solo in Cina, all’anno. A morti tecnologici stiamo benissimo, il nucleare tutto sommato non serve”*.

Per i non fiorentini, c’è da chiarire che nelle parole del prof. Marchetti c’è il massimo rispetto per la vita umana. Sapere che anche una sola persona potrebbe matematicamente morire se fosse realizzata una centrale nucleare, non solo ci dovrebbe portare allo stop delle nuove centrali, ma anche alla chiusura di tutte quelle esistenti. Il professor Marchetti e il sottoscritto sanno benissimo che le centrali nucleari, come tutti gli altri impianti industriali, più o meno complessi, se costruiti e gestiti con le dovute norme di sicurezza e di manutenzione, da osservare integralmente, non generano problemi di sorta. Il vero motore dei problemi della sicurezza industriale è sempre l’uomo, la sua professionalità e la capacità di realizzare e gestire sia le macchine semplici come

un’automobile, sia quelle complicate come un aereo o una centrale nucleare, strumenti che sono stati ideati non per il progresso della scienza fine a se stessa, che pure sarebbe un obiettivo importante, ma che sono mezzi indispensabili per migliorare la qualità della vita umana. Il nucleare, quindi deve essere inquadrato nell’ottica con cui si giudicano i progressi della scienza volti a migliorare il futuro dell’uomo, come uno strumento positivo di vita e di benessere. Il cammino della scienza è sempre stato irto di difficoltà e di ostacoli. Trentamila anni fa l’uomo paleolitico lavorava la pietra e il legno. Poi l’intelligenza dell’uomo portò la scienza a superare molte difficoltà e a raggiungere enormi obiettivi culturali e sociali. Di seguito se ne elencano alcuni:

1850, Klausius enuncia il secondo principio della termodinamica; 1859, il col. Drake perfora il primo pozzo di petrolio in Pennsylvania; 1882, Daimler costruisce il primo motore a benzina; 1898, inizia in Francia la costruzione del Metrò di Parigi; 1901, Marconi trasmette in radiotelegrafia dalla Cornovaglia a Terranova; 1905, Einstein pubblica il primo lavoro sulla relatività; 1911, in Olanda è scoperta la superconduttività; 1932, Chadwick scopre il neutrone; 1942, Fermi realizza la prima reazione nucleare a catena; 1946, in Usa è completato il primo calcolatore elettronico; 1951, ad Akron (Idaho) è prodotta la prima energia elettronucleare; 1957, l’URSS lancia il primo Sputnik; 1969, i primi astronauti americani sbarcano sulla luna; 1986, viene realizzata la superconduttività ad alta temperatura; 1991, viene prodotta energia da fusione fra deuterio e tritio.

Nel 2009, l’uomo paleolitico, che è in ciascuno di noi, si è risvegliato e ha promosso un referendum per abolire l’energia nucleare e tornare

2011: I guasti nucleari

4 gennaio: a Rostov, Russia, un arresto di emergenza attivato dal sistema di protezione elettrica fa fermare per 18 ore il reattore. Era stato avviato ufficialmente il 10/12/2010.

5 gennaio: il reattore 3 di Oskarshamn, Svezia, si ferma per un calo di pressione vicino al cuore dell'impianto.

13 gennaio: problemi al reattore 1 di Kalinin, Russia, nonostante manuntezioni dal 10 al 30 dicembre.

17 gennaio: alla centrale di Kola viene fermato il reattore n. 4 per un corto circuito e turbogeneratore Tg6 del reattore n. 3 viene scollegato dal sistema di protezione automatica per un guasto al circuito.

18 gennaio: danni ad un isolatore di base fanno bloccare il reattore n. 1 della centrale di Rivne, Ucraina.

19 gennaio: il reattore n. 1 della centrale Leningrad di San Pietroburgo, Russia, perde i colpi, dimezzando la produzione.

24 gennaio: un virus informatico Stuxnet colpisce la centrale nucleare di Bushehr, Iran.

1 febbraio: la società Edf segnala un'anomalia presso 34 reattori (su 58) reattori in Francia.

12 febbraio: anomalie presso 7 reattori in Francia (cuscinetti usurati prima del previsto ai gruppi elettrogeni di soccorso).

16 febbraio: altra anomalia alla centrale di Tricastin, Francia.

20 febbraio: perdite radioattive al reattore di Daejeon, Corea del Sud, che viene spento.

all'età della pietra. Per fortuna il cammino della scienza, pur essendo faticoso e cosparso di spine, è inesorabile e nessuno riuscirà a fermarla o a riportarla all'età della pietra. Non ci riuscì neppure la Chiesa Cattolica Apostolica Romana, pur chiudendolo in una stanza, a fermare la voce di Galileo che affermava: "Eppur si muove!" Il sole ha da sempre affascinato la ricerca e l'innovazione dell'*homo sapiens*.

Nel sole c'è il miracolo della creazione continua di energia da fusione nucleare. L'uomo ha sempre cercato di avvicinarsi il più possibile a quest'ambizioso traguardo e sembra abbastanza vicino il giorno in cui questo si realizzerà. Il

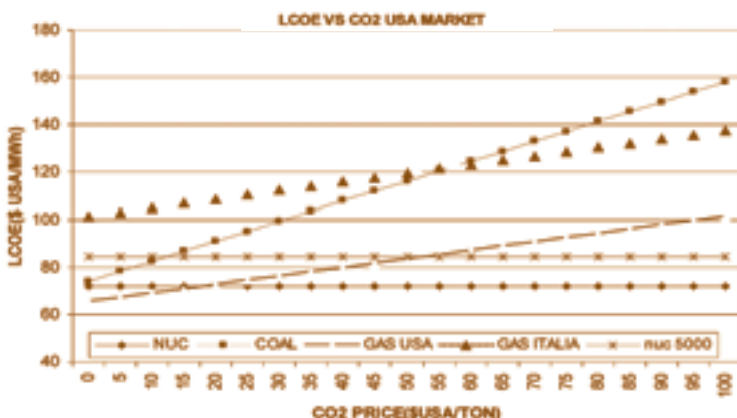
nucleare fissile è la fase intermedia che consentirà di raggiungere tale traguardo. Se vogliamo dare un futuro meno incerto ai nostri figli e nipoti, questa è la strada da percorrere, perché garantirà loro maggior benessere e maggiori possibilità di trovare un lavoro sicuro. L'energia nucleare non è un costoso giocattolo, ma un'opportunità di approvvigionamento di energia a buon mercato. Senza questa fonte, le generazioni future, i nostri figli e nipoti, avranno costi dell'energia più elevati, sviluppo economico ridotto, crescita industriale e benessere inferiori a quelli attuale. Nel grafico seguente si riporta una sintesi di alcune valutazioni economiche, tratte dal mio libro "Il sole a scacchi" che uscirà nel settembre prossimo. Le rette rappresentano sulle ordinate il costo di produzione levelized dell'energia elettrica in funzione del costo della CO₂ sulle ascisse.

Le rette NUC rappresentano l'andamento del costo LCOE del nucleare per costi del fuel di 0,607 \$ USA/MMBTU, quelle GAS ITALIA per costi dello stesso di 11 \$ USA/MMBTU, quella GAS USA per costi dello stesso di 8 \$ USA/MMBTU e quella del carbone di 3 \$ USA/MMBTU. Per una redditività IRR% da Equity del 12%, con un costo della CO₂ di 50 \$ USA/ton, si ha un delta costo tra il KWh LCOE del gas e quello del nucleare di circa 47,4 \$ USA/MWh. Per le quattro centrali da 1600 MW programmate dall'Enel, considerando una

L'energia nucleare non è un costoso giocattolo ma un'opportunità di approvvigionamento di energia a buon mercato

vita media di 40 anni, l'incremento del costo di produzione del KWh che si avrebbe, sopprimendo il nucleare, farebbe lievitare la bolletta elettrica di circa 96 miliardi di dollari USA rispetto al gas e di circa 120 miliardi di dollari USA rispetto al solare.

La produzione di energia solare, ai costi attuali di 131,5 \$ USA/MWh, comincerebbe a diventare competitiva con il gas naturale quando il prezzo della CO₂ arrivasse a 80 \$ USA/ton. Se la competizione fosse tra solare e carbone, il breakeven del solare sarebbe a 70 \$ USA/ton di anidride carbonica. Sopra tale prezzo il solare sarebbe competitivo con il carbone. Tutto questo naturalmente sarebbe possibile solo sulla carta, in



quanto l'energia solare non è disponibile per base load, ma solo per periodi limitati di tempo nel corso delle 24 ore, se poi c'è il sole. Oggi il Giappone, che è un paese serio, nonostante il disastro

Il Giappone, che è un paese serio, nonostante il disastro di Fukushima ha confermato il suo programma nucleare

di Fukushima, e dopo avere preso atto della decisione italiana in merito ai referendum, ha confermato, e non avrebbe potuto fare a meno di farlo, il suo programma nucleare. Non esistono altre fonti di base load oltre al nucleare, gas naturale e carbone. Se si vogliono traguardare gli obiettivi di Kyoto, non ci sono altre strade percorribili per ridurre l'effetto serra, che sta soffocando il pianeta, alterando il clima e causando molti più danni alle persone e alle cose di uno tsunami.

Fare leva sull'inconscio delle persone e sull'innata paura che è insita nell'uomo per il nucleare, dopo Hiroshima, non è la via migliore per fare una scelta ponderata in materia. I giovani scambiano il no al nucleare come una battaglia vinta dei loro ideali e non si rendono conto del prezzo che dovranno pagare in futuro per questa rinuncia.

I giovani scambiano il no al nucleare come una battaglia vinta dei loro ideali e non si rendono conto del prezzo che dovranno pagare in futuro per questa rinuncia

Sicuramente è un bene che i giovani abbiano delle idee e dei sogni per il loro futuro, ma bisogna ricordare loro che i sogni finiscono all'alba, quando inizia la dura realtà della vita. Con costi dell'energia che crescono in maniera così robusta, il margine se mai ci sarà tra ricavi e costi, andrà a farsi benedire. Siccome, in primis questo vale anche per le aziende, bisognerà farsi una ragione se domani i posti di lavoro andranno là dove è più conveniente investire. Le leggi dell'economia sono ferree. Per distribuire la ricchezza bisogna produrla, altrimenti si distribuisce solo la povertà.

In quest'analisi riteniamo opportuno che vengano anche levati di torno gli stereotipi che crescono intorno a noi. Nel mondo avvengono ogni giorno decine di delitti perpetrati con armi da taglio, migliaia di persone muoiono sotto i ferri



del chirurgo, avvengono centinaia di incidenti mortali sul lavoro, migliaia di morti in incidenti stradali. La soluzione non è mettere al bando i coltelli da cucina, levare di torno il bisturi, chiudere i cantieri edili, abolire la Fiat automobili, chiudere gli altiforni, non trivellare il petrolio a mare come nel Golfo del Messico, cancellare il nucleare, ma *istruire... far conoscere... educare* l'uomo alla civiltà, all'onestà, all'uso appropriato delle risorse e dei beni, alla manutenzione severa delle strutture, per metterle veramente in sicurezza, perché queste devono essere indirizzate al servizio del benessere comune dei popoli.

Il referendum ha bloccato, solo in Italia però, lo sviluppo del nucleare, dando il via libera alle fonti rinnovabili. C'è una gran corsa a comprare titoli e azioni basati sulla Green Economy. Sembra di essere tornati ai tempi della bolla d'internet e di quella famigerata dei *subprime* che hanno messo in ginocchio l'economia mondiale. L'economia si

SOMMARIO

Il faticoso ma inarrestabile cammino della scienza	pag.	1
“20-20-20”	»	5
La genetica molecolare nella conservazione della biodiversità	»	7
L'Alopecia Androgenetica maschile. Il prototipo della calvizie	»	14
Antonio Ciabattoni	»	18
Ricordo di Elvio Cianetti	»	20



aiuta creando strutture che producano beni di consumo a costi competitivi con il mercato, non producendo il KWh a costi superiori a quelli di mercato e inoltre, come massimo sfregio, facendolo pagare in bolletta a tutti i consumatori, compreso quel 95 % che é battuto contro il nucleare.

La battaglia condotta con il referendum contro l'energia nucleare ha avuto in se qualcosa di paradossale e di inquietante. Nelle battaglie, di

Solo in Italia può succedere che i vincitori inneggino al risultato elettorale di aver cassato una norma della legge esistente che si traduce in un aumento del conto da pagare

solito, i vincitori tornano a casa col bottino o con qualche trofeo. Qui invece non ci sono né vincitori né vinti, e l'unico trofeo da distribuire è l'aumento del costo dell'energia elettrica che non prevede prigionieri, ma ricadrà in maniera equanime su vinti e vincitori. La cosa paradossale è che quelli che strillavano sulle piazze che avevano vinto, non si erano ancora resi conto che per loro la bolletta elettrica sarà non solo economicamente ma anche psicologicamente molto più salata di quella che pagavano prima del referendum.

Solo in Italia può succedere che i vincitori inneggino al risultato elettorale di aver cassato una norma della legge esistente, che si traduce in un aumento del conto da pagare. Non c'è nulla di nuovo sotto il sole. Fra qualche anno, diceva sempre il prof. Jesse Ausubel, della Rockefeller

University di New York, la bolla delle rinnovabili sarà come quella dei subprime di recente memoria. Oggi le bollette ricadono sulle spalle dei padri, che per loro fortuna sono ancora robuste, ma domani quando questi oneri pesanti ricadranno sulle loro spalle, i giovani di oggi si renderanno conto finalmente di quello che hanno fatto. Per dire la verità non è che i giovani non capiscano, è che nessuno ha spiegato loro la parte economica di quello che andavano a fare e quindi hanno deciso più sulla base emotiva che su quella razionale. In una conferenza che ho tenuto all'Istituto di Elettrotecnica alla Sapienza di Roma, pochi giorni prima del referendum, ho chiarito questi concetti ai circa cento giovani che erano venuti ad interessarsi di questo tema. Hanno talmente capito che mi hanno dedicato un lungo e caloroso applauso, che mi ha oltremodo commosso, anche perché mi trovavo nell'aula che avevo conosciuto da studente. Non ho voluto pubblicare queste osservazioni sulla materia prima del referendum, perché non volevo che cadessero nella Babele delle urla che si sono fatte pro o contro questa tematica. Oggi, a bocce ferme, come si dice, soprattutto in un clima in cui queste osservazioni sono rivolte a quel 95% che ha votato contro il nucleare, il mio pensiero non

può essere strumentalizzato a favore o contro uno degli schieramenti e quindi mi sento molto più libero di parlare senza vincoli di sorta, in maniera obiettiva e indipendente. Le

mie considerazioni sono mosse solo dall'amore per la Scienza e dalla consapevolezza che, come ho detto più sopra, nessuno riuscirà a fermare il suo cammino. Nel chiudere queste mie riflessioni, il mio pensiero va all'insegnamento che proviene dai grandi del passato. Se quelli che verranno dopo di noi vorranno un avvenire migliore, dovranno rimboccarsi le maniche e proseguire la rotta tracciata dai grandi del passato: Pitagora, Leonardo, Michelangelo, Galileo, Meucci, Fermi, Marconi e Mattei, uomini che con le loro intelligenze hanno fatto fare dei passi da gigante al progresso della Scienza e della Tecnica, rendendo grande il nostro paese.

... eppur si muove!

RENATO URBAN

Ingegnere Ceo Urban Gas & Power

“20-20-20”

Il Bel Paese, come la Germania, e la Svizzera, ha rinunciato all'energia nucleare ma se la Germania e la Svizzera lo hanno fatto con una decisione governativa, il Bel Paese, in assenza, lo ha deciso con un pronunciamento popolare. A questo punto per tutte nasce la necessità di “ri” programmare il pro-

L'Australia, che ha il 30 per cento delle miniere di uranio, ha ribadito il suo 'no' alla costruzione di centrali nucleari: “non puntiamo allo sviluppo di un'industria nucleare in questo paese”

prio futuro energetico tutte dovendo rispettare alcuni “punti fermi” come ad esempio “i cambiamenti climatici” e/o il pacchetto europeo del “20-20-20”.

I cambiamenti climatici sono ormai un “fatto” che produce effetti negativi, effetti destinati a diventare sempre più gravi per tutti: per cui ogni nazione dovrà effettuare degli interventi ad hoc, concordati o meno a livello internazionale. Comunque sembrerebbe inevitabile che le emissioni di gas-serra debbano essere ridotte e, siccome il 70 per cento circa di queste dipendono dai consumi di fonti fossili di energia, le opzioni da perseguire non sono molte: risparmio ed efficienza energetica; fonti rinnovabili.

Il noto pacco europeo (quello del “20-20-20”), riconoscendo il “fatto” di cui sopra, ha fissato degli obiettivi vincolanti per quella che è una tappa inter-

Il Belgio: si “incoraggiano le energie rinnovabili perché quello che è successo in Giappone avrà un'influenza sulla nostra riflessione a proposito del prolungamento di vita delle nostre centrali”

media –il 2020– di un percorso la cui scadenza –il 2050– è oggetto di discussione a Bruxelles.

Molti, ora, si stanno “strappando” i capelli per la rinuncia al nucleare, rinuncia che avrebbe aggravato la posizione del Bel Paese ai fini del raggiungimento del “20-20-20” ma, checché ne dicano, non cambia nulla per il raggiungimento degli obiettivi in “emissioni, rinnovabili ed efficienza” per il 2020. È, infatti, risaputo che nessun reattore nucleare sarebbe mai potuto essere operativo per quella data: per cui le politiche idonee a ridurre le emissioni –tasse, permessi di emissione– o a stimolare l'efficienza energetica –sgnavi fiscali o provvedimenti amministrativi– o a incrementare le rinnovabili –sussidi e incentivi– erano e sono l'unico strumentario da utilizzare per rispettare il termine del 2020. Per cui risulta strano che non sia già stato deciso il mix desiderabile di interventi,

non siano già stati definiti gli obiettivi intermedi, la compatibilità con il bilancio statale (che non gode di buona salute) nonché non sia stato valutato l'impatto sull'economia del sistema Paese: in poche parole che non sia già stata fatta una programmazione energetica. Soprattutto era ed è fondamentale determinare le priorità con misure di efficienza energetica, capaci di produrre risultati in tempi brevi e a costi relativamente più contenuti di altre opzioni.

Forse il ricorso all'energia nucleare avrebbe potuto influenzare, salvo i ritardi così tipici del Bel Paese, lo scenario successivo al 2020 ovvero la programmazione energetica per centrare gli eventuali obiettivi fissati per il 2050. Quindi la rinuncia al nucleare non può aver danneggiato al programmazione energetica di questo decenni.

Inoltre l'Italia non è la Germania: la rinuncia al nucleare comporta per la Germania da subito un maggiore ricorso a gas e carbone e, dunque, un aumento delle emissioni. Nel nostro caso la rinuncia al nucleare riguarda una sua fattibilità futura per cui ha poco senso affermare che per questo vi sarà un incremento nei consumi di fossili e, quindi, di emissioni.

Anzi il Bel Paese in materia di consumi elettrici è tornato indietro di una decina d'anni a causa della crisi e ci troviamo, oggi, in una situazione di eccesso di capacità produttiva (potremmo esportare energia alla Germania, per assurdo). Quanto questa situazione potrà durare è di difficile previsione, anzi sarebbe auspicabile che finalmente anche da noi si faccia vedere una ripresa economico-

produttiva sostanziale. Il rischio è che il Governo, alla luce di ciò, tardi a intraprendere quelle misure di



risparmio e di efficienza energetica che un ponderato “intervento programmatico” dovrebbe adottare.

Dal referendum è emerso però un implicito “sì” alle energie rinnovabili: il Bel Paese dovrebbe poter dedicarsi al rinnovabile in maniera più produttiva della Germania, paese all'avanguardia in questo campo. Ma,



sino a oggi, è mancata una visione programmatica con cui fare delle scelte energetiche: le decisioni prese per incentivi, ricerca e produzione di energia rinnovabile è stata guidata solamente dalla necessità di ottemperare agli impegni europei. Forse con sferzata popolare anche il Bel Paese tornerà a essere protagonista nella produzione

di “energia verde” considerando che, per il comparto elettrico, tralasciando al produzione idroelettrica o geotermica dove abbiamo quasi sempre primeggiato, già oggi occupiamo il secondo posto al mondo per potenza fotovoltaica installata, 6.300 MW a metà giugno 2011. Nell’eolico siamo “solo” sesti nella classifica internazionale, con 5.800 MW in funzione alla fine dello scorso anno e qualche segnale interessante arriva anche dalle rinnovabili termiche, secondi in Europa con i 2,5 milioni di metri quadrati di solare.

Con gli incentivi al fotovoltaico si è caricato sulle spalle degli italiani un debito di quasi 90 miliardi, il 5 per cento di tutto il debito pubblico

Purtroppo le fibrillazioni “nucleariste” degli ultimi mesi avevano rallentato la corsa del fotovoltaico e quasi bloccato quella dell’eolico ma è auspicabile che con il voto referendario si riesca a definire un “quadro di certezze normative” in grado di consentire una rapida ripresa della crescita. Però, se sul fronte delle installazioni e della produzione la nostra posizione è buona, nel settore della ricerca, invece e malgrado delle isole di eccellenza, manca del tutto un’azione governativa che indichi priorità, mettendo a disposizione risorse adeguate. Anzi abbiamo potuto a posteriori rilevare un atteggiamento schizofrenico fatto di incentivazioni “troppo” elevate, per le azioni lobbistiche di singoli comparti, in un quadro di assoluta disattenzione nella creazione di un tessuto produttivo innovativo e duraturo.

Ad esempio nel fotovoltaico, settore in cui si sono registrate tensioni altissime negli ultimi mesi, l’ennesimo decreto ha introdotto elementi che penalizzano retroattivamente investimenti già avviati nei grandi impianti, anche se ha un pregio: quello di indicare obiettivi di medio periodo ovvero la produzione di 23mila MW al 2016. Il dibattito verte sulla possibilità, o meno, che in alcuni contesti la tecnologia possa diffondersi senza incentivi: ad esempio i tedeschi hanno ritenuto che questo potrà avvenire nel 2017, sicché per la stessa data il Bel Paese

ha previsto l’azzeramento degli incentivi. Ma ciò potrà avvenire, evidentemente, solo se il costo del “solare” diverrà economicamente appetibile e tale da attirare da solo gli investimenti privati però se continuerà l’attuale trend di riduzione dei costi dei moduli, e sempreché il governo si focalizzerà sul potenziamento delle reti, il mercato continuerà a svilupparsi a livello di 2-3mila MW/a consentendo al solare di soddisfare il 10 per cento della domanda elettrica alla fine del decennio.

Come accennato noi non dobbiamo uscire dal nucleare e la sovraccapacità di potenza termoelettrica consente di gestire l’intermittenza del sole e del vento, abbiamo impianti di pompaggio e possiamo rapidamente realizzarne centinaia di altri, il potenziale del solare è elevato, la nostra rete può più facilmente trasformarsi in *smart grid*. Ci vuole, però, una forte regia pubblica per garantire, sono previsti 7 miliardi di euro sino al 2020 per realizzare nuove linee di trasmissione, lo sviluppo delle *smart grids* e la promozione dei sistemi di accumulo.

Quello che serve è una strategia a medio e lungo termine: è fondamentale decidere come intendiamo

muoverci nei prossimi decenni. Ad esempio la Gran Bretagna ha deciso di tagliare le emissioni *climalteranti* del 50 per cento rispetto ai livelli

del 1990 entro il 2025; la Germania, prima di Fukushima, si era data l’obiettivo di soddisfare la metà della domanda elettrica al 2030 con le rinnovabili ed è prevedibile che questo impegno venga, con l’uscita dal nucleare, innalzato, mantenendo l’impegno di ridurre del 40 per cento le emissioni *climalteranti* al 2020. Anzi è stato divulgato un documento della Cdu tedesca che evidenzia la fattibilità di un cambiamento energetico radicale (*Energiewende*) nell’arco di una sola generazione seppur in un paese ad alto sviluppo economico: la Commissione consultiva sull’ambiente, del parlamento tedesco, ha valutato come realizzabile, tecnicamente ed economicamente, il soddisfare la domanda

Una smart grid è una rete “intelligente” per la distribuzione di energia elettrica. È un sistema ottimizzato per il trasporto e la diffusione dell’energia evitando sprechi energetici: gli eventuali surplus di energia di alcune zone vengono redistribuiti in altre aree

elettrica tedesca con la sola energia verde e ciò entro la metà di questo secolo –il 2050–.

Nel Bel Paese dovremmo fare la stessa cosa: porci questi interrogativi, valutare gli scenari e, poi, agire (non chiacchierare) per la trasformazione del quadro energetico. E la volontà popolare dovrebbe essere un acceleratore anche per i nostri *politici*.

LORENZO CAPASSO

LA GENETICA MOLECOLARE NELLA CONSERVAZIONE DELLA BIODIVERSITÀ

Dall'inizio della vita sulla Terra, il processo attraverso il quale nuove specie si formano (speciazione) si è sempre accompagnato ad un processo analogo ma contrario: l'estinzione. Nella percezione generale, le estinzioni sono spesso collegate a fenomeni di importanza planetaria, quali grandi cambiamenti climatici, geologici o catastrofici, come per esempio quello che si pensa abbia

Nella percezione generale, le estinzioni sono spesso collegate a fenomeni di importanza planetaria, quali grandi cambiamenti climatici, geologici o catastrofici

determinato la scomparsa dei dinosauri. La paleontologia conferma che, nell'ultimo mezzo miliardo di anni, episodi di estinzione di massa si sono verificati più volte. Almeno cinque. A questo riguardo, May e collaboratori (1995) stimano che in ognuno di questi periodi siano scomparse tra il 75% ed il 95% delle specie allora viventi.

La vita media di una specie è stimabile in circa 11 milioni di anni per gli invertebrati e in circa 1-2 milioni di anni per i vertebrati

Tuttavia, gli stessi autori ci dicono anche qualcosa di meno intuitivo: essi infatti calcolano che circa il 98% di tutte le specie che siano mai esistite su questo pianeta sia ormai estinto, ma solo il 2-4% di questa frazione sia scomparso durante le grandi estinzioni. Aldilà della loro grossolanità, queste stime indicano quindi un fatto importante: la maggior parte delle forme mai vissute sulla Terra sono ormai estinte, e lo sono per cause naturali che hanno ben poco a che vedere con sconvolgimenti e cataclismi. Se quindi l'estinzione è un processo naturale, importante nell'evoluzione, è lecito chiedersi perché biologi, conservazionisti e associazioni continuino a lanciare allarmi circa i rischi connessi alla scomparsa di specie, alla diminuzione della biodiversità. La risposta è nella velocità con cui il processo d'estinzione avviene.

Omettendo qui una riflessione (che pur sarebbe necessaria) sulla velocità dei mutamenti morfologici di solito correlati ad eventi di speciazione, la vita

media di una specie è stimabile sulla base della sua permanenza negli strati fossiliferi. Essa è grosso modo pari a circa 11 milioni di anni per gli invertebrati e di circa 1-2 milioni di anni per i vertebrati (Raup, 1978). Dal 1600, da quando cioè l'uomo ha cominciato a redigere archivi faunistici, il tasso di estinzione (la velocità alla quale le specie si estinguono) è enormemente accelerato, subendo una brusca impennata dal XIX secolo. Oggi si stima che la vita media di una specie di uccello o di mammifero sia di circa 10.000 anni, cioè di due o tre ordini di grandezza più corta (Frankham et al., 2002). Il problema è che una tale accelerazione non può essere compensata da un corrispondente aumento del tasso di speciazione: malgrado la comparsa di nuove specie possa, infatti, essere un fenomeno talvolta molto rapido, quasi istantaneo (Masly et al, 2006), in genere la speciazione è un processo lento che avviene attraverso l'azione di vari fattori, tra i quali la selezione gioca un ruolo cruciale.

Ma la selezione naturale non è un fattore importante solo nell'evoluzione per cladogenesi (processo per cui nuove specie si originano da una specie progenitrice). Essa, infatti, è anche responsabile dei processi di adattamento delle popolazioni naturali per i quali, durante le generazioni, le popolazioni cambiano il loro *pool* genetico per meglio rispondere alla sfide di un ambiente che cambia (Futuyma, 2009). Ovviamente, non vi può essere selezione se non esiste un serbatoio di variabilità pre-esistente. Questa



semplice considerazione è alla base di un postulato, posto ormai più di quarant'anni fa, che sostiene che la variabilità genetica sia necessaria per la sopravvivenza a lungo termine delle popolazioni naturali (Frankel, 1970). Su questo postulato poggia in gran parte, anche se non interamente, la "genetica della conservazione".

La genetica della conservazione è una disciplina relativamente giovane, fondata su principi di ecologia, biologia molecolare, genetica di popolazione, modelli matematici e sistematica evolutiva. Uno dei primi testi interamente dedicati a questa materia fu pubblicato solo nel 1983 (*Genetics and Conservation*, ed. Schonewald-Cox et al.) e fu solo alla fine degli anni '90 che l'argomento divenne materia d'insegnamento presso le Università a livello mondiale.

Tredici anni fa, in una visione moderna proposta sulla rivista *Ecology*, Haig (1998) ha sottolineato i campi d'interesse per questa disciplina individuandone gli aspetti problematici della conservazione per i quali l'uso di un approccio genetico può essere risolutivo.

LA DEFINIZIONE TASSONOMICA

In genere, le legislazioni dei Paesi che adottano una politica di conservazione prevedono che la ripartizione dell'impegno economico per la conservazione segua una scala di priorità stabilita in base grado di rischio e allo status tassonomico. In particolare, le categorie tassonomiche di solito considerate sono la specie e la sottospecie: in una prospettiva evolutiva, l'attribuzione a queste categorie e la loro stessa designazione (in particolare le sottospecie) possono essere controverse, tuttavia l'indeterminazione tassonomica può tradursi nell'impossibilità di distinguere popolazioni, sottospecie o specie a rischio, da taxa molto vicini che a rischio non sono. Il conseguente mancato impegno di risorse, invece necessarie, può essere causa di estinzione. A questo proposito, May (1990) illustrò il caso del tuatara della Brother's Island (*Sphenodon guntheri*), ignorato dalla legislazione neozelandese perché non riconosciuto come una specie distinta da *S. punctatus*, finché la genetica molecolare non indicò il contrario. Purtroppo, quando ciò avvenne, *S. guntheri* era ormai estinto.

Uno dei primi casi problematici a trarre beneficio dall'uso di tecniche di genetica molecolare, riguarda le due specie di tartaruga marina *Lepidochelys kempi* e *L. olivacea*. Prima dell'uso del DNA mitocondriale, per studiare il differenziamento tra le due forme, si tendeva a considerare *L. kempi* come

una sottospecie di *L. olivacea*, se non addirittura una forma ibrida con altre specie di tartarughe marine. Bowen e collaboratori (1991) dimostrarono che non solo la *L. kempi* non era un ibrido ma che era molto differenziata da *L. olivacea*: secondo i criteri stabiliti dall'Endangered Species Act (ESA, 1973), negli Stati Uniti, le due forme erano senz'altro meritevoli di essere considerate due unità separate ai fini della conservazione.

Un altro esempio riguarda la chiarificazione dello status tassonomico dell'anfibio urodelo *Salamandrina terdigitata*. Questa specie, endemica dell'Italia e oggetto di strette misure di protezione, è stata recentemente suddivisa in due entità tassonomiche separate sulla base di dati di sequenza di alcuni geni mitocondriali e nucleari che dimostrano l'esistenza di una forte discontinuità genetica (Mattoccia et al. 2005; Nascetti et al. 2005) tra le due forme. Su questa base la specie *S. perspicillata* è stata inclusa nella lista rossa IUCN come taxon separato da *S. terdigitata*.

Nella conservazione, le categorie tassonomiche esistenti, ed i criteri attraverso i quali esse sono definite, possono non essere adeguate dal punto di vista operativo. Ciò è particolarmente importante se ci si pone nell'ottica che uno degli scopi della conservazione è quello di salvaguardare la continuità dei pro-

Le legislazioni prevedono che la ripartizione dell'impegno economico per la conservazione segua una scala di priorità stabilita in base grado di rischio e allo status tassonomico

cessi evolutivi (O'Brien e Mayr, 1991). Come si è detto poc'anzi, l'evoluzione non procede esclusivamente attraverso processi cladogenetici: spesso singole popolazioni, o gruppi di esse, mostrano evidenze di percorsi evolutivi che hanno condotto ad adattamenti particolari senza, però, aver dato origine a nuove specie. Per questo motivo, negli ultimi anni, la IUCN (*International Union for Conservation of*



Nature) ha riconosciuto come potenzialmente meritevoli di sforzo di conservazione non solo specie e sottospecie ma anche singole popolazioni.

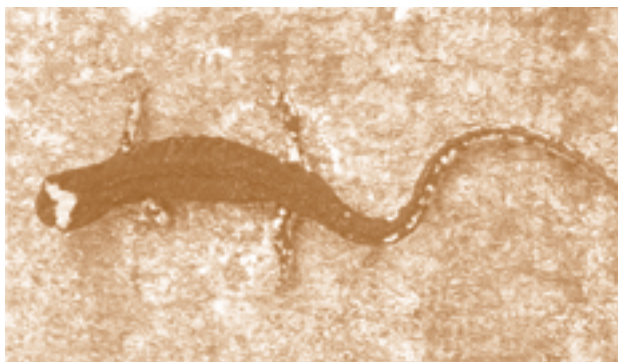
La necessità di formalizzare operativamente l'unità di conservazione ha condotto alla formulazione di due concetti di base, per la cui definizione

Singole popolazioni, o gruppi di esse, mostrano evidenze di percorsi evolutivi che conducono ad adattamenti particolari senza dare origine a nuove specie

l'apporto dell'approccio genetico è fondamentale: l'*Evolutionary Significant Unit* (ESU) e la *Management Unit* (MU). Il concetto di ESU, formulato originariamente da Ryder nel 1986, ha subito nel tempo varie trasformazioni, fino ad arrivare all'accezione di Moritz (1994) che definisce le ESU e le MU secondo un criterio prettamente genetico, che tenga in conto delle informazioni che provengono dallo studio del DNA mitocondriale e nucleare.

Secondo Moritz due gruppi di popolazioni costituiscono due ESU separate se: le loro relazioni filogenetiche (genealogiche), studiate attraverso il DNA mitocondriale, indicano reciproca monofilia (se cioè le popolazioni di ogni gruppo condividono un antenato comune tra loro e diverso dall'antenato dell'altro gruppo); esiste un chiaro differenziamento tra il DNA nucleare dei due gruppi. Una MU viene, invece, oggi definita come una popolazione che mostri rimarchevoli differenze nelle frequenze alleliche rispetto ad altre popolazioni.

Un esempio dell'applicazione di questi criteri è fornito dal capriolo (*Capreolus capreolus*) in Italia: il capriolo è uno degli elementi più importanti della fauna ad ungulati italiana. Il suo areale, una volta vasto e continuo, è andato incontro ad un marcato restringimento a causa della forte pressione venatoria che ha portato, negli ultimi cinquant'anni, all'estinzione di ceppi autoctoni nelle Alpi Italiane Orientali. Malgrado l'opera di rinsanguamento, incontrollato con animali di dubbia provenienza, l'a-



nalisi del mtDNA e DNA microsatellite ha messo in luce la permanenza, nella regione peninsulare italiana, di popolazioni che costituiscono unità (ESU e MU) di conservazione separate (Randi et al., 2004; Gentile et al., 2009a).

Un chiaro esempio di definizione di ESU riguarda le popolazioni di iguana terrestre delle Galápagos, appartenenti alla specie *Conolophus subcristatus*: l'analisi del mtDNA e del DNA microsatellite ha dimostrato che queste popolazioni sono chiaramente raggruppabili in almeno due ESU diverse (se non meritevoli di riconoscimento tassonomico proprio) che comprendono, l'una, le popolazioni delle isole occidentali e, l'altra, quelle delle isole centrali. All'interno di queste ESU, molte MU possono essere istituite (Gentile et al., 2009b).

Un altro uso della genetica molecolare, sempre in un contesto tassonomico, riguarda l'utilizzazione di marcatori specie-specifici per la determinazione forense di materiale o esemplari commercializzati o sottratti a privati che li detengono illegalmente. Un esempio è dato dalla vicenda che riguardò, negli anni '80-'90, la pesca di balene in Giappone e Korea:

attraverso l'analisi di sequenze di mtDNA, Baker e i suoi collaboratori (1996) scoprirono che una consistente parte delle carni, dichiarate come provenienti da minke whales (*Balaenoptera acutorostrata* e *B.*



Gli ibridi naturali o artificiali di individui appartenenti a specie, sottospecie o popolazioni a rischio non dovrebbero essere oggetto di misure di protezione

bonaerensis), allora commerciabile sotto stretta regolamentazione, in realtà appartenevano a diverse specie di balene e delfini, cacciate di frodo. Recentemente, l'analisi genetica ha consentito l'identificazione delle popolazioni originarie per numerosi individui di tartaruga gigante delle Galápagos (*Geochelone* sp.), confiscati a privati e di dubbia provenienza (Burns et al., 2003).

L'IBRIDAZIONE IN SPECIE MOLTO AFFINI

La possibilità di comprendere la natura e l'entità dell'introggressione per ibridazione in specie

molto affini: questo tipo di introgressione può avere conseguenze notevoli per la conservazione perché può determinare delle implicazioni sia positive (aumento della variabilità genetica, fitness, adattamento), sia negative, quali perdita di variabilità genetica, depressione da *outbreeding* (abbassamento della fitness per incrocio con individui troppo diversi geneticamente). A questo riguardo la politica statunitense dell'ESA, circa l'ibridazione, prevede che ibridi naturali o artificiali tra individui appartenenti a specie, sottospecie, popolazioni a rischio non debbano essere oggetto di misure di protezione.

Più genericamente e cautamente, la IUCN (1994) ha suggerito di porre molta attenzione all'ibridazione, dove presente, come elemento di cui bisogna conoscere l'entità e le caratteristiche. Tuttavia, malgrado queste note di cautela, a seguito di questa politica, è cresciuto a dismisura il numero di taxa per i quali è stata richiesta la rimozione dalla lista dei taxa a rischio, a causa del fatto che l'unicità genetica di questi taxa sarebbe ormai compromessa. In realtà la maggior parte delle richieste viene da privati, associazioni, organismi che mirano a ridiscutere la pianificazione della destinazione d'uso di certe aree.

Un caso esemplare è quello che riguarda la sottospecie di puma della Florida (*Puma concolor coryi*). A seguito della sua ibridazione con la sottospecie del Texas *P.c. stanleyana*, è stato proposto di togliere il vincolo protezionistico che riguarda le aree della Florida dove il puma è presente (*Big Cypress National Preserve*). A questo riguardo, nel 2006, il *Fish and Wildlife Service* ha emesso un nuovo *Draft Florida Panther Recovery Plan* (bozza del piano per il recupero del puma della Florida) per un riesame pubblico. L'assoluta identità genetica tra gran parte delle popolazioni nordamericane di puma, stabilita attraverso lo studio del DNA mitocondriale, ha guidato quello che è stato in realtà un esperimento di introgressione controllata tra la forma texana e della Florida, permettendo a quest'ultima di sopravvivere ad una grave forma di depressione da incrocio (*inbreeding*).

Inoltre, va sottolineato come, proprio nell'ottica della salvaguardia della continuità dei processi evolutivi, l'ibridazione è un fattore evolutivo non trascurabile, attraverso il quale possono originarsi nuove specie (Larsen et al. 2010). Oltre a ciò, vi

sono casi documentati in natura di specie che ibridano, ma rimangono distinte. Tipico è il caso che forse più di tutti era considerato l'emblema della teoria di evoluzione per selezione naturale: i fringuelli di Darwin. Recenti ricerche hanno infatti mostrato che varie specie di questo gruppo ibridano e danno origine ad ibridi vitali, la cui frequenza aumenta durante la stagione del Niño, quando la vegetazione nelle isole Galápagos è particolarmente abbondante e varia (Hau e Wikelski, 2001).

VALUTAZIONE DELLA VARIABILITÀ GENETICA NELLE SUE COMPONENTI INTRA ED INTER-POPOLAZIONALE

Questo aspetto è in diretta relazione con il principio posto da Frankel negli anni '70: esiste un nesso tra la variabilità genetica di una popolazione e la sua probabilità di estinguersi. Negli ultimi 50 anni, la teoria di genetica di popolazione ha chiaramente descritto come e quanto velocemente le popolazioni naturali possono andare incontro a perdita di variabilità. Oggi sappiamo che: la caduta di variabilità dipende dalla dimensione effettiva di popolazione (N_e), la quale non coincide con il numero di individui della popolazione (N); che il tasso di perdita segue un andamento esponenziale ed è più alto in

Esiste un nesso tra la variabilità genetica di una popolazione e la sua probabilità di estinguersi

piccole popolazioni; che una crescita di N_e della popolazione, a seguito di un collo di bottiglia, rallenta la caduta di variabilità genetica ma non la riporta ai suoi livelli originari.

Quest'informazione è molto importante, almeno nel contesto temporale in cui sono posti gli obiettivi dei progetti di conservazione, che prevedono in genere il mantenimento del 90% della variabilità genetica di partenza nelle successive 100 generazioni. Infatti, in quest'ottica, la mutazione non ha alcun effetto nel mantenere la variabilità perduta. La variabilità non può essere mantenuta nemmeno attraverso l'azione della selezione, se N_e è troppo piccola (Kimura, 1983). In queste condizioni, l'unico fattore realmente capace di mantenere un certo livello di variabilità è il flusso genico. Per questi motivi, uno degli obiettivi principale nella conservazione è quello di determinare la dimensione effettiva delle popolazioni a rischio e l'adozione di una serie di strategie per la sua massimizzazione.

Attualmente, sono a disposizione diversi metodi attraverso cui, a partire da dati genetici, è possibile stimare N_e indirettamente. Essi sono basati su



diversi approcci, quali, il rapporto tra eterozigosi iniziale e al tempo t , dove t è il numero di generazioni trascorse; il coefficiente di *inbreeding* (F); la teoria della coalescenza (Hudson, 1991); etc. Questi metodi si sono spesso rivelati anche più efficaci di stime dirette puntiformi, le quali rispecchiano più che altro la situazione del momento in cui la stima viene fatta, più che un valore medio nel tempo. In genere, il rapporto N_e/N in natura è intorno a 0.1 (o meno nelle specie a rischio, Frankham, 1995). Il tentativo dei

nere livelli di variabilità genetica sufficientemente alti. Esso, inoltre, è anche in grado di ridurre i rischi di depressione da inincrocio. Simulazioni PVA (*Population Viability Analysis*) indicano che piccole popolazioni di rinoceronte nero in Kenya, che



La variabilità non può essere mantenuta attraverso l'azione della selezione se la popolazione è troppo piccola

programmi di gestione, specialmente per i programmi *ex situ*, guidati da un approccio genetico, è quello di massimizzare questo rapporto. Questo obiettivo si può raggiungere controllando una serie di parametri, come per esempio:

- imporre un rapporto tra i sessi pari a 1:1;
- diminuire la varianza della *family size*, vale a dire cercar di far sì che tutti gli individui producano una prole con un ugual numero di individui (in questo caso, se la varianza è uguale a zero, N_e diviene circa 2 volte N);
- riduzione delle fluttuazioni di N_e nelle generazioni. In questo ultimo caso, infatti, bisogna ricordare che il valore medio di N_e in un arco di n generazioni, non è rappresentato dalla media aritmetica dei valori di N_e alle varie generazioni, bensì dalla media armonica, la quale è molto sensibile ai valori bassi che N_e può mostrare, anche se per pochissime generazioni.

Il motivo centrale, per cercare di mantenere alti valori di N_e , è che bassi valori di N_e determinano alti tassi d'inincrocio: molte evidenze sperimentali mostrano che un alto livello d'inincrocio può causare fenomeni di depressione, vale a dire riduzione nella fitness riproduttiva. Per esempio: prima dell'introggressione con *P. c. stanleyana*, il puma della Florida, fortemente inincrociato, mostrava segni evidenti di depressione, quali: criptorchidismo, anormalità nel 95% degli spermatozoi, vizio cardiaco, fibropapillomi uterini. Berger (1990) ha mostrato come popolazioni più piccole di 50 individui di *Ovis canadensis* si siano tutte estinte nell'arco di 50 anni a causa della caduta di variabilità genetica ed inincrocio.

Come accennato precedentemente, in un contesto temporale previsto dalle strategie di conservazione, il flusso genico ha grande importanza nel mante-

mostrino già segni di depressione da inincrocio ma che ricevano pochissimi immigranti, una o due volte soltanto nell'arco di 200 generazioni, hanno migliori possibilità di sopravvivenza rispetto a popolazioni di pari dimensione, non depresse (Dobson et al., 1992).

Uno dei problemi connessi con la realizzazione di programmi *ex situ* (che spesso vuol dire in cattività) per lungo tempo è che la popolazione può esprimere adattamento alla cattività, in un numero relativamente basso di generazioni (nel moscerino della frutta del genere *Drosophila* il numero è pari a 8). All'interno di programmi di gestione, per evitare l'adattamento alla cattività, può essere opportuno mantenere una bassa N_e .

Questo è un po' un paradosso: è noto, infatti, che popolazioni fondate da nuclei iniziali più grandi beneficiano di un più lento decremento della variabilità genetica per cui, per mantenere il 90% della variabilità per le successive 100 generazioni, sarà necessario, dopo la fondazione, far crescere N_e a

Il flusso genico ha grande importanza nel mantenere livelli di variabilità genetica sufficientemente alti ed è in grado di ridurre i rischi di depressione da inincrocio

valori più bassi rispetto a quanto necessario se il numero di fondatori è esiguo. Un possibile compromesso è nel pianificare la frammentazione di una larga popolazione in cattività in piccoli nuclei da gestire in maniera separata ma integrata. Ciò può rappresentare una strategia per la riduzione dell'a-

Le popolazioni fondate da nuclei iniziali più grandi beneficiano di un più lento decremento della variabilità genetica

dattamento alla cattività perché una grande popolazione, divisa in nuclei più piccoli, permette il mantenimento di una più alta variabilità totale ed un più basso livello di in incrocio (Margan et al., 1998).

Le popolazioni possono essere mantenute in

questo stato finché esse raggiungano un livello di inincrocio pari a $F=0.1-0.2$ (dove F è il coefficiente di inincrocio), dopodiché si opera una rotazione ed una immissione di individui. In generale, per diminuire la probabilità di osservare questa forma di adattamento è fondamentale per:

- minimizzare la dimensione della popolazione in cattività;
- minimizzare il numero di generazioni in cattività;
- minimizzare la selezione per la cattività;
- minimizzare l'ereditabilità della maggior fitness riproduttiva per la cattività;
- massimizzare il numero di immigranti da popolazioni naturali;
- massimizzare la lunghezza di generazioni (far riprodurre gli individui il più tardi possibile).

È evidente che questo tipo di strategie e pianificazioni devono essere assistite da software specifici.

Un aspetto centrale, non esplicitamente trattato da Haig, riguarda proprio l'uso delle tecniche molecolari nella conduzione di progetti di riproduzione in cattività (*captive breeding*). In questo ambito, fondamentale è la conoscenza delle relazioni di parentela degli individui della popolazione gestita allo scopo di poter stimare la distribuzione del successo riproduttivo ed intervenire per modificare la varianza della *family size*. A questo scopo, l'uso di tecniche di genetica molecolare rappresenta l'unico modo per risalire ai rapporti di parentela tra gli individui, soprattutto se la specie ha un sistema riproduttivo misto, in cui la femmina riceve più inseminazioni da maschi diversi ed il numero di riproduttori originario non è altissimo.

Un caso esemplificativo è rappresentato dal progetto che riguarda le tartarughe giganti dell'isola Española, alle Galápagos: a popolazione, quasi estinta in natura, divenne oggetto di un programma di gestione in cattività, partendo da 3 maschi e 12 femmine. Negli anni successivi, vennero ottenuti nume-

rosi individui, nati in cattività e successivamente reintrodotti sull'isola. Tuttavia, l'analisi dei polimorfismi di 10 loci di DNA microsatellite ha dimostrato che vi è una grande varianza nella *family size*, poiché non tutti i possibili accoppiamenti sono omogeneamente rappresentati nella prole: questo ha indotto l'ente gestore a una maggiore cautela nell'incrocio dei riproduttori originari (Milinkovitch et al., 2003).

Un'ultima considerazione riguarda la direzione in cui si sta muovendo la genetica della conservazione: uno dei correlati più importanti del postulato di Frankel è che il livello di variabilità genetica delle popolazioni sia positivamente correlato con il loro potenziale evolutivo. Vale a dire che la popolazione che ha alti livelli di variabilità ha anche migliori possibilità di rispondere a cambiamenti ambientali.

La dimostrazione della solidità di questo correlato è tuttora oggetto di studio da parte dei biologi evoluzionisti, i quali hanno individuato il cuore del problema nello studio variabilità che è alla base dei caratteri connessi alla fitness riproduttiva. A questo riguardo, Hedrick (2001) ha sollevato seri dubbi circa l'approccio usato finora nella genetica della conservazione, basato essenzialmente nello studio delle dinamiche che riguardano, per lo più, la variabilità genetica selettiva-

Il livello di variabilità genetica delle popolazioni è positivamente correlato con il loro potenziale evolutivo

mente neutrale. La difficoltà sorge dal fatto che i caratteri correlati direttamente alla fitness sono in gran parte caratteri prodotti dall'espressione di più geni (caratteri poligenici) ed esprimono dei fenotipi variabili in modo quantitativo.

Questa variazione nel fenotipo, o varianza fenotipica, dipende da una prima componente genetica, da una seconda componente ambientale e da una terza componente che è l'interazione tra le prime due. Per l'impossibilità di individuare stati discreti e per la natura complessa dei caratteri quantitativi, la variabilità continua non può essere descritta esclusivamente da frequenze alleliche e genotipiche, bensì anche da medie, varianze, tasso di ereditabilità, ed altro. La stessa componente genetica nell'espressione di un carattere poligenico è, poi, di natura complessa: alla componente genetica di un carattere quantitativo contribuiscono, infatti, l'effetto medio additivo di tutti i loci coinvolti nell'espressione del carattere (varianza additiva); i diversi contributi di dominanza degli alleli ai vari loci (varianza di dominanza) e il contributo dato dall'interazione epistatica



tra loci (varianza d'interazione).

Sembra, dai dati che emergono, che le dinamiche di popolazione che regolano il destino della variabilità genetica neutrale possano essere diverse

Un "collo di bottiglia" può aumentare la varianza additiva di un carattere poligenico, il che può potenzialmente creare le premesse per nuovi adattamenti

da quelle che regolano quello della variabilità adattativa poligenica: per esempio, il tasso con cui insorgono nuove varianti neutrali (sostituzioni nucleotidiche) è compreso tra circa 10^{-5} e 10^{-8} , mentre esso è tra 10^{-3} e 10^{-4} per nuove varianti poligeniche. Il che significa che il recupero da *colli di bottiglia* sarà più veloce per questo tipo di caratteri, rispetto a quelli neutrali. Inoltre, e questo rappresenta un fatto asso-

lutamente contro intuitivo, la teoria e in parte l'evidenza sperimentale, suggeriscono che un collo di bottiglia può aumentare la varianza additiva di un carattere poligenico, il che può potenzialmente creare le premesse per nuovi adattamenti. Evidenze sperimentali, seppur confermando l'aumento in varianza additiva, mostrano, però, che il livello di adattamento che si esprime a seguito di fenomeni di collo di bottiglia è minore.

L'esatta comprensione dei meccanismi genetici e delle dinamiche di popolazione che riguardano quella parte di variabilità genetica direttamente correlata con la fitness riproduttiva rappresenta senz'altro la sfida del futuro.

GABRIELE GENTILE

Dipartimento di Biologia, Università Tor Vergata

Bibliografia

- BAKER C.S., CIPRIANO F. e PALUMBI S.R., 1996. *Molecular genetic identification of whale and dolphin products from commercial markets in Korea and Japan*. *Molec. Ecol.* 5: 671-685.
- BERGER J., 1990. *Persistence of Different-Sized Populations: An Empirical Assessment of Rapid Extinctions in Bighorn Sheep*. *Cons. Biol.* 4:91-98.
- BOWEN B.W., MEYLAN A.B. e AVISE J.C., 1991. *Evolutionary distinctiveness of the endangered Kemp's ridley*. *Nature* 352: 709-711.
- BURNS C.T., CIOFI C., BEHEREGARAY L.B., FRITTS T.H., GIBBS J.P., MARQUEZ C., MILINKOVITCH M.C., POWELL J.R. e CACCONI A., 2003. *The origin of captive Galápagos tortoises based on DNA analysis: implications for the management of natural populations*. *Anim. Conserv.* 6: 329-337.
- DOBSON A.P., MACE G., POOLE J.A. e BRETT R., 1992. *Conservation Biology. The ecology and genetics of endangered species*. pp. 405-430 in S.J. Berry, Ed., *Genes in Ecology*. *Symposia of the British Ecological Society*.
- FRANKHAM R., 1995. *Effective population size/adult population size ratios in wildlife: a review*. *Genet. Res.* 66: 95-107.
- FRANKHAM R., BRISCOE D.A. e BALLOU J.D., 2002. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, New York, New York, USA.
- FRANKEL O.H., 1970. *Genetic conservation in perspective*. In: O.H. Frankel and E. Bennett, Editors, *Genetic Resources in Plants - Their Exploration and Conservation*, *Int. Biol. Prog. Handb.*, Blackwell Sci. Publ, Oxford (1970), pp. 469-489 No. 11.
- FUTUYMA D.J., 2009. *Evolution*. 2nd ed. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.
- HAIG S., 1998. *Molecular contributions to conservation*. *Ecology*, 79, 413-425.
- HAU M. e WIKELSKI M., 2001. *Darwin's finches*. In: *Embryonic Encyclopedia of Life Sciences*. London: Nature Publishing Group.
- HEDRICK P.W., 2001. *Conservation genetics: where are we now?* *Trends Ecol. Evol.* 16: 629-636.
- HUDSON R.R., 1991. *Gene genealogies and the coalescent process*. *Oxford Surveys in Evolutionary Biology* 7: 1-44.
- GENTILE G., VERNESI C., VICARIO S., PECCHIOLI E., CACCONI A., BERTORELLE G. e SBORDONI V., 2009a. *Mitochondrial DNA variation in roe deer (Capreolus capreolus) from Italy: evidence of admixture in one of the last population of C. c. italicus from central-southern Italy*. *It. J. Zool.*, 76: 16-27.
- GENTILE G., FABIANI A., MARQUEZ C., SNELL H., TAPIA W. e SBORDONI V., 2009b. *An overlooked, pink species of land iguana in the Galápagos*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 106: 507-511.
- KIMURA, M. 1983. *The neutral theory of molecular evolution*. (Cambridge University Press, Cambridge, UK).
- LARSEN P.A., MARCHÁN-RIVADENEIRA M.R. e BAKER R.J., 2010. *Natural hybridization generates mammalian lineage with species characteristics*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 107, 11447-11452.
- MARGAN S.H., NURTHEN R.K., MONTGOMERY M.E., WOODWORTH L.M., LOWE E., BRISCOE D.A. e FRANKHAM R., 1998. *Single large or several small? Population fragmentation in the captive management of endangered species*. *Zoo Biol.* 17: 467-480.
- MASLY J.P., JONES C.D., NOOR M.A.F., LOCKE J. e ORR H.A., 2006. *Gene transposition as a cause of hybrid sterility in Drosophila*. *Science* 313: 1448-1450.
- MATTOCCIA M., ROMANO A. e SBORDONI V., 2005. *Mitochondrial DNA sequence analysis of the spectacled salamander, Salamandrina terdigitata (Urodela: Salamandridae), supports the existence of two distinct species*. *Zootaxa*, Auckland City, 995: 1-19.
- MAY R.M., 1990. *Taxonomy as destiny*. *Nature* 347, 129-130.
- MAY E.M., LAWTON J.H. e STORK N.E., 1995. *Assessing Extinction Rates in: Extinction Rates*, Lawton and May, Eds., Oxford: Oxford University Press.
- MILINKOVITCH M., MONTEYNE D., GIBBS, FRITTS J.P., T.H., TAPIA W., SNELL H.L., TIEDEMANN, R. CACCONI, A. e POWELL J.R., 2003. *Genetic analysis of a successful repatriation program: Giant Galápagos tortoises*. *Proc. Royal. Soc. London B*, 271:341-345).
- MORITZ C., 1994. *Defining "evolutionary significant units" for conservation*. *Trends. Ecol. Evol.* 9: 373-375.
- NASCETTI G., ZANGARI F. e CANESTRELLI D., 2005. *The spectacled salamanders (Salamandrina terdigitata Lacépède, 1788 and S. perspicillata Savi, 1821: 1) genetic differentiation and evolutionary history*. *Rend. Accad. Naz. Lincei Sci. Fis. Nat., Roma*, 16: 159-169.
- RANDI E., ALVES P.C., CARRANZA J., MILOTEVIC-ZLATANOVIC S., SFOUGARIS A. e MUCCI N., 2004. *Phylogeography of roe deer (Capreolus capreolus) populations: The effects of historical genetic subdivisions and recent nonequilibrium dynamics*. *Mol. Ecol.* 13:3071-3083.
- RAUP D.M., 1978. *Cohort analysis of generic survivorship*. *Paleobiology* 4: 1-15.
- RYDER O.M., 1986. *Species conservation and systematics: the dilemma of the subspecies*. *Trends. Ecol. Evol.* 1: 9-10.

L'ALOPECIA ANDROGENETICA MASCHILE IL PROTOTIPO DELLA CALVIZIE

La calvizie non è solo un tratto umano: alcuni primati (a esempio gli Scimpanzé) mostrano, dopo l'adolescenza, una caduta progressiva dei peli sulla testa; per questo motivo da adulti, vengono usati, comunemente, in laboratorio per saggiare i trattamenti per la caduta dei capelli. In questo breve scritto verrà presa in considerazione, tra i diversi tipi di perdita di capelli, l'*Alopecia Androgenetica* (AGA) maschile, lasciando

La calvizie non è un tratto tipicamente umano: anche alcuni primati mostrano, dopo l'adolescenza, una caduta progressiva dei peli sulla testa

quella femminile ad un prossimo futuro. Questa condizione, colpendo prevalentemente il sesso maschile, ha anche un significativo impatto psico-sociale: si definisce calvizie il fenomeno che consiste nell'assenza, totale o parziale, di capelli in regioni cutanee normalmente caratterizzate dalla loro presenza.

LA BIOLOGIA DEL CAPELLO

Il capello può essere considerato un vero organo in miniatura, attivamente in crescita, rappresen-

Una capigliatura sana di un giovane adulto contiene in media 90.000-150.000 capelli di cui se ne perdono circa 60/80 al giorno

tato dal *follicolo pilifero*. Prima di parlare della calvizie è bene sapere cosa sia un capello, come nasce, come muore e come si rigenera ad ogni ciclo vitale: il capello è situato in un particolare alloggio della pelle, a forma di sacco, inclinato di circa 75° rispetto alla linea della superficie cutanea, denominato, appunto, follicolo pilifero.

Nel capello normalmente sviluppato si distinguono 3 parti:

- una parte esterna al follicolo e visibile, detta *stelo* o *fusto*;
- una parte interna al follicolo stesso, detta *radice*, immersa nella cute e, quindi, non visibile;
- una parte ancora più profonda, detta *bulbo*, che contiene nella parte inferiore (in pratica il pavi-

mento) due o tre file di cellule sovrapposte, a rapida riproduzione, che costituiscono la matrice.

Dal punto di vista chimico, il costituente principale del capello, oltre all'acqua, è la cheratina (una proteina molto resistente alla rottura e all'abrasione e che è anche la principale unità strutturale delle nostre unghie) composta da 18 amminoacidi e di cui la cisteina rappresenta l'amminoacido presente in maggior quantità.

Esiste una correlazione diretta fra la quantità di oligoelementi presenti nel sangue e quelli presenti nel capello: il ferro è abbondante nei capelli rossi rispetto a quelli biondi e neri; il magnesio è più abbondante nei capelli neri; lo zinco, quando carente, determina un indebolimento del capello e un rallentamento del ciclo di crescita; il piombo è più abbondante nei capelli castani e la sua quantizzazione, a livello della parte distale del fusto, viene utilizzata per valutare la presenza di questo metallo nell'inquinamento ambientale.

Altri costituenti, oltre ai minerali, sono i lipidi (trigliceridi, cere e fosfolipidi) e pigmenti (melanina).

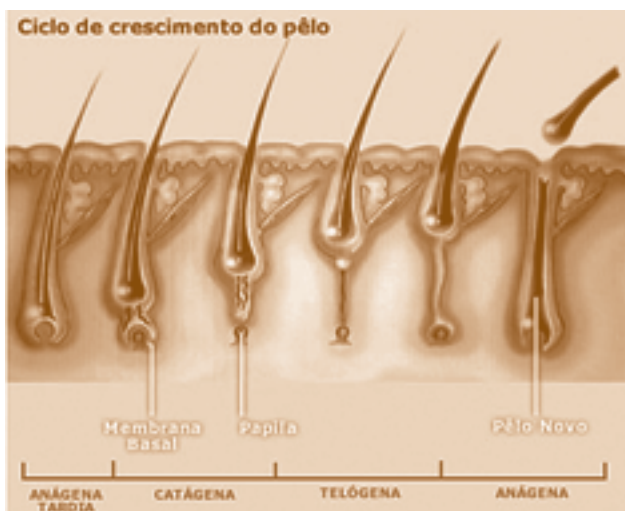
IL CICLO DI CRESCITA

Una capigliatura sana di un giovane adulto contiene in media 90.000-150.000 capelli (la densità massima si osserva nei biondi mentre la minima nei rossi, circa il 90% sono attivamente in crescita) di cui se ne perdono circa 60/80 al giorno. I capelli nascono, crescono e muoiono seguendo un incessante ciclo vitale: si osservano 3 fasi che non riguardano contemporaneamente tutta la chioma e permettono di mantenerla folta:

- la Crescita (o *Anagen*);
- il Riposo (o *Catagen*);
- la Caduta (o *Telogen*).

La Fase di Crescita (o *Anagen*): le cellule del bulbo si moltiplicano e formano la cheratina facendo, così, crescere il fusto. Nell'uomo è la fase più lunga (circa 2-3 anni) e dà origine a un capello di 30 cm. Nella donna questa dura, invece, 5-6 anni e si accorcia con il passare dell'età.

La Fase di Riposo o *Catagen*: le cellule cessano di moltiplicarsi e il bulbo sale verso la superfi-



cie (la sua durata è di 2-3 settimane).

La Fase di Caduta o *Telogen*: il capello, ormai statico, aspetta di essere espulso per fare posto ad uno nuovo.

La calvizie comune è la forma più comune di perdita di capelli nel sesso maschile: nei caucasici è osservabile nel 20% dei maschi di 20 anni mentre è molto meno frequente negli uomini di origine africana e negli orientali.

Il bulbo rimane a riposo per circa 3 mesi in attesa di tornare a proliferare per originare il nuovo capello che, da quanto detto, con il suo comportamento ciclico, di caduta e di rigenerazione, può “vivere” dai 3 ai 7 anni prima di cadere.

L'ALOPECIA ANDROGENETICA

(CHIAMATA ANCHE “CALVIZIE COMUNE”)

L'Alopecia Androgenetica è la forma più comune di perdita di capelli nel sesso maschile: nei caucasici è osservabile nel 20% dei maschi di 20 anni e aumenta con l'età, cosicché un maschio di 90 anni ha l'80% di probabilità di avere qualche forma di calvizie. Mentre è molto meno frequente negli uomini di origine africana e negli orientali rispetto ai bianchi.

È un fenomeno progressivo, programmato con un inizio bi-temporale che, in seguito, si estende al vertice ed è dipendente dai cambiamenti del normale ciclo del follicolo pilifero. Nella calvizie maschile, una perturbazione di questo ciclo, causa un progressivo accorciamento della fase anagen (di crescita) unitamente a un allungamento della fase telone: questo porta ad un accorciamento del capello che diventa sottile e meno pigmentato. Inoltre, il follicolo diventa incapace di produrre un capello in

grado di raggiungere la superficie della cute e di conseguenza la regione diventa calva.

L'EZIOLOGIA

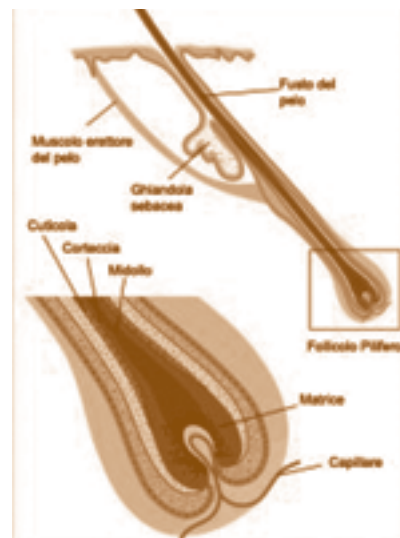
L'osservazione della comune calvizie, o AGA, negli eunuchi mette in rilievo che in questa condizione sono importanti gli androgeni: è fondamentale il ruolo dell'enzima *5α-reducasi* di tipo 2 che è responsabile della conversione del testosterone (T) a *Diidrossitestosterone* (DHT), considerato il più potente androgeno esistente in natura.

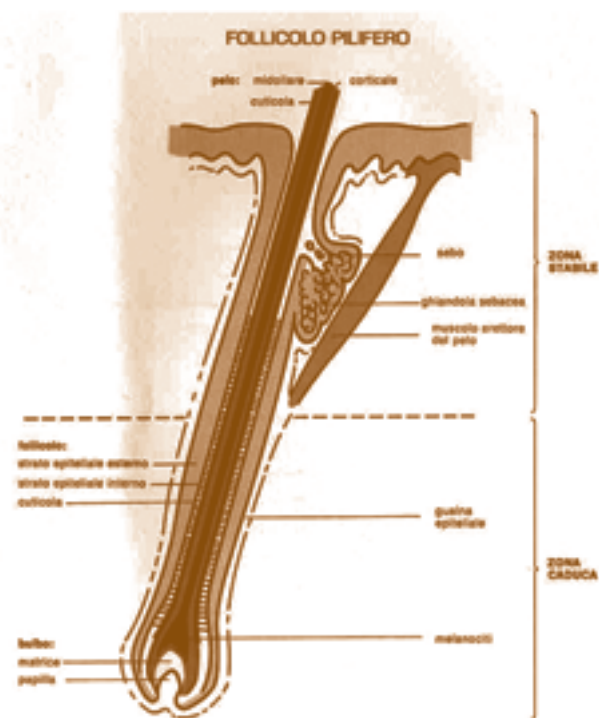
Sia T che DHT si legano al recettore *androgeno* (AR) dei follicoli, indebolendo il capello. È, ormai, comunemente accettato che l'AGA maschile è associato ad un incremento dell'attività della *5α-reducasi* la quale porta ad un forte aumento locale della produzione di DHT. Da notare che gli unici androgeni che danneggiano il cuoio capelluto e che possono provocare calvizie sono i cataboliti di T (cioè il DHT e l'*Androstenedione*), mentre T non ha alcuna influenza dannosa.

Riassumendo il follicolo pilifero dei “futuri calvi” produce alte quantità di DHT che lo fanno rimpicciolire con il conseguente assottigliamento del capello prodotto; la calvizie non dipenderebbe, quindi, da un eccesso di ormoni androgeni ma da una maggiore sensibilità del capello a questi ormoni che è correlata alla maggiore attività dell'enzima *5α-reducasi* e, quindi, ad una maggiore quantità di DHT.

LA GENETICA (PREMESSA)

Le malattie causate da difetti in un singolo gene si dicono monogeniche o *mendeliane*, mentre se i geni alterati sono più di uno vengono dette poligeniche. Se, invece, a causare la patologia, intervengono anche fattori ambientali si parla di malattia multifattoriale. Nelle malattie multifattoriali l'ereditarietà è complessa e difficilmente prevedibile perché non si eredita la malattia ma la predisposizione ad ammalarsi. La malattia è determinata da un insieme di





fattori genetici e ambientali, fermo restando che, anche se la predisposizione è spesso necessaria, molte persone predisposte non si ammaleranno mai.

Sebbene si supponga da lungo tempo una base genetica per la calvizie, il modo di ereditarietà non è ancora del tutto chiaro: l'osservazione, che ricorra in famiglie, risale ai primi del '900. Inizialmente fu ipotizzata una trasmissione autosomica dominante e, in seguito, fu riconosciuto come carattere multifattoriale (genetica+ambiente). Alcuni studi hanno mostrato che varianti genetiche per il Recettore Androgeno (AR), localizzate sul cromosoma X(Xq12), sono responsabili del rischio aumentato di AGA.

Recentemente, studi indipendenti hanno trova-

La variante G del gene AR aumenta la sensibilità dei follicoli piliferi al diidrotestosterone con progressivo assottigliamento dei capelli

to, da una parte, un'associazione tra AGA e il cromosoma 20 (20p11), con trasmissione sia materna che paterna -spiegando il perché alcuni uomini presentano una calvizie simile a quella del padre- e, dall'altra, un'associazione, supposta da Hillmer, con il cromosoma 3 (3q.26). La localizzazione sul cromosoma X del gene AR indica che la linea materna è fondamentale per spiegare la ereditarietà dell'Alopecia Androgenetica.

Da tenere presente che AGA per manifestarsi necessita sia della predisposizione genetica che

degli ormoni maschili (androgeno): la presenza di uno solo dei due è una condizione necessaria, ma non sufficiente, al manifestarsi della patologia.

IL TEST GENETICO DI SCREENING

Attualmente è stato messo a punto un test genetico (HairDx), usato in entrambi i sessi, che viene effettuato tramite prelievo del DNA con un tampone della mucosa orale e permette di definire quale sia il rischio di sviluppare la malattia.

Il test studia la variabilità del gene per il recettore degli androgeni (AR) e può rivelarsi, in futuro, importante anche per identificare i pazienti che potranno trarre beneficio dal trattamento con farmaci anti-androgeni. Il gene AR è un gene che codifica, per il recettore androgeno, una proteina che risponde agli stimoli degli ormoni sessuali maschili.

Ricercatori tedeschi hanno ipotizzato -tramite ricerche in famiglie in cui era ricorrente la calvizie maschile- che l'AGA sia il risultato di alcune varianti di questo gene che portano ad una progressiva caduta dei capelli maschile. Infatti, un polimorfismo del gene AR nell'esone 1 (con la variazione di un singolo nucleotide in posizione 6.152) ha permesso di individuare due varianti alleliche: la variante A, a basso rischio (con il 70% di probabilità di non sviluppare la malattia) e la variante G ad alto rischio (70% di probabilità di sviluppare la malattia prima dei 40 anni).

Questa variante aumenta la sensibilità dei follicoli piliferi al *diidrotestosterone* con progressivo assottigliamento dei capelli. Questo test, attraverso la variante G, per la quale gli individui di sesso maschile sono positivi o negativi, si rivela utile nei maschi giovani che hanno familiarità per AGA e per i casi mascherati.

Inoltre, nell'esone 1 del gene AR c'è una struttura genetica (la ripetizione CAG che varia in lunghezza a seconda dei soggetti) ed è, quindi, possibile ricercare, anche, il numero di ripetizioni CAG, che sembra siano inversamente correlate alla sensibilità agli androgeni. In particolare una ripetizione CAG "corta" (<19 ripetizioni) è associata ad una maggiore sensibilità agli androgeni e, quindi, ad un maggior rischio (circa il 70%) di sviluppare AGA. Al contrario, un numero di ripetizioni CAG "lungo"(>19 ripetizioni) dovrebbe portare ad un rischio basso di sviluppare la calvizie. È bene sottolineare che HairDx è un test che valuta il rischio "calvizia" ma non è un test diagnostico.

LA TERAPIA

La calvizie può essere affrontata sia per via farmacologica che per via chirurgica. Esistono diversi farmaci che consentono di rallentare, bloccare o addirittura invertire (almeno per qualche anno) il processo della loro miniaturizzazione.

I farmaci attualmente in uso sono:

- il *Minoxidil*, farmaco usato dal 1960 per trattare l'ipertensione con dichiarate proprietà vasodilatatorie, aiuterebbe a mantenere la vascolarizzazione della papilla del derma e la crescita del capello;

In generale la popolazione interessata dalla calvizie ha 4 opzioni:

1. non fare nulla
2. correggere la perdita con accorgimenti topici o parrucche
3. ricorrere ad un trattamento farmacologico
4. ricorrere alla chirurgia

- il *Finasteride*, inibitore della 5α reduttasi di tipo II, agisce riducendo i livelli di DHT sullo scalpo, la terapia va continuata per tutta la vita;
- il *Dutasteride* ha proprietà simili al finasteride ma è più potente nel ridurre i livelli di DHT sul cuoio capelluto.

Altri farmaci comprendono i bloccanti del recettore androgeno, che svolgono un ruolo principale nella patogenesi.

Esistono anche integratori naturali (da prende-

re ai primi segni di diradamento) ad esempio quelli a base di acidi polinsaturi, derivati dal pompelmo. Sia la *Serenoa Repens* -palma che cresce lungo le coste e il litorale dell'Oceano Atlantico- che la *Bohemeria Niponovicia* -pianta perenne originaria del Giappone- sono ricche di acidi polinsaturi ed hanno un effetto inibente sulla 5α reduttasi (inibendo, così, la conversione di T in DHT e il legame tra *diidrotestosterone* ed il suo recettore): per tali motivi sono considerate le due migliori alternative naturali ai farmaci.

Per concludere è doveroso fare menzione a una tecnica innovativa, PRGF (*Plasma Riched of Growth Factors*), già ampiamente utilizzata in campo odontoiatrico e ortopedico, ora disponibile presso l'IDI di Roma per la cura dell'Alopecia Androgenetica. Questa tecnica prevede l'inoculazione nel cuoio capelluto di un plasma ricco di piastrine, ottenute da un prelievo eseguito al paziente stesso (onde evitare effetti collaterali e di rigetto) grazie al quale, nel 60-70% dei casi, si ottiene una ricrescita della chioma in circa 3-4 mesi.

Sono stati fatti molti progressi nella patogenesi e nella terapia dell'AGA ma, poiché gli studi su questa patologia sono in continua evoluzione, non è escluso che verranno poste in essere altre terapie sempre più risolutive, anche in considerazione del fatto che essa fa parte di un'area di ricerca particolarmente dinamica.

CARMEN CASSERO

Dipartimento di Biologia e Biotecnologie "C. Darwin"
Università di Roma "La Sapienza"

ANNEO VIOLANTE

Cattedra di Analisi Cliniche
Università di Roma "La Sapienza"

Bibliografia

- ALSANTALI A., SHAPIRO J., *Androgens and hair loss. Curr. Opin. Endocrinol. Diabetes Obes.*, 16(3), 246-53, 2009.
- ANITUA E. E COLL., *The potential impact of the preparation rich in Growth factors (PRGF) in different medical fields. Biomaterials*, 28 (31), 4551-60, 2007.
- BERGFELD W.H. E COLL., *Androgenetic Alopecia, an autosomal dominant disorder, Am. J. Med.*, 98 (1A), 955-985, 1995.
- ELLIS J.A., *Sinclair RD-Male pattern baldness, current treatments, future prospects, Drug Discov. Today*, 13 (17-18), 791-97, 2008.
- ELLIS J.A. E COLL., *Polymorphism of the Androgene Receptor Gene is associated with male pattern baldness J. Invest Dermatol*, 116 (3), 452-55, 2001.
- GHO C.G., NEUMANN H.A., *Therapeutic options for androgenetic alopecia. Ned Tiidschr Geneesk*, 155 (8), A2535, 2011.
- HILLMER A.M., HANNECKER S. E COLL., *Genetic variation in the human androgen receptor gene is the major determinant of common early onset Androgenic Alopecia, Am. J. Hum. Genet*, 77 (1), 40-48, 2005.

HILLMER A.M. E COLL., *Susceptibility variants for male-pattern baldness on chromosome 20 p112, Nat.Genet.*, 40 (11), 1279-81, 2008.

KEENE S.A., *A genetic test for adrogenetic alopecia: Polymorphisms in the androgen receptor gene provide a genetic screening test for androgenetic alopecia and earlier medical intervention, Hair Transplant Forum international, May/June*, 91-93, 2008.

NYHOLT D.R. ET AL., *Genetic basis of male pattern baldness. Journal Investigative Dermatology*, 121, 1561-64, 2003.

OTBERG N., FINNER A.M., SHAPIRO J., *Androgenetic Alopecia. Andocrinol. Metab. Clin. North AM*, 36(2), 379-98, 2007.

RATHMAYAKE D., SINCLAIR R., *Male Androgenetic Alopecia, Expert Opinion Pharmacoter*, 11(8), 1296-1304, 2010.

SAWAYA M.E., SHALITA A.R., *Androgen receptor polymorphisms (CAG repeat Lenghts), in Androgenic Alopecia, hirsutism and acne, Journ of cutaneous Med. and Surg.*, 3 (1), 9-15, 1998.

SHAPIRO J., *Hair Loss in women; New England Journ of Med.*, 357, 1620-30, 2007.

SINCLAIR R.D., DAWBER E.P.E., *Androgenetic Alopecia in men and women, Clinics in Dermatology*, 19, 167-178, 2001.

ANTONIO CIABATTONI

Antonio Ciabattone nasce a Roma il 16 agosto 1902, primo di quattro figli, da Giuseppe e Settimia Filippini. La sorella Emma Ciabattone così scrive: "Antonio era il più intelligente di noi figli. Nello studio andava benissimo. Antonio e Franco (Francesco Stipa, il celebre chirurgo, era suo cugino di secondo grado) si iscrissero all'università insieme, Franco a medicina, Antonio a fisica-matematica. Poco tempo dopo essersi iscritto all'Università, gli venne in mente l'idea di trasformare il cambio delle marce dell'automobile, che allora era con una leva a mano, in cambio automatico. Si mise quindi a lavorare a questo progetto, facendo anche fondere vari pezzi, aiutato per le spese da papà... Dopo vari inutili tentativi di commercializzare l'invenzione in Italia, andò a Parigi, dove si impiegò alla Citroën come collaudatore... Non mi so spiegare perché Antonio, ritornato a casa, non riprese gli studi; per un periodo fece il taxista. Dopo il ritorno in Italia, Antonio si interessò alla produzione della plastica, che era allora una novità e riprodusse

te ad un asse-pedaliera, davanti era inserita una carrucola dotata di fune tirata a mano dal conducente per mezzo di una impugnatura in legno. Era possibile sterzare con i piedi mentre il veicolo avanzava al tirare della corda avvolta nella carrucola... Con la lima ricavò da un blocchetto di ferro una perfetta incudine in miniatura... Alla fine della seconda guerra mondiale si ammalò di cancro e morì nel marzo 1948".

Nel 1946 ad Antonio si presentò l'occasione di poter trasferire, da un campo ARAR nei pressi di Napoli a Roma, sei capaci autocarri, in un solo viaggio. Risolse il problema scendendo a Napoli insieme ad un altro eccellente meccanico e provetto conducente, suo cognato, perché lo aiutasse nell'impresa. I due appoggiarono le ruote anteriori del primo autocarro senza conducente sul pianale dell'autocarro con conducente e quelle del terzo autocarro sul pianale del secondo. Ancorati con cura e messi in folle i veicoli senza conducente, lo straordinario convoglio partì. Dopo varie ore e notevoli difficoltà logistiche dovute al percorso, i sei autocarri raggiunsero Roma da Napoli condotti da due soli conducenti in un solo viaggio.

La sorella ricorda che Antonio era anche un eccellente ed elegantissimo ballerino. Era stimatissimo dalla famiglia che lo ospitò a Parigi, al

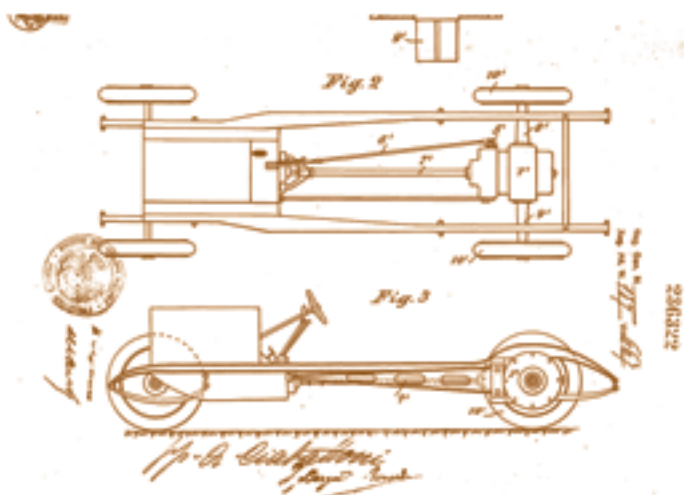
Studiò e sperimentò l'impiego della plastica realizzando poi i modellini in scala della Flotta italiana descritta nell'Almanacco navale del 1941

con questo materiale le navi della flotta italiana, in scala ridotta; progettò e realizzò anche marchingegni contro i ladri. Progettò e realizzò una barca in legno a fondo piatto, dalla prua di foggia sperimentale per studiarne il comportamento idrodinamico. La barchetta era dotata tanto di scalmi e remi, quanto di motore fuoribordo: ne studiò le caratteristiche di comportamento sulle acque del Tevere... Costruì alcuni robustissimi giocattoli per ragazzi "automobili a mano", costituiti da una tavola che sosteneva un seggiolino mobile da vogatore; poco dietro era fissato un asse per le ruote posteriori, mentre quelle anteriori giravano imperniata-

punto da desiderare di adottarlo.

Durante la seconda guerra mondiale, mentre si trovava a Roma, seppe che durante una retata operata dalle truppe Tedesche in via Nazionale era stato preso anche il suo giovane nipote. Antonio, senza esitazione, a bordo di un'automobile uscì fulmineo da Roma, inseguì e rintracciò il convoglio di autocarri con i deportati, lo fece fermare e convinse il responsabile che quel ragazzo snello, alto, biondo e con gli occhi azzurri dall'aspetto decisamente germanico [suo nipote] era tedesco e che catturarlo era stato un grave errore. Sostenne con autorevolezza che il ragazzo apparteneva a una importante famiglia tedesca residente a Roma. Quindi, se lo fece riconsegnare, portandolo, poi, in salvo a casa. La sorte volle che l'adorato nipote morisse di malattia nella primavera del 1940.

Antonio accompagnò all'altare la sorella Emma, essendo il padre Giuseppe e la madre Settimia Filippini da poco deceduti. Dopo un anno e mezzo seguì i genitori, all'età di 45 anni, lasciando alla famiglia tutta il mito dell'apparecchio troppo in anticipo sui tempi per essere applicato nella produzione di serie delle autovetture, lo stupore della plastica come materiale estremamente modellabile per stampaggio, ma anche resistente, prodotto di incipiente diffusione e largo impiego di massa, oltre alla percezione che la tecnologia applicata potesse incidere in ogni ambito tanto dell'ambiente quotidiano che industriale su scale diverse, ma anche una serie di divertenti aneddoti legati ad altre



invenzioni di marchingegni antintrusione.

Antonio Ciabattoni chiese di essere sepolto in terra semplice, senza alcun fronzolo, che aborrisce. L'altro meccanico che lo aveva accompagnato nell'impresa degli autocarri da Napoli a Roma volle, comunque, costruire con un robusto ramo di quercia una piccola croce greca non sgrezzata e la pose sul luogo di sepoltura nel campo comune. Quando venne il tempo dell'esumazione, recuperò le ossa di Antonio Ciabattoni e le trasferì nella propria tomba di famiglia.

Antonio Ciabattoni, inventore "futurista" in molti ambiti, brevettò il nuovo sistema di cambio automatico delle marce di un'autovettura, progettandone e seguendone in prima persona tanto la fusione quanto il montaggio del prototipo su un'autovetturetta Bianchi del 1916, collaudandolo felicemente. Viaggiò con quella autovetturetta, tentando di far avere un successo anche commerciale al nuovo sistema di cambio di velocità. La sorella e i familiari tutti raccontano che gli fu risposto da tutti coloro a cui presentò tanto il brevetto che il prototipo del cambio automatico che *"era un sistema eccessivamente all'avanguardia per le reali possibilità di applicazione su vasta scala dello stesso sui veicoli di allora"*.

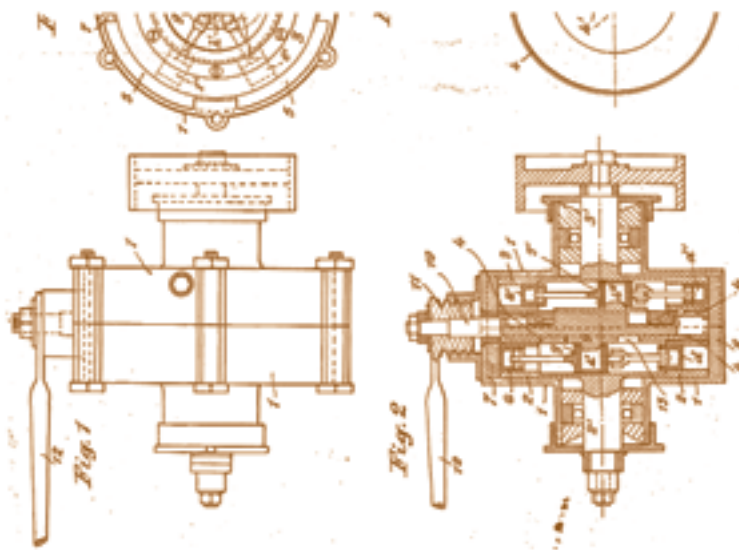
Quando lo brevettò, il 17 gennaio 1925 aveva compiuto 22 anni da cinque mesi.

Morirà 23 anni più tardi, amareggiato dalle molte esperienze negative ingiustamente subite. Aveva desiderato essere accettato nell'Accademia Navale di Livorno: era stato soldato nella Regia Aeronautica nel 1923, anno di nascita della stessa. Aveva imparato più lingue.

Inventò un "Apparecchio per determinare in modo progressivo e continuo il cambio di rapporto di velocità" (brevetto n°236322 depositato il 17 gennaio 1925). Ne fabbricò il prototipo che applicò su una autovetturetta Bianchi del 1916

Tra il 1925 e il 1927 fece conoscere la sua invenzione a fabbricanti di automobili italiani e non solo. Ne parlò diffusamente alla *Citroen* in Parigi, dove fu impiegato come collaudatore. Come tanti altri inventori "futuristi", non ebbe il meritato successo di fama e commerciale. I tempi erano, comunque, maturi per la diffusione e commercializzazione di quel tipo di invenzione e Antonio Ciabattoni, come ogni "futurista" (colui che percepisce, definisce e realizza prima di altri l'attualità di una evoluzione tecnologica in divenire), contribuì al fiorire successivo entro pochi anni di brevetti analoghi, applicazioni su vetture e vasta commercializzazione degli stessi.

La tecnologia e il mercato della plastica ebbero presto uno sviluppo esponenziale da cui l'ambiente è oggi pesantemente condizionato. Alcuni documenti confermano le attività e gli spostamenti compiuti da



Antonio Ciabattoni tra il 1922 e il 1927, tra questi:

- Il Foglio di Congedo illimitato, che documenta il servizio di leva prestato come soldato dal 5 settembre 1922 e (congedo per fine ferma a Capua) il 2 ottobre 1923 presso il Centro Equipaggi della Regia Aeronautica.
- Il Brevetto principale Reg. Gen. N° 236322, depositato il 17 gennaio 1925 presso l'Ufficio della proprietà intellettuale del Ministero dell'economia e del lavoro, avente per titolo *"Apparecchio per determinare in modo progressivo e continuo il cambio di rapporto di velocità"*.
- Il Completivo al Brevetto principale N°236322, depositato il 23 febbraio 1925.
- La Licenza per condurre vetture pubbliche nella città di Roma valida per l'anno 1925.
- Il Passaporto rilasciato a Torino il 6 novembre 1925, valido per la Francia, Spagna, Inghilterra e Belgio che riporta i timbri di entrata in Francia il 10 Novembre 1925, l'uscita dalla Francia ed il rientro in Italia il 24 Agosto 1927.
- Il *Permis de conduire les automobiles* rilasciato in data 11 febbraio 1926 dal Prefetto francese, tra le date di ingresso ed uscita dalla Francia.
- La *Demande de carte d'identité* richiesta alla *REPUBLIQUE FRANCAISE* il 12 juillet 1927.
- L'Estratto d'iscrizione per esercitare il mestiere di "conducente autoveicoli per servizio pubblico" rilasciato dal Questore di Roma il 17 Novembre 1927.
- L'Almanacco Navale che lo guidò nella riproduzione in scala della flotta italiana è del 1941-XIX, a cura dell'ufficio collegamento stampa del Ministero della Marina, Milano, 1940- XIX.
- Alcuni dei modellini di nave realizzati in plastica a mezzo di stampaggio e assemblaggio.
- La piccola incudine lavorata a lima.
- Immagini fotografiche della barca a fondo piatto.

Ci è sembrato corretto pubblicare questa nota, restituendo al suo autore la primogenitura del brevetto italiano relativo al cambio automatico delle marce di una autovettura.

ANTONELLA LIBERATI

RICORDO DI ELVIO CIANETTI

Uno studioso non muore mai; può morire biologicamente il corpo, ma la sua presenza durerà per sempre fino a che esistono delle biblioteche, degli schedari e fino a che dura l'accesso a Internet. Questo vale particolarmente per Elvio Cianetti i cui scritti, migliaia di pagine in libri, atti di congressi, articoli di riviste, rappresentano una base per chi vorrà conoscere l'evoluzione degli studi chimici e merceologici negli ultimi cinquanta anni.

Elvio Cianetti, che ci ha lasciato nel 2009, era nato nel 1916; laureato in chimica, si era dedicato subito agli studi della chimica applicata alla conoscenza e al controllo delle merci che costituiscono la base culturale della Merceologia.

Abbiamo preso insieme la libera docenza (che ancora esisteva) in Merceologia nel 1954 e da allora Cianetti è stato instancabile nel parlare dei problemi che la Merceologia consentiva di risolvere in quanto specialissima interfaccia fra gli studi sperimentali

chimici e fisici e l'economia della produzione e del commercio. A lui si devono molte opere di Merceologia e soprattutto l'introduzione nella ricerca del concetto di "qualità", liberata dalle scorie di sociologismo e trattata nei suoi veri aspetti di descrizione delle caratteristiche e dell'utilità degli oggetti fabbricati dall'uomo, dei prodotti alimentari, della carta, del legno, delle materie plastiche, di cui era una autorità internazionale.

I lettori di *Scienza e Tecnica* ricordano i suoi articoli, sempre acuti e ironici; nella SIPS Cianetti è stato a lungo membro del Comitato scientifico e membro del Consiglio di presidenza (Consigliere). Per mezzo secolo Elvio Cianetti è stato il paziente animatore e curatore della rivista *Rassegna chimica* che fece diventare la rivista ufficiale di Merceologia, fino alla sua chiusura nel 1999. Molti hanno perso un amico; la Merceologia ha perso uno dei protagonisti più significativi.

GIORGIO NEBBIA

www.sipsinfo.it

SCIENZA E TECNICA *on line*

LA SIPS, SOCIETÀ ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE - ONLUS, trae le sue origini nella I Riunione degli scienziati italiani del 1839. Eretta in ente morale con R.D. 15 ottobre 1908, n. DXX (G.U. del 9 gennaio 1909, n. 6), svolge attività interdisciplinare e multidisciplinare di promozione del progresso delle scienze e delle loro applicazioni organizzando studi ed incontri che concernono sia il rapporto della collettività con il patrimonio culturale, reso più stretto dalle nuove possibilità di fruizione attraverso le tecnologie multimediali, sia ricercando le cause e le conseguenze di lungo termine dell'evoluzione dei fattori economici e sociali a livello mondiale: popolazione, produzione alimentare ed industriale, energia ed uso delle risorse, impatti ambientali, ecc. Allo statuto vigente, approvato con D.P.R. n. 434 del 18 giugno 1974 (G.U. 20 settembre 1974, n. 245), sono state apportate delle modifiche per adeguarlo al D.Lgs. 460/97 sulle ONLUS; dette modifiche sono state iscritte nel Registro delle persone giuridiche di Roma al n. 253/1975, con provvedimento prefettizio del 31/3/2004. In passato l'attività della SIPS è stata regolata dagli statuti approvati con: R.D. 29 ottobre 1908, n. DXXII (G.U. 12 gennaio 1909, n. 8); R.D. 11 maggio 1931, n. 640 (G.U. 17 giugno 1931, n. 138); R.D. 16 ottobre 1934-XII, n. 2206 (G.U. 28 gennaio 1935, n. 23); D.Lgt. 26 aprile 1946, n. 457 (G.U. - edizione speciale - 10 giugno 1946, n. 1339). Oltre a dibattere tematiche a carattere scientifico-tecnico e culturale, la SIPS pubblica e diffonde i volumi degli ATTI congressuali e SCIENZA E TECNICA, palestra di divulgazione di articoli e scritti inerenti all'uomo tra natura e cultura. Gli articoli, salvo diversi accordi, devono essere contenuti in un testo di non oltre 4 cartelle dattiloscritte su una sola facciata di circa 30 righe di 80 battute ciascuna, comprensive di eventuali foto, grafici e tabelle.

CONSIGLIO DI PRESIDENZA:

Carlo Bernardini, presidente onorario; **Maurizio Cumo**, presidente; **Francesco Balsano**, vicepresidente; **Alfredo Martini**, amministratore; **Enzo Casolino**, segretario generale; **Mario Ali**, **Vincenzo Barnaba**, **Vincenzo Cappelletti**, **Cosimo Damiano Fonseca**, **Salvatore Lorusso**, **Elvidio Lupia Palmieri**, **Francesco Sicilia**, **Antonio Speranza**, consiglieri.

Revisori dei conti:

Salvatore Guetta, **Vincenzo Coppola**, **Antonello Sanò**, effettivi; **Giulio D'Orazio**, **Roberta Stornaiuolo**, supplenti.

COMITATO SCIENTIFICO:

Michele Anaclerio, **Piero Angela**, **Mario Barni**, **Carlo Bernardini**, **Carlo Blasi**, **Maria Simona Bonavita**, **Mario Cipolloni**, **Giacomo Elias**, **Ireneo Ferrari**, **Michele Lanzinger**, **Waldimaro Fiorentino**, **Gaetano Frajese**, **Gianfranco Ghirlanda**, **Mario Giacobazzo**, **Giorgio Gruppioni**, **Antonio Moroni**, **Gianni Orlandi**, **Renato Angelo Ricci**, **Mario Rusconi**, **Roberto Vacca**, **Bianca M. Zani**.

SOCI:

Possono far parte della SIPS persone fisiche e giuridiche (università, istituti, scuole, società, associazioni ed in generale, enti) che risiedono in Italia e all'estero, interessate al progresso delle scienze e che si propongano di favorirne la diffusione (art. 7 dello statuto).

SCIENZA E TECNICA

mensile a carattere politico-culturale
e scientifico-tecnico

Dir. resp.: Lorenzo Capasso

Reg. Trib. Roma, n. 613/90 del 22-10-1990 (già nn. 4026 dell'8-7-1954 e 13119 del 12-12-1969). Direzione, redazione ed amministrazione: **Società Italiana per il Progresso delle Scienze (SIPS)** Via San Martino della Battaglia 44, 00185 Roma • tel/fax 06.4451628 • sito web: www.sipsinfo.it - e-mail: sips@sipsinfo.it • Cod. Fisc. 02968990586 • C/C Post. 33577008 • UniCredit Banca di Roma • IBAN IT54U0300203371000400717627 Università di Roma «La Sapienza», Ple A. Moro 5, 00185 Roma.

Stampa: Mura srl - Via Palestro, 34 - tel/fax 06.44.41.142 - 06.44.52.394 - e-mail: tipmura@tin.it
Scienza e Tecnica print: ISSN 1590-4946 • Scienza e Tecnica on-line: ISSN 1825-9618