



CONOSCENZA

5

**cose  
che sappiamo  
essere vere**

**Un compendio di fatti irrefutabili  
per questi tempi gonfi di chiacchiere**

Le verità scientifiche, a qualche livello, sono sempre provvisorie. Una volta credevamo che i continenti fossero fissi sulla superficie terrestre; oggi sappiamo che si spostano. Credevamo che l'universo fosse statico; sappiamo che si espande. Pensavamo che la margarina fosse più sana del burro e che la terapia ormonale sostitutiva fosse giusta per tante donne in menopausa; ma ora abbiamo capito che non è così.

Come talvolta accade, la ridotta ma rumorosa schiera di coloro che rifiutano di accettare la posizione degli scienziati su certe questioni tende ad alzare ancora la voce.

Nell'era della «post-verità», abbiamo pensato che fosse il momento giusto per esporre, in modo chiaro e deciso, le buone ragioni di alcune ben stabilite – ma, in certi circoli, stranamente ancora contestate – verità scientifiche.

Dall'evoluzione agli incontri con gli alieni, un rapido ripasso di alcuni argomenti spesso messi in discussione dai gruppi antiscientifici.

Tuttavia, se è vero che gli scienziati non sanno tutto, un sacco di cose le sanno. E specialmente in questa stagione politica è scoraggiante vedere quanta gente respinge, bizzarramente, alcune delle verità meglio fondate della scienza moderna.

Noi di solito raccontiamo ai lettori i più recenti progressi della ricerca scientifica e tecnologica, ma per una volta ci è sembrato appropriato fare un passo indietro e parlare di alcuni fatti che la scienza ha solidamente stabilito.

Su queste verità, che sono basate su prove verificabili, sono accettate da decenni e continuano a risultare sempre più decisamente assodate man mano che continuano ad accumularsi nuove prove, sostanzialmente non esiste alcun dibattito tra gli scienziati esperti in materia.

La ricerca psicologica ha mostrato che essere messi di fronte a prove schiaccianti può irrigidire ancora di più la posizione di coloro che negano la verità, quindi non pretendiamo che gli interventi che seguono basteranno a risolvere il problema. Però è nostro dovere, ci pare, far osservare che certe cose sono vere e basta, anche nel mondo in costante crescita ed evoluzione della scienza.

*La redazione*



MONSTERS, INC. – Yeti, Bigfoot, mostro di Lochness e compari non esistono. L'idea di grossi animali sconosciuti che scorrazzano nei boschi del Nord America, serpeggiano in gelidi laghi scozzesi o passeggiano sull'Himalaya è bizzarramente fascinosa. Prove però, zero.

## L'unica spiegazione ragionevole della diversità della vita è l'evoluzione

di Michael Shermer

Il 14 gennaio 1844 Darwin scrisse una lettera all'amico Joseph Hocker, rievocando il giro del mondo che aveva compiuto sul brigantino *HMS Beagle*. Dopo cinque anni in mare, e sette di riflessioni sull'origine delle specie una volta tornato a casa, era giunto a una conclusione: «Alla fine, si è acceso un barlume di luce, e io sono quasi convinto (un'opinione opposta a quella che nutro all'inizio) che le specie non siano (è come confessare un omicidio) immutabili».

*È come confessare un omicidio.* Parole forti. Ma non c'è bisogno di chissà quale scienza – neanche di quella del grande naturalista inglese – per capire perché una teoria dell'origine delle specie per selezione naturale doveva rivelarsi tanto controversa. Se le nuove specie si creano in modo naturale – e non soprannaturale – che posto resta, allora, per Dio? Non stupisce che dopo un secolo e mezzo certi esponenti di varie fedi religiose continuino a vedere in questa teoria una tremenda minaccia. Ma in tutti questi anni gli scienziati hanno trovato tante di quelle prove a sostegno che sarebbe davvero stupefacente se dovesse rivelarsi falsa: sarebbe uno shock, come se crollasse la teoria che i microbi provocano malattie, o se gli astrofisici dovessero abbandonare il modello dell'universo nato dai big bang. Perché? Per la convergenza delle prove provenienti da molte diverse linee di indagine.

Per esempio: confrontando i dati provenienti da ricerche di genetica di popolazioni, geografia, ecologia, archeologia, antropologia fisica e linguistica, gli scienziati hanno scoperto che gli aborigeni australiani sono geneticamente imparentati più da vicino con gli abitanti dell'Asia meridionale che con i neri africani; il che ha senso, in una prospettiva evolutivista, perché l'andamento delle migrazioni degli esseri umani fuori dall'Africa li ha condotti prima in Asia e poi in Australia.

La coerenza delle tecniche di datazione è un altro elemento che rafforza la fiducia nella veridicità della teoria: le datazioni con uranio/piombo, rubidio/stronzio e potassio/argon sono tutte ragionevolmente concordi quando si determina l'età di rocce e fossili. Si tratta di stime, ma i margini di errore sono dell'ordine dell'1 per cento. Non è come se uno scienziato scoprisse che un ominide fossile risale a 1,2 milioni di anni fa e un altro scienziato a 10.000.

Non solo le datazioni sono coerenti, ma i fossili mostrano anche stadi intermedi, cosa che gli antievoluzionisti continuano a negare. Oggi dai fossili risultano almeno sei stadi intermedi dell'evoluzione delle balene, per esempio, e oltre una dozzina di ominini fossili, diversi dei quali devono essere intermedi rispetto all'uomo, visto che il ramo degli ominini si è separato da quello degli scimpanzé 6 milioni di anni fa. E gli strati geologici presentano costantemente la stessa sequenza di fossili. Trilobiti e mammiferi sono separati da molti milioni di anni, quindi trovare un cavallo fossile nello stesso strato geologico di una trilobite – o, per essere ancora più drastici, un ominino fossile nello stesso strato di un dinosauro – sarebbe problematico per la teoria dell'evoluzione. Ma non è mai accaduto.

Infine, ci sono le strutture vestigiali, segni e residui della storia evolutiva. *Pachyrhachis problematicus*, un serpente del Cretaceo, aveva ridotti arti posteriori, ormai scomparsi nella maggior parte dei serpenti odierni. Le attuali balene conservano una ridotta pelvi, per le zampe posteriori dei mammiferi terrestri da cui discendono. E gli esseri umani, ovviamente, sono pieni di strutture vestigiali inutili – segni distintivi delle nostre ascendenze evolutive – come denti del giudizio, capezzoli maschili, peli corporei, appendice e coccige.

Come osservò il grande genetista e teorico dell'evoluzione Theodosius Dobzhansky, «Nulla ha senso in biologia, se non alla luce dell'evoluzione».



Michael Shermer pubblica la rivista «Skeptic», cura una rubrica mensile per «Scientific American» ed è *presidential fellow* della Chapman University. Il suo libro più recente si intitola *The Moral Arc*.

GLI OGM NON FANNO PAURA – L'espressione «cibo Frankenstein» suona terrificante, ma gli organismi geneticamente modificati, in moltissimi esperimenti, non sono mai risultati pericolosi.

10%

UNA SCIOCCHERAZZA AL 100% – No, non è vero che usiamo solo il 10 per cento delle nostre capacità cerebrali. Nessuno sa da dove viene, ma non è un fatto, è una sciocchezza.

## L'omeopatia non ha alcuna base scientifica

di Harriett Hall

L'omeopatia è una pratica che sostiene di curare le malattie con dosi minime di sostanze che in persone sane produrrebbero i sintomi di quelle stesse malattie. Si basa sul pensiero ascientifico di un solo individuo, il medico tedesco Samuel Hahnemann, che l'ha inventata all'inizio dell'Ottocento. Non solo l'omeopatia non funziona; non c'è modo che possa funzionare. Non è compatibile con le nostre più basilari conoscenze di fisica, chimica e biologia. Nel suo saggio *Homoeopathy and Its Kindred Delusions*, Oliver Wendell Holmes la demolì completamente nel 1842, e sarebbe stato costernato all'idea che qualcuno possa crederci nel 2016.

Pochi di coloro che usano l'omeopatia si sono mai curati di informarsi su ciò che stanno prendendo o sulle strambe teorie che ci sono dietro. Il modo più semplice di spiegare la teoria omeopatica è con un esempio: se il caffè vi tiene svegli, il caffè diluito vi farà dormire, e più è diluito più l'effetto è forte. Se, a forza di diluirlo, non rimane più neppure una molecola di caffè, sarà più forte ancora. (In qualche modo l'acqua si ricorda del caffè che non c'è più.) Se poi mettiamo una goccia d'acqua senza caffè su una pillolina di

zucchero e la lasciamo evaporare, il ricordo del caffè si trasferirà alla pillola, e la pillola allevierà l'insonnia.

È difficile pensare che qualcuno compri un farmaco che non contiene nessuna traccia di principio attivo, ma lo fanno tanti. Un prodotto chiamato *Oscilloccoccinum* viene venduto in gran parte delle farmacie a clienti che sperano di alleviare i sintomi dell'influenza e del raffreddore. Il nome è quello dei batteri oscillanti che un medico francese, Joseph Roy, pensò di vedere nel sangue di vittime dell'influenza e nel fegato d'anatra: non li ha mai visti nessun altro. La confezione dice che l'ingrediente attivo è *Anas barbarie* 200 CK HPUS. Cioè anatra muschiata (cuore e fegato), che hanno diluito 1:100, e poi hanno ripetuto l'operazione 200 volte, ogni volta sottoponendo la soluzione a «succussione» (cioè scossa, non mescolata). Basta studiare un po' di chimica e conoscere il numero di Avogadro per calcolare che alla 13ª diluizione la probabilità che rimanga anche solo una molecola dell'anatra è solo del 50 per cento, e alla 200ª diluizione l'anatra non c'è più da un pezzo. Resta il pollo.

I metodi di prescrizione dell'omeopatia sono incredibilmente futili. Fanno una sfilza di domande irrilevanti (Di che colore hai gli occhi? che cibi non ti piacciono, di che cosa hai paura?). Poi consultano due libri. Il primo è un *Repertorio*, che elenca i rimedi per ogni possibile sintomo, per esempio chiarezza (ebbene sì, sarebbe un sintomo), carie dentali o sentirsi «lacrimevole». Il secondo è un elenco di *Materia Medica* che indica i sintomi associati a ciascun rimedio: «so-



Harriett Hall, medico di famiglia in pensione, scrive di medicina, medicine alternative, scienza, ciarlataneria e pensiero critico. È tra i fondatori e redattrice del blog «Science-Based Medicine», e fa parte del Committee for Skeptical Inquiry e del consiglio direttivo della Society for Science-Based Medicine.



**QUESTA STORIA FA ACQUA** – Bere otto bicchieri d'acqua al giorno non serve. Certo, bisogna sostituire l'acqua persa con urina e sudore, ma il cibo ne fornisce un po', e comunque non c'è una dose fissa.

**COSTA CARO, E VA DRITTO NEL WC** – A meno di non soffrire di carenze o non avere accesso a cibo sano, i supplementi vitaminici sono in gran parte tempo e denaro sprecati.

gnare rapinatori» è associato al sale da cucina! Sì, il sale da cucina diluito, e praticamente ogni altra cosa, può essere un rimedio.

Tra i miei preferiti: muro di Berlino, luce d'eclisse lunare, cerume di cane e polo sud di magnete. È assurdo, ma si stima che cinque milioni di adulti e un milione di bambini assumano rimedi omeopatici ogni anno nei soli Stati Uniti, per la maggior parte autoprescritti e acquistati in farmacia. Certo, ci sono studi pubblicati che sostengono che l'omeopatia funziona, ma si può trovare uno studio a sostegno di qualunque cosa, o quasi; però le rassegne scientificamente rigorose dell'intero corpus delle ricerche hanno costantemente concluso che non funziona meglio di un placebo.

Come hanno scritto Edzard Ernst, professore di medicina complementare all'Università di Exeter, nel Regno Unito, e il suo coautore Simon Singh, «l'evidenza indica che c'è un settore fasullo che offre ai pazienti nulla più che fantasticherie». La FDA consente la vendita dei rimedi omeopatici in base a una clausola che li esenta dal dimostrarsi efficaci, ma sta considerando la possibilità di modificare le regole. Io vorrei che rendessero obbligatoria un'etichetta che dica: «Non contiene ingredienti attivi. Utilizzabile solo per intrattenimento».

La persistenza dell'omeopatia è una dimostrazione dell'incapacità di pensiero critico del pubblico. C'è chi si è rivolto all'omeopatia invece di assumere farmaci efficaci, vaccinarsi o fare profilassi contro la malaria. C'è chi è morto. L'omeopatia era una sciocchezza nel 1842, e una sciocchezza rimane al giorno d'oggi.

## Cambiamento climatico: le teorie del complotto sono ridicole

di Ray  
Pierrehumbert

Mi lascia sempre perplesso che qualcuno si sia convinto che il vasto consenso scientifico sul riscaldamento globale antropogenico sia un grande complotto. Se fosse così, come complotto è straordinario: copre quasi due secoli e coinvolge scienziati di decine e decine di paesi. Le basi per capire la temperatura del pianeta cominciano a porle negli anni venti dell'Ottocento Joseph Fourier, che stabilì che la temperatura di un pianeta è determinata dall'equilibrio tra l'energia che riceve dal Sole e la radiazione infrarossa che riemette nello spazio. Una determinazione quantitativa dell'idea si ebbe poi con lo sviluppo, a metà Ottocento, della teoria della radiazione di corpo nero da parte di Ludwig Boltzmann e Gustav Kirchhoff.

Fu John Tyndall a introdurre nel quadro l'anidride carbonica verso la fine del XIX secolo, mostrando che intrappola la radiazione infrarossa; e poco dopo il chimico Svante Arrhenius mise insieme il tutto. Il XX secolo ha poi visto molti altri sviluppi, culminati in una teoria che tiene conto dei feedback sia dell'anidride carbonica che del vapore acqueo, elaborata negli anni sessanta e settanta da Syukuro Manabe. Molte cose le abbiamo approfondite ancora, negli anni seguenti, ma Manabe aveva sostanzialmente visto giusto. La nostra comprensione dei rapporti tra gas serra e riscaldamento globale poggia sulle stesse basi di cose come missili a ricerca di calore, satelliti meteorologici e telecomandi a raggi infrarossi. Se è un complotto, deve essere veramente molto grosso per aver falsificato tutto questo.

E ancora più grosso dovrebbe essere per falsificare i mutamenti dei climi previsti dalla teoria e osservati dagli scienziati — l'aumento delle temperature medie globali, l'innalzamento del livello dei mari, la perdita di ghiacci artici e antartici, la fusione dei ghiacciai, l'aumento di intensità e durata delle ondate di calore e tante altre cose. E i congiurati avrebbero dovuto falsificare anche tutti i dati sui climi del passato, che ci dicono che non c'è meccanismo che possa magicamente salvarci dagli effetti ormai associati dell'azione concertata di anidride carbonica e vapore acqueo. E dovrebbero falsificare le osservazioni oceaniche che ci dicono che le acque subsuperficiali degli oceani si stanno riscaldando, il che prova che l'energia che sta riscaldando la superficie del pianeta non può venire dagli oceani. (L'energia si conserva, quindi se fossero gli oceani a causare il riscaldamento della superficie dovrebbero raffreddarsi.) E i dati sul bilancio globale del carbonio e su quello dei suoi isotopi, che provano che l'anidride carbonica che si sta accumulando nell'atmosfera viene davvero da deforestazione e uso dei combustibili fossili. E si dovrebbe falsificare, ancora, l'osservata coincidenza tra raffreddamento della stratosfera e riscaldamento della troposfera, che è caratteristica dell'azione dell'anidride carbonica e altri gas serra a lunga permanenza atmosferica.

La scienza premia chi rovescia i vecchi dogmi, quindi che la teoria base del riscaldamento globale abbia superato tutte le sfide è molto significativo. Il riscaldamento globale è un problema, e lo abbiamo causato noi. Questo è e resta vero. Non c'è spazio, in un discorso onesto e ragionevole, per mettere in discussione l'esistenza stessa del problema.



Ray Pierrehumbert è il titolare della cattedra di fisica intitolata a Edmond Halley dell'Università di Oxford.

**NON SPORGERTI O CADI DI SOTTO** — No, stiamo scherzando. La Terra non è piatta. Lo sapeva, a suo tempo, Cristoforo Colombo. E lo sapete anche voi. Beh, insomma, quasi tutti.

**NIENTE PASTI GRATIS** — Moto perpetuo ed energia a volontà sarebbero una gran bella cosa. Ma la termodinamica dice che non si può, e la legge è legge.

## I vaccini non causano l'autismo

di Paul Offit

Sono passati quasi vent'anni da quando un lavoro pubblicato su «Lancet» avanzò il sospetto che i vaccini provocino l'autismo. Da allora, è stato smentito da decine di studi, e l'articolo originale è stato ritrattato. Il denaro e il tempo dedicati studiare l'ipotesi di un rapporto tra vaccini e autismo sono stati in gran parte ben spesi. In primo luogo, i media hanno smesso di presentare la cosa come se ci fossero due posizioni equivalenti, mentre una sola è sostenuta dalla scienza. In secondo luogo, la maggior parte dei genitori non pensa più che i vaccini provocino autismo.

Un recente studio ha mostrato che l'85 per cento dei genitori di bambini autistici non crede che la causa siano i vaccini. Purtroppo, malgrado la montagna di prove che smentiscono l'associazione, un piccolo gruppo di genitori continua a credere che i vaccini possano provocare l'autismo. E non fanno vaccinare i figli, esponendoli a gravi rischi e indebolendo l'«immunità di gregge», che serve a contenere i focolai epidemici.

Ci sono diverse ragioni di questa ostinazione. Una è che le cause dell'autismo restano ignote: la stessa situazione del diabete nell'Ottocento, quando nessuno ne conosceva le origini o sapeva curarlo. All'epoca furono proposte cause assurde e terapie eroiche. Poi, nel 1921 fu scoperta l'insulina, e tutte le false credenze svanirono. Finché non emergeranno una causa chiara e una cura per l'autismo, sarà difficile accantonare per sempre l'ipotesi che incolpa i vaccini.

L'idea che i vaccini causino l'autismo, inoltre, è consolante, certo più degli studi che rivelano una base genetica. Se l'autismo è provocato da eventi che avvengono dopo la nascita, i genitori possono esercitare qualche forma di controllo; se è un disturbo genetico, no. E piace a tutti avere un colpevole contro cui puntare il dito, una forza malvagia da accusare di produrre l'autismo. I complottisti sostengono che il solo motivo per cui gli studi hanno mostrato che i vaccini non danno autismo è che c'è una larga cospirazione per nascondere la verità. Anche se a crederlo è solo una piccola parte dei genitori, le loro voci sono sproporzionatamente rappresentate su Internet.

Infine, spesso lo sviluppo dei bambini autistici appare normale ai genitori fino a circa 12 mesi di età. Poi, dopo aver ricevuto una serie di vaccinazioni, il piccolo non raggiunge più una serie di tappe tipiche del secondo anno di vita. Tuttavia vari studi in cui sono stati esaminati video girati durante il primo anno di vita mostrano che già allora quei bambini non si stavano sviluppando normalmente.

L'aspetto più incoraggiante della controversia su vaccini e autismo è che tanti studiosi, medici clinici, responsabili di sanità pubblica e genitori sono scesi in campo a rappresentare nei media la scienza, che ha assolto i vaccini. E grazie a loro il vento è cambiato. Adesso si sentono anche le voci dei genitori che protestano perché altri, scegliendo di non vaccinare i propri figli, mettono a rischio tutti i bambini.

Il clamore a favore dei vaccini si è fatto ancora più pressante, negli Stati Uniti, in seguito all'episodio di morbillo del 2015, partito da un parco della Disney in California meridionale e allargatosi a 189 casi, in maggioranza bambini, in 24 Stati e nel District of Columbia. Purtroppo, per far capire le cose alla gente niente è più efficace dei virus stessi. Ogni volta, però, a soffrire della nostra ignoranza sono i bambini.



Paul Offit è professore di pediatria nella Divisione malattie infettive e direttore del Vaccine Education Center dell'Ospedale pediatrico di Philadelphia.



**CRIMINI LUNARI** — I crimini non aumentano quando c'è la Luna piena. Può sembrare di sì, anche a qualche agente di polizia, perché si nota di più ciò che conferma le nostre aspettative. Malgrado alcuni studi un po' sospetti, le ricerche dicono che qui di lunatico c'è solo l'idea.



**RATATQUILLE** — Curare il Gli esperimenti sugli animali dicono che sta arrivando una

## Non esistono prove credibili di visite aliene

di Seth Shostak

Milioni di persone negli Stati Uniti sostengono di essere state rapite dagli alieni, diceva un articolo del «Washington Post» del 2013. Un bottino di tutto rispetto, insomma. Eppure, che fa il governo? Poco e niente. E questo dovrebbe dirvi qualcosa. O i federali non credono a quelle persone, o sono parte del problema.

Molti credono nella seconda ipotesi. Dicono che il governo sa che gli alieni ci sono, ma tiene nascoste le prove, nella famigerata Area 51 o in qualche altro bunker super-segreto.

Però, un momento. A meno che gli alieni non abbiano un debole per gli Stati Uniti, le percentuali di rapimenti nel resto del mondo non dovrebbero essere troppo diverse. Se c'è in corso un programma «alieni senza frontiere», nel mondo ci sono milioni di persone che sono state catturate dagli omini verdi. Penso che alle Nazioni Unite se ne sarebbero accorti. Penso che ve ne sareste accorti anche voi.

Naturalmente, i rapimenti sono solo una parte del cosiddetto «fenomeno UFO». Le prove sono soprattutto avvistamenti: testimonianze oculari, foto e video, la maggior parte dei quali si spiega come aerei, razzi, palloni, pianeti particolarmente visibili oppure, occasionalmente, burle. Qualcuno resta inspiegato, ma questo vuol dire solo che non è stato spiegato, non che si trattasse di dischi volanti, a prescindere dalle convinzioni di chi ne riferisce. Continua a non esserci alcuna prova scientificamente convalidata che gli extraterrestri siano stati qui, né in tempi recenti né nel passato remoto. Piramidi, allineamenti di Nazca in Perù e tutti gli altri artefatti che sono stati ascritti ad antichi astronauti possono essere direttamente spiegati con l'attività umana.

Pochi scienziati o curatori di musei trovano anche solo plausibile l'idea che qualcuno sia venuto a trovarci. Anche lasciando da parte le formidabili difficoltà tecniche del viaggio interstellare, proviamo a chiederci: perché adesso? *Homo sapiens* ha cominciato a trasmettere la sua presenza nell'universo solo dall'avvento della televisione e del radar. A meno che gli extraterrestri non arrivino da un sistema molto vicino, non c'è stato neanche il tempo perché venissero a sapere della nostra esistenza e volassero fino alla Terra.

Persino se potessero viaggiare alla velocità della luce (e non possono), dovrebbero trovarsi entro un raggio di 35 anni luce circa da noi, e mica ce ne sono poi tante di stelle così vicine. E poi, viaggiare nello spazio ad alta velocità richiede una quantità enorme di energia. Voi la paghereste una bolletta astronomica giusto per andare a pesca di omini, solo per sport e per di più liberando le prede?

Malgrado tutto questo, sono decenni che i sondaggi mostrano che grosso modo un terzo della popolazione statunitense crede che il nostro mondo ospiti visitatori cosmici. Se, malgrado la mancanza di valide prove, qualcuno proprio vuole crederci, dovrà ammettere anche che come ospiti sono perfetti. Non ci uccidono, non fomentano disordini, non rubano l'argenteria. L'incidente di Roswell risale a quasi settant'anni fa. Se da allora qualche alieno è passato da queste parti, bisogna dargli una medaglia per buona condotta.



Seth Shostak è scienziato astronomo presso il SETI Institute, organismo senza fini di lucro che studia la natura della vita oltre la Terra. È inoltre fra i conduttori del programma radiofonico settimanale «Big Picture Science».

Perché l'evoluzione è vera. Jerry A. Coyne, Codice Edizioni, Torino, 2011.  
Global Weirdness. Climate Central, Pantheon, 2012.

The Panic Virus: The True Story behind the Vaccine-Autism Controversy. Seth Mnookin, Simon & Schuster, 2012.

How UFOs Conquered the World: The History of a Modern Myth. David Clarke, Aurum Press, 2015.



...ro nei roditori non è come curarlo nell'uomo. ...no condotto a molte nuove terapie. Ma se vi ...va cura che funziona nei topi, gatta ci cova.

LS





di Marco Cattaneo

# Automi alla riscossa

## La rivoluzione dei robot umanoidi è sempre più vicina

**Q**ui da noi è ancora materia da fantascienza, ma i giapponesi ormai devono averci fatto l'abitudine. Quando vanno a comprare un nuovo telefonino, per esempio, nei negozi della SoftBank. Il commesso che presenta i nuovi modelli e illustra i piani tariffari si chiama Pepper, ed è un robot umanoide sviluppato da un altro ramo della compagnia, la SoftBank Robotics.

Funziona talmente bene, Pepper, che la società è già riuscita a piazzarne 10.000 a clienti piccoli e grandi. Tra gli altri, Nestlé, che li usa in alcuni dei suoi esercizi per vendere macchine da caffè, e First Commercial Bank, che dopo un primo test nell'ottobre scorso ha pianificato di collocarne 20 nelle sue filiali di Taiwan.

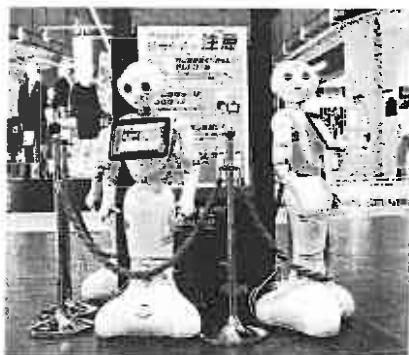
Insomma, facciamocene una ragione: i robot umanoidi sono tra noi. E ci tolgono il lavoro, direbbe qualcuno. Ma questa è un'altra storia, anche se per nulla irrilevante. Piuttosto, la presenza di robot umanoidi nella nostra quotidianità evoca scenari degni di 2001: *Odisea nello spazio* o di *Io, robot*, la celeberrima antologia del 1950 in cui Isaac Asimov enuncia le tre leggi della robotica.

«L'eventualità di un'apocalisse scatenata dai robot - scrivono Gordon Briggs e Matthias Scheutz a pagina 48 - è fra le più diffuse nell'immaginario popolare». Ma, avvertono, per il momento dovremmo piuttosto preoccuparci del potenziale pericolo rappresentato dagli esseri umani. «Gli esseri umani commettono errori. Possono dare istruzioni erronee o imprecise, distrarsi o cercare di ingannare i robot per fini discutibili».

In sintesi, sostengono Briggs e Scheutz, le leggi postulate da Asimov non sono sufficienti. O perlomeno vanno ripensate. Perché non è sempre saggio obbedire a un ordine che ci viene impartito, e così potrebbe essere per un robot soggetto agli ordini di un malintenzionato.

Sono passati dieci anni (si veda «Le

Scienze» n. 461, gennaio 2007) da quando pubblicammo un illuminante articolo di Bill Gates intitolato *Un robot in ogni casa*, corredato da un breve intervento di Gianmarco Veruggio, scienziato robotico e dirigente di ricerca, al CNR, che introduceva il tema dell'etica dei robot, o roboetica. Sebbene le previsioni di Gates si siano rivelate molto ottimistiche - nell'articolo si diceva che il Ministero dell'informazione della Corea del Sud puntava ad avere un robot in ogni casa entro il 2013 - il robot della SoftBank dimostra che quel momento si sta avvicinando.



E inevitabilmente, con esso, il momento in cui dovremo fare i conti con le azioni dei «nostri» robot, magari quando un robot si rifiuterà di eseguire un comando perché viola le sue norme. Saremo disposti a prenderlo sul serio? Ad accettare la sua disobbedienza in nome di un principio superiore? Lo considereremo alla stregua di una «persona»? D'altro canto, sottolineano ancora Briggs e Scheutz, «anche un'eccessiva fiducia nelle capacità morali o sociali dei robot è pericolosa». Perché un robot sociale potrebbe anche essere usato «per manipolare la gente in modi che non sono mai stati possibili prima».

Forse è presto per dire quali problemi potrà comportare la nostra interazione con i nuovi robot umanoidi, ma una cosa è certa. Un'altra rivoluzione tecnologica e sociale è alle porte.

## Comitato scientifico

- Leslie C. Aiello**  
presidente, Wenner-Gran Foundation for Anthropological Research
- Ricerto Battiston**  
professore ordinario di fisica sperimentale, Università di Trento
- Roger Bingham**  
docente, Center for Brain and Cognition, Università della California a San Diego
- Edoardo Boncinelli**  
docente, Università Vita-Salute San Raffaele, Milano
- Arthur Caplan**  
docente di bioetica, Università della Pennsylvania
- Vinton Cerf**  
Chief Internet Evangelist, Google
- George M. Church**  
direttore, Center for Computational Genetics, Harvard Medical School
- Rita Colwell**  
docente, Università del Maryland a College Park e Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health
- Richard Dawkins**  
fondatore e presidente, Richard Dawkins Foundation
- Draw Endy**  
docente di bioingegneria, Stanford University
- Ed Felten**  
direttore, Center for Information Technology Policy, Princeton University
- Kaigham J. Gabriel**  
presidente e CEO, Charles Stark Draper Laboratory
- Harold Garner**  
direttore, divisioni sistemi e informatica medici, docente, Virginia Bioinformatics Institute, Virginia Tech
- Michael S. Gazzaniga**  
direttore, Sage Center for the Study of Mind, Università della California a Santa Barbara
- David Gross**  
docente di fisica teorica, Università della California a Santa Barbara (premio Nobel per la fisica 2004)
- Danny Hillis**  
co-presidente, Applied Minds, LLC
- Daniel M. Kammen**  
direttore, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Università della California a Berkeley
- Vinod Khosla**  
Partner, Khosla Ventures
- Christof Koch**  
docente di biologia cognitiva e comportamentale, California Institute of Technology
- Lawrence M. Krauss**  
direttore, Origins Initiative, Arizona State University
- Morten L. Kringelbach**  
direttore, Hedonia: TrygFonden Research Group, Università di Oxford e Università di Aarhus
- Steven Kyle**  
docente di economia applicata e management, Cornell University
- Robert S. Langer**  
docente, Massachusetts Institute of Technology
- Lawrence Lessig**  
docente, Harvard Law School
- John P. Moore**  
docente di microbiologia e immunologia, Weill Medical College, Cornell University
- M. Granger Morgan**  
docente, Carnegie Mellon University
- Miguel Nicolelis**  
condirettore, Center for Neuroengineering, Duke University
- Martin Nowak**  
direttore, Program for Evolutionary Dynamics, Harvard University
- Robert Palazzo**  
docente di biologia, Rensselaer Polytechnic Institute
- Telmo Pievani**  
professore ordinario filosofia delle scienze biologiche, Università degli Studi di Padova
- Carolyn Porco**  
leader, Cassini Imaging Science Team, e direttore, CICLOPS, Space Science Institute
- Vilayanur S. Ramachandran**  
docente, Center for Brain and Cognition, Università della California a San Diego
- Lisa Randall**  
docente di fisica, Harvard University
- Carlo Alberto Redi**  
docente di zoologia, Università di Pavia
- Martin Rees**  
docente di cosmologia e astrofisica, Università di Cambridge
- John Reganold**  
docente di scienze del suolo, Washington State University
- Jeffrey D. Sachs**  
direttore, The Earth Institute, Columbia University
- Eugenie C. Scott**  
Founding Executive Director, National Center for Science Education
- Terry Sejnowski**  
docente e direttore del Laboratorio di neurobiologia computazionale, Salk Institute for Biological Studies
- Michael Shermer**  
editore, rivista «Skeptic»
- Michael Snyder**  
docente di genetica, Stanford University School of Medicine
- Giorgio Vallortigara**  
docente di neuroscienze, direttore associato, Centre for Mind/Brain Sciences, Università di Trento
- Lene Vestergaard Hau**  
docente di fisica e fisica applicata, Harvard University
- Michael E. Webber**  
direttore associato, Center for International Energy & Environmental Policy, Università del Texas ad Austin
- Steven Weinberg**  
direttore, gruppo di ricerca teorica, Dipartimento di fisica, University del Texas ad Austin (premio Nobel per la fisica 1979)
- George M. Whitesides**  
docente di chimica e biochimica, Harvard University
- Nathan Wolfe**  
direttore, Global Viral Forecasting Initiative
- Anton Zeilinger**  
docente di ottica quantistica, Università di Vienna
- Jonathan Zittrain**  
docente di legge e computer science, Harvard University

Ned Snowman/Shutterstock

# Il nostro futuro riproduttivo

A luglio in edicola a richiesta con la rivista il libro *La fine del sesso* di Henry Greely

**N**el prossimo futuro il sesso sarà obsoleto. Non ci accoppieremo più per riprodurci, ma solo per piacere o magari altro, che comunque non avrà alcun legame con la generazione di prole. Gli eredi, almeno chi li vorrà, saranno concepiti dall'inizio fin quasi alla fine al di fuori del corpo umano, e sarà possibile selezionarli su misura, con un semplice sequenziamento dei genomi degli embrioni candidati all'impianto in utero.

Potrebbe sembrare uno scenario da fantascienza, magari distopico per qualcuno, e invece è una prospettiva realistica, come spiega Henry Greely in *La fine del sesso*, libro allegato a richiesta con «Le Scienze» di luglio e in vendita nelle librerie per Codice Edizioni.

Già ora grazie alle tecniche di fecondazione *in vitro* è possibile aggirare il sesso procreativo, e grazie alla diagnosi genetica preimpianto è possibile cercare nel genoma di cellule di embrioni tratti genetici che indicano un rischio o una certezza per alcune condizioni. Ma tutto questo non è nulla a confronto del futuro tratteggiato dalle ricerche attuali in biologia dello sviluppo, genetica e medicina.

Docente di legge e genetica alla Stanford University, dove dirige il Center for Law and the Biosciences, Greely ritiene che probabilmente nell'arco di venti o quarant'anni la riproduzione umana sperimenterà una rivoluzione con profondi risvolti etici, sociali e antropologici, ma del tutto legale. Potrebbe essere possibile per esempio ottenere spermatozoi e ovuli da cellule adulte degli individui. Basterà riprogrammare queste cellule con un apposito cocktail di proteine per riportarle allo stato di cellule staminali pluripotenti indotte, in grado di differenziarsi in qualunque tipo cellulare che compone un organismo umano, e poi indurre quelle staminali a differenziarsi in gameti, maschili o femminili a scelta. E magari ottenere gameti maschili da donne e

femminili da uomini. In alcuni casi è già possibile arrivare a questi risultati, sebbene in modo non efficiente, ed è potenzialmente possibile in altri, grazie a ricerche pionieristiche dello scienziato giapponese Shinya Yamanaka, premio Nobel per la medicina nel 2012 proprio per la scoperta della staminali pluripotenti indotte.

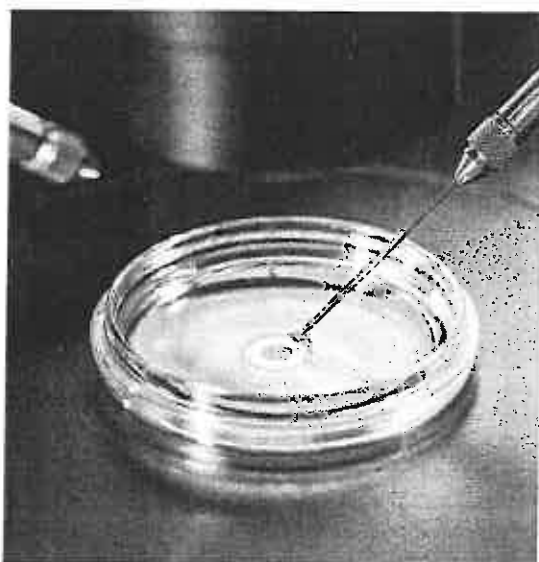
O, ancora, sarà possibile clonare esseri umani a scopo terapeutico, in parallelo con gli esperimenti che hanno portato alla clonazione della pecora Dolly alla fine degli anni novanta, trasferendo il DNA del nucleo di una cellula adulta nel nucleo di una cellu-

la uovo in precedenza svuotato del proprio DNA. E coinvolgere in tutto questo le staminali prelevate da embrioni umani.

Anche selezionare il corredo genetico del nascituro potrebbe essere addirittura più facile. Una decina di anni fa, ricorda l'autore, il sequenziamento di un intero genoma umano costava 500 milioni di dollari. Tre anni fa solo 1500 dollari. Nei prossimi venti o quarant'anni, potrebbe essere possibile sequenziare l'intero genoma di una singola cellula embrionale in modo accurato per una decina di dollari, appena. Questo, tuttavia, non implica di per sé una scelta deliberata delle caratteristiche del nascituro, soprattutto perché la correlazione tra geni e tratti non è sempre nota,

e in alcuni casi è assai complessa, tanto da rendere assai difficile o di fatto impossibile una selezione. Almeno per ora.

Nel frattempo, Greely si porta avanti e nel libro esamina anche le implicazioni su sicurezza, rapporti familiari, equità, giustizia e uguaglianza che potrebbero derivare da uno scenario del genere, e quale ruolo potrebbero o dovrebbero avere i decisori politici. Tenendo bene in mente però una delle principali lezioni della scienza: quello che è scientificamente possibile non sempre avviene come ce lo aspettiamo, dunque è bene non farsi trovare impreparati almeno dagli eventi che possiamo vedere all'orizzonte.



## RISERVATO AI LETTORI

Gli abbonati possono acquistare i volumi di **La Biblioteca delle Scienze** al prezzo di € 8,40 incluso il prezzo di spedizione e telefonando al numero 199.78.72.78 (0864.256266 chi chiama da telefoni non abilitati).

La stessa offerta è valida per richiedere i volumi della collana **I manga delle scienze** al prezzo di € 9,90 incluse le spese di spedizione. Il costo massimo della telefonata da rete fissa è di 14,37 cent di euro al minuto più 6,24 cent di

euro di scatto alla risposta (IVA inclusa). Per chiamate da rete mobile il costo massimo della chiamata è di 48,4 cent di euro al minuto più 15,62 cent di euro di scatto alla risposta (IVA inclusa).

# La democrazia della scienza

Tra il metodo scientifico e quello democratico ci sono analogie ma anche differenze

**L**a scienza non è democratica. Questa affermazione, fatta da scienziati o da giornalisti che prendono opportunamente le difese della comunità scientifica, risuona sempre più spesso nei dibattiti pubblici degli ultimi mesi, soprattutto in materia di vaccini e di riscaldamento climatico. La democrazia, se sostanziale e non meramente procedurale, è una delle invenzioni più gloriose dell'umanità, una conquista fragile e preziosa da custodire e coltivare con cura. Quindi dire in modo perentorio che qualcosa non è democratico di primo acchito lascia spiazzati e anche un po' dispiaciuti. Perché la scienza non dovrebbe essere democratica?

Anche la scienza è una delle invenzioni più gloriose dell'umanità e ha in comune con la democrazia (o con ciò che la democrazia dovrebbe essere) molti elementi: confronto libero tra pari, revisione critica dei propri convincimenti, argomentazione razionale e non dogmatica, valore del dissenso, condivisione di un linguaggio comune, rifiuto di autorità assolute, etica della trasparenza, importanza della reputazione. Scienza e democrazia sono sistemi imperfetti e vulnerabili, entrambi controintuitivi rispetto a molte pulsioni umane evolutivamente radicate che ci porterebbero a scegliere scorciatoie assai più facili. Quindi hanno bisogno entrambe di continua vigilanza, di un'educazione precoce e di una buona comunicazione per essere capite e condivise.

Non a caso, entrambe si trovano in difficoltà dinanzi alla prorompente invasività dei social, divoratori di tempo in cui le discussioni trasudano di maleducazione civica, la costruzione argomentativa appare ormai come un lontano ricordo di lentezze paleolitiche, e di conseguenza le posizioni antiscientifiche trionfano statisticamente su razionalità e buon senso. Dopo anni di allarmi ignorati e di troppo facili entusiasmi, ora ci accorgiamo di quanto la rete sia diventata il ricettacolo delle peggiori propensioni umane alla violenza verbale e alla menzogna, un gigantesco bar in cui sempre meno avventori capiscono la differenza tra una fonte autorevole e un qualsiasi dispensatore di frottole. Bisognerà immaginare un'ecologia dell'era digitale.

Ora mettiamo sulla bilancia ciò che scienza e democrazia non hanno in comune. I risultati scientifici non si decidono a maggioranza né con un referendum, bensì attraverso esperimenti e indagini controllate incrociate, revisioni tra pari statistiche. Il consenso

scientifico consolidato su un dato tema (il riscaldamento climatico è un dato oggettivo e dipende dalle attività umane; i vaccini non causano l'autismo; la sperimentazione animale è ancora necessaria per la ricerca biomedica; e così via) non può avere lo stesso peso dell'opinione di un singolo scienziato eterodosso o magari appartenente a un'altra disciplina. Lo stato dell'arte non può essere aggirato o negato: certo, può sempre essere criticato e sfidato, ma con nuovi dati e con l'onere della prova. Come si può notare, le analogie tra scienza e democrazia riguardano maggiormente il metodo, cioè il processo, mentre le differenze riguardano i risultati, cioè i prodotti continuamente aggiornati di quel processo.



**Vaccini assortiti.** I vaccini sono uno dei cavalli di battaglia della disinformazione che mira a screditare conoscenze scientifiche consolidate senza rispettare però il metodo scientifico.

Quindi potremmo concludere che la scienza in realtà è molto democratica, nelle regole che si è data per sottoporre a continuo vaglio critico i suoi risultati e per accumulare sempre nuove conoscenze. Quello che non è democratico affatto invece è il consenso acquisito su un determinato insieme di evidenze empiriche, alcune delle quali, per quanto in linea di principio sempre rivedibili e affinabili, sono ormai assodate oltre ogni ragionevole dubbio. Come tali, dunque, non possono essere date in pasto all'opinionismo dei *talk show* né al sottobosco di mistificatori che proliferano sul web. Per un semplice motivo, che vale anche per i capipopolo incompetenti: libertà di espressione non significa libertà di mentire.

## Responsabilità innaturali

La biologia sintetica offre opportunità  
inattese e rischi insoliti

di Kevin M. Esvelt

questo settore. Cellule umane, per esempio, sono state dotate di circuiti potenziati di DNA per pompare insulina nel flusso sanguigno con maggior precisione rispetto alle iniezioni quotidiane per i diabetici. *Salmonella* - il batterio associato a epidemie di infezioni alimentari - è stato riconvertito per avvicinarsi di soppiatto alle cellule cancerose e liberare il suo carico di farmaci tossici. L'approccio basato sul circuito di DNA può servire anche a diagnosticare malattie: di recente un gruppo di ricercatori di Boston ha riprogettato un microbo per allertare i medici su setticemie che iniziano a svilupparsi nel sangue di pazienti ospedalizzati. I test esistenti individuano raramente il problema fino a quando i pazienti sono assai più compromessi e difficili da curare.

La nuova tecnologia ha il potenziale per trasformare non solo i batteri ma anche la medicina stessa. «La biomedicina si trova alla sommità di una nuova rivoluzione nelle cure mediche», dice Wendell Lim, direttore del Center for Systems and Synthetic Biology all'Università della California a San Francisco. «Cellule microbiche e umane stanno diventando macchine terapeutiche versatili». Ma il quadro non è stato sempre così roseo.

### Ingegnerizzare la biologia

Negli ultimi quarant'anni gli scienziati hanno usato l'ingegneria genetica per scoprire e manipolare geni e rivelare l'intricato macchinario che regola la vita. Tuttavia la loro comprensione di come le diverse parti combaciassero tra loro e funzionassero nella vita reale era limitata. Le cose che sembravano andare bene in provetta andavano a rotoli una volta testate in cellule reali o animali. Quando la biologia sintetica ha preso il via c'è stata una pubblicità esagerata, ammette Collins. Da circa 17 anni a questa parte, però, Collins e alcuni colleghi biologi, spinti dai progressi nel sequenziamento e nella sintesi del DNA, stanno impiegando i geni da poco scoperti e altri elementi del DNA come componenti intercambiabili per progettare e costruire nuove applicazioni mediche che funzionino al di fuori di una piastra da laboratorio.

Parte del cambiamento è opera di scienziati con l'inclinazione ad arrembiare come ingegneri. «Negli ultimi anni c'è stata una convergenza di nuove idee che sta guidando il settore», dice Jeff Hasty, co-direttore del BioCircuits Institute alla Università della California a San Diego. Hasty ha iniziato la sua carriera scientifica vent'anni fa con un PhD in fisica. Scherzando, ma non del tutto, oggi si definisce «un ibrido fra un biologo computazionale e molecolare». La biologia sintetica è piena di tipi come Hasty, i quali sposano l'inclinazione degli ingegneri a «fare cose», dice.

«Proprio come un ingegnere elettronico usa conduttori, resistori e condensatori per creare nuovi dispositivi elettrici - aggiunge Collins - noi assembliamo i componenti della biologia - geni, proteine, RNA, fattori di trascrizione e altro DNA - per creare una particolare funzione».

Collins sottolinea che i dispositivi elettronici rappresentano modelli utili per capire i circuiti genetici. Pensiamo al termostato di un condizionatore d'aria. Percepisce un valore in entrata - la temperatura dell'aria che si sta scaldando - e risponde con un'azione in uscita: l'accensione del condizionamento dell'aria. Quando l'aria si è raffreddata, il termostato spegne l'apparecchio. Microrganismi unicellulari come i batteri sopravvivono in modo simile. A qualunque informazione allarmante in entrata, per esempio la presenza di un microbo competitore, il batterio risponde con un'azione in uscita, secernendo un antibiotico naturale per uccidere il nemico.

Il sogno della biologia sintetica è un mondo in cui tutti gli organismi viventi possono essere ingegnerizzati in modo affidabile, aiutando tutto e tutti. In questa visione, possiamo usare la genetica per programmare organismi viventi: «Se la condizione A è soddisfatta, fai l'azione B». Per citare un esempio nel breve termine, i batteri potrebbero produrre una proteina terapeutica solo in presenza di indicatori di una particolare malattia.

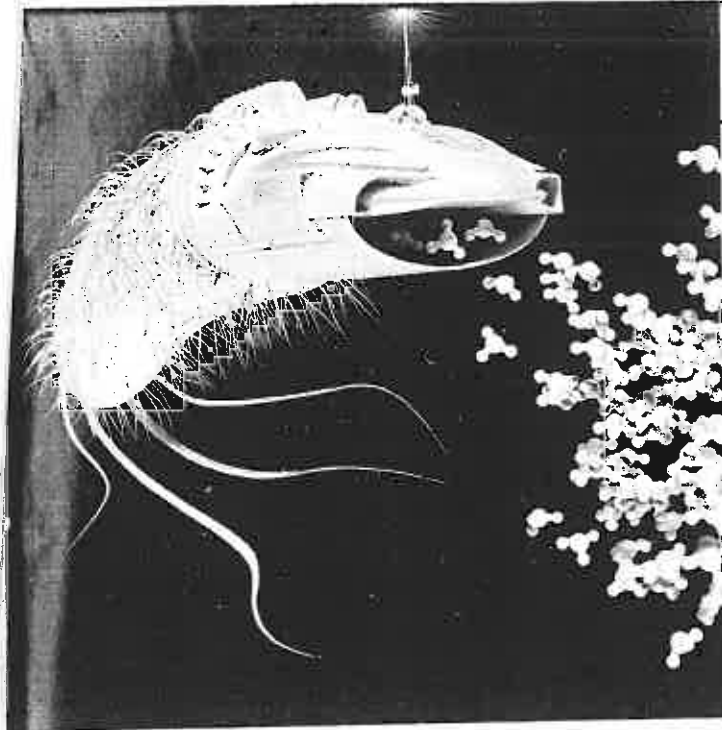
Perché usare sistemi viventi e non un mucchio di sostanze chimiche? Perché i sistemi naturali eseguono di routine complesse azioni chimiche che gli scienziati possono solo invidiare, e lo fanno a temperatura ambiente o a quella del corpo senza il bisogno di impiegare sostanze chimiche tossiche o di un aiuto esterno. Ancor meglio, queste fabbriche viventi sono di gran lunga più efficienti dal punto di vista energetico rispetto a qualsiasi altro dispositivo composto di silicio e metallo. La biologia è veloce, pulita e verde. E dovremmo usare questi sistemi perché le persone e gli ecosistemi sono vivi, e il miglior modo di riparare la vita è proprio con la vita stessa. Per combattere un agente patogeno che si sta evolvendo usiamo una cura in evoluzione.

Tuttavia, quando si tratta di sottomettere la natura ai nostri fini, emergono problemi. Adottare un organismo affinché lavori per noi significa che quello stesso organismo usa energia che diversamente potrebbe usare per replicarsi, per cui non si riprodurrà bene come invece faranno i suoi concorrenti. L'evoluzione selezionerà costantemente mutanti che si riproducono più velocemente e che non fanno più quello che vorremmo. La più grande forza della biologia è la sua capacità di replicarsi e di evolvere, ma questo pone anche una delle più grandi sfide.

Un modo per aggirare tutto questo è inserire limiti alla capacità di cam-

I costruttori di circuiti di biologia sintetica si sono divisi dagli ingegneri genetici puri in seguito a un'intuizione fortuita da parte di Collins e di un altro gruppo di ricerca. Nel 2000 il laboratorio di Collins, alla Boston University, aveva riferito di aver realizzato un interruttore genetico a levetta (*toggle switch*), uno dei due *network* sintetici di geni pubblicati su «Nature» a gennaio dello stesso anno.

Ai due articoli gemelli (l'altro era stato pubblicato da un gruppo della Princeton University) viene generalmente attribuito il merito di aver lanciato la biologia sintetica, perché hanno dimostrato che «potremmo prendere parti di cellule e collegarle insieme per ottenere un circuito nuovo allo stesso modo in cui potrebbe farlo un ingegnere», dice Collins. E non è affatto una coincidenza che all'epoca fosse circondato da circuiti: dirigeva un laboratorio di bioingegneria che stava realizzando arti meccanici per persone disabili. Attualmente lo scienziato lavora in strutture che si occupano di biologia sintetica in tre diversi istituti nell'area di Cambridge, negli Stati Uniti. E ha formato circa due dozzine di scienziati, fra i quali c'è anche Hasty, che oggi dirigono aziende proprie.



biare, in particolare in quei pochi casi in cui i nostri cambiamenti potrebbero diffondersi in natura. Un approccio, per esempio, consiste nell'usare catene di amminoacidi non naturali: nelle cellule produrrebbero proteine essenziali in modo dipendente da sostanze che non esistono in natura. Ma se gli amminoacidi non sono disponibili, le proteine non funzionano e i batteri non possono crescere in modo incontrollato. Siamo anche riusciti a migliorare le nostre capacità di costruzione nell'ambito dei limiti imposti dall'evoluzione: oggi i microbi sono programmati per rilasciare una scarica di molecole complesse e poi morire, per lo più evitando una selezione naturale contro la produzione. Le vie biochimiche cellulari possono essere corrette per eliminare gli effetti collaterali più indesiderati. Virus ingegnerizzati che hanno batteri come bersaglio uccideranno i patogeni invasori, si moltiplicheranno finché gli invasori sono stati eliminati e poi si fermeranno senza arrecare alcun danno al paziente. Dobbiamo anche fare attenzione a garantire che i benefici certi superino sempre i rischi della manipolazione degli organismi. Gli errori sono inevitabili. Quindi i progetti devono valere la pena, specialmente i primi esempi che devono

Negli anni successivi alla realizzazione dei primi interruttori primitivi a base di DNA, questa piccola comunità di biologi sintetici si è lanciata in una competizione sfrenata, mettendo a punto circuiti sempre più complessi che sfruttavano il naturale comportamento delle cellule del tipo «percezione-e-reazione». «Mentre procedevamo con le nostre ricerche, abbiamo capito, molto più che all'inizio, quanto incredibilmente versatile sia una cellula», dice Lim della Università della California a San Francisco. Lim descrive le cellule come un «telaio» adattabile in cui i ricercatori possono sostituire diversi motori genetici per svolgere funzioni terapeutiche.

Una delle prime applicazioni commerciali è emersa nel 2006, grazie a un gruppo di ricercatori guidati da Jay Keasling, dell'Università della California a Berkeley. Sostenuto da un finanziamento di 42,6 milioni di dollari ricevuto dalla Bill & Melinda Gates Foundation, il laboratorio di Keasling ha rimodellato le vie metaboliche del comune lievito per il pane in base a circuiti progettati in laboratorio, che trasformano molecole di zucchero in un ingrediente essenziale per sintetizzare il farmaco artemisinina che combatte la malaria. In precedenza la molecola precursore impie-

giustificare la tecnologia agli occhi del mondo. I batteri possono essere ingegnerizzati per produrre un aroma di vaniglia leggermente più economico, ma si tratta davvero di una manna per l'umanità o l'ambiente? Probabilmente non abbastanza per essere un esempio pionieristico di nuova tecnologia o per giustificare il suo uso. Al contrario, costruire cellule che possono distruggere selettivamente il cancro e curare il diabete è qualcosa che tutti possono approvare.

Il maggior rischio biologico per la civiltà deriva da pandemie di malattie infettive. Finora queste sono state inevitabili, ma presto potremmo sfruttare le biotecnologie per fermarle. Di solito, il corpo di una persona affronta un patogeno invasore che provoca pandemie evolvendo le proprie difese, creando una serie di anticorpi nella speranza che uno di essi riesca effettivamente a neutralizzare l'invasore. Si tratta di un processo per tentativi ed errori che richiede tempo; ecco perché di solito stiamo male per 3-4 giorni prima di stare meglio. A volte però anche questo tempo è troppo, e le persone muoiono. Una strategia migliore è fornire all'organismo umano un vantaggio iniziale: prendere i geni che codificano per diversi anticorpi di cui è nota l'azione protettiva, inserirli nell'involucro innocuo di un virus e iniettare il virus nelle persone. Il virus penetra nelle loro cellule, che a quel punto iniziano a produrre grandi quantità di anticorpi protettivi già ottimizzati contro l'invasore, ponendo fine alla minaccia.

Infine, da scienziati, dobbiamo rispettare il fatto che ingegnerizzare la vita è un'idea che sconvolge molte persone. Questo significa che dobbiamo considerare i rischi sociali come consideriamo quelli tecnici. Non possiamo limitarci a spiegare che cosa stiamo facendo, perché questo convince solo altri scienziati. Piuttosto, dobbiamo spiegare il motivo per cui la questione ci sta a cuore, chi potrebbe ricavarne un beneficio e quali potrebbero essere i rischi. Ma soprattutto, dovremmo invitare attivamente a esternare preoccupazioni e critiche fin dalle primissime fasi, perché non importa quanto grande sia la nostra esperienza, non possiamo anticipare in modo affidabile da soli ogni possibile conseguenza. Al suo meglio, la scienza è fondamentalmente un'impresa condivisa. Se vogliamo ingegnerizzare la vita, allora permettiamo a tutti di decidere insieme come farlo.

*Il biologo Kevin M. Esvelt guida il gruppo di ricerca chiamato Sculpting Evolution presso il Media Lab del Massachusetts Institute of Technology.*

gata per produrre il farmaco era estratta a mano da piante di *Artemisia annua* originarie dell'Asia, un processo costoso che rendeva l'artemisinina troppo cara per essere impiegata in regioni povere dove la malaria è endemica. «È stata una svolta», dice Collins. «Per la prima volta una rete di materiale genetico, e non solo un gene alla volta, è stata impiegata per trasformare un microbo, ovvero il lievito, nella soluzione a un importante problema del mondo reale».

### Circuiti spezzati

Questo però non ha dato il via a una rivoluzione. Più o meno nello stesso periodo, J. Craig Venter, famoso studioso di genomi e cofondatore di Synthetic Genomics di La Jolla, in California, si era unito alla mischia della biologia sintetica dando per la prima volta a questa tecnologia pubblico splendore. Il suo obiettivo - ampiamente pubblicizzato, e che aveva raccolto la bellezza di 300 milioni di dollari di investimenti da parte di Exxon nel 2009 - riguardava la produzione di carburante da alghe degli stagni. Nel 2010 Keasling aveva ricevuto un finanziamento da 134 milioni di dollari dal Department of Energy degli Stati Uniti, per una ricerca



di Marco Cattaneo

# Un sistema in crisi

I nodi di peer review, embarghi ristretti, open access

**C'**era una volta la *peer review*. Poi è arrivato il *publish or perish*, perché nella scienza moderna la pubblicazione del proprio lavoro di ricerca è lo strumento d'eccellenza per giudicare il lavoro di uno scienziato, ma anche – o forse soprattutto – la sua reputazione e il suo accesso ai finanziamenti, per i quali si è scatenata una competizione senza precedenti.

Ma ai giorni nostri è altrettanto importante guadagnarsi uno spazio sui mezzi di comunicazione, tanto per le riviste scientifiche, il cui prestigio è determinato anche dalla capacità di catturare l'attenzione dei media, quanto per gli scienziati stessi, la cui immagine pubblica può essere un ulteriore volano di credibilità, ma non sempre. Così sono arrivati anche gli embarghi, ovvero la politica secondo la quale le principali riviste e agenzie scientifiche concedono ai giornalisti anticipazioni su pubblicazioni e conferenze stampa a condizione che sia rispettata una data di scadenza prima di renderle pubbliche. Per questo a volte le notizie scientifiche appaiono contemporaneamente su giornali e TV di mezzo mondo. «I giornalisti scientifici hanno ceduto il potere all'establishment scientifico», sostiene Vincent Kernan, giornalista scientifico e preside di Facoltà alla George Mason University. E a volte grandi enti, per esempio la NASA, approfittano della loro capacità di catturare l'attenzione per forzare la portata di annunci che a posteriori si rivelano meno rilevanti di quanto appaia.

E d'altra parte negli ultimi decenni si è intensificata l'attività di divulgazione da parte degli scienziati stessi, alcuni dei quali sono letteralmente diventati star dello *show system*. Un'attività che spesso è incoraggiata dagli enti finanziatori, come testimonia l'attenzione alla comunicazione verso il pubblico del programma Horizon 2020 dell'Unione Europea. E che tuttavia non è esente da effetti controproducenti, perché se l'attività di divulgazione è svol-

ta da scienziati non ancora al top della carriera accademica, il rischio di essere penalizzati per l'eccessiva «visibilità» è concreto.

Questo sistema va avanti da decenni, ma comincia a fare acqua da tutte le parti. Come racconta Charles Seife a p. 46, agenzie governative come la FDA adottano l'«embargo ristretto», in cui contattano un piccolo numero di giornalisti delle principali testate a cui impongono condizioni inaccettabili per manipolare la copertura della notizia. Un premio Nobel come Peter Higgs ha dichiarato che se negli anni sessanta fosse stato valutato secondo i ritmi di pubblicazione richiesti oggi non sarebbe ri-



uscito a garantirsi un posto da docente. La pressione per la pubblicazione fa aumentare le frodi. I sistemi di valutazione, come quello adottato dall'ANVUR, l'Agenzia nazionale di valutazione del sistema universitario e della ricerca, finiscono per penalizzare realtà già in difficoltà. E scienziati che hanno successo presso il pubblico restano vittima dell'effetto Sagan, dal nome dell'astronomo Carl Sagan, che proprio a causa della sua crescente visibilità fu sbeffeggiato dai colleghi e perse importanti opportunità professionali.

La scienza procede a ritmi mai raggiunti in precedenza, ma il sistema è in crisi. E a questa crisi dedichiamo il dossier di quest'anno sullo stato della scienza nel mondo. Con l'auspicio che la comunità scientifica trovi al suo interno gli anticorpi per farvi fronte.

- Leslie C. Aiello**  
presidente, Wanner-Gran Foundation for Anthropological Research
- Roberto Battiston**  
professore ordinario di fisica sperimentale, Università di Trento
- Roger Bingham**  
docente, Center for Brain and Cognition, Università della California a San Diego
- Edoardo Boncinelli**  
docente, Università Vita-Salute San Raffaele, Milano
- Arthur Caplan**  
docente di bioetica, Università della Pennsylvania
- Vinton Cerf**  
Chief Internet Evangelist, Google
- George M. Church**  
direttore, Center for Computational Genetics, Harvard Medical School
- Rita Colwell**  
docente, Università del Maryland a College Park e Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health
- Richard Dawkins**  
fondatore e presidente, Richard Dawkins Foundation
- Drew Endy**  
docente di bioingegneria, Stanford University
- Ed Felten**  
direttore, Center for Information Technology Policy, Princeton University
- Kaigham J. Gabriel**  
presidente e CEO, Charles Stark Draper Laboratory
- Harold Gamer**  
direttore, divisioni sistemi e informatica medici, docente, Virginia Bioinformatics Institute, Virginia Tech
- Michael S. Gazzaniga**  
direttore, Sage Center for the Study of Mind, Università della California a Santa Barbara
- David Gross**  
docente di fisica teorica, Università della California a Santa Barbara (premio Nobel per la fisica 2004)
- Danny Hillis**  
co-presidente, Applied Minds, LLC
- Daniel M. Kammen**  
direttore, Renewable and Appropriate Energy Laboratory, Università della California a Berkeley
- Vinod Khosla**  
Partner, Khosla Ventures
- Christof Koch**  
docente di biologia cognitiva e comportamentale, California Institute of Technology
- Lawrence M. Krauss**  
direttore, Origins Initiative, Arizona State University
- Morten L. Kringsbach**  
direttore, Hedonia: TrygFonden Research Group, Università di Oxford e Università di Aarhus
- Steven Kyle**  
docente di economia applicata e management, Cornell University
- Robert S. Langer**  
docente, Massachusetts Institute of Technology
- Lawrence Lessig**  
docente, Harvard Law School
- John P. Moore**  
docente di microbiologia e immunologia, Weill Medical College, Cornell University
- M. Granger Morgan**  
docente, Carnegie Mellon University
- Miguel Nicolelis**  
condirettore, Center for Neuroengineering, Duke University
- Martin Nowak**  
direttore, Program for Evolutionary Dynamics, Harvard University
- Robert Palazzo**  
docente di biologia, Rensselaer Polytechnic Institute
- Telmo Plevani**  
professore ordinario filosofia delle scienze biologiche, Università degli Studi di Padova
- Carolyn Porco**  
leader, Cassini Imaging Science Team, e direttore, CICLOPS, Space Science Institute
- Vijayanur S. Ramachandran**  
direttore, Center for Brain and Cognition, Università della California a San Diego
- Lisa Randall**  
docente di fisica, Harvard University
- Carlo Alberto Redi**  
docente di zoologia, Università di Pavia
- Martin Rees**  
docente di cosmologia e astrofisica, Università di Cambridge
- John Renganold**  
docente di scienza del suolo, Washington State University
- Jeffrey D. Sachs**  
direttore, The Earth Institute, Columbia University
- Eugenie C. Scott**  
Founding Executive Director, National Center for Science Education
- Terry Sejnowski**  
docente e direttore del Laboratorio di neurobiologia computazionale, Salk Institute for Biological Studies
- Michael Shermer**  
editore, rivista «Skeptic»
- Michael Snyder**  
docente di genetica, Stanford University School of Medicine
- Giorgio Vallortigara**  
docente di neuroscienze, direttore associato, Centre for Mind/Brain Sciences, Università di Trento
- Lene Vestergaard Hau**  
docente di fisica e fisica applicata, Harvard University
- Michael E. Webber**  
direttore associato, Center for International Energy & Environmental Policy, Università del Texas ad Austin
- Steven Weinberg**  
direttore, gruppo di ricerca teorica, Dipartimento di fisica, Università del Texas ad Austin (premio Nobel per la fisica 1979)
- George M. Whitesides**  
docente di chimica e biochimica, Harvard University
- Nathan Wolfe**  
direttore, Global Viral Forecasting Initiative
- Anton Zeilinger**  
docente di ottica quantistica, Università di Vienna
- Jonathan Zittrain**  
docente di legge e computer science, Harvard University



Robert Engelman è a capo delle ricerche sui rapporti tra pianificazione familiare e sostenibilità ambientale presso il Wordwatch Institute, di cui in passato è anche stato presidente. Ha scritto per anni di questioni sanitarie, scientifiche e ambientali per i quotidiani degli Stati Uniti. Il suo libro *More: Population, Nature and What Women Want* (Island Press) è stato premiato nel 2008 con il Global Media Award del Population Institute.

**L**a Terra è uno spazio finito. Più i suoi abitanti sono numerosi, più devono competere per le sue risorse. Anche se la popolazione umana ha continuato a crescere, gli sviluppi degli ultimi decenni sono incoraggianti. Globalmente, le donne oggi mettono al mondo una media di 2,5 figli ciascuna, la metà rispetto all'inizio degli anni cinquanta. Nel 40 per cento dei paesi del mondo il tasso di fecondità è pari o inferiore al livello «di sostituzione» di 2,1 figli per donna, quello in cui i figli non fanno che prendere il posto dei genitori.

Poi però c'è l'Africa, dove in media le donne danno alla luce 4,7 figli e la popolazione sale quasi tre volte più velocemente che nel resto del mondo. Per il continente che ha visto l'alba della nostra specie, il futuro si presenta preoccupante. La fecondità - il numero di nati vivi nel corso della vita di una donna - nella maggior parte dei 54 paesi africani rimane alta. Da tempo gli africani valutano positivamente le famiglie numerose, come segno di status, come mezzo per avere in famiglia più gente che lavora la terra, e per ovviare all'alto tasso di mortalità dei bambini. Ma oggi i bambini che sopravvivono fino a diventare genitori sono più numerosi che mai. Più della metà dei quasi 1,2 miliardi di africani ha meno di vent'anni, per cui si sta accumulando il potenziale per anni e anni di espansione a una velocità che l'umanità non ha mai visto. Entro la fine del secolo, secondo le attuali proiezioni dei demografi, gli abitanti dell'Africa si moltiplicheranno per tre o per quattro.

Per anni le proiezioni hanno posto la popolazione africana nel 2100 intorno ai 2 miliardi di persone. Ma questi modelli presumevano che i tassi di fecondità sarebbero scesi rapidamente e costantemente, mentre il calo è stato lento e irregolare. Le Nazioni Unite prevedono adesso da 3 a 6,1 miliardi di persone, numeri che lasciano attoniti. Anche le stime più basse, da fonti come l'International Institute for System Analysis, parlano oggi per l'Africa di 2,6 miliardi. Negli ultimi anni le Nazioni Unite hanno costantemente rivisto al rialzo le previsioni sulla popolazione mondiale nel 2100, da una stima di 9,1 miliardi del 2004 agli odierni 11,2 miliardi di persone. L'aumento imprevisto viene quasi tutto dall'Africa.

L'estrema crescita minaccia lo sviluppo e la stabilità dell'Africa. Molti dei suoi abitanti vivono in paesi privi di vaste terre fertili, abbondanza di acqua o governi ben funzionanti. La crescita della competizione per il cibo e il lavoro in questi luoghi può provocare discordie e disordini in tutta la regione, e questi, a loro volta, andrebbero a colpire la disponibilità di cibo, acqua e risorse naturali del mondo intero, soprattutto se gli africani, come già sta avvenendo, dovessero lasciare in massa le proprie case. Il 37 per cento

dei giovani adulti dell'Africa subsahariana dice di voler andare in altri paesi, soprattutto per la mancanza di posti di lavoro.

L'Africa ha bisogno di un nuovo approccio al rallentamento della crescita della sua popolazione, per mantenere pace e sicurezza, migliorare lo sviluppo economico e difendere la sostenibilità ambientale. E bisogna che il mondo sostenga questi sforzi. Dagli anni sessanta agli anni novanta, fondazioni internazionali e agenzie umanitarie hanno esortato i governi africani a «fare qualcosa» per l'aumento esplosivo della popolazione. «Qualcosa» che è stato, in genere, investire in programmi di pianificazione familiare senza integrarli con gli altri servizi sanitari, più esortazioni governative a mantenere basse le dimensioni delle famiglie. A partire dalla metà degli anni novanta, però, è calato il silenzio. Dire che la crescita della popolazione è un problema era visto come segno di scarsa sensibilità culturale e politicamente controverso. I donatori internazionali sono passati alla promozione di riforme dell'assistenza sanitaria in genere, come la lotta all'AIDS e ad altre malattie mortali.

L'Africa, e il resto del mondo devono recuperare un senso di urgenza. Dobbiamo smettere di aver paura delle parole e partire con una serie di scelte ben coordinate con cui abbassare la pendenza della traiettoria di crescita della popolazione - in Africa e negli altri posti in cui sta crescendo in modo insostenibile. La ricerca mostra che, oltre ad assicurare che le donne abbiano accesso a contraccettivi sicuri e informazioni sul loro uso, i provvedimenti più utili sono validi anche per altre buone ragioni: bisogna dare un'istruzione a ragazze e donne e parificare la loro condizione sociale e legale a quella degli uomini. Alcuni paesi hanno già preso qualche isolato provvedimento in questo senso, ma l'approccio di gran lunga più efficace è dare alle donne una serie ben integrata di opportunità: educative, economiche, sociali e politiche.

La popolazione non si può «controllare»: si violerebbero diritti umani fondamentali, e comunque è probabile che non funzionerebbe. Ma si può influenzare il suo andamento, in modo indiretto ma molto efficace. Una serie di strategie intelligenti può ridurre la pressione sulle risorse, ridurre i conflitti e rendere la vita più degna di essere vissuta per ragazze e ragazzi, donne e uomini.

## L'Africa, oggi e domani

Molti dati confermano che la situazione dell'Africa è già grama. Malgrado progressi economici e democratici, il continente spicca oggi per bassa speranza di vita, ridotti tassi di sviluppo e alti tassi di povertà e malnutrizione. Le rese delle colture sono tra le più

Dagli attuali 1,2 miliardi di persone, nel 2100 la popolazione africana potrebbe impennarsi fino a 3-6 miliardi, se i tassi di natalità rimarranno alti; una crescita inattesa, che metterà a dura prova risorse già fragili in Africa e in tutto il mondo. Un significativo declino della fecondità può essere raggiunto solo facendo crescere

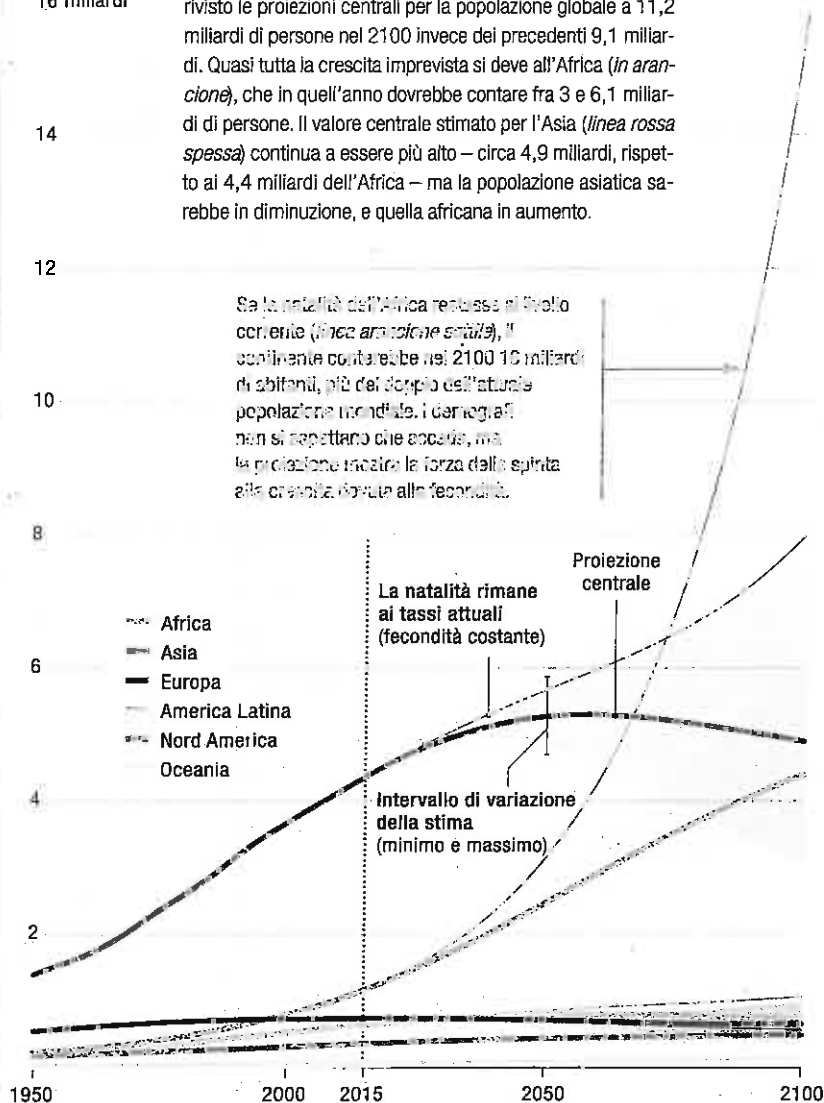
autonomia e potere delle donne, nell'istruzione e nella vita economica, sociale e politica. E le donne devono disporre di contraccettivi in modo facile e accessibile. Grazie a questa strategia integrata, Mauritius ha ridotto il proprio tasso di fecondità da 6 a 1,5 figli per donna, e la Tunisia da 7 a 2. Gli uomini devono rinunciare al controllo

esclusivo sulla scelta di avere figli e astenersi da abusi e violenze su mogli e partner interessate al controllo delle nascite. Perché questi sforzi possano avere successo, i leader governativi devono favorire la pubblica discussione e il dibattito politico su come rallentare la crescita della popolazione.

## La spinta dell'Africa sulla crescita della popolazione mondiale

**Popolazione totale**  
16 miliardi

La velocità di espansione della popolazione africana è così superiore alle attese che le Nazioni Unite hanno nettamente rivisto le proiezioni centrali per la popolazione globale a 11,2 miliardi di persone nel 2100 invece dei precedenti 9,1 miliardi. Quasi tutta la crescita imprevista si deve all'Africa (*in arancione*), che in quell'anno dovrebbe contare fra 3 e 6,1 miliardi di persone. Il valore centrale stimato per l'Asia (*linea rossa spessa*) continua a essere più alto – circa 4,9 miliardi, rispetto ai 4,4 miliardi dell'Africa – ma la popolazione asiatica sarebbe in diminuzione, e quella africana in aumento.



basse del mondo. A sud del Sahara, l'eccesso di pascolo da parte degli animali domestici facilita l'avanzata del deserto e spinge i pastori nomadi a invadere i territori degli agricoltori, data la crescita delle popolazioni di entrambi i gruppi. Egitto ed Etiopia hanno fatto tintinnare le sciabole per le acque del Nilo, un tempo facilmente condivise in un bacino fluviale che interessa 11 paesi; un'analisi del 2010 ha trovato che i quattro paesi a minor «sicurezza idrica» del globo si trovano tutti in Africa.

La competizione per risorse sempre più scarse sta contribuendo a conflitti civili e terrorismo. Nel luglio 2014, sull'isola di Lamu, in Kenya, 80 persone sono morte in una disputa tra cristiani e

musulmani per terre fertili. Alcuni studiosi attribuiscono almeno in parte la crescita del brutale esercito islamista Boko Haram in Nigeria allo scontro tra pastori e agricoltori per le macchie sempre più aride del Sahel. Lo spettro della mancanza di prospettive di reddito per i giovani sotto i trent'anni contribuisce anch'esso ad alimentare varie forme di aggressione in tutta l'Africa centrale. «Se ci fossero più posti di lavoro, soprattutto nell'agricoltura, ci sarebbero meno frustrazione e meno conflitti nel Plateau», dice Becky Adda-Dontoh, consulente del governo nigeriano, parlando di una divisione amministrativa della parte centro-orientale del paese in cui è attivo Boko Haram.

Il Fund for Peace di Washington ha messo quattro paesi africani – Sudan, Sudan del Sud, Somalia e Repubblica Centrafricana – in testa alla classifica dei paesi più fragili, meno in grado di controllare il proprio territorio e mantenere un minimo di sicurezza. Nel solo 2015, centinaia di africani sono annegati nel tentativo di raggiungere l'Europa.

Difficile immaginare come potrebbe essere l'Africa con due miliardi di persone, o addirittura con sei. Non ci sono precedenti storici a cui rifarsi. L'Asia ha superato i quattro miliardi nel 2007, ma ha il 50 per cento di terre in più e un livello di sviluppo, in media, considerevolmente più elevato. Malgrado questi vantaggi, ampie parti di quel continente devono ancora affrontare impoverimento delle colture, ritiro delle falde freatiche, incertezza alimentare e pericolosi livelli di inquinamento atmosferico.

Un cambiamento di grande rilievo in Africa sarà il rapido proliferare di immense città. Il continente si sta urbanizzando a grande velocità; la maggior parte della gente arriva da zone rurali e si stabilisce in baraccopoli cercando di procurarsi come può rifugio e di cibo. Le aree metropolitane ospitano oggi quasi mezzo miliardo di persone; nel 2050 arriveranno a oltre 1,3 miliardi, stando alle proiezioni ONU. I

demografi Jean-Pierre Guengant, dell'Institut de Recherche pour le Développement, e John May, del Population Reference Center, prevedono che la crescita delle città africane sarà esplosiva: nel 2050 Lagos, in Nigeria, passerà da 11 a 40 milioni di residenti, e Kinshasa, nella Repubblica Democratica del Congo, da 8,4 a 31 milioni.

Una scena di un film del 2005, *The Constant Gardener*, dà già un'idea di questo futuro, con una panoramica aerea di Kibera, a Nairobi, in Kenya, la baraccopoli più grande del continente, che ha tra mezzo milione e un milione di abitanti (il numero esatto non lo sa nessuno). Si vede una distesa di tetti di metallo ondolato che arriva fin quasi all'orizzonte in tutte le direzioni. Secondo



le attuali proiezioni, entro la metà del secolo probabilmente si formeranno centinaia di comunità di questo genere in tutto il continente.

La prospettiva di un'Africa sovraffollata, conflittuale e urbanizzata ha cominciato a preoccupare i leader africani, tradizionalmente a favore della crescita della popolazione. Nel 2012 i primi ministri dell'Etiopia e del Ruanda hanno chiesto nuovi sforzi verso la pianificazione familiare per «ridurre povertà e fame, preservare le risorse naturali e adattarci alle conseguenze dei cambiamenti climatici e del degrado ambientale». Musimbi Kanyoro, presidentessa del Global Fund for Women, ha lanciato un appello per «modi basati sul rispetto dei diritti e culturalmente appropriati per rallentare l'aumento della popolazione e insieme far crescere dignità umana e sviluppo consapevole».

Non sorprende che l'accesso alla pianificazione familiare sia fra gli aspetti che tornano in primo piano. Oggi solo il 29 per cento delle donne sposate africane in età fertile fa uso di mezzi contraccettivi moderni. In tutti gli altri continenti la proporzione è solidamente attestata a più del 50 per cento. Le indagini mostrano poi che in Africa più di un terzo delle gravidanze sono indesiderate; nell'Africa subsahariana il 58 per cento delle donne sessualmente attive tra i 15 e i 49 anni che non desidera restare incinta non usa mezzi contraccettivi moderni.

Djenaba, una giovanetta che intervistata anni fa, vive in remoto villaggio del Mali, dove solo una donna su dieci usa mezzi anticoncezionali. A sedici anni era già madre di due bambini. Quando le ho chiesta una prima volta quanti figli desiderava, mi rispose, con gli occhi bassi: «Tutti quelli che posso». Ma dopo mezz'ora di conversazione mi guardò in faccia, un velo di lacrime negli occhi, e mi disse che avrebbe voluto prendere la pillola per avere un po' di respiro dalle gravidanze, e presto smettere del tutto di far figli.

Ogni possibile transizione alla prosperità richiede un significativo declino della fecondità. Ma questo «si può ottenere soltanto se la copertura anticoncezionale crescerà nettamente dai bassi livelli attuali al 60 per cento circa entro il 2050», notavano Guengant e May in un lavoro del 2013. «Arrivareci si dimostrerà difficile».

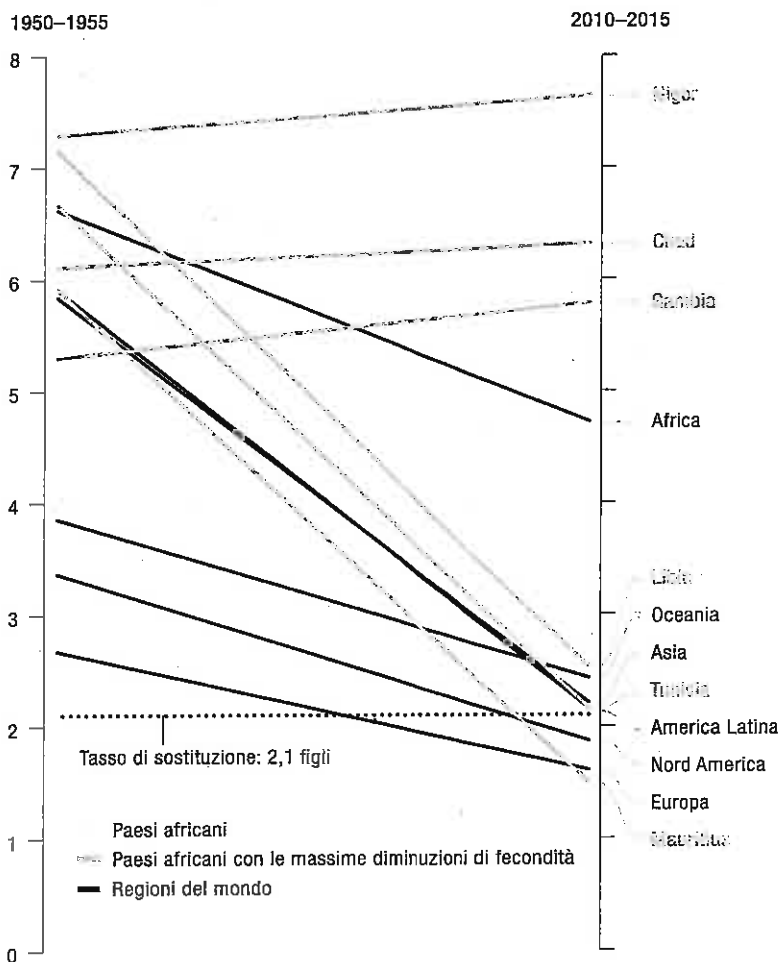
### I primi successi

La tendenza all'urbanizzazione potrebbe ridurre di per sé, in una certa misura, le dimensioni delle famiglie. Far crescere bambini in città costa più che in campagna, ed è meno probabile che contribuiscano al reddito dei genitori; quindi è più facile passare

## Far scendere i tassi di fecondità

Il numero medio di figli per donna in Africa è lentamente calato rispetto agli anni cinquanta, ma in tutte le altre regioni del mondo il calo è stato più rapido (*linee nere*). In Africa siamo ancora a 4,7 figli nati vivi per donna; nessun'altra regione supera i 2,5. In certi paesi africani (*linee arancioni*) i tassi restano ostinatamente alti: 7,6 in Niger, 6,3 in Ciad, 5,8 in Gambia. Tutti paesi che hanno molto da imparare da Mauritius, che ha abbassato il proprio tasso fino a 1,5, e dalla Tunisia, passata da 6,6 a 2,2. Perché la popolazione possa stabilizzarsi, in Africa come nel mondo intero, la fecondità media deve assestarsi al tasso di sostituzione, pari circa a 2,1, il livello al quale i figli si limitano a sostituire i genitori.

### Un lento cambiamento (tassi di fecondità totale: figli nati vivi per donna)



delle idee tradizionali a concezioni più moderne sulle dimensioni della famiglia e la pianificazione familiare. Ma non sarà questo a risolvere il problema.

L'ironia è che qualche paese africano ha già ridotto di molto i tassi di fecondità, e che da essi si potrebbe imparare parecchio. Nei paesi arabi del nord, e in Sudafrica e paesi circostanti, i tassi di fecondità sono scesi a 3 figli per donna o meno, avvicinandosi a quelli del resto del mondo. Nelle tre vaste regioni dell'Africa orientale, centrale e occidentale, invece, i valori vanno da 4 a 7 e più.

Nelle punte avanzate il lavoro è iniziato da tempo. Nella mezza dozzina di piccoli Stati insulari dell'Africa, le famiglie sono tra



**Le operatrici sanitarie di comunità** sono spesso quelle che meglio riescono a far cambiare le mentalità. Un'operatrice di Shompole, in Kenya, spiega a giovani madri Masai l'uso del preservativo (*sopra*). Una consulente familiare a Laniar, in Senegal, spiega come funzionano i dispositivi intrauterini (*sotto*).



le meno numerose del continente. Una delle cadute della fecondità più rapide mai registrate si è avuta a Mauritius. La media era superiore a 6 negli anni sessanta, e pari a 2,3 vent'anni dopo. Oggi è intorno a 1,5, un valore confrontabile a Europa e Giappone.

Il calo più netto è avvenuto negli anni sessanta e all'inizio del decennio seguente, pur in assenza di crescita economica. Gli abitanti, anche le donne, erano relativamente ben istruiti. E nei primi anni sessanta il governo superò le resistenze di vari gruppi, fra cui cattolici e musulmani, e promosse con successo la pianificazione familiare. Nel giro di vent'anni quattro donne in età riproduttiva su cinque usavano metodi contraccettivi.

Nel 1957 il primo presidente della Tunisia, Habib Bourghiba, diede il via a un decisivo cambiamento della condizione legale e della salute riproduttiva delle donne, difficile oggi da immaginare in un paese in prevalenza musulmano. Bourghiba riconobbe alle donne pieni diritti di cittadinanza, compreso il diritto di voto e quello di non portare il velo. Volle la frequenza universale alle scuole elementari per bambine e bambini, bandì la poligamia, innalzò l'età minima per il matrimonio e riconobbe alle donne il diritto al divorzio. Legalizzò la contraccezione e poi concesse sussidi per l'aborto alle donne con famiglie numerose. A metà degli anni sessanta c'erano ambulatori mobili per la pianificazione familiare che offrivano contraccettivi orali in tutto il paese. Bourghiba non era certo un democratico - nel 1975 l'Assemblea Nazionale da lui strettamente controllata lo elesse presidente a vita - ma le sue riforme sociali rimasero in vigore anche dopo la sua deposizione, nel 1987. In Tunisia la fecondità è scesa, all'inizio di questo secolo, da 7 a 2 figli per donna (anche se poi è lievemente risalita). Ci sono anche altri esempi, meno clamorosi e più recenti, in cui la spinta presidenziale ha contribuito a ridurre la pressione riproduttiva: in Kenya, in Ghana e in Sudafrica.

I casi di Mauritius e Tunisia dimostrano che la chiave per ridurre le dimensioni delle famiglie è un costante impegno di miglioramento della condizione femminile, anche con opportunità economiche e garanzie legali il più possibile uguali a quelle dei maschi. La crescita economica di un paese, da sola, non è una forte spinta alla riduzione della fecondità.

### Una strategia integrata

Come può il resto dell'Africa ripetere questi successi? Il primo passo è riconoscere che il diritto di decidere quanti figli avere spetta alle donne e alle coppie, non ai governi. Le donne trattate

dal proprio governo e dalla gente intorno a loro come uguali agli uomini hanno maggiori probabilità di arrivare a voler decidere in prima persona se e quando restare incinte, con il risultato che le famiglie saranno meno numerose.

L'istruzione, soprattutto quella secondaria, accelera enormemente il percorso verso l'autonomia e il potere delle donne. Intanto, dà a ragazze e giovani donne nozioni su alimentazione, medicina e vaccinazioni. Ma poi l'istruzione apre tutto un mondo di possibilità, economiche, sociali, civiche, politiche e artistiche. Spinge le giovani a chiedere contraccettivi e progettare famiglie meno numerose, grazie alla conoscenza del proprio corpo e alla possibilità di prendere in mano il proprio destino. Le donne africane senza istruzione hanno in media 5,4 figli ciascuna, stando all'International Institute for Applied System Analysis. Quelle che hanno finito le elementari ne hanno, in media, 4,3. Correlato alla licenza media c'è un salto fino a 2,7. Per chi arriva al liceo, la fecondità è in media 2,2.

Ma è vitale anche una migliore educazione dei giovani maschi. I giovani dei due sessi che seguono corsi di educazione sessuale integrata hanno maggiori probabilità di cominciare a fare sesso più tardi, il che riduce le gravidanze precoci e indesiderate. La pandemia di HIV/AIDS ha alimentato la diffusione dell'educazione sessuale, almeno nell'Africa meridionale e orientale. Che però è di qualità diseguale; e in larga parte del continente è semplicemente assente.

L'impatto dell'educazione sessuale e di livelli più alti di istruzione femminile può però andare sprecato se la pianificazione familiare non trova il sostegno dei governi e in generale della società. Neanche una laureata può prepararsi i contraccettivi da sola in casa.

Sembra che i leader africani stiano riconoscendo, piano piano, la gravità della situazione. Il presidente ugandese Yoweri Museveni si è a lungo opposto alla pianificazione familiare, ma nel luglio 2014 ha ospitato una conferenza panafricana sull'esigenza di renderla più largamente disponibile.

Programmi statali con distribuzione di voucher in Kenya e in Uganda, e sussidi per l'assistenza medica materna e infantile in Zimbabwe, incoraggiano persone e coppie a basso reddito a recarsi negli ambulatori. Molti ne escono con un metodo contraccettivo con cui evitare le gravidanze non desiderate e spaziare meglio quelle volute. In Malawi, un programma sperimentale di trasferimenti in denaro a studentesse e loro parenti o tutori ha favorito la frequenza scolastica, contribuendo a elevare il livello di istruzione e a ritardare attività sessuale e matrimonio, riducendo le gravidanze fra le giovanissime.

Di recente il governo etiope ha reclutato 38.000 operatori sanitari, li ha armati di informazioni e materiale e li ha inviati nelle zone rurali in cui vive l'80 per cento della popolazione del paese. Inforcando biciclette donate dagli Stati Uniti, gli operatori arrivano nei più remoti villaggi a offrire informazioni e contraccettivi per la pianificazione familiare alle donne e, se le appoggiano, ai loro mariti. Di recente, in tre anni la fecondità è calata da 4,8 a 4,1. Notevoli cali, analogamente, si stanno riscontrando in comunità del Kenya e del Ghana, e persino nella megalopoli di Kinshasa.

In molti posti, però, il cambiamento di linea è stato poco convinto. I presidenti dei paesi del continente, in massima parte maschi, sembrano ancora pensare che il numero è potenza e che le

donne non dovrebbero aspirare all'uguaglianza con gli uomini. «Sarebbe utile se i presidenti africani si recassero in visita ai consulenti per la pianificazione familiare», dice May. «Farebbe una vera differenza negli atteggiamenti della gente. Ad andare dove si fanno le vaccinazioni, invece, sono sempre pronti».

## Cambiare gli atteggiamenti maschili

Nella vita delle donne, molto dipende in realtà dagli uomini. Purtroppo, aiutare le donne a programmare le proprie famiglie di nascosto – per esempio, con contraccettivi iniettabili – è una delle strategie principali, visto che molti dei loro compagni sono convinti che le decisioni sulle gravidanze spettano soltanto a loro. Gli uomini tendono anche a desiderare da uno a tre figli in più rispetto alle donne, il che non sorprende, visto a chi toccano gravidanza, parto e, in massima parte, la cura dei bambini.

La differenza tra i punti di vista maschili e femminili può assumere forme molto gravi. Interessarsi agli anticoncezionali, o usarli, può esporre le donne a maltrattamenti da parte dei partner maschili. Uno studio nigeriano presentato a una conferenza del 2011 ha trovato che il 30 per cento delle donne che erano o erano state sposate riferiva di aver subito qualche forma di violenza da parte del partner – sessuale, fisica o psicologica. A subirla con maggiore probabilità erano le donne che usavano contraccettivi e quelle scolazzate, anche poco, rispetto a quelle che non ne usavano e alle donne non erano mai andate a scuola. Nel Ruanda, che ha una forte attenzione alla condizione femminile, il 31 per cento delle donne riferiva nel 2010 di aver subito violenze da parte del marito o del partner.

E non c'è voluta neppure una forma concreta di violenza per l'allora ventiseienne Faridah Nalubega, che desiderava solo due o tre figli, il massimo che pensava di potersi permettere come venditrice di pesce fritto a Kampala, in Uganda, secondo il PAI, un gruppo di sostegno alla pianificazione familiare con sede negli Stati Uniti. Invece si è ritrovata ad averne sei, perché il marito le ha proibito l'uso della pillola e il locale consultorio familiare non offriva alternative accettabili.

Forse però gli atteggiamenti stanno cambiando. Gli uomini con cui ho chiacchierato nei miei viaggi in Africa mi hanno parlato con nostalgia dei tempi in cui c'erano meno persone e più foreste, e a volte hanno espresso sostegno per la pianificazione familiare come mezzo per rallentare queste scoraggianti tendenze. Qualcuno di loro ha anche espresso rispetto per le donne come colleghe: «Le donne del consiglio (comunale) vedono le cose in modo diverso e tirano fuori idee che a noi non sarebbero mai venute in mente», mi ha detto un consigliere maschio in Tanzania. «Ormai ci dispiacerebbe perderle». La sua affermazione rispecchia una verità più ampia: la fecondità può scendere, in parte, attraverso quello che i sociologi chiamano «cambiamento ideazionale» – una crescente accettazione di concetti che un tempo erano considerati estremistici se non aberranti. La Tanzania, per esempio, sta riflettendo su una bozza di Costituzione che darebbe alle donne la stessa posizione legale degli uomini in materia di diritto di proprietà e di successione, e in altri diritti.

Le donne poi stanno arrivando con forza senza precedenti in importanti posizioni di governo. Oggi il Ruanda ha una ministra per la condizione femminile e un Parlamento con la massima proporzione mondiale di donne. Joyce Banda ha presieduto il Mala-

**L'istruzione,  
in particolare  
quella  
secondaria,  
accelera  
enormemente  
il percorso delle  
donne verso  
l'autonomia**

Le visite domiciliari sono essenziali per portare le informazioni relative alla pianificazione familiare in luoghi remoti come il villaggio di Mbale, Uganda, dove sono sostenute dalla Hewlett Foundation (sotto). Il servizio ha anche il sostegno dello Stato ugandese, il che ne espande il raggio d'azione.



wi dal 2012 al 2014. L'attuale presidentessa della Liberia è Ellen Johnson Sirleaf. Ngozi Okonjo-Iweala è stata ministro degli Esteri e delle Finanze in Nigeria: la prima donna, in tutti e due i ruoli. La presidentessa della Commissione dell'Unione Africana è la sudafricana Nkosazana Dlamini Zuma. Quando vedono donne in simili posizioni, le ragazze cominciano a considerare le proprie opportunità in un altro modo.

### Premere senza spingere

Il Niger, in Africa occidentale, esemplifica bene i motivi per cui è così essenziale una strategia integrata e coordinata con l'azione dello Stato per ridurre la crescita della popolazione. Il paese è uno dei più poveri del mondo, e la fecondità media è di 7,5 figli per donna, ridotta appena un poco rispetto ai primi rilevamenti, del 1950. Uomini e donne, intervistati, dicono che la famiglia ideale è ancora più numerosa.

I demografi sono un po' in difficoltà a spiegarlo, ma un valore così alto nasce probabilmente da un insieme di fattori, fra cui credenze religiose, alti tassi di mortalità infantile, larga proporzione di residenti in zone rurali (necessità di figli come manodopera per terre poco fertili), vantaggi di status per chi ha più figli (soprattutto per gli uomini) e condizione fortemente subordinata delle donne (i figli fanno salire il valore delle donne all'interno delle famiglie, spesso poligamiche). La cura dei bambini è spesso condivisa nella famiglia allargata, nota John Casterline, demografo della Ohio State University, il che ne alleggerisce il peso e favorisce la decisione da parte dei genitori di farne altri. Mamadou Tandja, presidente del Niger fino al 2010, era solito allargare le braccia a indicare la vastità del suo paese, più grande del Texas, e dire ai visitatori che c'era tutto lo spazio per una popolazione assai più numerosa.

Una strategia articolata su più direttrici richiede un forte impegno da parte del governo, il coinvolgimento delle comunità e denaro, dice Guengant, che ha lavorato in Africa occidentale e in altre parti del continente. Spesso però, osserva, i governi non

mantengono le promesse. A una conferenza internazionale tenutasi a Londra nel 2012, un alto funzionario del ministero della Sanità del Ghana ha assicurato ai presenti che il programma nazionale per l'assicurazione sanitaria del suo paese avrebbe rimborsato le spese personali per la pianificazione familiare. Tre anni dopo il governo deve ancora decidere come farlo. L'applicazione delle varie misure da parte dei governi, nella maggior parte dei casi, «è un disastro», dice Guengant. «Bisogna che ci sia qualcuno che spinge, che sia il governo, la società civile o entrambi. In Africa, questa spinta manca».

La parola «spingere» è alquanto sospetta, per chi teme una mentalità orientata al controllo delle nascite. Ma, Cina a parte, dove la nuova politica dei due figli continua a limitare la libertà riproduttiva, nessuno propone di imporre limiti alle dimensioni delle famiglie. Guengant parla di spingere i leader a salire alla ribalta, avere il coraggio di sollevare nella pubblica conversazione e nel dibattito politico la necessità di rallentare la crescita della popolazione. Ci vuole un approccio zen all'arte della popolazione, rallentare la crescita non puntando dritti all'obiettivo ma creando le condizioni perché ci si arrivi naturalmente.

Atteggiamenti e culture evolvono – spesso in fretta, come dimostra la caduta dei tassi di fecondità in Tunisia e alle Mauritius. Non ho idea, e mi addolora, di che ne sia stato di Djenaba, in Mali, e delle sue speranze di poter gestire le proprie gravidanze. Ma le sue parole mi ricordano che lo sforzo di assicurare a tutte le donne i mezzi e il sostegno sociale per evitare le gravidanze non volute, senza costrizioni o pressioni, è decisivo. È l'unica via percorribile ed eticamente valida attraverso cui la popolazione africana può rallentare la sua crescita e infine fermarla, come ogni popolazione deve fare. Qui come altrove, una popolazione stabile può vivere in prosperità, resiliente di fronte alle difficoltà e in armonia con l'ambiente.

Che le donne debbano avere più autonomia e più potere è cosa che non ha bisogno di giustificazioni demografiche. Ma capita che le donne, quando sono in grado di puntare in alto e di gestire la propria vita, decidano di avere meno figli, e in età più matura, e riescano a farlo.

Comunque, anche se la crescita della popolazione fosse irrilevante, il futuro dell'Africa, e del mondo, sarebbe migliore se ogni ragazza o donna del continente fosse sana, istruita e libera di perseguire i suoi sogni più ambiziosi, di rifiutare in tutta sicurezza le attenzioni maschili sgradite, e di fare figli solo quando vuole e con chi vuole.

Arrivare alla fine del secolo con molti miliardi di abitanti, o con un numero assai più prossimo agli attuali 1,2 miliardi, per l'Africa sarà probabilmente il massimo fattore da cui dipenderanno il suo sviluppo, la sua prosperità e la sua capacità di rispondere in positivo alle inevitabili sfide.

**Africa's Demographic Challenges: How a Young Population Can Make Development Possible.** Sippel L. e altri, Berlin Institute for Population and Development, 2011. [www.berlin-institut.org/fileadmin/user\\_upload/Afrika/Africas\\_demographic\\_challenges.pdf](http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/Afrika/Africas_demographic_challenges.pdf).

**African Demography.** Guengant J.-P. e May J.F., «Global Journal of Emerging Market Economies», Vol. 5, n. 3, pp. 215-67, settembre 2013.

**Unmet Need and Fertility Decline: A Comparative Perspective on Prospects in Sub-Saharan Africa.** Casterline J.B. e El-Zelini L.O., «Studies in Family Planning», Vol. 45, n. 2, pp. 227-245, giugno 2014.

**Population & Sustainability.** Engelman R., «Scientific American Earth 3.0», giugno 2009.