

# I contributi della biometria allo sviluppo socio-economico del Terzo Mondo

di SILVIO VIANELLI

**1. Premessa. 2. L'attesa salute per tutti nel 2000.  
3. Le ricerche biometriche per lo sviluppo della produzione  
agricola nel Terzo Mondo. 4. Cenni storici e metodolo-  
gici su l'economia della natura e l'attuale scienza biometrica.**

1. Nel linguaggio corrente il termine *biometria* richiama un concetto molto ristretto e assai lontano dal reale ampio significato attuale dell'espressione.

Della biometria — Pur intesa come misura dei fenomeni della vita umana, animale e vegetale —, si ha, per lo più, una visione prevalentemente naturalistica, senza contare le sue importantissime finalità socio-economiche che emergono soprattutto nei processi di sviluppo dei paesi del Terzo Mondo.

In realtà oggi la biometria non è più una semplice raccolta di misure di caratteri e fenomeni biologici, ma è una vera e propria scienza che si propone la ricerca di relazioni, l'accertamento di leggi e la formulazione di previsioni riguardanti non soltanto singoli individui, bensì anche collettività di esseri viventi.

Per rendersi facilmente conto degli importanti contributi che, per diversi aspetti, la biometria porta allo sviluppo socio-economico del Terzo Mondo, basterà considerare che essa, ancorché suddivisa in molteplici discipline specialistiche — attinenti, rispettivamente, all'uomo, al regno animale ed a quello vegetale — ha sempre di mira il miglioramento della qualità della vita e il progresso dell'economia e, quindi, fra l'altro, si propone l'assiduo miglioramento della salute e l'accrescimento della produzione agricola per l'alimentazione.

Così che biometria ed economia sono scienze reali che, — sebbene ad un osservatore superficiale possano apparire assai diversi per contenuti, finalità teoriche e particolari metodi di ricerca — sono legate in effetti da rapporti fondamentali

che sono venuti ampliandosi ed approfondendosi con lo sviluppo tecnologico per il fatto, ed oltre il fatto, che, nelle sue concrete applicazioni, la biometria — come ogni altra scienza reale — presenta riflessi sull'attività economica e sociale in tutto ciò che va comunemente sotto l'espressione generica di *costi e benefici*, anche se questi ultimi non sempre possono essere esattamente accertati in termini quantitativi.

In realtà, i legami fra biometria ed economia assumono un fondamentale importante significato per i contributi che possono apportare allo sviluppo dei paesi del Terzo Mondo dove, insieme ad un reddito che spesso non raggiunge i limiti della sussistenza, si presentano i drammi della fame e delle inevitabili malattie mortali.

In effetti, com'è noto, lo sviluppo dei paesi del Terzo Mondo richiedono mezzi finanziari e progressi simultanei su tre fronti: quello della sanità — per diminuire le malattie e le morti — quello dell'agricoltura — per frenare la malnutrizione — e quello dell'industria.

Ma, in realtà, l'industrializzazione di questi paesi, sebbene abbia dato buoni risultati in alcuni casi, per lo più è apparsa difficile per la limitatezza del mercato interno che impedisce di creare una produzione industriale che, oggi, in generale deve essere sviluppata su vasta scala.

Com'è risaputo, anche la Comunità Europea compie uno sforzo particolare a favore di alcuni paesi dell'Africa, dei Caraibi e del Pacifico, i cosiddetti paesi dell'A.C.P.; ma essa ha anche elaborato una politica generale di aiuto allo sviluppo del Terzo Mondo, svolta in tre direzioni:

1) le preferenze generalizzate, tendenti a favorire l'industrializzazione, offrendo ai paesi del Terzo Mondo un accesso privilegiato sui mercati dei paesi industrializzati, tramite riduzione dei dazi doganali per i prodotti agricoli e soppressione di tali dazi per i prodotti industriali;

2) l'invio di derrate alimentari in modo da fronteggiare in parte i gravi problemi di sottoalimentazione;

3) la cooperazione finanziaria e tecnica: la Comunità accorda un aiuto finanziario e tecnico ai paesi del Terzo Mondo mediante una convenzione speciale. (1)

Nel quadro della convenzione di aiuto alimentare entrata in vigore il 1° luglio 1980, 12 paesi si sono impegnati a mettere a disposizione dei paesi in via di sviluppo un totale annuo di 7.612 milioni di tonnellate di frumento ed altri tipi di cereali adatti all'alimentazione umana, (2) mentre all'inizio della convenzione del 1971 il quantitativo minimo che i suddetti paesi donatori si erano accollati era soltanto di 42 milioni di tonnellate.

Tuttavia, molti degli stessi paesi in via di sviluppo si sono resi conto che la ga-

ranza del loro approvvigionamento alimentare alla lunga — per il continuo sviluppo della popolazione — non può dipendere da un assiduo aumento delle importazioni, ma soltanto da un maggiore sforzo diretto, in quanto esiste un potenziale ben lungi dall'essere pienamente utilizzato da destinarsi all'aumento della produzione agricola alimentare per cui l'aiuto esterno in genere dovrebbe svolgere soltanto una funzione ausiliaria.

Di fatto oggi assistiamo alla tragedia di popolazioni del Terzo Mondo che muoiono di fame e sono falciate da inevitabili malattie derivanti dalla malnutrizione e dalle pessime condizioni sanitarie.

Con una dichiarazione del Convegno dell'Organizzazione Mondiale della Sanità del 1978, che ha assunto lo slogan «la salute per tutti nel 2000», ha raccomandato che «un principale obiettivo dei governi, delle organizzazioni internazionali e dell'intera comunità mondiale, nei prossimi decenni, deve essere il raggiungimento per tutti i popoli del mondo, con l'anno 2000, di un livello della sanità che debba permettere ad essi di conseguire una vita socialmente ed economicamente produttiva».

L'impresa appare formidabile specialmente quando si considera che dei circa 122 milioni di bambini che nascono ogni anno nel mondo, più di 12 milioni muoiono prima di raggiungere il primo anno di età e più di 10 milioni di questi muoiono nel Terzo Mondo (nel 1980). Se qualche successo deve essere raggiunto, l'attenzione deve essere posta nel migliorare la salute dei bambini che crescono in questa parte della terra.

Pertanto, se si vuole che i nati nel 2000 abbiano la possibilità di iniziare una vita sana, grandi sviluppi economici ed igienico-sanitari dovranno avvenire nei prossimi 15 anni.

Le ricerche, già avviate da tempo, hanno messo in luce come in realtà la politica economica internazionale e quella di molti paesi in via di sviluppo non abbiano consentito di trarre i vantaggi sperati dalla *rivoluzione verde*, volta ad eliminare la fame nel mondo, mentre la mancanza di dati sufficientemente affidabili sulle nascite e sulle cause della mortalità infantile renda ancora difficile valutare l'effetto degli interventi e controllare il progresso della sanità verso la meta fissata per l'anno 2000.

In questo studio ci proponiamo di accennare ai fondamentali aspetti dei problemi statistici e socio-economici che si presentano nell'ambito delle rilevazioni, ricerche e programmazioni che concernono la sanità e la produzione agricola alimentare, indicando i contributi che hanno portato ed ancor più dovranno portare i *biometrici sanitari* e i *biometrici agrari* alle indagini ed ai programmi per lo sviluppo della sanità e, rispettivamente, dell'agricoltura, dei paesi in via di sviluppo.

2. Fra le numerose ricerche compiute in questi ultimi anni, su fondamentali problemi biometrici dei paesi del Terzo Mondo, di particolare importanza sono apparse quelle presentate all'XI Conferenza Internazionale di Biometria, tenuta a Tolosa nel settembre 1982 e, per gli aspetti che ci interessano, due significative sintesi che sono state pubblicate, ad opera di S.B.J. Macfarlane e D.A. Preece, nel fascicolo di giugno 1984 della rivista «Biometrics».

Lo studio di S.B.J. Macfarlane aiuta a capire le dimensioni dei vari aspetti dei problemi delle attuali informazioni e di quelle necessarie affinché gli operatori biometrici possano contribuire alle ricerche ed alle programmazioni richieste per promuovere la sanità infantile. <sup>(3)</sup>

Da tale studio emergono le gravi lacune e imperfezioni dei principali dati demografici se si considera che, in molti paesi in via di sviluppo, né le nascite né le morti vengono adeguatamente registrate mentre i dati dei censimenti sono tutt'altro che affidabili. In particolare, ben poco e male si conosce sulla demografia dell'Africa occidentale.

La necessità di ottenere informazioni attendibili sulla mortalità infantile è apparsa, ad esempio, da una indagine sulla popolazione del Nord della Nigeria, dal 1974 al 1978 compiuta da Bradley ed altri, nel contesto di un ampio progetto di ricerca sulle malattie endemiche. <sup>(4)</sup>

Stime dei saggi di mortalità furono basate sulle normali registrazioni dei morti ed anche su dati di enumerazioni retrospettive mediante una tecnica indiretta suggerita da Brass. <sup>(5)</sup> Il saggio di mortalità infantile risultò dell'88 per mille in base ai dati delle normali registrazioni e di 170 per mille stimato indirettamente mediante enumerazioni attinenti anche alle morti prenatali.

Ma i problemi descritti da Bradley sono comuni a molti altri paesi in via di sviluppo. Così è difficile ottenere affidabili informazioni da persone che non conoscono la propria età e che non sono interessate a conoscerla.

Spesso vi è una tendenza degli uomini a sottostimare l'età delle proprie mogli ed a sovrastimare le loro.

In alcune società i bambini non vengono considerati fino a che non hanno raggiunto una certa età per cui la mortalità nel primo anno di vita non risulta affatto attendibile. Non di rado vi è una reticenza nel dichiarare il numero totale dei nati vivi e le femmine sono considerate meno importanti dei maschi per cui vengono facilmente non dichiarate. <sup>(6)</sup>

Per altro aspetto, il basso peso alla nascita — generalmente definito inferiore a kg. 2,5 — è stato considerato da vari aiutori come un significativo indicatore dello stato di salute delle madri e dei nati vivi ed assunto alla base di una probabilità dei neonati di sopravvivere.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha compiuto una rassegna critica delle informazioni valide per ottenere una valutazione dell'incidenza, nelle varie parti del mondo, del basso peso alla nascita. (7)

L'importante scopo della rassegna è stato quello di «stimolare una più adeguata raccolta di dati onde usarli per pianificare e valutare la cura della salute a livello individuale, locale e nazionale» in quanto lo studio ha potuto accertare una «esistente deficienza di dati adeguati specialmente nei paesi in via di sviluppo». (8)

È opinione diffusa che i bambini nei tropici muoiono principalmente di specifiche malattie tropicali. (9)

In realtà le malattie tropicali, come la malaria, la febbre emorragica ed altre, si aggiungono alle comuni malattie dei paesi sottosviluppati, ma tutte queste malattie rappresentano soltanto una faccia di un problema multiforme assai complesso. Basti pensare, fra l'altro, che i dati sulle cause di morte sono difficili da ottenere nella maggior parte di tali paesi e la mancanza di informazioni fondamentali rende difficile la prevenzione e la cura delle malattie. (10)

La tragica immagine dei bambini che muoiono di fame è soltanto il quadro finale di un dramma, che si svolge nel tempo, dovuto anche agli effetti non apparenti della malnutrizione.

Le forme estreme di malnutrizione sono il marasma, derivante dalla deficienza cronica dell'alimentazione e una malattia che nel linguaggio del Gana si indica con il simbolo Kw che deriverebbe da una dieta con molti carboidrati e relativamente poche proteine.

Ma recenti studi di Hendrickse e di altri, (11) con una ricerca condotta nel Sudan, sembrano attribuire prevalentemente alle micotossine, e in particolare alle aflotossine, contenute negli alimenti, la patogenesi della Kw. La conferma di questi risultati comporterebbe una radicale revisione dei concetti correnti circa la malnutrizione del Terzo Mondo.

Per scoprire le forme di malnutrizione sono usati, da tempo, vari metodi che consistono in misure cliniche, dietologiche, antropometriche e biochimiche. (12)

Ma il problema è molto più complesso di quanto possa apparire e, da alcuni anni, Janes ed altri (13) hanno messo in luce come i vari metodi precedentemente usati per valutare la malnutrizione siano in realtà poco consistenti, poiché diversi metodi misurano differenti aspetti delle condizioni fisiche dell'infanzia.

In realtà vi è ancora bisogno di un appropriato metodo standard di accertamento della malnutrizione che sia affidabile ai fini della previsione delle conseguenti malattie mortali. Studi indirizzati a questo approccio sono stati tentati in Bangladesh, (14) India (15) e Zaire (16) ma i risultati sono apparsi contraddittori.

Bisogna riconoscere, comunque, che in questi ultimi anni non sono mancate

iniziative per promuovere la salute dell'infanzia. Così, ad esempio, l'UNICEF nel 1982 ha proposto quattro azioni specifiche — ossia terapie orali di riidratazione, vaccinazione di tutti, alimentazione al seno, tenuta della scheda di crescita dei bambini — che costituirebbero «una rivoluzione nella salute infantile».

I governi del Terzo Mondo si trovano dinanzi al problema di decidere quali tipi di interventi assumere ma dispongono, praticamente, di scarsi mezzi per valutare gli effetti. Così, mentre progressi immediati possono essere conseguiti con l'impiego di risorse per provvedere a cure mediche, in realtà la salute dell'infanzia è connessa, per lo più, all'ambiente in cui vive. La soluzione a lungo termine si può trovare soltanto con il miglioramento delle abitazioni, delle strade, dell'igiene e dell'istruzione di tutti, con un'agricoltura produttiva e un adeguato servizio sanitario. Secondo alcuni autori, lo stato di sviluppo di un paese può essere misurato proprio dalla salute dei suoi bambini.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità nel 1981 ha proposto quattro indicatori per controllare il progresso verso «la salute per tutti all'anno 2000» indicatori della politica sanitaria, indicatori socio-economici, indicatori dei metodi di cura della salute e indicatori della situazione sanitaria. (17)

Gli indicatori compresi in ciascuna categoria potrebbero essere opportunamente scelti per pianificazioni nazionali e confronti internazionali.

È stato riconosciuto però che alcuni importanti indicatori non possono essere facilmente quantificati e che i paesi che hanno più bisogno di informazioni sono generalmente quelli meno abilitati a costruirli.

Il raggiungimento della salute per tutti, comunque sia definita, in ultima analisi consiste nel provvedere a ciò che occorre, identificando i gruppi «ad alto rischio» per essere assegnata a loro la priorità nella destinazione delle risorse. È facile rendersi conto che indicatori medi dello stato sanitario, come i saggi di mortalità e la vita media, mascherano i veri bisogni di una popolazione. Risulta più realistico accertare i valori degli indicatori per i soli gruppi «ad alto rischio» e determinare la grandezza di tali gruppi che calcolare i valori per il complesso del paese. Differenti politiche sanitarie devono essere valutate in termini dei loro rispettivi contributi ai gruppi «ad alto rischio» della comunità.

Pochi paesi possiedono meccanismi efficienti per ottenere informazioni accurate e poter valutare attendibilmente la situazione sanitaria.

I dati vengono raccolti con periodicità regolare e mediante particolari ricerche epidemiologiche, ma i dati raccolti periodicamente da grandi centri sanitari o da singoli ospedali sono di natura prevalentemente amministrativa e non sono rivolti alla soluzione di specifici problemi concreti.

Giova rilevare che la responsabilità della ricerca scientifica e dell'amministra-

zione sanitaria è stata assunta tradizionalmente dai medici, sebbene i lavori di gruppo stiano guadagnando terreno.

Gli aspetti più propriamente biometrici sono stati considerati, in vari modi, da medici, statistici, demografi, ricercatori operativi, economisti, programmatori dei computers e analisti dei sistemi.

I problemi definiti più propriamente statistici sono quelli associati, in generale, con le registrazioni degli uffici ospedalieri e con semplici laborazioni di *dati statistici* — cosiddetti al plurale — mentre in tali problemi raramente appaiono concetti di *statistiche* al singolare, ossia di tests o criteri di metodologia statistica.

In realtà il campo della ricerca biometrica è assai vasto e — come chiariremo in seguito — oggi si avvale di metodologie matematiche assai avanzate grazie al grande contributo apportato dai moderni elaboratori elettronici.

Praticamente le ricerche biometriche, nelle loro varie espressioni, sono ricerche multidisciplinari che difficilmente un singolo studioso può avviare e condurre a termine per cui, quando si parla di *biometrico* si dovrebbe intendere, più che un singolo specialista, un gruppo di ricercatori che potrebbe comprendere — a seconda della natura e della complessità dell'indagine — il medico o, più in generale, il biologo e lo statistico e, spesso, l'economista e/o il matematico.

Così il ruolo del biometrico — inteso dunque talvolta come singolo ma, in generale, come gruppo di ricerca — nei riguardi della salute dell'infanzia, non è diverso dal suo ruolo in ogni altro campo, ossia, più particolarmente, deve: 1) approntare il piano razionale dell'indagine; 2) offrire i metodi appropriati di elaborazione e di analisi delle informazioni; 3) pervenire ad una interpretazione affidabile dei risultati della ricerca.

Un ruolo essenziale del biometrico sanitario, nei paesi del Terzo Mondo — come risulta ovvio — consiste nell'analizzare criticamente i procedimenti di raccolta dei dati e giudicare la loro validità quali informazioni necessarie per conseguire lo scopo del miglioramento della salute dei gruppi «ad alto rischio» della comunità.

Un compito assai difficile può essere quello di raggiungere un compromesso nella qualità dei dati da raccogliere quando, in pratica, non è possibile ottenere dati ottimi a causa dell'insufficienza dei mezzi disponibili.

Purtroppo nei paesi del Terzo Mondo è più difficile trovare biometrici — come singoli e come gruppi — che non nei paesi avanzati.

Sebbene i dati non siano molto rappresentativi, Dagnelie nel 1982 ha esaminato il numero dei membri della Società Internazionale di Biometria dei singoli paesi (18) ed ha rilevato 360 membri per ogni milione di abitanti nel complesso dei

paesi avanzati contro appena 8 membri, per ogni milione di abitanti, nei paesi in via di sviluppo.

Naturalmente queste cifre non indicano il numero dei veri biometrici sanitari poiché fra i membri della suddetta società vi sono anche biometrici agrari, mentre statistici, biologi e medici che sono interessati a problemi quantitativi della salute umana — ma non sono membri di detta società — si trovano in varie organizzazioni amministrative, in dipartimenti universitari ed in altre società scientifiche.

Comunque, con lo studio citato, Macfarlane si è proposto di richiamare l'attenzione della Società Internazionale di Biometria sui problemi della sanità infantile nei paesi in via di sviluppo, con la speranza di stimolare i suoi membri a contribuire al raggiungimento della salute per tutti all'anno 2000:

- 1) con incoraggiamenti ed insegnamenti a medici e statistici dei paesi del terzo mondo;
- 2) mediante scambi di esperienze e stretti rapporti con istituzioni scientifiche di altre nazioni;
- 3) recandosi a lavorare nei paesi in via di sviluppo con una certa periodicità oppure quali consulenti a breve termine;
- 4) scrivendo software per microcomputer da usare nelle condizioni e per i problemi tropicali;
- 5) offrendo aiuti sotto forma di suggerimenti e di analisi di dati.

3. Il problema della salute in quasi tutti i paesi in via di sviluppo è dunque connesso, fra l'altro, per certi aspetti, a quello della insufficiente produzione agricola per l'alimentazione.

In verità i biometrici agrari hanno già fatto molto, ma ancor più dovranno fare per accrescere i prodotti dell'agricoltura in quei paesi dove l'attività agricola, per finalità alimentari interne, non è neppure sufficiente per la sopravvivenza.

Purtroppo i risultati miracolosi ottenuti dalla biometria, con la cosiddetta *rivoluzione verde*, sono stati, per lo più, resi inefficaci dalla politica economica internazionale e da quella di gran parte degli stessi paesi del terzo mondo.

In realtà, nonostante il comune denominatore di basso reddito, le nazioni meno sviluppate differiscono notevolmente l'una dall'altra nella qualità di risorse naturali disponibili.

Alcuni paesi, come il Brasile, il Cile, l'Indonesia e la Nigeria, hanno moltissime risorse non sfruttate che includono disponibilità agricole e minerarie.

Altri sono terribilmente poveri di terre coltivabili, come l'Iran, l'Egitto e l'India.



Tuttavia, pur prescindendo dalla disponibilità di terra coltivabile, è il livello della tecnologia agricola praticata che varia considerevolmente da paese a paese ed anche tra le varie parti di uno stesso paese.

Notevoli incrementi della produzione sono possibili qualora il basso livello medio di capacità agricola venga portato a livelli più efficienti e specializzati, come già è accaduto, in alcuni paesi in via di sviluppo, grazie ai preziosi contributi dei moderni piani razionali di sperimentazione agraria approntati dalla biometria vegetale.

Nella maggior parte dei paesi sottosviluppati, il modello di agricoltura, tuttavia, rimane in prevalenza quello di agricoltura di sussistenza, caratterizzata da bassa produzione di raccolti destinata a soddisfare appena i limitati fabbisogni delle famiglie agricole.

Questa struttura è talvolta caratterizzata da *isole* di efficiente agricoltura commerciale, fondata sulla produzione di raccolti specificamente per il mercato estero e non per quello interno. Ma è ovvio che le nazioni in via di sviluppo dovrebbero concentrarsi sulle risorse agricole come base per costruire l'economia anzitutto di autosufficienza e poi di produzione nazionale per l'esportazione.

La crescita della produzione agricola dipende dall'impiego di fertilizzanti, attrezzi, acqua per irrigare e sementi ad alto rendimento, come la biometria insegna.

Grazie agli esperimenti biometrici è nata appunto nel 1943 la rivoluzione verde in Messico.

Quattro studiosi di genetica e di patologia vegetale, finanziati dalla Fondazione Rockefeller, vennero inviati nel Messico dove crearono quello che oggi è il Centro per il miglioramento del frumento e del mais. I primi risultati conseguiti dall'équipe superarono le previsioni. Appena vennero impiegate le nuove sementi (soprattutto in grandi aziende agricole nel distretto di Sonora), le rese cominciarono ad aumentare, e tra il 1944 e il 1957 la produzione del frumento fu triplicata e quella del granoturco raddoppiata.

Forte di questo successo, la Fondazione Rockefeller si unì alla Fondazione Ford per ripetere l'esperimento in Asia — questa volta col riso — e nel 1962 fondò nelle Filippine l'Istituto internazionale di ricerca per il riso (I.R.R.I.). Anche in questo caso la ricerca diede risultati tanto positivi nella produzione di varietà ad alta resa che nel 1969 il direttore dell'IRRI, Chandler, sentì il bisogno di invitare alla cautela sul riso *miracoloso*, ricordando che era miracoloso nella misura in cui era difeso dalle malattie ed era sostenuto da adeguate strutture per la fertilizzazione, l'irrigazione e il drenaggio.

Ma ormai gli inviti alla cautela erano stati sommersi dai canti di vittoria delle due fondazioni, le quali avevano annunciato che la crisi alimentare mondiale poteva considerarsi vinta.

Bisogna riconoscere che, in apparenza, le due fondazioni avevano ragione da vendere: le nuove varietà ad alta resa non soltanto producono più cereali a parità di superficie, ma hanno anche un ciclo di sviluppo più rapido e consentono quindi anche un doppio o triplo raccolto, sullo stesso terreno, nell'arco dell'anno.

Nell'insieme dei paesi sottosviluppati, in soli 7 anni — dal 1965-66 al 1972-73 la superficie coltivata a frumento con varietà ad alta resa passò da meno di 10.000 ettari ad oltre 17 milioni; la superficie coltivata a riso dai 49.000 ettari del 1965 passò ai quasi 16 milioni del 1973.

I beneficiari del frumento della Rivoluzione verde, capeggiati dal Messico, furono nell'ordine: l'India, il Pakistan e la Turchia, e superfici minori vennero piantate con varietà ad alta resa in Afghanistan, Nepal e Africa settentrionale, mentre Taiman, Filippine, Sri Lanka e India impiantarono la maggior parte della nuova varietà di riso.

Ma ben presto, quando si accertò che le sementi della varietà ad alta resa esigevano input — quali fertilizzanti, parassitari, irroratori ad alta pressione, essiccatori meccanici per la raccolta, attrezzature motorizzate, ecc. —, che, in generale, non venivano prodotti nei paesi sottosviluppati, i canti di vittoria cominciarono a smorzarsi e, praticamente, vennero esclusi dalla rivoluzione verde tutti i contadini — ossia la enorme maggioranza — che non erano grandi agricoltori, ricchi ed istruiti.

In un convegno della F.A.O., ad un certo punto i rappresentanti dei paesi sottosviluppati si opposero al fatto che anche il controllo della produzione delle sementi ad alta resa fosse lasciato alle imprese private multinazionali — dei paesi economicamente avanzati — mettendo in evidenza che tali imprese non si sarebbero dedicate a svolgere ricerche in zone geneticamente o economicamente carenti e come la decisione di chi potesse avere le sementi sarebbe stata guidata dal criterio della redditività e non dal bisogno, per cui le zone carenti sarebbero rimaste tali.

Persino nel Messico, dove le varietà ad alta resa erano state impiantate da più lungo tempo e con maggiore evidente successo, nulla ha fatto ritenere per lungo tempo che l'introduzione di tali varietà abbia particolarmente contribuito ad aumentare i consumi alimentari pro-capite. Così in Messico le nuove varietà di frumento avevano notevolmente aumentata la produzione, ma i profitti andavano ai proprietari di grandi aziende agricole meccanizzate mentre il prodotto veniva esportato.

Un ex ministro indiano dell'agricoltura ha dichiarato che nel suo paese i vantaggi della rivoluzione verde non sono andati ai contadini che «vivono in condizioni miserabili con poche rupie al mese», ma all'esiguo ceto privilegiato dei grandi proprietari terrieri. Il 22% delle famiglie contadine non possiede terra e il 42%

possiede meno di un acro, mentre appena il 3 o 4% dei grandi proprietari, che detengono il potere e influiscono sulla politica economica, è in grado di acquisire tutte le risorse, in termini di input, di assistenza tecnica e credito, messe a disposizione dell'agricoltura. Così che la produzione cerealicola indiana è ancor oggi al di sotto del limite del livello di sopravvivenza che, grazie alla rivoluzione verde, avrebbe già dovuto essere raggiunto nel 1974.

Ma il problema non riguarda soltanto l'India, il suo caso è la tipica espressione di quanto accade in altri paesi del Terzo Mondo.

In realtà fame e disoccupazione fanno parte del quadro sociale della maggior parte dei paesi in cui è stata attuata la rivoluzione verde che, per effetto della pura economia di mercato, ha contribuito alla formazione di grandi aziende agricole gestite con criteri commerciali — con colture destinate prevalentemente all'esportazione — che vivono fianco a fianco di contadini costretti ad un'agricoltura di sussistenza, aggravando fortemente anche le disuguaglianze fra le zone più favorite e quelle meno, di uno stesso paese.

Tuttavia in un sistema socio-economico diverso e con un'azione coordinata che consenta di mettere la nuova tecnologia al servizio effettivamente di tutti, la rivoluzione verde può essere proprio ciò che essa si proponeva, cioè una strada per l'autosufficienza e l'eliminazione della fame.

René Dumont ha sottolineato che esistono circa 8000 specie vegetali commestibili conosciute, ma il 90% dei nostri alimenti viene fornito da appena 50 specie. È indubbio che le altre specie offrirebbero una quantità infinita di possibilità se gli esperimenti dei laboratori mondiali fossero ispirati dai bisogni umani anziché dagli interessi delle industrie occidentali. <sup>(19)</sup>

Solo di recente si sono avviate ricerche: 1) nel campo delle colture ad alto contenuto proteico, 2) nell'ambito delle zone non irrigue, 3) per l'aumento delle rese e della prevenzione delle carie con metodi biologici anziché chimici. Nei paesi del Terzo Mondo le zone irrigue costituiscono una quota molto piccola della superficie totale, è quindi necessario uno sforzo per migliorare le rese nelle zone in cui la sola fonte di acqua è la pioggia.

Anche riforme limitate potrebbero contribuire a migliorare le condizioni di vita delle popolazioni.

In India, per esempio, gran parte delle fonti di acqua che sarebbero di vitale importanza per la coltivazione di varietà ad alta resa, non sono disponibili o di proprietà pubblica, ma appartengono ai grandi agricoltori.

È stato osservato che in India, come altrove, «l'efficienza delle strutture idriche è messa in pericolo dalla mancanza di coordinamento e di cooperazione tra fornitori e utenti. Nella maggior parte del mondo i coltivatori sprecano l'acqua

quando l'hanno a disposizione e sono spietati verso i vicini nella lotta per poterla attingere».

In tale parte del mondo i governi dovrebbero anzitutto concentrare gli sforzi su lavori ad alta intensità di manodopera per ristrutturare tutto il sistema di irrigazione e stimolare la cooperazione locale per una gestione efficiente, nel quadro di controlli rigorosi ed equi da parte delle autorità.

Uno studio ufficiale del governo indiano ha riconosciuto che «se si riuscisse a far produrre ai 40 milioni di ettari di terre indiane irrigue, 3 tonnellate l'ettaro di cereali per l'alimentazione, le esigenze alimentari del paese sarebbero soddisfatte e si potrebbero mettere a disposizione i restanti 100 milioni di ettari per un investimento più razionale e redditizio». Questo livello produttivo potrebbe essere raggiunto senza difficoltà se gli uomini venissero mobilitati per l'utilizzazione efficiente delle risorse idriche di cui si potrebbe disporre.

Ancorché negli anni più recenti si sia manifestata una lieve tendenza al miglioramento della situazione, il suddetto livello produttivo non è stato raggiunto, anche a causa del rapido accrescimento della popolazione. È un fatto, tuttavia, che anche per l'India, come per la maggior parte dei paesi del Terzo Mondo, è difficile disporre, per l'agricoltura, di dati molto attendibili.

Vari autori, infatti, che si sono occupati di problemi biometrici agrari dei paesi in via di sviluppo hanno messo in evidenza le difficoltà che si incontrano, in generale, in questi paesi, per ottenere informazioni statistiche e, in particolare, nei riguardi delle rilevazioni di dati, di affidabili risultati di analisi e di elaborazioni di programmi.

Così, ad esempio, recentemente Preece<sup>(20)</sup> — a seguito delle numerose esperienze raccolte con visite in Africa, nel Sud America e nei Caraibi e con conversazioni e corrispondenze con agronomi che lavorano nel Terzo Mondo, nonché con la lettura di rapporti e scritti scientifici — ha riconosciuto che i paesi in via di sviluppo soffrono di una grave mancanza di conoscenze nell'ambito della biometria agraria. Le sperimentazioni agricole sarebbero spesso mal concepite, realizzate in modo poco soddisfacente e analizzate in modo erroneo. Le cause principali di questi inconvenienti consisterebbero in approcci matematici astratti alla statistica e nei modi critici di affrontare le ricerche e le programmazioni.

Talune ricette statistiche verrebbero applicate ad occhi chiusi e si potrebbe dire che il rituale tenderebbe a sostituire il pensiero scientifico.

Forse Preece può apparire eccessivo nella sua dura critica, tuttavia, non si può negare che le particolari condizioni nelle quali vengono compiute le ricerche agrarie nei paesi del Terzo Mondo, quasi sempre, presentano ostacoli ben superiori a quelli che analoghe indagini incontrano nei paesi sviluppati.

Così, ad esempio, i rituali delle programmazioni e delle valutazioni dei progetti a breve termine possono risultare troppo rigidi per un'agricoltura per la quale da un anno all'altro e da luogo a luogo le differenze possono essere grandi e il successo di una sperimentazione raramente può ritenersi valido in seguito con continuità.

È anche vero che talvolta i programmi sperimentali prendono le mosse da dati raccolti in modo non rigoroso, senza adeguati controlli, per cui gli errori di osservazione possono condurre a risultati distorti, specialmente quando viene a mancare una supervisione scientifica del lavoro svolto da assistenti poco qualificati e non sufficientemente istruiti sulle tecniche della sperimentazione agraria.<sup>(21)</sup>

Alcuni ricercatori considerano l'analisi statistica dei loro dati sperimentali come una operazione meccanica, che richiede semplici operazioni di calcolo aritmetico, senza considerare quelle assunzioni teoriche sulle quali si fonda tale analisi e che sono state chiaramente illustrate dal Fisher e dai suoi allievi.

Essi, operando meccanicamente come un rito, ritengono di conferire dignità scientifica a qualsivoglia tipo di rilevazione sperimentale che prescinde completamente da un piano razionale.<sup>(22)</sup>

In tutti i casi di completa assenza di un'analisi critica teorica può valere quindi l'affermazione di Volle secondo la quale «per alcuni operatori l'informazione statistica è un feticcio, ossia un oggetto sacro in presenza del quale lo spirito critico si blocca».<sup>(23)</sup>

Le ricerche di biometria agraria anche nei paesi in via di sviluppo, come in altre parti del mondo, vengono pubblicate in riviste dove la qualità dell'informazione è molto variabile. È facile rendersi conto che riviste pubblicate in paesi con un numero molto limitato di biometrici ed un insufficiente apporto di consigli e suggerimenti statistici dall'estero possono ben trovare difficoltà nel raggiungere e mantenere un costante alto corretto livello scientifico.<sup>(24)</sup>

Ciò non ha impedito, tuttavia, che anche studi di interesse teorico e di grande importanza pratica abbiano consentito, come abbiamo rilevato, di portare un certo contributo allo sviluppo socio-economico dei paesi del Terzo Mondo.

La stessa rivoluzione verde, con le sue contraddizioni politiche e sociali, non ha certamente risolto il problema della fame delle popolazioni rurali e nomadi, ma ha potuto migliorare il livello di nutrizione in alcuni centri urbani.

Certamente, anche nel campo della biometria agraria, il Terzo Mondo ha bisogno di quegli aiuti che abbiamo già ricordato alla fine del precedente paragrafo per il raggiungimento della salute di tutti all'anno 2000. Come è stato rilevato, nei centri nazionali ed internazionali di ricerca agraria dei paesi in via di sviluppo la

qualità del lavoro biometrico è stato sinora molto variabile e spesso seriamente difettoso per l'assenza di statistici nei gruppi di studio.

Bisogna riconoscere che il contributo della statistica, specialmente nelle sue espressioni metodologiche più avanzate — come appare dai brevi cenni delle pagine che seguono — è oggi, nelle ricerche biometriche, assolutamente indispensabile, con apporti alla raccolta, all'elaborazione e all'analisi dei dati, alla pianificazione sperimentale e alla stesura dei rapporti.

Mentre quindi occorre che vengano intensificati gli scambi di esperienze e i rapporti degli studiosi e delle istituzioni scientifiche del Terzo Mondo con i paesi sviluppati, è da augurarsi che nuovi ordinamenti di politica economica internazionale ed interna dei singoli paesi — accompagnata quest'ultima da necessarie riforme sociali — possano in futuro consentire ai paesi in via di sviluppo di beneficiare maggiormente dei concreti risultati ottenuti dagli assidui progressi della scienza biometrica.

4. I rapporti attuali tra biometria ed economia sono ben più stretti di quanto possano apparire ad un osservatore superficiale.

I recenti sviluppi della scienza ecologica, quale economia della natura, hanno messo in luce l'importanza che la biometria, nel suo più ampio significato, è venuta ad assumere praticamente.

Dai primi concetti di *biologia quantitativa* — occasionali e non sistematici — si è passati ad una *biostatistica*, sempre più avanzata, alla quale è venuta ad associarsi e compenetrarsi una *biomatematica* per dare corpo e razionalità a quell'analisi statistico-matematica che costituisce oggi la biometria, senza la quale non è più concepibile uno studio dell'economia naturale — cioè dell'ecologia — del mondo vivente.

La metodologia usata nelle scienze sperimentali è divenuta nel tempo sempre più unitaria, sia rivolta allo studio della materia e dei fenomeni propri della vita, sia applicata allo studio dei fenomeni del mondo fisico e chimico.

Ma l'approfondimento della biometria — ossia dello studio quantitativo dei fenomeni e della materia vivente e delle leggi che regolano i rapporti tra specie animali e vegetali e la vita delle popolazioni umane — è stato possibile soltanto in un tempo successivo a quello dell'estendersi delle conoscenze quantitative fisiche e chimiche.

E oggi la scienza dell'economia della natura, grazie all'avanzamento della biometria, può anche tendere a fare un bilancio della materia e dell'energia che nel ciclo biologico naturale vengono prodotte e trasformate.

L'utilizzazione delle risorse naturali in rapporto all'aumento della popolazione mondiale e all'incremento delle attività umane è un problema di assillante importanza.

Agricoltura ed allevamento di bestiame cercano di aumentare il ritmo di produzione, di trovare nuovi prodotti utilizzabili, di conquistare alla natura incolta nuovi campi di sfruttamento.

Ma non soltanto le aree coltivabili — nel Terzo Mondo — devono essere sfruttate nel modo più intensivo e razionale. Anche la produzione spontanea delle aree incolte può e deve essere opportunamente utilizzata; tutte le risorse del mondo vegetale ed animale devono essere portate al massimo grado della loro capacità produttiva. <sup>(25)</sup>

In genere occorre cercare di utilizzare tutte le produzioni naturali, di disciplinarle equilibrando l'intensità di sfruttamento con la capacità produttiva.

Numerosi prodotti del mondo vegetale ed animale sono ancora, in gran parte, inutilizzati; tutte le materie organiche possono invece venire convenientemente sfruttate. È per ciò necessario conoscere esattamente la produzione, le fasi di trasformazione cui vengono assoggettate e quelle in cui esse possono venir utilizzate in modo più vantaggioso. <sup>(26)</sup>

A questa conoscenza porta oggi un contributo fondamentale la biometria nella sua più avanzata espressione statico-matematica.

È facile rendersi conto, tuttavia, che per poter pervenire alla sua fase di metodi e di contenuti attuali — che abbracciano anche lo studio dell'equilibrio biologico dell'economia naturale del mondo vivente — la biometria si è sviluppata attraverso stadi successivi che hanno preso le mosse da particolari semplici ricerche quantitative su fenomeni e caratteri biologici elementari attinenti da un lato alla vita umana e dall'altro all'attività vitale di animali e di piante.

Così molto prima che fosse assunto il termine biometria spunti di ricerche quantitative in biologia sono apparsi nel XVII secolo dal fervore di studi suscitato dall'indirizzo galileiano di misurare tutto il misurabile e rendere misurabile quello che non si poteva immediatamente misurare. Se ne intrecciano tuttavia due correnti fondamentali distinte. L'una è consistita nell'introduzione del criterio delle misurazioni nello studio dei singoli organismi e, sotto il nome di *medicina statica*, ha avuto inizio nel 1614 con le ricerche di Santorio Santorio da Capodistria, l'altra ha posto l'esigenza nuova d'indagare collettivamente i fenomeni biologici delle popolazioni umane con metodologia che, iniziata nel 1662 da Graunt, ha preso poco dopo il nome di *aritmetica politica* dalla quale poi si è sviluppata, in seguito, gran parte della Demografia e di quella Statistica che, impropriamente, è stata chiamata scienza dei grandi numeri.

Fra gli italiani occorre ricordare anche il medico e matematico napoletano Gian Alfonso Borelli (1608-1679), discepolo di Galilei e maestro di Malpighi, che, oltre all'applicazione del metodo quantitativo allo studio dei movimenti degli animali (con particolare riguardo alle contrazioni muscolari in rapporto al volo degli uccelli) per cui fu considerato capo della scuola detta degli *iatromeccanici* — scrisse un trattato sulle «cause delle febbri maligne della Sicilia» dove, come ha commentato il Cantù, «associò utilmente la matematica alla medicina».

Come appartenente alla scuola *iatromeccanica* può pure essere considerato il danese Nicolò Stenon che nel 1687 pubblicò a Firenze due opere: la *Miologia* e il *Prodomo del solido* nelle quali, con regole fisico-matematiche, cercò di spiegare la figura e l'azione del cuore. (27)

Si è trattato senza dubbio di ricerche particolari che non potevano investire, con rigore statistico, i vari aspetti dei fenomeni e caratteri biologici — specialmente animali e vegetali — e quindi ancora non si poteva parlare di una vera biologia statistica generale, cioè di una biostatistica nel suo attuale significato.

La maturazione della nuova biologia statistica fu, in realtà, molto lenta e il grande sviluppo della biologia quantitativa è cominciato nel XIX secolo, a seguito dei progressi del calcolo delle probabilità, da cui ebbe grande impulso la metodologia statistica.

Dal 1835 al 1874 la storia della statistica è dominata dal belga Adolfo Quételet al quale è dovuta anche la prima trattazione sistematica di *antropometria*.

Ma il vero iniziatore della scienza biometrica propriamente detta è considerato F. Galton, sebbene il termine *biometria* sia stato introdotto dal suo allievo e successore K. Pearson, nel nome di un periodico (28) apparso per la prima volta nel 1901.

Da allora la metodologia si è sviluppata rapidamente ed anzi, in effetti, molti concetti e metodi statistici sono apparsi connessi a ricerche biologiche e i nomi di Galton, Student, Pearson e R.A. Fisher sono rimasti indissolubilmente legati tanto alla statistica quanto alla biometria.

Nel frattempo, comunque, mentre veniva delineandosi una vera e propria biostatistica, si verificava la tendenza ad uno studio prevalentemente matematico di fenomeni e caratteri biologici.

Così, ad esempio, dalla constatazione dell'esistenza di equilibri biologici si passava non solo al loro studio statistico ma anche al tentativo di analizzarli matematicamente, traducendo in equazioni le condizioni che regolano gli equilibri stessi.

I primi tentativi del genere furono fatti per cercare di pervenire alle leggi che regolano il decorso delle epidemie.

Dopo che Farr (1866 e 1872) e Evans (1874 e 1875) si erano per primi occupati



dell'argomento, fu soprattutto Brownlee a studiare il decorso delle epidemie e a cercare di rappresentarle con un'equazione. <sup>(29)</sup>

Successivamente Ross (1911) cercò di rappresentare con equazione l'equilibrio che si stabilisce tra l'uomo e le zanzare malarifere.

In collaborazione con Hudson, Ross riprese nel 1916 lo studio su una base più ampia trattando delle epidemie in genere. <sup>(30)</sup>

Ma un'analisi matematica degli equilibri biologici, di portata più ampia di quella di tutti gli studi precedenti, è stata svolta da Lotka nel 1925 ed ha condotto alle equazioni che esprimono i rapporti tra due specie in una forma assai generale. <sup>(31)</sup>

Nel 1927 è apparsa la famosa *teoria matematica della lotta per l'esistenza* di Volterra dove, per la prima volta, è stato preso in esame il problema delle associazioni biologiche nei suoi fondamentali e più generali aspetti, avendo riguardo alle associazioni di un numero qualsiasi di specie. <sup>(32)</sup>

L'influenza sulla teoria di Volterra delle oscillazioni statistiche aleatorie è stata poi compiuta dal Feller nel 1939 con un importante studio che ha dato l'avvio alla costruzione di quei modelli stocastici che formano l'oggetto principale dell'odierna *biomatematica*. <sup>(33)</sup>

Accade così che, nel linguaggio quotidiano, si usino spesso indifferentemente — anche nel nostro paese — senza coglierne un possibile diverso significato, espressioni quali le seguenti: biologia quantitativa, biostatistica, biomatematica e biometria.

Senza dubbio ad un lettore frettoloso tali espressioni possono apparire quasi sinonimi, ma, in effetti, se si analizzano attentamente le parole e si considerano le concezioni fondamentali che distinguono più propriamente i tre campi odierni della biologia, della statistica e della matematica, ci sembra che non sia difficile cogliere particolari significati, più o meno diversi, di dette espressioni, anche se non è possibile stabilire dei rigorosi confini fra di esse.

È noto certamente che in generale alla distinzione tra le varie scienze non si può dare oggi un carattere assoluto e rigoroso.

«Ogni ripartizione e suddivisione delle scienze — ha affermato von Mises — ha solo un'importanza pratica e provvisoria, non è sistematicamente necessaria e definitiva, cioè dipende dalle situazioni esterne in cui si compie il lavoro scientifico e dalla fase attuale di sviluppo delle singole discipline.

I progressi più decisivi hanno spesso origine dal chiarimento di problemi che si trovano al confine di settori sino ad allora trattati separatamente».

Comunque, a nostro avviso, sembra lecito considerare la biologia quantitativa — contrapposta semplicemente, in modo indeterminato, ad una biologia quali-

tativa — come una generica espressione di valutazioni numeriche di particolari fenomeni e caratteri della vita che possono anche prescindere da vere e proprie elaborazioni tipiche della moderna *biostatistica* e da affinati modelli teorici, deterministici e stocastici, della *biomatematica*. (34)

I metodi di elaborazione e di analisi statistica di dati ottenuti da razionali rilevazioni di fenomeni e caratteri spontanei e sperimentali sono confluiti nell'odierna *biostatistica*, in quella cioè che, allo stadio di sviluppo dell'inizio del secolo, era stata denominata *biometria*.

Da altro angolo visuale, la costruzione di teorie biologiche matematiche, indipendenti da concrete osservazioni e applicazioni, ha dato successivamente luogo a quei modelli — deterministici e stocastici — ed a quelle relazioni formali che costituiscono oggi la vera e propria *biomatematica*.

Ma, in realtà, sovente la *biostatistica* deve avvalersi di modelli teorici, mentre la *biomatematica* non può evitare verifiche concrete dei suoi modelli, per cui le ricerche vengono ad assumere una forma complessa che, a nostro avviso, è la caratteristica essenziale dell'odierna *biometria*.

Pertanto, il termine *biometria* appare attualmente ai nostri occhi come quello più comprensivo che abbraccia, nei suoi aspetti e nelle sue più avanzate accezioni, la *biologia quantitativa*, la *biostatistica* e la *biomatematica*.

Dal nostro punto di vista, infatti, oggi la *biometria* si avvale delle concezioni ineliminabili della teoria biologica, qualitativa e quantitativa, espresse in modelli matematici applicati razionalmente ai dati osservati, spontanei o sperimentali, mediante gli strumenti propri della metodologia statistica. (35)

Non è difficile rendersi conto, tuttavia, delle diverse concezioni che della *biometria* hanno, invece, differenti autori — biologi, statistici, medici ed economisti — a seconda del particolare punto di vista di ciascun studioso ora che la *biometria* ha cessato di essere riguardata come strumento sofisticato per ricercatori d'avanguardia, ma si è affermata come strumento fondamentale della ricerca biologica, nel più ampio significato dell'espressione, attinente sia alle scienze della natura sia a quelle dell'uomo.

Pertanto, si possono anche comprendere le diverse prevalenti concezioni della *biometria* se si considerano le numerose branche nelle quali essa si può convenzionalmente suddividere e i differenti aspetti metodologici che se ne possono cogliere.

Così, ad esempio, nel fascicolo di dicembre del 1983 nella rivista della Società Internazionale di Biometria è apparso uno studio di Zelen, seguito da un interessante dibattito fra vari esperti, che ha messo chiaramente in luce i consensi e le

differenti opinioni che si hanno sul contenuto e sulla definizione della biostatistica distinta dalla biometria. <sup>(36)</sup>

Guardando al futuro, Zelen ha parlato di una scienza biostatistica che dovrà continuare a sviluppare le ricerche nell'ambito delle prove cliniche e di nuove terapie con un crescente ricorso alle osservazioni statistiche e all'impiego del computer.

Così sempre maggiore dovrà essere l'impegno per lo sviluppo teorico e sperimentale dell'epidemiologia considerando che i tre problemi principali che affliggono i paesi in via di sviluppo sono la popolazione, l'alimentazione e le malattie infettive, mentre nei paesi più avanzati si presentano i problemi connessi all'ambiente, che sorgono dall'inquinamento e dai potenziali pericoli dell'energia nucleare.

Nel dibattito che è seguito alla relazione di Zelen è emersa, fra le varie opinioni, la concezione di G.B. Greenberg che appare opposta completamente alla nostra in quanto, scambiando la terminologia, attribuisce un significato assai ristretto alla biometria per estendere quello della biostatistica. <sup>(37)</sup>

Comunque, le opinioni degli altri intervenuti, pur differenziandosi spesso nelle definizioni della biostatistica e della biometria, hanno attribuito prevalentemente il primo dei due termini a quella che noi, in realtà consideriamo la vera biometria ed hanno trattato — con visioni più propriamente soggettive derivanti dalle singole esperienze personali — soprattutto di biometria sanitaria. <sup>(38)</sup>

Tutti hanno però concordato sul fatto che la necessità di biostatistici e biomatematici persisterà con l'ulteriore futuro sviluppo dell'informatica, poiché soltanto quando il ragionamento scientifico sarà rigorosamente completato, nei suoi vari aspetti teorici e pratici, potrà entrare in scena l'elaboratore elettronico.

Questa conclusione, ovviamente, è valida anche per quella biometria agraria fondamentale per l'alimentazione che non è stata considerata, in particolare, nel dibattito seguito alla relazione di Zelen, ma che, invece, ha avuto un'ampia trattazione nel Convegno Internazionale di Tolosa.

In quest'ultimo convegno si è discusso largamente anche della metodologia vera e propria quale fondamentale strumento di ricerca biometrica nei vari differenziati campi di studio.

Si è così potuto accertare che la metodologia statistica che la biometria aveva fatta propria all'inizio del secolo è ancora improntata alla scuola di Fisher per i problemi statistici che si riconducono in sostanza a distribuzioni di campionamento ed ai corrispondenti tests di inferenza.

Un approccio di questo tipo è di grande importanza per il suo ruolo di sintesi ed è ancora valido soprattutto per i piani di sperimentazione agraria di pieno campo e per le ricerche sui piccoli campioni di laboratorio o di ospedale.

Ma negli anni '60 e '70 la metodologia è venuta ridimensionandosi per orientarsi anche verso un uso più articolato degli strumenti statistici e matematici.

La rivoluzione tecnologica degli elaboratori elettronici ha dischiuso l'orizzonte ad un vasto campo di analisi impensabili prima degli anni '50, mentre l'attenzione è apparsa sempre più rivolta alla struttura dei dati e sempre meno alla possibilità — fondata su assunzioni spesso non verificabili — di provarne la significatività statistica.

Si è pervenuti in tal modo allo sviluppo di algoritmi analitici nonché numerici di sintesi e di struttura piuttosto che di *statistiche* nel senso classico del termine.

Questi algoritmi si applicano specialmente nelle ricerche su gruppi di individui — umani, animali o vegetali — quando si debbono accertare relazioni fra più variabili, cioè si debbono effettuare, come si suol dire, *analisi di variabili multiple*. <sup>(39)</sup>

Metodi quindi per piccoli e per grandi *campioni*, nonché metodi di analisi dei dati assunti quali popolazioni, per risolvere problemi vecchi e nuovi, sono oggi a disposizione della biometria non solo per aspetti sanitari e alimentari, ma anche per le espressioni biometriche più avanzate che riescono a cogliere le leggi economiche della natura degli esseri viventi.

Nei paesi progrediti la biometria, anche con i suoi fondamentali contributi al progresso ecologico, è un fattore di incessante miglioramento della qualità della vita, ma per i paesi del Terzo Mondo rappresenta una scienza indispensabile, come abbiamo avvertito, per risolvere i problemi della sopravvivenza.

Per questi ultimi paesi, infatti, la biometria — con le sue conoscenze, i suoi metodi e le sue programmazioni — sostiene un'assidua lotta per assicurare la salute a tutti, per ridurre la mortalità infantile e per risolvere i problemi alimentari di sussistenza onde tendere ad eliminare completamente lo spettro della fame.

Ma, com'è ovvio, a poco serviranno i recenti progressi della biometria e le applicazioni dei nuovi metodi ai paesi del Terzo Mondo, se in alcuni di tali paesi non avverranno indispensabili riforme economiche e sociali e se non potremo assistere ad un radicale cambiamento della politica delle grandi potenze che conduca realmente al tanto auspicato nuovo ordine economico internazionale.

Come abbiamo scritto recentemente, il caso, la necessità, la selezione e l'adattamento hanno determinato l'evoluzione naturale degli esseri viventi e — attraverso errori ed orrori — hanno poi contribuito, grazie all'intelligenza dell'uomo, anche all'evoluzione della scienza e della tecnologia, ma la *necessità della sopravvivenza* e l'*adattamento alle esigenze della popolazione mondiale* dovranno determinare anche un'evoluzione socio-politica tendente a quella socialità che caratterizzerà il nuovo ordine economico internazionale.

Sarà comunque un ordine connesso, ovviamente, ad un nuovo ordinamento

politico nel contesto di una razionale regolamentazione supranazionale, ben lontano dai canoni dell'attuale scienza politica e da quelli delle tradizionali teorie socio-economiche puramente liberali o marxiane.

Si dovrà trattare di una regolamentazione che necessariamente presiederà ad una programmazione di sviluppo socio-ecologico mondiale fondato non soltanto sulla completa eliminazione della fame e sulla libertà dell'uomo, bensì anche sulla riduzione delle grandi disuguaglianze economiche e sociali, connessa ad un autentico *solidarismo internazionale* organico, secondo l'alta concezione di Durkheim. <sup>(40)</sup>

SILVIO VIANELLI

#### NOTE

(1) Già all'inizio del 1980 in una seduta pubblica del Parlamento Europeo sul tema «La fame nel mondo», tenuta a Bruxelles, il Presidente del Comitato per l'esame del problema dello sviluppo internazionale ha affermato «che effettivamente tutti gli organismi che si occupano dell'aiuto allo sviluppo e dell'approvvigionamento delle popolazioni del Terzo Mondo sollecitano la Comunità a produrre più beni alimentari e a porli a disposizione in misura superiore a quella attuale. In tutto il mondo le richieste di un sensibile aumento dell'aiuto alimentare per i paesi in via di sviluppo si fanno sempre più forti».

(2) Dei 7.612 milioni di tonnellate di derrate alimentari, ben 4.470 dovevano pervenire dall'U.S.A., 1.650 dalla CEE, 0,600 dal Canada, 0,400 dall'Australia e 0,300 dal Giappone. Molto piccolo il contributo di altri sette paesi.

(3) S.B.J. MACFARLANE, *Some Opportunities for Biometry in Promoting Child Health in the Third World* in «Biometrics», June, 1984.

(4) A.K. BRADLEY, S.B.J. MACFARLANE, J.B. MOODY, H.M. GILLES, J.G.C. BLACKER AND B.D. MUSA, *Malumfash Endemic Disease Research Project XX*, in «Annals of Tropical Medicine and Parasitology», 1982.

(5) V. BRASS, *Indirect methods of estimating mortality illustrated by application to Middle East and North Africa data*, in «The Population Framework», 1978.

(6) Per quanto attiene più propriamente alla regione di Malumfashi, le informazioni fornite agli intervistatori furono condizionate dal timore che potessero essere usate per ricavare dati di presenza nelle scuole o da passare alle autorità finanziarie. Lo stretto isolamento delle donne determinò, inoltre, notevoli difficoltà ad ottenere informazioni dalle mogli senza considerare che numerazioni e registrazioni furono perturbate dalla natura nomade delle tribù.

(7) WORLD HEALTH ORGANIZATION, *The incidence of low birth weight. A critical review of available information*, in «World Health Statistics Quarterly Report», 1980.

(8) Giova avvertire che il peso alla nascita appare come una delle più semplici misure da eseguire, tuttavia le ricerche statistiche al riguardo possono presentare notevoli difficoltà. Infatti tale peso viene accertato normalmente quando la nascita avviene in ospedale od in un centro di cura, ma non quando avviene in casa, per cui, mentre l'esistenza di dati ospedalieri stimolerebbe l'esecuzione di possibili campionamenti, in realtà si otterrebbero risultati sensibilmente distorti per quelle regioni dove le nascite negli ospedali non sono le più frequenti e dove gli ospedali coprono limitate aree particolari.

Sarebbe pertanto auspicabile un progetto su vasta scala che consentisse di accertare la vera forma della distribuzione del peso alla nascita in ogni regione del mondo, specialmente nei paesi in via di sviluppo.

(9) In generale, com'è noto, le principali malattie mortali dell'infanzia, nei paesi del Terzo Mondo, sono la gastroenterite, la polmonite, la tubercolosi, il tetano, la difterite, ecc.

(10) Programmi di assistenza sono approntati da alcune cliniche e i servizi offerti si presentano sotto forma di cure mediche, di educazione e di controlli generali, oltre alle immunizzazioni contro talune delle più pericolose malattie infettive. Occorre tener presente, tuttavia, che la strategia dell'immunizzazione presenta notevoli difficoltà, per vari aspetti, e i criteri validi per i paesi occidentali, prima di essere applicati ai paesi in via di sviluppo, debbono venire adeguatamente adattati.

(11) R.G. HENDRICKSE, J.B.S. COULTER, S.M. LAMPLUGH, S.B.J. MACFARLANE, T.E. WILLIAMS, M.I.A. OMER e G.I. SULIMAN, *Aflatoxins and Kwashiorkor: a study in Sudanese children*, in «British Medical Journal», 1982.

(12) Questi metodi — impiegati per identificare la malnutrizione sia di singoli bambini che di intere comunità — consisterebbero in procedimenti semplici e rapidi che possono essere applicati da operatori paramedici. Nella maggior parte, questi metodi si basano su confronti con standards internazionali come quelli costruiti dal Centro Nazionale per la Statistica della Sanità di Washington.

L'altezza e il peso, ad esempio, si esprimono come percentuali dello standard di una data età o in termini dello scarto quadratico medio del punteggio basato sulla media e lo scarto quadratico medio dello standard.

P.V.V. HAMILL, T.D. DRIZD, C.L. JOHNSON, R.B. REED, A.G. ROCHE, N. C. H. *growth curves for children*, in «Vital and Health Statistics: Serie 11 Data from the National Health Survey, No 165», Washington, 1977.

J.C. WATERLOW, R. BUZINA, W. KELLER, J.M. LANE, M.Z. NICHAMAN, J.M. TANNER, *The presentation and use of height and weight data for comparing the nutritional status of groups of children under the age of 10 years*, in «Bulletin of the World Health Organization», 1977.

(13) M.J. JANES, S.B.J. MACFARLANE, J.B. MOODY, *Anthropometric assessment of malnutrition in children*, in «Lancet», 1979.

(14) A. SOMMERS, M.S. LOWENSTEIN, *Nutritional status and mortality: a prospective validation and the QUAC stick*, in «American Journal of Chemical Nutrition», 1975.

(15) A.A. KEILMANN, C. WILORD, *Weight for age as and index of risk of death in children*, in «Lancet», 1978.

(16) KASONGO PROJECT TEAM, *Antropometric assessment of young children's nutritional status as an indicator of subsequent risk of dying*, in «Journal of Tropical Paediatrics», 1983.

(17) WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Development of Indicators for Monitoring Progress towards Health for All by the year 2000*, Geneva, 1981.

(18) P. DAGNELIE, *La biometrie dans les pays du tiers monde*, in «Proceedings of the XI the International Biometric Conference», Toulouse, 1982.

(19) S. GEORGE, *Come muore l'altra metà del mondo*, Feltrinelli Editore, Milano, 1979.

(20) D.A. PREECE, *Biometry in the Third World*. Science not Ritual, in «Biometrics», June, 1984.

(21) D.A. PREECE, *The design and analysis of experiments. What has gone wrong?*, in «Utilitas Mathematica», 1982.

(22) Così l'analisi della varianza viene concepita come una scatola nera che dovrebbe permettere di convertire i dati in tavole numeriche con automatica applicazione dei tests di significatività senza accertare se siano soddisfatte le condizioni che giustificano l'impiego di tali tests. In un interessante studio, ad esempio, Baker ha messo in luce, con una appropriata critica, gli abusi che si fanno frequentemente di procedimenti non giustificati di confronti multipli. Recentemente sembra si sia diffuso anche un impiego inappropriato del coefficiente di variazione e di una errata derivazione da esso — in mancanza di certe informazioni — dell'errore quadratico medio di risultati di esperimenti fattoriali assai complessi.

In generale, non pochi problemi sorgono anche nell'uso acritico di pacchetti di metodi statistici per elaboratori elettronici, se si considera che i programmi forniti dalle industrie sono incompleti in quanto, quasi sempre, non spiegano i modelli teorici dai quali i metodi scaturiscono.

(23) M. VALLE, *Statistique fétichisée et statistique réelle*, in «Mouvement Social», 1978.

(24) Non di rado la presentazione di uno studio è ricopiata, quasi integralmente, da quella di un precedente lavoro o argomento simile; è ovvio che un prototipo scorretto può essere molto pericoloso. Periodiche presentazioni di lavori scientifici sono offerte dai Rapporti Annuali di Istituti di Ricerche e, in particolare, di Istituti collegati al Gruppo consultivo internazionale di Ricerca agraria.

Non pochi rapporti di alcuni di questi Istituti — avverte Preece — si sono rivelati lavori statistici completamente errati o, comunque, affetti da notevoli inesattezze. Sensibili passi sono stati fatti recentemente per migliorare la qualità statistica dei Rapporti ed è facile constatare che la causa dei precedenti errori è stata proprio la mancanza dell'intervento di uno statistico nella preparazione dei Rapporti anche quando lo statistico era disponibile sul posto. Inesattezze particolarmente notevoli e fondamentali errori nei Rapporti riguardavano curve di risposta, confronti multipli, coefficienti di variazione, trasformazioni di variabili e analisi di varianze, mentre talvolta venivano confusi concetti di correlazione e di regressione.

(25) Un altro tipico esempio è quello dello sfruttamento delle risorse del mare che può essere disciplinato al fine di raggiungere un più elevato grado di produzione. Oggi la pesca ha raggiunto, in certi mari, uno sviluppo ben maggiore di quello che aveva dieci anni or sono; il maggior numero di biologi, che di tali problemi si interessa, concorda nel rilevare i pericoli di una eccessiva intensificazione della pesca.

In realtà esiste un grado ottimo di intensità della pesca: pescando di meno non si utilizzano tutte le risorse della produzione ittica, pescando di più si impoveriscono le risorse stesse o si ricava un prodotto quantitativamente minore. Perciò è essenziale tendere a conoscere questo grado di intensità ottima, mirare a raggiungerlo dove la pesca è insufficientemente attiva, a non superarlo dove essa ha raggiunto la massima intensità conveniente. È dunque un problema di equilibrio biologico.

E ciò che si è detto per la pesca si può ripetere per la caccia. Basterà ricordare i vari studi sulle statistiche degli animali da pelliccia. Pure per questi si può giungere ad un grado massimo di sfruttamento. La caccia non può essere semplicemente un'attività sportiva, ma deve essere riguardata anche come un'attività produttiva, che può essere razionalizzata e portata a un grado di massimo rendimento.

(26) «Nel ciclo della vita le materie organiche subiscono una serie di trasformazioni, dal momento in cui vengono prodotte ad opera degli organismi che le sintetizzano da sostanze inorganiche fino a quelle in cui, ad opera di organismi riduttori, vengono nuovamente degradate allo stato minerale. In tutta questa serie di trasformazioni esistono momenti nei quali le sostanze stesse si trovano in stati più o meno convenienti allo sfruttamento. Basti pensare alle sostanze alimentari. Le erbe dei prati, primo stadio attraverso cui le sostanze organiche passano, non vengono direttamente impiegate nella nostra alimentazione, ma sono utilizzate nella seconda fase quando vengono trasformate in carni di animali erbivori. Invece nei vegetali che entrano nella nostra alimentazione utilizziamo direttamente la prima fase in cui si formano le sostanze organiche.

Altrove ancora ci serviamo delle fasi successive dopo che le sostanze organiche sono passate attraverso vegetali, animali erbivori, una o più specie di animali carnivori. L'essenziale è di utilizzare le sostanze nella forma adatta e conveniente. Ma bisogna anche ricordare che nella successione dei passaggi attraverso i vari organismi si ha sempre perdita di una porzione delle sostanze utili; i rapporti che intercorrono tra le diverse forme animali e vegetali sono infatti del tipo che Volterra ha chiamato dissipativo». U. D'ANCONA, *La lotta per l'esistenza*, Giulio Einaudi Editore, Torino, 1942.

(27) Il medico inglese Giovanni Floyer (1649-1734) in un trattato in due volumi pubblicati nel 1707-10 ha riferito sulle sue numerose indagini eseguite contando — con un apposito orologio — i battiti al minuto dell'arteria del polso in un grande numero di individui. Il Floyer ha dimostrato che in date categorie di individui, nelle stesse condizioni, il numero delle pulsazioni per minuto varia, ma varia relativamente poco; e invece variano notevolmente le pulsazioni a seconda del clima, della stagione, dell'età, del sesso, della costituzione e dello stato di salute.

Certe vedute terapeutiche di Floyer hanno imitato quelle di Santorio, ma più che le idee terapeutiche di questi pionieri, particolare interesse hanno presentato le loro ricerche biologiche quantitative.

Santorio, Borelli e Floyer, rendendo misurabili fenomeni che prima formavano oggetto soltanto di esame qualitativo, hanno aperto la strada all'impiego in Biologia di un metodo di indagine che ha trovato larga ripercussione, in campo medico, specialmente in Inghilterra, dove la scuola detta della *iatromeccanica* si dedicò a ricerche biologiche quantitative che si estesero, a poco a poco, alle varie funzioni e ai diversi caratteri dell'organismo umano, sano e malato.

(28) Il suo significato originario, in realtà, era troppo ristretto, nella concezione dei suoi fondatori ed ora ha soltanto un interesse storico. Si trattava, invero, dello studio dell'ereditarietà mediante metodi statistici, soprattutto mediante l'uso del coefficiente di correlazione.

F. Galton ha scritto vagamente nel 1901 che l'oggetto primario della biometria è quello di disporre di materiale che sia abbastanza esatto per scoprire le variazioni iniziali nell'evoluzione che sono troppo piccole per apparire in altro modo. Comunque, egli ha anche detto che «la biometria è l'applicazione alla biologia dei metodi moderni della statistica» ed a quei tempi i metodi moderni della statistica riguardavano gli impieghi del coefficiente di correlazione.

(29) F. BROWNLEE, *Studies in immunity: theory of an epidemic*, in «Proceeding Royal Society Edinburgh», 1906 e *The mathematical theory of random migration and epidemic distribution*, in «Proceeding Royal Society Edinburgh», 1910.

(30) Lo studio matematico dell'equilibrio tra popolazione anofelica e popolazione umana è stato svolto anche da vari autori italiani, come il Sella e il Lucaroni, nel 1920, il Martini nel 1921 ed altri, sino a quando il Lotka, nel 1923, ha ripreso lo studio delle epidemie malariche ed ha sottoposto le equazioni di Ross ad una più accurata analisi, mettendo in evidenza anche l'aspetto cinematico del problema.

Interessanti contributi all'analisi delle epidemie sono stati apportati anche in varie ricerche condotte da

Kermack e Mc Kendrick, mentre una serie di trattazioni matematiche dei rapporti interspecifici è stata compiuta da Thompson, per altri tipi di problemi, sugli insetti dannosi all'agricoltura.

R. ROSS e H.P. HUDSON, *An application of the theory of probabilities to the study of a priori pathometry*, in «Proceeding Royal Society, London», 1916.

A.J. LOTKA, *Martinis equations for the epidemiology of immunising diseases*, in «Nature», 1923.

W.O. KERMACK e A.G. MC KENDRICK, *A contribution to the mathematical theory of epidemics*, in «Proceeding Royal Society», 1927 e *Contribution to the mathematical theory of epidemics. The problem of endemicity*, in «Proceeding Royal Society», 1932 e *Contribution to the mathematical theory of epidemics, Further Studies of the problem of endemicity*, in «Proceeding Royal Society», 1933.

W.R. THOMPSON, *La théorie mathématique de l'action des parasites entomophages*, in «Revue Gen. Sciences», 1923.

(31) A.J. LOTKA, *Elements of physical biology*, Williams and Wilkins, Baltimore, 1925.

(32) V. VOLTERRA, *Una teoria matematica sulla lotta per l'esistenza*, in «Scientia», 1927 e *Sulle fluttuazioni biologiche*, in «Rendiconto della Reale Accademia dei Lincei», 1927.

(33) W. FELLER, *Die Grundlagen der Volterraschen Theory des Kampfes uns Dasein in wvahrscheinlickeit-theoretischer Behandlung*, in «Acta Biotheoretica», 1939. Tenendo conto delle fluttuazioni aleatorie il Feller ha potuto rilevare che le equazioni deterministiche di Volterra corrispondono soltanto in modo approssimativo ai valori medi previsti dal calcolo delle probabilità.

(34) La biologia quantitativa ha trovato origini lontane nel tempo — come abbiamo ricordato — con le prime elementari applicazioni dell'aritmetica a fenomeni biologici, ma è venuta sviluppandosi con i contributi di metodologie, tecniche e teorie che hanno condotto anche a quelle discipline — oggi distinguibili, in gran parte — che appunto vanno più propriamente sotto i nomi di biostatistica e biomatematica.

(35) Quando semplici modelli matematici vengono applicati a dati dell'osservazione per pure finalità descrittive e di analisi empiriche riteniamo si rimanga ancora nell'ambito della biostatistica; soltanto quando i parametri che figurano nei modelli teorici, calcolati sui dati osservati, assumono precisi significati biologici e le relazioni accertate statisticamente non sono pure espressioni formali, bensì rappresentano leggi scientificamente significative, si può parlare di vera e propria biometria.

(36) M. ZELEN, *Biostatistical Science as a Discipline: A. Look into the Future*, in «Biometrics», 1983.

(37) Secondo questo Autore, il biostatistico deve conoscere le statistiche demografiche ed avere una certa familiarità con la sociometria, la psicometria e l'econometria. Deve conoscere le tavole di mortalità e le tecniche delle ricerche biologiche di laboratorio e saper programmare indagini campionarie e raccolte di dati con interviste e questionari; deve avere, inoltre, una preparazione in materia di analisi di costi e di benefici per poter valutare l'opportunità di programmazioni sanitarie, mentre non può mancare di avere esperienza in materia di statistica clinica e di misura dei rischi in epidemiologia.

A noi sembra che sia molto difficile che oggi una singola persona possa avere un così grande bagaglio di conoscenze anche «se, conclude il Greenberg, molte di queste aree di specializzazioni non sarebbero necessarie per quei biometrici che non operano su soggetti umani o su pazienti e questa sarebbe la maggior differenza fra biometrici e biostatistici».

Pur prescindendo dalla conclusione assai confusa, si può forse cogliere in realtà il concetto che biostatistico e biometrico sono termini che, anziché riferiti a un singolo individuo, debbano riguardare un gruppo di esperti in varie discipline.

(38) Così ad esempio, Jesdinsky, che fra tutti è stato quello che ha espresso la concezione più realistica — pur limitando lo sguardo al campo della ricerca medica con particolare riguardo alle ricerche chimiche ed epidemiologiche — ha ammesso che la biometria (egli ha usato il termine biostatistica) deriva da una stretta collaborazione scientifica ed è meglio considerarla una scienza interdisciplinare, poiché la piena comprensione della materia esige una chiara valutazione di come le varie discipline complementari interagiscono e più specificamente come la matematica e la statistica interferiscono con la pratica clinica.

Egli ha riconosciuto la necessità di includere uno statistico come consulente nella fase di pianificazione di una ricerca anziché chiamare poi, come accade talvolta, un puro analista di dati per salvare uno studio mal programmato.

Fra le ricerche che esigono la cooperazione con gli statistici, Jesdinsky ha ricordato quelle delle scienze di base: dalla fisiologia e dall'immunologia alla medicina sociale, dalle sperimentazioni cliniche agli studi sulla mortalità della popolazione.

(39) «Un capitolo della biometria di cui l'avvento dell'elaboratore elettronico ha dato l'impulso più av-



vertibile, si colloca sotto il nome di "analisi multivariata". Una caratteristica propria dei fenomeni biologici è che essi coinvolgono molte variabili e molti individui. Tale complessità può essere "filtrata" mediante l'uso di tecniche di elaborazione statistica che si prefiggono, vari scopi:

1) *Semplificare la struttura dei dati.* Si tratta di esaminare se, con un'opportuna trasformazione delle variabili, la rappresentazione dei dati diventa più trasparente. La tecnica usata è usualmente l'analisi delle componenti principali: costituisce l'elaborazione preliminare per individuare le variabili più informative e quelle ridondanti.

2) *Individuare, là dove possibile, una classificazione degli individui.* Il problema è quello di identificare eventuali gruppi di individui tali che la variabilità per più caratteri all'interno di un gruppo sia minore di quella tra gruppi. Se la discriminazione tra i gruppi di individui può essere assegnata secondo un criterio esterno ai dati, la tecnica usata è l'analisi discriminante. Diversamente può essere applicata tutta una serie di algoritmi che si collocano sotto il nome di "analisi dei clusters". Sono usati soprattutto in tassonomia, quella parte della biometria — ormai disciplina autonoma — che si occupa della classificazione delle specie animali e vegetali.

3) *Raggruppare le variabili.* Si tratta dello stesso problema della classificazione applicato alle variabili e non agli individui. Oltre all'analisi dei clusters e a quelle delle componenti principali, si usa spesso l'analisi dei fattori, il cui spirito è quello di imporre un numero prefissato di variabili — minore di quello reale — e analizzare il valore di sintesi di ognuna di queste variabili prefissate rispetto a quelle originali.

4) *Analizzare l'interdipendenza delle variabili.* La tecnica usata consiste in un'estensione a più variabili della misura di correlazione e prende il nome di "analisi delle correlazioni canoniche".

5) *Analizzare la dipendenza di una o più variabili dalle rimanenti.* Si usa lo strumento di regressione multipla, nella sua varietà di modelli a seconda dei legami di dipendenza ipotizzati.

Le tecniche statistiche passate sommariamente in rassegna non esauriscono la fioritura di modelli matematici offerti oggi alla biologia, si pensi, a titolo di esempio, all'importanza del modello matematico nell'ambito di una disciplina relativamente recente, quale l'ecologia. Ma vi sono almeno tre atteggiamenti di pensiero che la biometria sta in questi anni elaborando ed offrendo all'attenzione degli statistici e dei matematici per ulteriori occasioni di un lavoro comune:

a) *la ricerca di statistiche robuste*, qualificando con questo aggettivo le statistiche che non siano sensibili a valori aberranti dei dati e non presuppongono la normalità della loro distribuzione, oggi più che ieri essendo disposti a pagare il prezzo di non saper costruire un test d'inferenza, per ottenere in cambio indicatori di posizione e di variabilità *distribution-free*.

b) L'attenzione devoluta all'*analisi dei dati qualitativi* (quelli cioè con risposta del tipo si-no) e alla formulazione di modelli multidimensionali corrispondenti.

c) La rivalutazione dell'*ausilio statistico quale strumento per esplorare i dati*.

A. PIAZZA, *Biometria*, in «Enciclopedia Italiana 1961-1978», Quarta Appendice, Roma, 1978.

(40) S. VIANELLI, *Diritto, scienza e tecnologia di fronte all'evoluzione dell'ordine economico internazionale*, in «Economia e Credito», n. 4, 1984.