

# LA RICERCA SCIENTIFICA: BREVE INTRODUZIONE

Andrea Onofri  
Dipartimento di Scienze Agrarie ed Ambientali  
Università degli Studi di Perugia

24 febbraio 2014

## Indice

<b>1</b>	<b>Scienza e metodo scientifico</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>La biostatistica</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>L'errore sperimentale</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Peer review</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Il modello matematico</b>	<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Per approfondimenti</b>	<b>6</b>
<b>7</b>	<b>Verifica</b>	<b>6</b>

## Sommario

Scopo di questa lezione è illustrare l'ambito nel quale si muove la biostatistica e la sua importanza a supporto del metodo scientifico, oltre ad introdurre alcune nozioni in grado di formare una terminologia scientifica di base.

## 1 Scienza e metodo scientifico

La ricerca scientifica è l'attività umana che si avvale di investigazioni e/o sperimentazioni, volte a scoprire nuovi fatti e interpretarli correttamente, revisionare le conclusioni raggiunte o le teorie affermate alla luce delle nuove scoperte, trovare applicazioni pratiche delle nuove conoscenze, in qualunque ambito della scienza e dell'esperienza umana.

L'avanzamento delle conoscenze su un certo argomento dovrebbe essere basato su 'prove scientifiche', non soggette a divergenze di opinione, percezione e/o credenze individuali. La 'prova scientifica' permette ad un risultato teorico e/o sperimentale di divenire un 'verità scientifica', distinguendosi in questo senso da altre verità di natura metafisica, religiosa o pseudoscientifica.

Alcune considerazioni importanti:

- Proof is a justified true belief (Platone, Dialoghi)
- The interest I have in believing a thing is not a proof of the existence of that thing (Voltaire)
- A witty saying proves nothing. (Voltaire)

Per raccogliere prove scientifiche è necessario adottare il 'metodo scientifico', basato su procedure intersoggettive e condivise, che si fanno comunemente risalire a Galileo Galilei. Ad oggi, si assume che il metodo scientifico sia basato sui seguenti elementi:

1. osservazione empirica e caratterizzazione del fenomeno;
2. raccolta di informazioni (bibliografiche)
3. formulazione di un'ipotesi scientifica teorica (teoria);
4. eventuali deduzioni logiche dall'ipotesi iniziale;
5. esecuzione di un esperimento scientifico **riproducibile**, che deve pertanto poter essere riprodotto e studiato in tutti i laboratori del mondo.

Alla pianificazione e alla esecuzione dell'esperimento segue la raccolta e l'analisi dei dati, che consente di verificare o rigettare l'ipotesi iniziale ed, eventualmente, di formularne una successiva (figura 1), secondo un procedimento che è fondamentalmente iterativo.

Ovviamente, il metodo scientifico può essere complicato dal fatto che l'ipotesi scientifica di base non è facilmente verificabile sperimentalmente. Di conseguenza, spesso ci si accontenta di simulazioni matematiche e/o esperimenti condotti su più piccola scala o su altri organismi test. Oppure ci si accontenta di conferme indirette di varia natura. Tuttavia, in presenza di una teoria scientifica accettabile anche se caratterizzata da incongruenze scientifiche, la si mantiene fino a che nuove teorie non siano completamente in grado di spiegare in modo esauriente tutte le imperfezioni della teoria precedente.

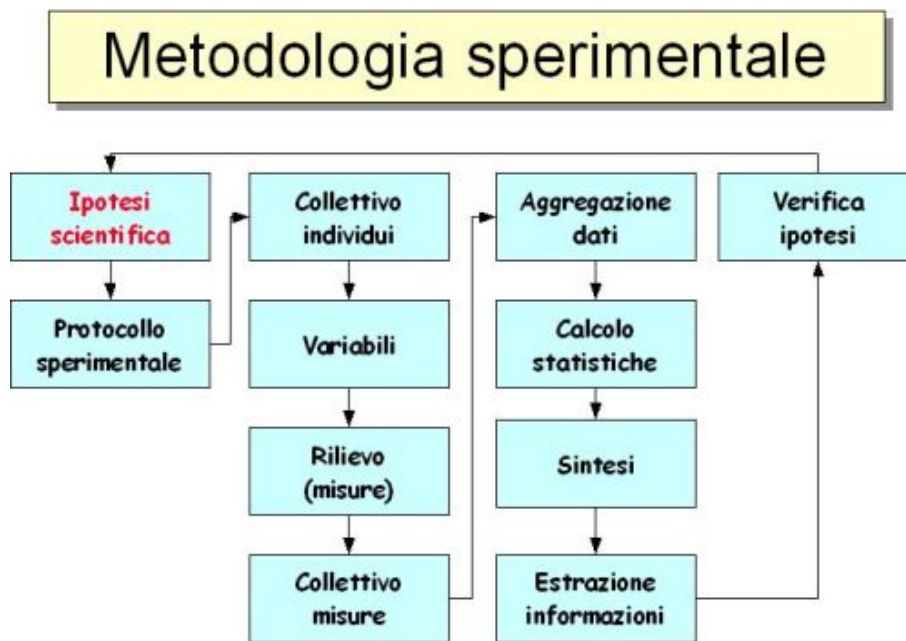


Figura 1: Schema logico nel metodo scientifico tradizionale

## 2 La biostatistica

In sostanza, il metodo scientifico è basato sull'osservazione, che identifica le principali caratteristiche del fenomeno osservato. Affinchè l'osservazione sia corretta, essa deve avvenire attraverso un adeguato esperimento, che perturbi la realtà nella misura più piccola possibile e permetta quindi di osservare le risposte nel migliore dei modi.

Alla base dell'esperimento vi è la **misurazione**, attraverso la quale il fenomeno oggetto di studio viene caratterizzato con appositi strumenti scientifici, più o meno banali/complessi. A questo proposito è necessario tener presente che nessuna misura può essere considerata precisa in senso assoluto, cioè perfettamente coincidente col valore reale della grandezza misurata, che rimane un'entità incognita e indeterminabile.

La biostatistica (o biometria) ci insegna a gestire correttamente le misure ottenute, a sintetizzare i dati in modo da far emergere efficacemente l'informazione in essi contenuta, a testare ipotesi scientifiche e a confrontare trattamenti sperimentali.

Ad esempio, potremmo chiederci quale procedimento tecnologico è più opportuno per produrre vino di qualità. E' chiaro che una scelta di merito può essere effettuata solo se siamo in grado di misurare la qualità e quindi di mettere a confronto i diversi procedimenti in uno schema sperimenta-

le adeguato. Allo stesso modo potremmo chiederci quale tra due varietà di frumento è migliore in un dato ambiente pedo-climatico; in questo caso organizzeremo un esperimento di confronto con metodiche adeguate a misurare la produzione di granella delle due varietà e stabilire quale è la più produttiva. Dopo aver stabilito il procedimento tecnologico o la varietà migliore potremmo chiederci quale effetto avrebbe il cambio della temperatura alla quale viene condotto quel procedimenti tecnologico o il cambio del livello di concimazione per la varietà in studio.

In questo senso, il procedimento scientifico è chiaramente iterativo: ad ogni ipotesi ne segue una successiva, che consente di approfondire il livello di conoscenze raggiunto, in una sequenza senza fine. La statistica biometrica consente di seguire questo cammino logico intervenendo in tutte le sue tappe: nella definizione del problema e nella formulazione di un'ipotesi precisa, nell'organizzazione dell'esperimento adatto a verificarla, nella raccolta dei dati e nella loro analisi.

### 3 L'errore sperimentale

Come abbiamo già detto, il problema di fondo che richiede l'adozione della statistica nelle scienze sperimentali è legato all'imprecisione delle misure effettuate. In particolare, nel misurare una determinata grandezza fisica possiamo commettere due tipi di errore: **sistematico** ed **accidentale**.

L'errore sistematico è provocato da difetti intrinseci dello strumento o incapacità peculiari dell'operatore e tende a ripetersi costantemente in misure successive. Un esempio tipico è quello di una bilancia non tarata, che tende ad aggiungere 20 grammi ad ogni misura che effettuiamo. Per queste sue peculiarità, l'errore sistematico non è quantificabile e non costituisce l'oggetto di metodologie statistiche particolari. L'unico modo per contenerlo al minimo livello possibile è quello di ripetere le misure con metodiche diverse, in modo da arrivare ad una perfetta taratura e standardizzazione degli strumenti e/o delle procedure di misura.

L'errore accidentale (o casuale) è invece legato a fattori variabili nel tempo e nello spazio, quali:

1. *malfunzionamenti accidentali dello strumento*. Si pensi ad esempio al rumore elettrico di uno strumento, che fa fluttuare i risultati delle misure effettuate;
2. *imprecisioni o disattenzioni casuali dell'operatore*. Si pensi ad esempio ad un banale errore di lettura dello strumento, che può capitare soprattutto ad un operatore che esegua moltissime misure manuali con procedure di routine;

3. *irregolarità dell'oggetto da misurare* unite ad una precisione relativamente elevata dello strumento di misura. Si pensi alla misurazione del diametro di una biglia apparentemente sferica, con uno strumento molto preciso: è facile che compaiano errori legati all'irregolarità della biglia o al fatto che l'operatore non riesce a misurare la stessa nel punto in cui il suo diametro è massimo. Oppure, più semplicemente si pensi alla misurazione della produzione di granella di una certa varietà di frumento: anche ipotizzando di avere uno strumenti di misura perfetto e quindi esente da errore, la produzione mostrerebbe comunque una fluttuazione naturale da pianta a pianta, in base al patrimonio genetico e, soprattutto, in base alle condizioni di coltivazione che non possono essere standardizzate oltre ad un certo livello (si pensi alla variabilità del terreno agrario).

Dato che queste imprecisioni sono assolutamente casuali è chiaro che le fluttuazioni positive (misura maggiore di quella vera) sono altrettanto probabili di quelle negative e si ripetono con la stessa frequenza. Per questo motivo, l'incertezza di misura che l'errore casuale introduce può essere ridotta e identificata grazie alla **ripetizione della misura**.

## 4 Peer review

Vedremo in un'altra lezione che esistono metodologie sperimentali adeguate per l'organizzazione di esperimenti scientifici 'validi'. E' solo da questi ultimi che si possono ottenere informazioni 'attendibili'.

Ognuno di noi è quindi responsabile di verificare che le informazioni in suo possesso siano 'scientificamente' attendibili. La comunità scientifica ci assiste in questo con il processo di '*peer review*', nel quale i manoscritti scientifici, prima della pubblicazione, sono sottoposti ad un comitato editoriale e assegnati ad un 'subject editor', il quale invia il lavoro a due o tre scienziati anonimi e particolarmente competenti in quel specifico settore scientifico. Questi revisori, insieme al 'subject editor' decideranno se il lavoro è scientificamente attendibile, se è degno di pubblicazione e come, eventualmente, deve essere corretto dagli autori.

Questo procedimento, se effettuato con competenza, dovrebbe aiutare a separare la scienza dalla pseudo-scienza e, comunque, ad eliminare la gran parte degli errori metodologici dai lavori scientifici.

## 5 Il modello matematico

Il metodo scientifico esposto in precedenza ha privilegiato sempre un approccio di tipo meccanicistico-riduzionistico, volto ad analizzare e a capire il comportamento di piccole porzioni della realtà, spesso isolandole dal contesto in cui esse si trovano. Anche durante il corso degli studi nella Facoltà di Agraria siamo stati abituati a considerare la fotosintesi separata dalla meccanica agraria, a sua volta separata dall'idraulica agraria e così via. In ciascuna di queste materie siamo poi andati nel dettaglio ad esempio delle tecniche irrigue, del moto dell'acqua nei tubi e così via.

E' chiaro che nel meccanismo della conoscenza ad un certo punto diviene necessario uno sforzo di tipo olistico-sintetico, nel quale tutte le conoscenze apprese vengono rimesse insieme, per analizzare un fenomeno scientifico nella sua completezza, senza suddividerlo nelle sue componenti fondamentali.

Da questo punto di vista i 'modelli matematici' svolgono un ruolo fondamentale, in quanto costituiscono la traduzione di un fenomeno scientifico nel linguaggio della matematica. In sostanza, un modello matematico che funziona è garanzia che il suo creatore ha ben compreso un certo fenomeno scientifico.

Di conseguenza, tutti i ricercatori tendono a condensare le loro conoscenze scientifiche dentro i modelli matematici, che divengono quindi stimolo per ulteriori ricerche, teorie ed esperimenti. Il modello matematico è quindi il logico complemento della metodologia sperimentale in qualunque disciplina scientifica.

## 6 Per approfondimenti

"Wikipedia: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?oldid=466046657>"

## 7 Verifica

1. Illustrare in breve il procedimento scientifico
2. Dare una definizione sintetica di biostatistica e di biometria
3. Cosa si intende per errore sperimentale e da cosa dipende?